

**Université Lumière Lyon 2**

**&**

**Université de Tunis 1**

**Ecole doctorale : Humanités et Sciences Humaines**

**Faculté des Lettres, des Sciences du Langage et Arts**

**Département : Sciences du langage : linguistique, phonétique**

*Laboratoire : Interactions, corpus, apprentissage, representations*

# **Les capacités discursives, orales et écrites, en français langue de spécialité**

**Par Hamida MAHJOUB**

Thèse de doctorat en Sciences du langage

Dirigée en cotutelle par : Robert BOUCHARD et Mohamed MILED

Présentée et soutenue publiquement le 24 mai 2007

Devant un jury composé de : Robert BOUCHARD, Professeur de l'Université Lyon 2 Mohamed MILED, Professeur de l'Université Tunis 1 Jean-Emmanuel LE BRAY, Professeur de l'Université Grenoble 3 Andrée TIBERGHIEU, Directrice de recherche au CNRS Bourguiba BEN REJEB, Professeur de l'Université du 7 novembre – Carthage Jean-Pascal SIMON, Maître de conférences à l'IUFM de Grenoble



# Table des matières

..	1
<b>Contrat de diffusion .</b>	<b>3</b>
<b>Remerciements . .</b>	<b>5</b>
<b>Introduction . .</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre I- La situation sociolinguistique et didactique du français en Tunisie .</b>	<b>13</b>
1- La Tunisie et les langues en présence .	13
2- Le français langue seconde en Tunisie .	14
2-1- Le FLS et ses statuts .	14
2-2- Des langues en cohabitation .	15
2-3- Quel statut pour le français en Tunisie ? .	16
3- Les caractéristiques et les profils linguistiques : . .	18
3-1- les Tunisiens et le français . .	18
3-2- La production écrite : quelle littérature ? . .	20
3-3- La production orale . .	21
3-4- De l'arabe dans le français . .	22
3-5- Du bilinguisme au plurilinguisme : Les implications en Tunisie . .	23
4- Le français et l'enseignement . .	25
4-1- Le français langue enseignée .	25
4-2- Le français langue d'enseignement et l'université tunisienne .	26
Conclusion . .	34
5- Le recueil des données . .	36
5-1- Les attentes et les objectifs .	36
5-2- Le protocole et les objectifs de départ .	36
5-3- Les genres de discours .	38
<b>Chapitre II- L'étude des textes produits : l'étude de la structuration et de la composition unitaires des textes .</b>	<b>39</b>

1- Les outils théoriques . . .	40
1-1- La Rhetorical Structure Theory : RST .	40
1-2- L'Analyse Hiérarchique <sup>23</sup> .	51
2- L'analyse du texte source . . .	54
2-1- L'Analyse Hiérarchique .	54
2-2- L'analyse RST .	60
3- L'analyse des textes cibles . . .	68
3-1- L'Analyse Hiérarchique : .	69
3-2- L'analyse RST .	80
3-3- Les textes cibles entre AH et RST : .	118
<b>Chapitre III- Le passage de TS à TC : une étude de surface .</b>	<b>123</b>
1- L'écrit spécialisé et la production écrite .	123
1-1- La présentation . . .	124
2- La réécriture .	129
2-1- Le résumé .	129
2-2- La réécriture et la paraphrase : .	132
3- La production scientifique entre résumé et paraphrase .	134
3-1- Les reprises .	135
3-2- Les effacements . . .	136
3-3- Les ajouts . . .	137
3-4- Les déplacements .	138
3-5- Les substitutions . . .	140
3-6- Les conséquences sur les unités et les segments : bilan et conclusions . .	149
<b>Chapitre IV- La prise de notes et l'exposé . .</b>	<b>153</b>
1- La prise de notes .	154
1-1- Un éclairage théorique . .	154

<sup>23</sup> Nous avons pris connaissance de cette méthode d'analyse à la fin de notre travail d'analyse, la recherche bibliographique et le travail sur la théorisation de cet outil d'analyse s'en trouvent, à notre regret incomplet. Toutefois, pour le rôle d'analyse préalable à l'analyse RST que nous lui réservons, la présentation succincte que nous faisons de l'Analyse Hiérarchique nous semble suffisante pour assurer la compréhension des éléments sur lesquels nous nous basons dans notre étude.

1-2- L'application : quelles prises de notes ? . .	160
2- La prise de notes et l'exposé : les étapes de la reformulation .	169
2-1- Le changement de situation . .	169
2-2- De la prise de notes à l'exposé .	171
3- Le discours oral . .	172
3-1- Le modèle théorique . .	172
3-2- L'application : quelle pratique orale ? . .	175
4- Conclusion .	187
<b>Chapitre V- L'interaction et la rédaction .</b>	<b>189</b>
1- Quelques éclairages théoriques .	190
1-1- L'interaction et le discours oral . .	190
1-2- La rédaction conversationnelle (RC) .	194
1-3- La combinaison RC et RST .	205
2- La production collective entre interaction et rédaction .	206
2-1- Les stratégies et les coûts .	206
2-2- Les productions entre négociations et co-énonciations : <sup>48</sup> .	221
2-3- les compétences (méta-) communicationnelle et (méta-) linguistique : la complétude dans l'interaction .	267
2-6- conclusion .	272
<b>Chapitre VI- Les propositions didactiques .</b>	<b>275</b>
1- La langue seconde .	276
1-1- Au-delà de la grammaire : la compétence textuelle . .	276
1-2- Les didactiques convergentes .	277
1-3- L'hétérogénéité dans la variabilité .	279
2- L'enseignant et l'interaction .	280
2-1- Les fautes révélatrices de besoins . .	280
2-2- Les attentes .	280
3- La RST et les propositions didactiques : constructions de schémas rhétoriques . .	281

<sup>48</sup> Dans ce qui va suivre, nous allons insérer des extraits des transcriptions des interactions. Pour ne pas encombrer les transcriptions, les traductions des propos en arabe seront insérées en bas de page.

4- Les prises de notes et l'exposé . .	284
4-1- Les prises de notes .	284
4-2- L'exposé scolaire .	287
5- les spécificités du discours de l'enseignant : le discours spécialisé, le discours universitaire . .	293
6- (Ré)écriture : (re)formulations et résumés .	295
6-1- la réécriture : exercice d'écriture, de reformulation .	295
6-2- la réécriture : une activité « résumante » . .	296
7- Conclusion .	297
<b>Conclusion .</b>	<b>301</b>
<b>Bibliographie . .</b>	<b>307</b>
Bibliographie .	307
Sitographie .	320
Programmes et documents officiels .	321
<b>Annexes . .</b>	<b>323</b>
<b>Descriptif des Annexes .</b>	<b>323</b>
<b>Notion de transcription . .</b>	<b>324</b>
<b>Annexes TS .</b>	<b>325</b>
<i>TS Scan . .</i>	325
<i>TS marqué . .</i>	331
<b>Annexe G1 .</b>	<b>331</b>
<i>Transcription G1 .</i>	338
<i>G1- TC scan .</i>	368
<i>G1- TC marqué .</i>	372
<b>Annexe G2 .</b>	<b>375</b>
<i>Transcription G2 .</i>	375
<i>G2- Scan TC .</i>	393
<i>G2- TC marqué .</i>	395
<i>G2- Scan brouillon . .</i>	397

<i>G2- Transcrip brouillon .</i>	400
<b>Annexe G3 .</b>	402
<i>Transcription G3 .</i>	402
<i>G3- TC scann .</i>	416
<i>G3- TC marqué .</i>	418
<i>G3- Scan brouillon . .</i>	420
<i>G3- Transcrip brouillon .</i>	421
<b>Annexe G4 .</b>	422
<i>Transcription G4 .</i>	422
<i>G4- TC scan .</i>	439
<i>G4- TC marqué .</i>	441
<i>G4- Scan brouillon . .</i>	442
<i>G4- Transcrip brouillon .</i>	445
<b>Annexe G7 .</b>	449
<i>Transcription G7 .</i>	449
<i>G7- TC Scann .</i>	473
<i>G7- TC marqué .</i>	475
<i>G7- M - Scan brouillon . .</i>	477
<i>G7-M- Transcrip brouillon .</i>	479
<i>G7- K - Scan brouillon .</i>	482
<i>G7- Scan question . .</i>	491



---

*A mes parents, mes frères et soeurs, mon fiancé, mes amis... Pour tout leur amour et leur soutien*



## Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.



## Remerciements

J'ai plaisir à exprimer ma vive reconnaissance à tous ceux qui, par leur présence leurs conseils et leurs encouragements, m'ont aidée à mener à bien cette étude.

Mes remerciements vont en premier lieu à mes directeurs de thèse, Monsieur le Professeur Robert Bouchard et Monsieur le Professeur Mohamed Miled, pour la confiance qu'ils m'ont toujours témoignée, pour leurs encouragements incessants et leurs indications précieuses.

Ma reconnaissance va aussi à Madame Malika Trabelsi, professeur à l'université de Bizerte, pour son aide précieuse lors des enregistrements des données, ainsi qu'aux étudiants qui ont accepté de participer à cette étude.

Je tiens également à remercier Mamade Andrée Tiberghien, Professeur à Lyon2, pour son aide inestimable lors des traitements des données scientifiques, ainsi que toute l'équipe ICAR-COAST.



# Introduction

Notre recherche porte sur les capacités discursives des étudiants en sciences, tunisiens. Elle ne trouve pas ses outils dans une théorie unique. Elle traite en effet plusieurs objets (compétence linguistique, compétence textuelle, compétence discursive, français sur objectifs spécifiques...) qui se rejoignent dans un seul objet : le français langue seconde tel qu'il est utilisé actuellement par les étudiants « bilingues » tunisiens. Compte tenu des contraintes théoriques et méthodologiques, nous allons aborder ces aspects d'abord séparément, tout en essayant de les mettre en rapport dans un second temps. Le phénomène qui nous paraît le plus important est celui du « Français sur Objectifs Spécifiques ». La langue, dans ce cas, n'est pas enseignée pour elle-même, en tant qu'objet d'apprentissage indépendant, mais elle est étudiée en tant que langue « outil » nécessaire à la réalisation d'un autre objectif, professionnel la plupart du temps. Dans notre cas il s'agit d'un FOS un peu particulier puisqu'il porte sur des discours académiques dont le contenu référentiel n'est pas totalement maîtrisé par des étudiants en cours de formation scientifique et technique.

Ajoutons que pour diverses raisons, certaines de ces informations scientifiques sont inaccessibles dans la langue maternelle, c'est-à-dire en arabe. Il est donc indispensable et décisif pour la progression de la Tunisie et sa modernisation à différents niveaux (économique, industriel, scientifique et social), de pouvoir assurer un canal d'accès efficace et rapide à ces données, en Français langue seconde. C'est dans ce climat d'attentes institutionnelles et d'enjeux socio-économiques importants, que la langue française, langue d'enseignement des matières scientifiques en Tunisie, est enseignée/ apprise. Le public en question a des besoins langagiers directement liés au fait d'une part

de s'informer, d'accéder à des données et à des informations dans la langue cible, en l'occurrence le français, et d'autre part de pouvoir en retour transmettre des informations de manière efficace et compréhensible dans différents environnements : scolaire, universitaire et professionnel.

La compétence discursive est ainsi l'élément central de la langue seconde. Or différentes observations faites par des enseignants et des didacticiens vont dans le sens d'un constat d'un manque de compétence chez les étudiants scientifiques, même en fin d'études universitaires. Un manque de compétence qui dépasse, souvent, le simple niveau de la phrase, simple ou complexe, ou du paragraphe. En effet, ces futurs professeurs et chercheurs semblent souffrir d'un problème de construction de texte. Les enseignants et les didacticiens soulignent souvent chez eux une grande difficulté, et parfois même une incapacité, à structurer et à planifier leurs productions, écrites ou orales, à assurer la cohérence du discours et sa progression, à organiser les différents thèmes, à utiliser de manière correcte les outils de cohésion, les connecteurs, les modalisateurs du discours etc., De même, faire appel aux différentes connaissances et compétences, et ce, à différents niveaux, ponctuel ou global, de la production discursive, qu'elle soit orale ou écrite, faire des choix en sélectionnant les connaissances et les compétences appropriées tout en tenant compte de la situation d'énonciation, et exercer un contrôle ou une révision sur ces connaissances, sont des opérations qui mettent les apprenants dans une situation de surcharge cognitive. Leurs capacités à gérer ces situations sont souvent en deçà du niveau requis pour y faire face. Il en résulte, alors, une focalisation sur certains faits en éludant d'autres et il s'agit, dans la plupart des cas, d'une focalisation sur les opérations ponctuelles, liées à la syntaxe de phrases, au détriment de celles plus globales liées à la compétence textuelle. Cet état de faits trouve son versant du côté de l'enseignant et de l'enseignement de la langue. En effet, Reichler-Beguelin, M-J. (1990) note que les enseignants trouvent des difficultés à enseigner les connaissances qui ne relèvent pas de la syntaxe et du lexique mais plutôt de « la syntaxe de texte » et de « la pragmatique ». Elle déplore le manque d'outils et de méthodes de travail allant dans le sens de cet apprentissage d'une compétence textuelle, situation qui, selon J-P. Cuq (2002), n'a pas énormément évolué même si les recherches sur la question même de cette compétence sont très importantes.

L'étudiant scientifique tunisien ne fait pas exception. Il est, selon les témoignages de nombreux enseignants, de sciences pures et de sciences humaines (notamment M. Montacer, 1993; M-N. Rhimi, 1998 ; R. Zghal, 1993 etc.), en proie aux nombreuses difficultés citées ci-dessus tant au niveau du texte écrit que de la parole orale - et peut-être même plus dans le second cas. En effet, les étudiants ont très peu l'occasion de prendre la parole lors des cours magistraux ou des travaux dirigés sauf pour poser de brèves et rapides questions et pour demander des clarifications formulées dans une syntaxe simplifiée et avec des formulations que les enseignants qualifient de « boiteuses ». De plus, ces dernières sont souvent formulées avec des code-switchings tolérés par les professeurs par crainte de voir leurs étudiants s'enfermer dans un mutisme absolu.

Nous posons, à partir de ces constatations, deux hypothèses de départ pour notre recherche.

- *La première hypothèse* porte sur les compétences langagières réelles des étudiants en sciences. Ces compétences ne correspondraient pas à celles supposées acquises et aux besoins et exigences liés au statut du français langue seconde et langue d'enseignement. Les attentes institutionnelles qui découlent de ces exigences confinent les étudiants dans une sorte de situation d'échec perpétuel. L'évaluation de leur véritable compétence est alors une étape importante vers la mise en place d'un enseignement ciblé. Prendre conscience des acquis langagiers effectifs des étudiants permet de déterminer, en retour, leurs besoins et les lacunes qu'il faudrait combler afin de réduire le décalage existant entre le profil présumé de ces étudiants et leur profil réel.
- *La deuxième hypothèse* est liée, plus directement, aux incidences de la maîtrise de la langue sur celle des domaines scientifiques en question. Il est difficile d'occulter les conséquences directes des difficultés de langue et de l'insuffisance des compétences en structuration des discours sur l'efficacité scientifique des étudiants et même sur l'exactitude des discours qu'ils auraient à tenir face à des collègues, un jury de soutenance ou des apprenants. En effet, il n'est pas à exclure que les erreurs scientifiques des étudiants ne soient pas dues à des difficultés de compréhension des notions scientifiques elles-mêmes mais qu'elles soient plutôt liées à la manière d'exprimer, de traiter et de structurer ces notions scientifiques en langue seconde. Une meilleure utilisation du français et une mise à profit des instruments linguistiques ne peuvent que donner de meilleurs résultats dans les performances liées aux domaines de spécialité. La question de l'évaluation des compétences se pose ainsi à nous au début de notre recherche. Quelles compétences évaluer ou chercher à identifier chez nos étudiants en sciences ? D'ores et déjà, nous pouvons dire qu'il s'agit des compétences de compréhension et de transmission à l'oral et à l'écrit. Mais comment peut-on évaluer les capacités langagières des étudiants scientifiques de manière générale ? Sur la base de quels critères et en utilisant quel protocole de recherche?

Plusieurs types de compétence sont à prendre en considération :

- *Une compétence scientifique*, placée en tête puisqu'il est le plus important à leurs yeux et certainement aux yeux de leurs professeurs.
- *Une compétence linguistique*, important à nos yeux et aux yeux des professeurs parce qu'il ferait la différence entre les bons et les moins bons étudiants mais qui peut ne pas être considéré comme important par les étudiants, parce que problématique pour eux.
- *Une compétence didactique*, que la future carrière d'enseignant des apprenants désigne comme une problématique à traiter.

Pour évaluer ces connaissances et ces compétences, nous choisissons de traiter certains types de production déterminants dans le cursus de nos étudiants et qui sont, aussi, révélateurs pour notre recherche. Nous les avons articulés en proposant aux étudiants la production successive de plusieurs types de discours oraux ou écrits qui caractérise notre

protocole de recherche. Evoquons-le rapidement sachant qu'il sera présenté de manière plus développée dans à la fin du premier chapitre :

A partir de notes de cours, ils ont produits une chaîne discursive, comprenant :

- une seconde prise de notes, collective cette fois-ci, opérée par binômes et prenant son point de départ dans les notes de cours écrites individuelles précédemment évoquées.
- un exposé oral destiné à d'autres étudiants, construit à partir de ces notes collectives
- un texte écrit à visée explicative, destiné à nouveau à d'autres étudiants

Nous avons ainsi pu focaliser notre attention successivement sur les compétences de structuration discursive correspondant à ces diverses productions langagières, liées les unes aux autres par un même référent scientifique, la mécanique quantique.

La première, la prise de notes (PDN), est la plus proche des situations réelles de production de nos étudiants scientifiques. En effet, il est fort improbable que ceux-ci soient amenés, dans le cadre de leurs études et de leur spécialité, à produire un texte à partir de rien, sans partir d'un discours préalable, oral ou écrit. La prise de notes présente donc l'avantage de tenir compte de ce fait, de permettre de déterminer une capacité ou un ensemble de capacités - notamment celles de sélection, de structuration et de (re-)formulation -, mis en jeu par exemple lors de la préparation et la réalisation d'épreuves académiques, orale comme l'exposé, ou écrite comme la rédaction. L'étude de la qualité de la PDN permet de voir les incidences que cette activité peut avoir sur les différents discours cibles dont elle est un préalable.

Nous compléterons cette étude par celle du processus de rédaction, de ses étapes et de leurs correspondances avec les produits intermédiaires et finaux, et par celle de l'interaction verbale, des négociations, de leurs coûts, leurs natures etc.

La lecture est aussi une étape importante de cette évaluation. Si elle n'en est pas l'objet (du moins ici pour notre recherche) elle en est un moyen : chaque reprise discursive passe en première étape par la lecture du discours précédent, la (re-)construction du sens et du savoir y est liée.

En conséquence le développement de notre thèse suivra le plan ci-dessous.

Dans un chapitre d'introduction, nous commencerons par présenter le cadre dans lequel notre recherche prend son sens, à savoir la situation socio-linguistique de la Tunisie en focalisant notre attention sur les caractéristiques langagières de notre public d'étudiants scientifiques. Cette étape nous permettra de déterminer l'atmosphère et le climat qui entourent l'enseignement du français en Tunisie et qui définissent sa réception par nos apprenants. La réalité sociolinguistique décrite détermine le cadre dans lequel se fait l'enseignement des sciences, l'enseignement des langues en cohabitation, et plus particulièrement du français, et permettra à l'issue de notre étude d'esquisser des perspectives didactiques en adéquation avec elle. Ce chapitre se fermera avec la présentation du protocole de recherche mis en place, ses sources et les modifications que nous lui avons apportées, ainsi que celle des différents produits obtenus.

Dans un deuxième chapitre, nous procéderons à l'analyse des textes rédigés en

établissant des liens entre le texte initial et les textes finaux. A cette fin, nous ferons appel à deux modèles d'analyse : un premier modèle d'Analyse Hiérarchique qui permet de décrire les différents types d'unités composant les textes, et un deuxième modèle d'analyse, la Rhetorical structure Theory, qui permet d'étudier la structuration des textes.

Dans un troisième chapitre, nous procéderons à l'étude du passage du texte initial vers les textes finaux à travers l'étude de deux activités de réécriture : le résumé et la paraphrase. Ce chapitre se terminera par une mise en rapport avec les résultats des analyses effectuées sur les textes rédigés dans le chapitre précédents.

Dans un quatrième chapitre, nous analyserons les différentes prises de notes effectuées par les étudiants et les différents exposés qui en ont découlé.

Dans un cinquième chapitre, notre étude des corpus s'achèvera par l'analyse de la rédaction conversationnelle qui a accompagné les différentes productions et par la mise en rapport des résultats de cette dernière analyse avec les résultats des analyses des productions finales et intermédiaires.

Au vu de l'ensemble de ces résultats, le dernier chapitre sera consacré à l'établissement des propositions didactiques qui pourraient répondre aux attentes et aux profils du public en question.

Nous entamons l'étude des corpus par l'analyse des textes finaux en suivant en cela la logique du protocole des rédactions collaboratives, protocole duquel nous nous inspirons : le texte rédigé étant l'objectif de la tâche, et souvent le seul produit soumis à l'évaluation, il est traité en premier lieu. Les étapes le précédant et le préparant seront traitées, entre autres façons, sous une optique d'éclaircissement et d'explication des soubassements de la tâche. En effet, nous considérons la PDN et l'exposé oral comme deux sous-tâches finales que certes la consigne donnée aux étudiants présente comme une étape préparatoire de la rédaction, mais qui présentent aussi un intérêt particulier en tant qu'objets d'études fortement significatif quant aux profils des compétences langagières et discursives des étudiants. Enfin, les résultats des analyses nous permettront de proposer quelques éléments didactiques pour améliorer les compétences et les capacités discursives des étudiants en sciences.

Nous nous proposons donc de repérer quelques caractéristiques des textes de nos étudiants scientifiques en focalisant notre attention sur le niveau de la structure ou des segments de structures les plus importants et les plus représentatifs. Certes, il faut une analyse à plus grande échelle des structures de textes de spécialité pour déterminer des constantes mais à l'échelle de notre recherche, nous pouvons déceler des récurrences importantes et proposer des lignes didactiques.



# Chapitre I- La situation sociolinguistique et didactique du français en Tunisie

## 1- La Tunisie et les langues en présence

Les langues en Tunisie sont un fait historique qui trouve déjà ses origines dans les contacts et les échanges surtout commerciaux entre les différentes populations du bassin méditerranéen. De la multitude des langues qui se sont succédé ou qui ont co-existé sur le territoire tunisien pendant de longues périodes, comme le phénicien, le latin, le grec, l'arabe, le turc, l'italien, le français ... etc, il n'est resté à la veille du protectorat que deux d'entre elles, l'italien et le français, qui se disputaient le terrain avec l'arabe. Le protectorat a achevé la lutte en évinçant progressivement l'italien. Le bilinguisme est né, mais plus que le protectorat, c'est la politique linguistique du gouvernement post-colonial et la réforme de 1958 qui le renforceront <sup>1</sup>.

L'arabisation, qui se voulait alors progressive, ne le sera que très peu. Langue

<sup>1</sup> Pour une description plus détaillée de l'histoire du plurilinguisme et du bilinguisme en Tunisie, voir la thèse de H. Naffati (2000) : *le français en Tunisie . Etude sociolinguistique et lexicale* , Université Aix-Marseille et H. Naffati & A. Queffelec (2004) : *Le français en Tunisie*, Nice, Institut de linguistique française.

officielle, l'arabe se voit accorder, pour sa promotion, une grande attention. Mais l'arabisation restera limitée pendant une bonne période. Elle ne touchera pas toutes les administrations et, dans l'enseignement, elle ne couvrira pas toutes les matières. Au lycée, les matières scientifiques restent dispensées en français. A l'université, la majorité de l'enseignement se fait en français. Le discours du gouvernement est alors clairement en faveur du bilinguisme, étape indispensable au progrès et à l'essor économique et social du pays, ainsi qu'à son entrée dans le monde moderne.

La reprise du processus d'arabisation avec la réforme de 1991 changera quelque peu la donne. L'arabe devient sans équivoque la seule langue des discours officiels et institutionnels. L'arabisation touche même la vie publique : les enseignes municipales, les noms des rues sont désormais en arabe. Mais le recours, en plus de la langue arabe, à la langue française, et à tout autre langue étrangère d'ailleurs, reste possible à certaines conditions relatives à la taille des caractères qui doivent par exemple être plus grand pour l'indication en arabe du nom de la rue ou de l'administration que pour l'indication en toutes autres langues.

Dans l'enseignement, la réforme de 1991 qui crée l'enseignement de base, révisé aussi l'utilisation des langues et du français dans l'enseignement des matières scientifiques. Celles-ci sont alors dispensées en arabe pour les neuf ans du l'enseignement de base et en français pour les quatre années du lycée.

## **2- Le français langue seconde en Tunisie**

J-P. Cuq (1991) explique les origines du français langue seconde par le rôle important qu'a joué la France dans l'histoire de nombreux pays (colonisation, protectorat, ...). Nous n'allons pas nous attarder là-dessus : nous connaissons tous la place particulière qu'a occupée et qu'occupe encore la France dans le monde. Nous nous intéresserons par contre à la définition de cette notion, son rôle, son statut, ses particularités... . Nous nous référons essentiellement aux travaux de J-P. Cuq (1991, 1992), M. Miled (1995 ; 1998) et H. Naffati (2000) et H. Naffati et A. Queffelec (2004).

### **2-1- Le FLS et ses statuts**

---

La langue seconde a la particularité d'être entre deux langues : la langue étrangère et la langue maternelle. D'un côté, l'apprenant l'identifie en tant qu' « idiome étranger », et d'un autre, les textes officiels et les usages sociaux lui confèrent un statut privilégié. Ce statut n'est pas formellement attesté, l'appellation et la fonction de langue seconde ne sont pas officiellement reconnues.

Dans les pays où le français jouit de ce statut privilégié, plusieurs attitudes sont à noter. Pour des raisons politiques, certains pays reconnaissent le français comme langue officielle utilisée dans l'administration, l'enseignement, les relations internationales..., et ce, pour éviter de voir dominer une des langues du pays sur les autres. Il peut assumer

les fonctions institutionnelles et sociales tout seul ou en partager les charges avec la langue nationale ou une des langues nationales ou une autre langue étrangère.

D'autres pays, notamment la Tunisie, préfèrent délimiter les fonctions assignées au français : il est langue de communication internationale, langue de spécialité, langue d'accès aux domaines scientifiques et techniques, une langue de culture et d'ouverture sur d'autres civilisations...etc.

Ce statut n'est pas immuable ou stable comme aurait tendance à l'être celui du français langue étrangère, il varie dans le temps et aussi dans l'espace.

*Sur l'axe temporel*, des changements d'ordre politique, social, économique et linguistique peuvent affecter et modifier le rôle que joue la langue seconde dans les différentes institutions officielles et au sein de la société. Dans un pays comme la Tunisie, différentes réformes pédagogiques marquent la variation de l'importance de la langue française dans le système éducatif du pays.

*Sur l'axe spatial*, des raisons géographiques, socioculturelles et même d'ordre affectif peuvent expliquer les différentes attitudes face au français. L'utilisation plus ou moins importante, les lieux et occasions où une telle utilisation s'avère adéquate, l'obligation ou non d'utiliser la langue française sont autant de paramètres qui peuvent jouer sur les compétences des utilisateurs. Selon M. Miled ces variables nous permettent de « mettre en évidence la fréquence d'utilisation du français, selon les milieux et par rapport à la langue maternelle ainsi que les représentations positives ou négatives sur cette langue ; elles aident aussi à délimiter des besoins langagiers dominants (en lecture et en production écrite). Elles permettent en outre de fournir des hypothèses sur les disparités particulièrement significatives constatées dans les performances linguistiques des apprenants. » (1998 : 43),

### 2-2- Des langues en cohabitation

---

Un autre élément pouvant caractériser la langue seconde est sa co-existence avec une ou plusieurs langues maternelles et avec une ou plusieurs langues étrangères. Suivant l'importance que les textes officiels accordent à la langue seconde, un rapport de dominant/dominé ou de complémentarité s'installe, de même qu'une hiérarchie due au fait qu'on assigne au français des fonctions considérées comme « supérieures » et des « usages dits élevés » par rapport à ceux « inférieurs » qu'on laisse aux langues ou idiomes co-existants dans le même milieu.

Le statut des langues partageant le même espace que la langue seconde, surtout le statut de la langue maternelle, influe sur les rôles qu'on attribue à celle-là. Suivant les politiques d'aménagement linguistique et les nouvelles habilitations qu'on veut accorder à la langue maternelle par exemple, certains des privilèges de la langue seconde peuvent lui être retirés. C'est le cas, notamment, du français en Tunisie. L'arabisation tend à restreindre (partiellement) son rôle de moyen d'accès à l'information scientifique et à le faire partager avec la langue nationale qui est l'arabe.

## 2-3- Quel statut pour le français en Tunisie ?

---

### 2-3-1- Les réformes et les statuts officiels

Différentes réformes se sont succédé définissant ainsi différents statuts du français. Il est, en 1958, langue de culture et participe à côté de l'arabe à former des cadres bilingues en attendant la réhabilitation de la langue arabe. En 1963, le français est langue véhiculaire, langue d'enseignement de la majorité des matières, langue d'accès aux informations scientifiques et techniques. La réforme de 1974, visant à donner encore plus de place à l'arabe dans l'enseignement, réduit le français à un statut de français fonctionnel, à une langue d'accès aux informations scientifiques et techniques. Il l'est encore en 1982 mais un nouvel élément, fortement inspiré des méthodes du FLE est ajouté : le français est, en plus, un moyen de communication. Le bilinguisme revendiqué au départ tend à se modérer.

En 1991, le français redevient langue de culture à côté de l'arabe. Il contribue « à la formation intellectuelle, culturelle et scientifique » de l'élève. Il est alors perçu comme une langue étrangère à statut privilégié, et comme le souligne M. Miled, la désignation du français langue seconde n'est à aucun moment mentionnée dans les textes officiels.

A partir des éléments caractéristiques du français langue seconde et en l'appréhendant dans son statut « formel » et « officiel » et donc en partant des différents textes officiels et pratiques institutionnelles qui dessine le relief formel de la langue, R. Chaudenson (cité in Miled, 1998 ; Naffati, 2000) a identifié cinq points caractérisant la langue seconde : « l'officialité », « les usages institutionnels », « l'éducation », « les moyens de communication de masse », « le secteur secondaire et tertiaire privé ». En les appliquant à la situation tunisienne, H. Naffati (2000 ; 2004) arrive à une description que nous reprenons de manière succincte :

- *l'officialité* : la langue officielle du pays est l'arabe littéraire, langue de l'unité du monde arabe et de l'appartenance à ce monde, langue adoptée dans toutes les institutions de l'Etat. Le français figure alors comme langue étrangère privilégiée ou première langue étrangère, la deuxième étant l'anglais.
- *l'usage institutionnel* : l'arabisation a fini par être généralisée à toutes les administrations et par toucher tous les textes et documents officiels au terme de l'année 2001. Toute correspondance adressée à un citoyen tunisien, et toute correspondance entre établissements étatiques, devra se faire en arabe.
- *l'éducation* : le rapport aux langues est différent suivant les différentes étapes de la scolarisation. L'enseignement de base (les neuf premières années de scolarisation) est, par exemple, entièrement en arabe, le français y est enseigné à partir de la troisième année avec un nombre d'heures de cours à peine inférieur à celui de l'arabe. Nous reprendrons le cas de l'enseignement secondaire et universitaire plus loin.
- *les moyens de communication* : aux cotés de la langue arabe, la langue française est

présente dans tous les moyens de communications même si elle lui reste subordonnée : presse (60% en arabe contre 38 à 39% en français)<sup>2</sup>, édition, littérature, théâtre, cinéma, télévision et radio.

· *les secteurs secondaire et tertiaire privés* : la France, grand fournisseur, client et créancier de la Tunisie, occupe une grande place dans ce secteur. Le rôle conféré à la langue française en est alors aussi important dans le commerce, l'industrie et le tourisme.

### 2-3-2- Le statut social

Quant au statut « informel » et à « l'usage réel » d'une langue, R. Chaudenson (cité in Miled, 1998 ; Naffati, 2000) a formalisé quatre paramètres constitutifs de ce qu'il appelle « le corpus » en partant « des conditions d'acquisition et d'usage de la compétence linguistique ». Ces paramètres sont « l'appropriation linguistique », « la vernacularité/véhicularité », « la production et l'exposition langagières » et « les types de compétences ». L'étude de ce statut nécessite le recours à des enquêtes de type sociolinguistique qui permettrait de sonder les différents paramètres liés aux usages réels de la langue française en Tunisie. Mais l'absence de données récentes et suffisantes, nous oblige à aborder la question d'une manière générale. Une image de ce statut informel sera alors esquissée à travers une présentation des différents usagers de la langue française, des différents contextes de contact avec les formes écrites et orales de cette langue, des profils linguistiques et des compétences, et du bilinguisme.

D'après L. Dabène (1994), une langue est considérée comme étrangère si le contact de l'apprenant et l'utilisation qu'il en fait se limite au cadre institutionnel et scolaire. Est-ce le cas pour le français en Tunisie ? Nous répondons d'ores et déjà par non. En effet, de l'avis de tous les spécialistes, le statut officiel de la langue française, en Tunisie, ne correspond pas à son statut de « fait » et « les usages réels du français en Tunisie ne coïncident pas à chaque fois avec la définition formelle du statut » (Miled, 1995 : 22).

Au fil des temps et des réformes, le français a changé de statut. Les réformes de 1958, de 1970 et puis de 1991 en ont modifié les traits. De langue de culture, il devient langue fonctionnelle, pour revenir encore au statut de langue de culture. Mais comme le souligne S. Marzouki « en réalité les textes définissent la statut visé par les décideurs politiques, c'est-à-dire que la définition du statut d'une langue dans les textes qui gèrent le système éducatif ne prend pas acte d'un statut de fait mais présente comme un statut ce qui est un objectif à atteindre. » (1993 : 383). Et le fait est que la langue française n'est pas étrangère au Tunisien, elle lui est même, comme le souligne H. Naffati (2000), familière : « elle fait partie tant du passé (...) que du présent, dans ce qu'il a de plus commun ; par l'enseignement dès le primaire, les média (...), la proximité géographique, les liens économiques étroits entre la France et la Tunisie, et l'émigration maghrébine en France qui conserve un contact régulier avec la terre mère » (*op. cit.* : 113).

Le français est alors considéré comme une langue appropriée, et il est généralement admis que le rapport du tunisien à la culture et à la langue française est moins problématique que celui des autres maghrébins. « (...) le métissage est bien réel :

<sup>2</sup> Nous mettons en évidence le fait (oriental) de métissage des langues (arabe et

français). » (*op. cit.* : 117).

Le conflit arabe-français existe pourtant bel et bien et est encore d'actualité au vu des événements récents : l'arabe est langue de l'identité nationale, de l'identité arabe et de l'identité musulmane. Le français est la langue d'un colonisateur toujours menaçant, de la corruption de l'identité, d'une autre forme de servitude. Le Tunisien reste tiraillé entre les deux, dans une sorte d'attraction-répulsion pour cette langue de l'autre en ce qu'elle est risqué de perte d'identité et possibilité d'ouverture sur le monde. C'est dans cette dualité affective que l'enseignement de la langue française se fait. Nous présenterons dans ce qui suit, quelques traits du profil linguistiques des locuteurs tunisiens ensuite nous en abordons quelques traits de l'enseignement de la langue française en Tunisie.

### **3- Les caractéristiques et les profils linguistiques :**

Dans ce qui précède, nous avons remis notre recherche dans le cadre institutionnel et officiel régissant la présence de la langue française dans la situation tunisienne et déterminant ses rapports à la société et à l'enseignement. Dans ce qui suit, nous allons brosser le profil linguistique du tunisien afin de mieux cerner son utilisation de cette langue selon ses caractéristiques sociales mais aussi selon la situation dans laquelle il est amené à utiliser le français (à l'écrit ou à l'oral).

#### **3-1- les Tunisiens et le français**

---

Dans son étude de la situation sociolinguistique en Tunisie, H. Naffati distingue cinq types de locuteurs selon leurs rapports et leur contact avec la langue française. Trois d'entre eux se présentent sous formes de dualité opposées : « jeunes et aînés », « hommes et femmes », « élite et peuple ». Les deux autres types de locuteurs sont la « population générale », et les « frontaliers » (Naffati, 2000).

##### **3-1-1- Jeunes/ Aînés**

Malgré un taux de scolarisation plus élevé, les jeunes témoignent d'une baisse de niveau qui affecterait leur rapport à la langue française. La non-maîtrise de celle-ci en plus de son rapport conflictuel avec la langue arabe, font que son utilisation est conditionnée : s'il n'est pas fonctionnel, s'il ne répond pas aux besoins d'une situation communicationnelle particulière, le français se présente dans la vie courante en combinaison avec la langue arabe et non seul, même chez les jeunes qui revendiquent l'appartenance à une culture plurielle et mixte : arabe et occidentale.

Contrairement à beaucoup de leurs aînés, les jeunes portent un regard de fascination par rapport à la langue française et à la culture occidentale de manière générale dont le français est une voie d'accès.

##### **3-1-2- Femmes/Hommes**

Les liens, qui se créent entre le français et les notions de modernité et de liberté, sont d'autant plus forts chez les femmes que chez les hommes. Cette langue devient alors garant d'émancipation.

Plusieurs recherches <sup>3</sup> ont montré que chez les femmes tunisiennes et les femmes maghrébines en général, le recours à la langue française est plus fréquent. Aussi, est-il marqué par une volonté plus nette et un souci plus prononcé de se conformer aux règles du bon usage et à la prononciation correcte.

### 3-1-3- Elite/ Peuple

« La pratique exclusive et orale du français est rare chez le Tunisien. Elle ne concerne qu'une élite aisée en milieu urbain » (Naffati, 2000 : 133). Elle est le fait d'une bourgeoisie pour qui l'usage du français dépasse le cadre de la nécessité pour intégrer celui du choix dans la vie courante.

Le peuple, quant à lui, utilise le dialecte tunisien - l'arabe classique étant aussi réservé à une élite de formation arabe -. Et lors de communication élite/ peuple, seul l'arabe tunisien est de rigueur.

H. Naffati note pourtant, à la suite de différents témoignages, que le recours exclusif au français et à l'arabe classique n'est de mise que dans les textes écrits. La tendance, dans les échanges non formels est à l'alternance codique français/ dialecte et aux emprunts du français dans le dialecte.

### 3-1-4- La population générale

Le sentiment général est celui d'une utilisation du français « un peu partout ». Il occupe, en termes de sympathie, la seconde place après l'arabe. Mais en termes d'utilité et d'importance, il est en tête avec l'anglais. Tous les deux sont considérés comme des langues de relations internationales, des langues d'ouverture, de progrès, de modernités et de promotion sociale.

Globalement, comme le souligne H. Naffati en s'appuyant sur les propos de F. Manzano, « il y aurait tendance vers la régression des jugements passionnels sur la langue jugements qui, en Tunisie, n'ont d'ailleurs jamais été très passionnels, en comparaison avec d'autres pays. » (Naffati, 2000 : 139). Un partage des domaines semble opéré : développement économique et social, relations internationales, modernisme ... etc semblent liés au français et aux autres langues occidentales et plus spécialement à l'anglais. Les valeurs identitaires et culturelles, la religion, les institutions, les arts, semblent liés à l'arabe. L'idée générale est alors celle d'un équilibre entre l'arabe et les langues internationales véhiculaires. Le bilinguisme serait alors une expérience bien gérée et bien vécue par les Tunisiens.

### 3-1-5- Les « Frontaliers »

---

<sup>3</sup> A titre d'indication, H. Naffati cite S. Lawson et I. Sachdev (1997) : « Accommodation communicative en Tunisie » in F. Laroussi (éd), *Bilinguisme et identités au Maghreb* ; pp. 101-114.

Sont des frontaliers, d'après J.-R. Henry (1991) cité dans H. Naffati (*op cit* : 140) , toutes personnes à la frontière entre deux cultures, deux religions, deux pays, deux idéaux comme les migrants, les couples mixtes, les convertis, les intellectuels ... etc. L'intellectuel tunisien est alors considéré par H. Naffati, en accord avec G. Naccache (1989), comme un représentant de cette identité multiple de par ces différentes relations et différents usages des langues et des cultures qui se mêlent en lui : le français, l'arabe classique et le tunisien ; une identité partagée et parfois même pleine de contradiction selon qu'elle pense dans l'une ou l'autre langue. Le chemin vers l'acceptation de cette identité multiple est alors très difficile. Il en résulte une création toute aussi riche et complexe par ses formes et son contenu, que certains qualifient aussi de « bâtarde ».

Le rôle que joue le jeune émigrant est lui aussi très important. Il est le lieu de cohabitation de valeurs sociales et parfois même religieuses différentes. Il ramène cette diversité « jusque dans les foyers les plus modestes » aidé par une atmosphère de tolérance que crée la séparation (Naffati, 2000 : 143).

Pour résumer, H. Naffati décrit la situation tunisienne comme une situation où la notion de véhicularité de la langue et la notion des représentations de la langue ou des différentes langues qui y coexistent sont importantes. Une situation où « certains groupes se singularisent par leur comportement langagier, se distinguent et veulent se distinguer de ceux qui ne parlent pas ou peu le français, d'une part, et des étrangers, d'autre part » (*op. cit.* : 144) affichant leur supériorité par rapport aux premiers et leur différence par rapport aux deuxièmes.

Le comportement langagier du Tunisien ne dépend pas seulement de ses représentations ou de son interlocuteur, mais aussi des situations de productions, écrites ou orales, dans lesquelles il est amené à intervenir. Le choix de l'une ou de l'autre langue, ou encore des mélanges et des « codes-switching » s'opère selon les cas.

### 3-2- La production écrite : quelle littératie ?

---

Qu'il s'agisse de cadre scolaire, professionnel, social ou familial et privé, le rapport à l'écrit et les usages de l'écrit en français diffèrent<sup>4</sup>.

*Le contexte scolaire* : l'écrit dans le cadre scolaire est très normé. Les écarts qui peuvent être plus ou moins tolérés à l'oral sont bannis du discours écrit du professeur. Les notes d'exercices, les photocopiés ou autres sont exclusivement dans la langue officielle de l'enseignement de la matière : elle est ou l'arabe ou le français. Ces écarts sont sévèrement sanctionnés dans les productions des apprenants lors des exercices rendus ou des examens par exemple.

*Le contexte professionnel* : depuis l'arabisation, les institutions et les administrations sont amenées à rédiger les rapports, les circulaires, les notes de services et toutes autres formes d'écrits administratifs en arabe. Quelques traductions de notes et de rapports techniques en français persistent toutefois dans certains services. Une totale révocation

<sup>4</sup> Nous reprenons dans l'étude des utilisations de l'écrit comme de l'oral les contextes identifiés par H. Naffati dans sa thèse citée ci-dessus.

de la langue française des activités administratives semble difficilement réalisable, du moins à ce jour et dans certains secteurs plus que d'autres. Ces secteurs sont quelques part, et par la nature même des échanges qui s'y produisent, profondément dépendant de la langue française. Le recours au français, comme le présente H. Naffati (2000) et H. Naffati et A. Queffelec (2004), reste encore fortement lié à certains métiers tels que l'enseignement, les métiers scientifiques et techniques, les métiers de la communication et le tourisme. L'écrit en français y est très normé et se façonne sur le français standard.

*Le contexte social* : le recours à l'écrit en français dans ce contexte social est peu fréquent. Facteur de promotion sociale, signe de l'appartenance à une certaine classe, mode de reconnaissance entre « semblables », de revendications de certaines compétences valorisantes et distinctives, l'écrit social reste une forme assez occasionnelle de la pratique de cette langue. Une pratique qui comporte la production et son verso, la lecture, de différentes productions disponibles en français : lettres, modes d'emploi, notices, journaux, roman etc.

*Le Contexte familial et privé* : dans ce contexte, l'expression écrite en langue française est très limitée. Elle tourne autour des correspondances et de la production d'un journal intime surtout chez les jeunes adolescentes.

### 3-3- La production orale

---

De même que pour l'écrit, différents contextes définissent le rapport du tunisiens à l'expression orale en langue française et à son utilisation.

*Le contexte scolaire* : dans un contexte scolaire, l'attitude diffère selon que l'on soit dans un cours de français ou dispensé en français ou que l'on soit dans la cour ou à l'extérieur de l'établissement scolaire, qu'on s'adresse à l'enseignant ou à un camarade de classe, que l'on parle du cours ou de choses extrascolaires.

En classe, dans un cours de langue française ou dans un cours de mathématiques, de sciences naturelles ou de sciences physiques, dispensés en français, le moyen institutionnel de communication entre l'enseignant et l'apprenant est le français. Le premier dispense les données de son cours, les explications, pose les questions, interpelle les apprenants dans cette langue, et l'apprenant réagit par les réponses ou par les questions en français, du moins c'est ce qui est censé se faire. En effet, les témoignages de certains enseignants l'attestent, le recours à l'arabe, dialectal ou même littéraire est possible dans les explications à cause du niveau faible des apprenants, mais aussi et surtout dans la gestion de l'interaction dans la classe. De même que le recours par l'élève à l'arabe peut être toléré pour assurer sa participation au cours.

Le comportement langagier de l'élève, dans la classe, diffère selon qu'il s'adresse à l'enseignant ou à son camarade de classe et selon qu'il intervienne sur le cours ou non. Ainsi, s'il s'adresse à son professeur, l'élève fournit l'effort de formuler ses propos en français, alors que s'il s'adresse à son camarade de classe, le recours au français dépendra de l'existence ou non d'un lien entre son intervention et le cours.

En dehors de la classe, l'usage le plus fréquent du français est dans le code-switching. Il semble se limiter selon, entre autres, l'avis de H. Naffati (2000) et de F.

Laroussi (1991) à des emprunts lexicaux isolés dans une communication en dialectal.

*Le contexte professionnel* : comme pour l'écrit, le recours à l'oral dans ce contexte reste tributaire des sujets et des domaines : il est par exemple très marqué dans un domaine comme le tourisme, alors que dans les conversations techniques, s'il ne s'agit pas de conférences ou d'une autre forme d'oral formel, et s'il ne s'agit pas de termes spécialisés, c'est encore le code switching qui prime lors des conversations. H. Naffati souligne toutefois que « (...) ce qui est privilégié n'est ni le français, ni l'arabe mais l'aptitude dans les deux langues, donc le bilinguisme : un unilingue, qu'il soit arabophone ou francophone est handicapé, voire mal vu » (Naffati, 2000 : 152).

*Le contexte social* : comme nous l'avons souligné dans le profil des différentes catégories sociales utilisant le français en Tunisie, l'expression exclusivement française, dans les conversations non formelles, est rare. Elle n'est imaginable que s'agissant de l'élite francophone et dans les milieux urbains ou encore dans des conversations avec des étrangers et dans le cadre de pratiques spécifiques de cette langue liées à la production dans le domaine de la radio et du cinéma par exemple.

La norme est alors l'oscillation entre l'arabe et le français pratiqué surtout par les jeunes et dans des conversations sur leurs vies amoureuses, sur certains sujets tabous et donc difficilement abordables en langue arabe, classique ou dialectale, et aussi sur des sujets modernes auxquels il n'est possible de s'exprimer qu'en langue française.

*Le contexte familial et privé* : l'expression orale dans ce contexte répond à des besoins communicationnels précis avec les membres bilingues ou francophones de la famille. Le français fait désormais partie du quotidien de la famille. Mais, selon les conclusions d'une enquête menée par L. Bel-Haj Larbi <sup>5</sup> et reprise par H. Naffati, une utilisation exclusive du français dans ce contexte familial reste très restreinte : « dans seulement 2% des cas, il est utilisé à table et dans 4% des cas dans les conversations touchant la famille. » (Naffati, 2000 : 157). H. Naffati souligne que comme dans les autres contextes, le sujet de conversation conditionne le recours au français : sur un sujet comme l'éducation, la conversation est dans 41% des cas, en code-switching arabe-français contre 18% en français seul. Parlant de mode, les frères et sœurs switchent dans 58% des cas contre 14% d'expression en français.

Dans l'expression de l'affect, du dialogue oral avec soi ou avec les autres, amis et membres de la famille, la langue arabe dialectale est souveraine.

### 3-4- De l'arabe dans le français

---

Les interpénétrations de l'arabe dans le français sont classées en deux catégories : transferts positifs de compétences acquises lors de l'apprentissage de la langue maternelle et qui sont ré-exploitées lors de l'apprentissage de la langue française de manière à en faciliter l'acquisition, et transferts négatifs ou interférences entre les deux systèmes de langue qui génèrent des erreurs. Ces transferts sont alors perçus comme inévitables, vu le contact permanent entre l'arabe et ses deux variétés, d'un côté, et le

<sup>5</sup> Il s'agit là des résultats d'une enquête effectuée par L. Bel-Haj Larbi auprès d'un échantillon varié d'élèves tunisiens.

français de l'autre.

Ces transferts se manifestent à trois niveaux, morpho-syntaxique, phonétique et lexical. Selon H. Naffati, il n'est pas toujours évident de ramener l'origine d'un transfert ou d'une erreur, clairement, à un de ces niveaux, les raisons pouvant relever de deux, voire des trois niveaux.

*La morphosyntaxe* : H. Naffati distingue quatre lieux où s'opèrent les transferts et qui sont l'enchaînement phrastique (la subordination, la coordination etc.), le système verbal (aspects, modes), le syntagme nominal et la préposition<sup>6</sup>.

*La phonétique* : le système vocalique arabe réduit par rapport à celui français, notamment en voyelles, est à l'origine de nombreuses erreurs qui peuvent dépasser les difficultés de discrimination auditive pour toucher le sens et même la syntaxe. Les phénomènes suivants sont constatés :

- la confusion entre les voyelles nasales qui peuvent être en plus dénasalisées.
- le remplacement des labiales [y], [Ø], [œ], qui n'existe pas dans le système vocalique arabe, par un « son » proche existant [i] ; et de même pour les consonnes [p] et [v] remplacées par [b] et [f].
- la confusion entre les voyelles [e], [ɛ] et [i], et les voyelles [u] et [o].

Le *lexique*: c'est à ce niveau que l'interférence est la plus importante selon H. Naffati, mais aussi la moins étudiée. Le transfert est étudié surtout comme source d'erreurs mais, depuis peu, il l'est aussi en ce qu'il permet de déterminer les caractéristiques d'un français tunisien.

### 3-5- Du bilinguisme au plurilinguisme : Les implications en Tunisie

---

#### 3-5-1- Le bilinguisme et la biculturalité

« Le bilinguisme est un fait démocratisé par l'enseignement » (Naffati, 2000 : 156). La baisse du niveau, fait constaté, n'y change rien. Le bilinguisme voit une recrudescence importante : les enfants sont de plus en plus scolarisés, ils ont des parents qui parlent le français<sup>7</sup>, le ministère de l'éducation et de l'enseignement prend des mesures pour renforcer le français et suppléer à la baisse du niveau. Nous avons là autant de paramètres qui aident à l'installation d'un bilinguisme bien assumé, un bilinguisme qui ne soit pas perçu ou vécu comme un déchirement.

Mais ce bilinguisme reste fragile et menacé par les conflits idéologiques qui peuvent voir en lui une menace pour l'identité arabe. M. Riguet (1984), cité par H. Naffati, trouve dans la revalorisation de la langue nationale, qu'est l'arabe, la solution à ce conflit et le

<sup>6</sup> Ces éléments sont traités plus en détails dans H. Naffati (2000), A. Brahim (1994) et M. Derbal (1980)

<sup>7</sup> Dans l'enquête menée par L. Bel-Haj Larbi et citée par H. Naffati, 65% des élèves enquêtés ont tous les membres de la famille qui parlent français contre 35% en 1970, (*op. cit.* : 156)

moyen d'éviter le sentiment de perte d'identité qui peut naître chez certains et qui peut bloquer en eux le développement du bilinguisme. Le français sera alors présenté « comme un complément » à cette langue arabe.

### 3-5-2- L'alternance codique

Comme nous l'avons souligné plus haut, la forme la plus présente du français à l'oral est celle de l'alternance codique ou code-switching. La production de l'alternance, ainsi que la détermination de sa nature et de la langue dominante, dépendent du contexte. Selon ce dernier, le code-switching peut se faire sur une base arabe ou encore française ou même dans un mouvement entre les deux tel qu'il devient difficile d'en déterminer la langue dominante.

L'alternance peut porter sur le lexique, des mots français sont alors introduits dans la conversation arabe afin de valoriser le locuteur bilingue qui les utilise. Il peut s'agir aussi de termes spécialisés non disponibles en langue arabe. L'alternance peut porter aussi sur des expressions comme *d'accord*, *bon*, *bien sûr* dont l'utilisation est due plus à un besoin d'identification et de revendication d'un statut bilingue qu'à autre chose. Une alternance répétitive, soulignée par F. Laroussi (1996) et par H. Naffati et A. Queffelec (2004) à sa suite, est notée dans le discours des bilingues qui ont alors tendance à répéter un même terme dans les deux langues.

Le choix du recours à l'alternance est alors comme le dit H. Naffati d'ordre discursif et social plutôt que linguistique. Ses motivations diverses, son oralité et sa mouvance en font un phénomène non codifiable. En effet, F. Laroussi (1991) constate que l'alternance intervient à n'importe quel moment et qu'elle n'est pas régie par des contraintes syntaxiques.

### 3-5-3- Le plurilinguisme tardif

Dans ce climat d'ouverture sur d'autres cultures et d'accès à d'autres langues, climat qui caractérise la situation sociolinguistique tunisienne, le plurilinguisme devient une nouvelle caractéristique de cette situation, une donnée avec laquelle il faudrait compter dans l'étude et l'analyse des profils sociolinguistiques des tunisiens. Ce plurilinguisme prendrait ces origines dans le conflit arabe/ français. Le français perçu comme une menace pour l'arabe, et l'arabe ne pouvant assumer dans l'état actuel des faits le rôle de porte d'accès aux sciences et techniques, la proposition de l'anglais langue internationale par excellence, langue des techniques s'est vite frayé un chemin et a trouvé ces adeptes parmi les opposants à l'arabisation totale considérée comme handicapante et parmi les opposants à une hégémonie du français trop menaçant pour l'identité arabo-musulmane. L'introduction de la langue anglaise se fait pourtant relativement tard, mais désormais, depuis 1995, elle est une épreuve obligatoire au baccalauréat.

La politique du plurilinguisme se manifeste aussi par la possibilité d'un apprentissage d'une troisième langue, à titre optionnel, à partir de la deuxième année du lycée. Les lycéens ont alors le choix entre l'italien, l'espagnol et l'allemand.

Nous pouvons alors dire que le jeune tunisien ne se proclame pas d'une seule culture

mais de deux, voire de plusieurs cultures. Le code-switching n'en est pas plus l'expression d'une baisse de compétences en français que l'expression de cette bi ou pluri-culturalité.

## 4- Le français et l'enseignement

Le français en Tunisie a donc cette particularité d'être à la fois langue à apprendre et langue par laquelle l'apprentissage se fait. Il est une langue enseignée quand il est appris pour lui-même, quand il est défini en tant qu'objet d'apprentissage. Il est une langue d'enseignement quand il est utilisé comme canal d'accès à d'autres domaines, notamment scientifiques, et qu'il est appris pour faciliter l'acquisition d'autres connaissances et compétences que celles liées à la langue. Nous aborderons donc ces deux aspects dans une première mise en rapport directe avec la situation tunisienne. Et dans un deuxième temps, suivant une lucarne plus générale et plus didactique.

### 4-1- Le français langue enseignée

---

Globalement, les programmes scolaires<sup>8</sup> se traduisent en termes de compétences générales à acquérir, d'objectifs spécifiques, de contenus et de recommandations. Ils s'articulent autour de la lecture, de la grammaire et de l'expression écrite.

L'enseignement du français au secondaire se fait à raison de 2 à 5 heures par semaine. Cet horaire varie selon les niveaux et selon les spécialités : il va décroissant avec le passage d'une année à l'autre et bénéficie d'une heure supplémentaire pour la section lettre. Son coefficient aussi varie selon les niveaux et les sections. Mais pour toutes les sections, le français est obligatoire au baccalauréat depuis 1995. H. Naffati souligne que l'enseignement du français à ce niveau est de meilleure qualité - en comparaison avec celui à l'école de base - notamment à cause des profils des enseignants (titulaires d'une maîtrise de français) et du suivi de leur cursus qui se fait de plus en plus avec des inspecteurs à vocation de formateurs.

Comme nous l'avons dit, dans les situations de langue seconde, le français bénéficie d'un statut privilégié. Toutefois, les méthodes d'enseignement n'étaient pas souvent en rapport avec les particularités et les spécificités que lui conférait son statut. Ces méthodes hésitaient entre des inspirations des méthodes d'enseignement du FLM et des méthodes d'enseignement du FLE. Les difficultés que rencontrent les apprenants dans les pays concernés et le taux d'échec élevé dans certains pays, comme la Réunion, ont fait que le choix d'une pédagogie adéquate s'impose, une pédagogie qui tiendrait compte de « la situation de diglossie », comme y fait appel P. Cellier, et de « la spécificité de l'enseignement du français et de la linguistique » et de « la complexité des faits de langue », comme le souligne A. Brahim, cités par M. Miled (1998 : 41).

<sup>8</sup> voir : Programmes Officiels de l'Enseignement Secondaires, Décret n° 98-1280 du 15 juin 1998, Annexes II, Français.

La complexité langagière est due au contact avec les autres langues en présence dans le milieu. Le rapport entre ces différentes langues qu'il soit rapport de complémentarité ou de domination, le degré d'imprégnation des différentes langues (l'importance du degré d'étanchéité entre les deux langues) et le répertoire langagier de l'apprenant sont autant de facteurs linguistiques dont il faudrait tenir compte dans l'élaboration d'une pédagogie sur mesure.

Si nous prenons l'exemple tunisien, le rapport à la langue maternelle n'est plus le même depuis quelques années. Avec la réforme d'arabisation et l'enseignement scientifique en arabe au collège, on peut se demander si les apprenants ont la même représentation de la langue française et de la langue arabe ? Une didactique en situation s'impose.

Dans la perspective d'une recherche ciblant de plus en plus les situations d'enseignement-apprentissage et reconnaissant leur place dans l'élaboration des pédagogies appropriées, M. Dabène (1995 : 26) décrit les langues suivant deux principes : celui du « continuum » et celui de la « variation ». La continuité est assurée par le caractère « stable » de la langue, du fonctionnement de ces textes, et des activités cognitives qu'elle suscite. La variation se retrouve dans les situations d'enseignement, qui diffèrent suivant le statut du français, la politique linguistique..., et dans les situations d'apprentissage qui dépendent du profil de l'apprenant, son répertoire verbal, son degré de familiarité avec la langue en question, ses représentations sur la langue, le degré d'exposition au français en dehors d'un cadre officiel et institutionnel (masse média et autres) etc.

Un des principes de base de cette nouvelle pédagogie spécialement conçue pour le FLS est celui de se démarquer par rapport à la didactique du FLE. M. Miled souligne que « les enquêtes sur les usages institutionnels et sociaux du français ont contribué à délimiter des besoins langagiers et culturels récurrents et à les traduire en termes de finalités, d'objectivités et de compétences requises » (1998 : 47-48). Ces besoins sont tout aussi différents de ceux en langue maternelle que de ceux en langue étrangère. Par le moyen de ces enquêtes sociolinguistiques, une évaluation et une estimation des besoins réels et effectifs des apprenants est à la base de l'élaboration des curricula, mais il ne faut pas réduire cette approche à un inventaire des structures linguistiques les plus primées ou les plus fonctionnelles ou à une liste des thèmes qui touchent l'apprenant.

Cependant, ces enquêtes ne sont pas très nombreuses et ne sont plus très récentes. Les différentes influences politiques, économiques, culturelles et médiatiques que subit la société tunisienne depuis ces dix dernières années ont changé son profil et ses reliefs. Il est difficilement concevable pour nous de penser que des faits tels la guerre du golf, les attaques du 11 septembre, l'entrée en masse et en continuelle expansion, dans les foyers tunisiens, de l'Internet, de « la Parabole » et l'explosion des chaînes arabes à vocations diverses (politiques, culturelles, musicales ... etc), n'aient pas eu de conséquences sur « le rapport aux langues » en Tunisie.

### **4-2- Le français langue d'enseignement et l'université tunisienne**

---

Malgré l'instabilité et l'inconstance du statut de FLS, G. Vigner note que « quelles que soient les situations considérées, toutes ont en commun de réserver au français une fonction particulière dans l'exercice du travail scolaire, celle d'une langue apprise pour apprendre d'autres choses » (1992 : 40). Le statut de langue de scolarisation, à tous les niveaux comme dans certains pays d'Afrique subsaharienne, ou à certains niveaux comme en Tunisie ou au Maroc, est alors un trait distinctif du FLS, le trait commun à toutes les situations où le français est langue seconde, où il n'est pas enseigné pour lui-même. Afin de mieux cerner cet élément, nous nous proposons de déterminer dans un premier temps le profil d'un utilisateur important de cette langue, à savoir l'étudiant en science. Nous présenterons par la suite quelques initiatives prises afin d'assurer la formation en langue.

### 4-2-1- De quelques caractéristiques des étudiants en sciences

Le français continue au lycée d'être la langue d'accès aux informations scientifiques, ce qui n'est pas sans effet sur les élèves issus d'un cycle de base où l'enseignement des matières scientifiques se fait en langue arabe : le décalage est vite ressenti. Le passage à l'université, quant à lui, se ferait a priori sans trop d'encombre - du moins à ce niveau puisqu'il n'y a pas de changement de langue. L'enseignement des matières scientifiques est dispensé en français dans la majorité des filières scientifiques mais aussi littéraires (les filières des sciences humaines et sociales).

Nous essayerons dans ce qui suit de déterminer quelques caractéristiques des universités et des universitaires tunisiens et plus particulièrement des étudiants en sciences physiques à l'université de Bizerte, étudiants parmi lesquels nous avons pu réunir des volontaires pour notre étude. Nous nous appuyons pour cela sur les résultats d'une enquête lancée par le ministère de l'Enseignement supérieur en 1997 et dont les résultats sont réunies et étudiées par M. Belajouza (1999). L'enquête a été effectuée sur un échantillon de 3 0804 étudiants et étudiantes inscrits dans cinq universités : Tunis I, Tunis II, Tunis III, Centre et Sud. Nous sommes, bien entendu, conscient du décalage qui existe entre la réalité de la date à laquelle a été effectuée l'enquête, c'est-à-dire 1997, et la réalité actuelle de 2006. Toutefois, la référence à cette enquête a le mérite d'éclairer le profil des étudiants qui ont participé à notre étude et qui ont accepté de suivre le protocole mis en place pour notre recherche. Elle correspond à la réalité du moment où nous avons recueillis nos données. À la lecture de cette recherche et à partir de notre connaissance de la réalité universitaire tunisienne, il semble que cette réalité n'a pas beaucoup changé et les données véhiculées par cette enquête sont en grande partie encore d'actualité.

D'après les données de cette recherche, le nombre d'étudiants est en constante augmentation : l'année scolaire 1994-1995 comptait 100 003 étudiants, l'année 1996-1997 en comptait 121 187<sup>9</sup>. Ils sont inscrits dans 89 établissements d'Enseignement supérieur. L'enquête réalisée auprès d'eux a permis de faire la lumière sur quelques caractéristiques des conditions d'études pour ces étudiants et de celles des étudiants en sciences fondamentales en particulier. Voici quelques traits qui permettront de mieux connaître ces étudiants.

---

<sup>9</sup> Selon des chiffres un peu plus récents, nous comptons 260 000 étudiants en 2004 et le chiffre est estimé à 312 000 pour 2006.

*Le redoublement* : les taux de redoublements sont plus importants en sciences qu'en ingénierat ou ailleurs. En sciences, 40,7% des étudiants de première année sont des redoublants, et 68,9% des étudiants de troisième année ont cumulé des redoublements pendant ou avant l'année 96/97. Les calculs effectués estiment nécessaire une période de 5,40 années pour parvenir en maîtrise. Elle est moins importante pour les branches de lettres, les écoles d'ingénieurs et de gestion et commerce.

*L'orientation* : plus de la moitié des étudiants poursuivent des études qu'ils ont choisies en premier lieu dans les demandes d'orientation. 37,5% sont alors satisfaits de leurs choix, 43% moyennement satisfaits et 19,5% insatisfaits. Nous avons là le pourcentage le plus élevé d'insatisfaits, toutes disciplines confondues. Le taux de satisfactions évolue toutefois avec la progression en cycle : le premier compte 41,2% de satisfaits, le deuxième 52,5% et le troisième 63%.

*Le niveau socio-culturel* : selon les données de l'enquête, malgré la démocratisation de l'enseignement et l'accessibilité ouverte à toutes les classes sociales, le niveau socio-culturel reste déterminant quant à l'accès à certaines universités et certaines formations prestigieuses. Ainsi, 70,6% des étudiants en sciences médicales et 66% des étudiants en écoles de gestion et commerce ont un père au moins bachelier. En sciences fondamentales, 26,4% ont un père analphabète, 28,7% un père ayant un niveau d'instruction primaire, 10,3% niveau d'instruction de premier cycle secondaire, 16% supérieur. « Les filles sont, en moyenne, issues de milieux culturellement plus favorisés (...) » (Belajouza, 1999 : 23) et sont plus nombreuses à avoir un père bachelier ou ayant poursuivi des études supérieures.

*L'appréciation de la formation* : les attentes des étudiants, toutes disciplines confondues et à tous les niveaux, sont centrées sur la formation professionnelle. L'apport de l'université au niveau de la préparation à une profession n'est pas jugé atteint, les étudiants en sciences étant satisfaits à moins de 2/3 c'est-à-dire à 63,8% d'eux. De même, seuls 41,7% sont satisfaits de l'apport à l'initiation à la recherche, 46,1% de l'apport en compétence de communication et 47,4% de l'apport en maîtrise des méthodes de travail. Mais cette satisfaction diffère selon les cycles, ainsi les étudiants de troisième cycle sont moins satisfaits que ceux du premier cycle de l'apport de l'université en matière de préparation professionnelle, tout en étant plus satisfaits de l'initiation à la recherche et de la compétence en communication et des savoirs théoriques.

*L'appréciation du contenu* : seuls 48% des étudiants en sciences trouvent les contenus suffisants, 44% les trouvent utiles et 12% seulement trouvent les objectifs clairs. Concernant la compréhension, peu nombreux sont ceux qui estiment avoir des difficultés : en sciences, 25,3% (ce qui est quand même le pourcentage le plus élevé). Les difficultés liées à la langue française, non plus, ne sont pas importantes : seulement 5,3% des étudiants estiment en avoir.

*L'appréciation des supports pédagogiques* : près de la moitié des étudiants estiment ces supports, photocopiés et manuels, non satisfaisants. Les étudiants en sciences les estiment difficilement trouvables et accessibles à 48,4%.

*L'appréciation de la réussite* : la réussite est perçue comme difficile par 54,9% des étudiants en sciences, qui ne se distinguent pas trop en cela de la majorité des étudiants

des autres disciplines. 59% d'entre eux trouvent que les examens ne sont pas valides et qu'ils ne reflètent pas leur niveau réel. Ces doutes concernant la validité des systèmes d'évaluations sont plus prononcés dans le deuxième que dans le premier cycle. Ces étudiants estiment aussi, à 48,6% d'entre eux, injustes les épreuves écrites et, à 62,6% d'entre eux, injustes les épreuves orales.

*Les activités difficiles* : les difficultés les plus signalées sont l'organisation pour la révision, les exposés. Le taux des étudiants en sciences signalant l'une et l'autre difficultés est de respectivement 52,6% et 38%. De plus, ils sont 38,3% à signaler des difficultés de traitement d'exercices. L'exposé semble moins problématique au deuxième cycle qu'au premier, mais le traitement d'exercice l'est plus au deuxième cycle.

*Les suggestions et les attentes* : les propositions qui ont suscité le plus d'intérêts chez tous les étudiants sont liées à la modernisation des techniques - retenue par 42,2% des étudiants-, suivie de la réduction d'effectif - retenue par 36,3% des étudiants -. La formation renforcée en langue arrive à la onzième place (sur 12), et est retenue par 12,7%. Les étudiants en sciences fondamentales, eux, retiennent à 46% la diffusion de documents pédagogiques, à 44% la réduction des effectifs, à 40% l'amélioration des techniques d'enseignement par la modernisation des techniques.

Ces résultats rejoignent ceux relatifs aux difficultés liées à la langue française reconnues par seulement 5,3% des étudiants. Le renforcement de la langue française par l'introduction d'un enseignement ciblé de cette langue n'apparaît pas comme une priorité contrairement à l'introduction d'une formation en informatique (idée appréciée par 88,4% des étudiants en sciences fondamentales) ou à l'introduction des langues étrangères (idée appréciée par 59,6% des étudiants). Cette dernière idée est d'ailleurs plus appréciées par les étudiants des écoles de gestion et commerce qui sont plus intéressés que les étudiants en sciences fondamentales – ce qui est certainement à rattacher aux rôles importants que jouent les langues dans le commerce etc.

*Les projets professionnels* : La majorité des étudiants se projettent dans la fonction publique surtout ceux dont la formation les prédestine à l'enseignement. C'est le cas pour 35% des étudiants en « math-physique ».

### 4-2-2- Une réforme universitaire restreinte

Il y a quelques années, suite au sentiment de mécontentement général exprimé par les enseignants dans les différents domaines et spécialités en rapport avec le niveau en langue française de leurs étudiants, un programme a été mis en place dans un certains nombres d'instituts et d'écoles supérieures. Il s'agit d'un programme d'aide et de soutien en langue française. L'objectif des cours tourne autour de la consolidation des compétences directement liées à la formation des futurs ingénieurs, techniciens et cadres supérieurs, des compétences de compréhension et d'expression orale et écrite. Sont alors pris en charge et suivis :

- des objectifs généraux tels que la rédaction de CV, de lettres de motivations, la rédaction de différentes demandes officielles, de rapports de stages etc.
- des objectifs plus immédiats tels que les préparations d'exposés, de présentations

orales, l'utilisation d'outils tels que les transparents etc.

Le contenu de ces cours est modulé et réadapté aux besoins des étudiants et à leurs profils pour répondre à leurs attentes les plus urgentes et celles futures.

Toutefois, cette réforme n'a pas touché tout de suite toutes les universités tunisiennes, et plus particulièrement les filières de sciences fondamentales : mathématiques, physiques, sciences naturelles et informatique. Pourtant, l'effectif y est très grand, et les besoins aussi. Il a fallu attendre encore quelques années et la nouvelle réforme de 2000 pour voir s'installer dans ces universités des cours de langue française et de langue anglaise. De plus, cette réforme n'a pas pris en compte la possibilité d'une mise en place d'un enseignement des langues de spécialités et les apports d'une utilisation « contextualisée » des langues d'enseignements. En dépit de l'émergence actuelle de travaux sur les langues de spécialité, la perspective d'une didactique du français, à objectif spécifique, n'a pas été mise à profit et reste encore peu exploitée et parfois même marginalisée.

### **4-2-3- (Le recours à) une didactique d'une langue de spécialité**

La didactique du français sur objectifs spécifiques<sup>10</sup> s'inspire, à ces débuts, en grande partie de la didactique du français langue étrangère. Cependant, un concept a été mis en exergue : « L'identification » des besoins pratiques des apprenants, tout en tenant compte de leurs spécificités culturelles et sociales.

Cette méthodologie se démarque d'une approche « universaliste », qui comme son nom l'indique, prétend à une neutralisation et une banalisation des diversités des contextes éducatifs. Elle « ne prend en compte que très peu d'éléments de la situation d'enseignement/ apprentissage » (Beacco, 1990 : 9). Les éléments qui sont pris en considération sont l'âge des apprenants et les différentes situations d'enseignement (scolaire, non scolaire). Mais même si cette méthodologie universaliste ne prend pas en considération la représentation de la langue ou les intérêts personnels de chaque apprenant, elle est adoptée par différentes sociétés, qui trouvent en elles un moyen commode et facile pour la transmission des connaissances.

Comme nous l'avons déjà souligné, il s'agit là d'une didactique des langues étrangères en général et de la didactique du français langue étrangère en particulier. Cette didactique ne correspond pas à notre situation où le français est plus qu'une langue étrangère : il est une langue seconde.

S. Moirand (1990a, 1990b, 1995) et S. Eurin-Balmet et M. Henao de Legg (1992) prennent en considération cette spécificité. S. Eurin-Balmet et M. Henao de Legg dans *Pratique du français scientifique* arrivent à la constatation suivante : « c'est dans le

---

<sup>10</sup> On a parlé de français langue de spécialité, de français instrumental, de français fonctionnel et de français sur objectifs spécifiques. D. Lehmann souligne qu'il ne s'agit pas de simples appellations mais de définitions et de conceptions différentes de ce français. (voir Lehmann. D (1993) : *Objectifs spécifiques en langue étrangère : les programmes en questions.*). G Khan signale que désormais la manière de nommer ce champ n'a pas d'importance, sont retenus : « langue de spécialité » ou « langue spécialisée » et, plus couramment, « langue d'enseignement de telle ou telle langue sur ou pour objectifs spécifiques » (Khan, 2000)

domaine de l'enseignement du français langue seconde que l'on retrouve la meilleure adéquation entre la demande sociale et les besoins individuels des apprenants » (*op. cit.* : 41), l'objectif ultime de l'apprentissage et de l'appropriation linguistique étant la maîtrise d'une langue « vecteur de développement ».

Elles soulignent aussi qu'il y a une certaine homogénéité qui caractérise l'environnement <sup>11</sup> dans lequel est employé le français langue seconde, et aussi le public qui l'utilise. Ce public est homogène linguistiquement et culturellement même si le niveau de connaissance en « langue cible » varie. L'homogénéité a été constatée à travers l'identification des mêmes besoins, des mêmes exigences, des mêmes rapports à la langue, des mêmes réticences et des mêmes acceptabilités et ouvertures, dans un environnement spécifique du pays concerné.

Les deux auteurs présentent le modèle de l'enseignement fonctionnel comme une solution, un modèle à suivre. Selon D. Lehmann, cité par S. Eurin- Balmes et M. Henao de Legge (1992 : 60), ce modèle fonctionnel consiste à « se fixer des objectifs langagiers » et à se donner « les moyens de les atteindre ». L'apprenant et ses objectifs sont au centre du programme d'enseignement qu'on lui propose. Un programme qui lui permet d'acquérir le bagage nécessaire pour assurer la communication dans la langue cible.

Ce qui nous amène à la question suivante : quels sont les objectifs du français langue de communication scientifique ? Deux objectifs essentiels sont identifiés.

- Le premier est d'accéder à l'information scientifique, la comprendre, du moins faire en sorte que la langue ne soit pas un obstacle à la compréhension.
- Le deuxième est de pouvoir communiquer à son tour l'information, que ce soit lors de conférences, de communications, ou dans le cadre de l'enseignement.

Ces deux besoins sont reliés l'un à l'autre, parfois même étroitement sur le paramètre temps.

Pour finir, les différentes recherches semblent d'accord sur un point essentiel : le but de l'enseignement du FOS n'est pas la matière scientifique elle-même, mais les « structures linguistiques » les plus fréquentes et leurs utilisations.

#### **4-2-4- La démythification de l'écriture**

Ces dernières années, les recherches en langue ont commencé à s'intéresser à la production écrite et à la traiter non comme un « don » mais comme une compétence qu'on acquiert et donc qu'on enseigne.

La place qu'elle occupe en didactique traditionnelle est quelque peu équivoque : elle ne bénéficiait pas d'un enseignement particulier et spécifique mais elle avait un rôle important dans l'évaluation. C'est le lieu d'expression et d'investissement des différents

---

<sup>11</sup> L'environnement est décrit comme "constitué par un ensemble de conditions culturelles, sociales, économiques et techniques qui caractérisent une situation donnée. C'est parce que tout système se situe dans un environnement qu'il faut connaître qu'il n'est pas possible de pratiquer une approche systémique à distance". Cette définition est elle-même reprise de *l'éducateur et approche systémique*

enseignements d'orthographe, de grammaire, de conjugaison ... . C'est par elle que s'effectue la vérification de la réussite ou l'échec de la transmission des autres savoirs. Toutefois « il n'est pas toujours évident que les savoirs sur les fonctionnements de la langue ou même des « savoirs-faire manipulatoires localisés » développés chez l'élève soient facilement et immédiatement investis dans les pratiques scripturales » (M. Miled, 1998 : 17).

Selon M. Miled (*op. cit.*), deux raisons ont fait qu'un tel enseignement n'a pas été dispensé, la première est en rapport avec l'apprenant chez qui l'acte d'écriture ou de rédaction est fortement, pour ne pas dire exclusivement, lié à la validation et à la certification d'autres compétences. Ceci est d'autant plus vrai qu'en sciences, les étudiants ont une idée préconçue de la souveraineté de la science, de son auto-suffisance, son langage symbolique universel lui permettant de se passer de toute expression en langage naturel. Cet usage spécialisé de la langue naturelle est négligé dans la formation scientifique, et inexistant dans la formation linguistique et les cours de français dispensés dans les filières scientifiques au lycée.

La deuxième raison est liée à « l'inexistence d'un modèle théorique sur lequel peut reposer l'enseignement de la rédaction » (*op. cit.* : 18). Peut-on parler de l'inexistence de ce modèle en français langue de spécialité ? Nous savons, notamment d'après S. Moirand (1990 b) qu'il existe certaines particularités d'un texte scientifique comme la neutralité de l'énonciation, l'objectivité, le présent atemporel ... mais ces caractéristiques constituent-elles un modèle ou la base d'un modèle à construire ? Existe-t-il, pour le texte scientifique ce que M. Miled appelle « (...) un modèle théorique du texte sur lequel peut reposer l'enseignement de la rédaction », « une théorie textuelle de référence explicitant son fonctionnement effectif ou la variation de ses structures discursives » ? (1998 : 18). Là où en rédaction en langue naturelle, « à cette carence d'un modèle théorique, faisaient écho des pratiques évaluatives limitées le plus souvent aux corrections de l'orthographe et de la grammaire de la phrase », en langue de spécialité, à cette carence, font écho des pratiques évaluatives ne prenant pas en compte l'expression scientifique en langage naturel. Même si l'enseignant juge souvent nécessaire de signaler les lacunes linguistiques, celles-ci ne sont pas (du moins officiellement) prises en compte dans l'évaluation : seule compte l'exactitude scientifique.

#### **4-2-4-1- L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉCRIT EN TUNISIE**

En Tunisie, l'enseignement de l'écrit est passé par trois étapes. La première, se situant entre 1963 et 1975, marquait une période où le français était considéré comme une fenêtre ouverte sur le monde et comme une langue de culture. Le programme officiel de 1963 définissait sa tâche en termes d'instruction et d'éducation permettant le développement, chez l'apprenant, d'un esprit critique, de qualités sociales et artistiques. La tâche d'écriture était liée à celle de la lecture. Elle avait pour but de développer une certaine rigueur dans l'expression à travers la description de faits, de sentiments, et de jugements en prenant comme modèles ceux de textes étudiés en lecture. Elle était de même subordonnée à la grammaire pour qui elle constituait un lieu d'application des différentes théories.

La deuxième époque va de 1978 à 1982. Le français est défini alors suivant sa fonction de véhicule de l'information scientifique. L'enseignement est influencé par le niveau-seuil, la pragmatique et les actes de langage et les méthodes communicatives. On commence à s'accorder sur l'importance de développer une compétence énonciative et non seulement linguistique, on accorde de l'importance à l'ancrage énonciatif dans la production écrite sans toutefois négliger le rôle de la grammaire et de la lecture.

La troisième étape est née sous le signe de la grammaire textuelle avec les programmes de la réforme de 1991. On se donne, désormais, comme objectifs de développer des compétences textuelles, discursives et méthodologiques.

Ses différentes réformes montrent que la didactique de l'écrit a mis du temps avant de s'imposer et de se voir accorder une place dans la didactique des langues. Nous allons en esquisser quelques traits en établissant des liens avec la didactique de l'écrit spécialisé et de l'écrit en langue seconde.

### **4-2-4-2- DE LA DIDACTIQUE DE L'ÉCRIT : ENTRE ÉCRIT SPÉCIALISÉ ET ÉCRIT EN LANGUE SECONDE**

La méthode préconisée dans l'enseignement de l'écrit était et reste souvent encore basée sur le phénomène d'imprégnation qui se fait par la lecture et l'exposition intensive et massive à des textes « modèles ». Le passage de cette phase passive à celle active de production est laissée à « la propre initiative » de l'apprenant et « sa propre vocation » (Miled, 1998 : 27). L'apprentissage se fait sur le tas, à travers et grâce au contact avec l'activité scripturale et les différents problèmes qu'on peut rencontrer. Ce qui met la didactique de l'écrit dans une position inconfortable, d'un côté on reconnaît qu'écrire n'est pas une question de don (du moins pas seulement), et qu'il s'agit de compétences, d'habitudes scripturales, d'« un savoir-faire qui s'acquiert et se perfectionne », mais d'un autre côté on ne reconnaît pas la légitimité et la nécessité d'un enseignement spécifique et ciblé.

Nous pouvons nous demander si une telle méthode est applicable en français de spécialité : peut-on apprendre à écrire rien qu'au contact avec les textes scientifiques ? si les études récentes montrent qu'il ne suffit pas de multiplier les lectures pour maîtriser l'écriture, il en est de même de la rédaction spécialisée sachant, en plus, que les étudiants scientifiques sont très peu confrontés à des lectures de ce genre pendant le cursus scolaire et parfois même universitaire.

De plus, pour beaucoup, l'écriture est une question de « créativité » et en aucun cas une question d'intériorisation et de réinvestissement de compétences linguistiques suivant des schémas et des plans prédéfinis. Le développement des théories de référence, la possibilité de définir des objectifs, des stratégies d'apprentissage et des critères d'évaluation, ont permis de répondre à toutes ces objections formulées à l'encontre d'une didactique de l'écrit et aussi d'orienter cette didactique et d'en tracer les grandes lignes. Selon M. Miled, elle « tente de répondre à trois questions complémentaires :

- l'écrit est une pratique artistique fondée sur la créativité et la sensibilité : comment dès lors éviter les effets négatifs d'une pédagogie de l'imitation ?

- l'écrit est une pratique langagière : comment favoriser l'intériorisation de techniques et de savoir-faire nécessaires ?
- l'écriture est une pratique sociale : quelles stratégies d'apprentissage prévoir dans la production d'un texte qui ait un sens pour le scripteur et le destinataire ? » (1998 : 39).

Ces trois points nous poussent dans le cadre de notre recherche à nous poser les questions suivantes par rapport à l'enseignement de l'écrit à un public scientifique adulte:

- doit-on mettre en avant la créativité et la sensibilité ? L'objectivité et la scientificité (précision, objectivité) ? Et, dans ce cas, l'imitation est-elle toujours un procédé à éviter ?
- quels sont ces savoir-faire et ces techniques ? Sont-ils les mêmes qu'en langage « ordinaire » ? Y-a-t-il d'autres compétences requises en plus ?

Dans une situation particulière comme celle du français langue seconde, l'écrit a cette double particularité d'être une discipline enseignée et le moyen par lequel d'autres disciplines sont enseignées. En tant qu'indice du degré de maîtrise de ces disciplines, il occupe une place privilégiée dans la société.

Mais comme le précise M. Dabène (1987 : 48), il ne s'agit pas seulement de maîtriser de formes linguistiques mais de « connaître aussi, et maîtriser surtout, les situations dans lesquelles l'usage de l'écriture est socialement acceptable ». D'ailleurs, c'est cette légitimation sociale ou son absence qui pose problème dans le cadre scolaire ; l'élève ne comprend pas l'intérêt des activités de rédaction. « L'écrit est intimement lié à des enjeux pragmatiques et affectifs (...) alors que la classe demeure un cadre artificiel » (Miled, 1998 : 56). Ceci a poussé à la mise en place de situation de « déscolarisation » (journal scolaire, prise de notes à partir de conférences, compte rendu d'enquêtes menées par les étudiants...). Ces activités, permettent de libérer l'écriture d'une utilisation « très codifiée » instaurée par le cadre scolaire, au sein duquel elle est pratiquée de manière presque exclusive. Ceci, selon M. Miled (1998 : 56-57), se traduit en didactique par le développement de capacités transversales prenant en compte les préalables suivants :

- varier les textes à lire et produire tout en mettant en lumière le changement correspondant des structures et tournures linguistiques suivant le type de texte au moyen d'une réflexion métalinguistique.
- faire le lien entre les activités scripturales et les différents savoirs dispensés en langue française et entre les activités scripturales et « l'environnement extra-scolaire (...) partiellement francophone ».
- prendre en considération les connaissances en langue maternelle et les connaissances procédurales déjà acquises en celle-ci.

## Conclusion

---

En 1993, à l'occasion d'un colloque sur « les méthodologie de l'enseignement des

sciences fondamentales au secondaire et au supérieur », R. Zghal (1993) dépasse la problématique traitée et ouvre le débat sur un sujet plus global : la pédagogie universitaire. Il aborde alors entre autres la question de la communication et de la langue. En soulignant l'importance de la première dans les différents domaines politiques, économiques et sociaux, il met le doigt sur un fait important lié à la deuxième : « (...) nous prétendons former des étudiants dans des disciplines scientifiques entre autres, supposant théoriquement une haute capacité de conception et donc d'expression, mais d'un certain point de vue ces étudiants sont handicapés du fait qu'il ne maîtrisent pas la langue des enseignements qu'ils subissent ». Il se pose ensuite la question cruciale suivante : « Que peut-on exprimer quand on n'a pas les instruments de la conceptualisation ? » (*op. cit.* : 13). La réponse est alors comme on peut s'y attendre peu flatteuse : imitation, manque ou absence de créativité et de création (au niveau général), manque d'autonomie (au niveau de la personnalité) etc.

C'est suite aux différentes remarques faites par différents membres du corps enseignant (tous niveaux confondus) et dans un souci toujours croissant de voir se développer et progresser les différents sous-systèmes d'enseignement et, notamment, pour répondre aux attentes de l'enseignement supérieur, que « la réforme de 2000 » a vu le jour anticipant la loi d'orientation de l'éducation et de l'enseignement scolaire du 23 juillet 2002.

Selon les termes du Rapport National sur le Développement de l'Education 2000-2004, du Ministère de l'Education et de la Formation, « (...), ayant relevé, au prix d'efforts considérables et de grands sacrifices, le défi de la scolarisation de tous les enfants sans discrimination aucune, l'école tunisienne est désormais confrontée aux impératifs de qualités, d'équité et d'efficience » (2004 : 4). L'intérêt porté au développement de l'enseignement supérieur occupe alors une place importante et donne naissance à d'importantes modifications et réorientations dont la mise en place de « passerelles entre les filières et le passage d'un établissement à un autre », « le régime des trois tiers », la codification de l'enseignement supérieur privé par la loi n° 73 du 25 juillet 2000, la loi sur la création d'une université virtuelle (*op. cit.* : 9-11). Au niveau qui nous intéresse plus particulièrement, à savoir celui de l'enseignement des langues, ont été constatées les difficultés des élèves et des étudiants « à communiquer, à rédiger et à résoudre des problèmes » (*op. cit.* : 22). Un renforcement de cet apprentissage, considéré comme un apprentissage de base est effectué au travers, par exemple, de la révision des horaires qui lui sont impartis, le but étant d'arriver à une réelle maîtrise des deux principales langues enseignées à l'élève tunisien. Aussi, des filières de langues appliquées sont-elles introduites dans les universités, le but étant de contextualiser l'apprentissage des langues.

L'un des principes sur lesquels se fonde la rénovation des programmes est « La conception des programmes dans l'optique de l'approche par compétences en lieu et place de la perspective sommative et cumulative qui caractérise les programmes actuels. Il s'agit de faire acquérir à l'élève les capacités lui permettant d'accéder par lui-même à une information sans cesse renouvelée, et de s'en servir dans des situations nouvelles, différentes de celles rencontrées au cours de l'apprentissage. » (*op. cit.* : 24). Ce projet constitue le fondement de notre propre démarche.

## 5- Le recueil des données

### 5-1- Les attentes et les objectifs

---

À la lumière des résultats sociolinguistiques que nous venons de présenter, il nous paraît indispensable de nous arrêter sur le profil linguistique de nos étudiants et plus spécialement sur leurs compétences. Comme nous l'avons déjà souligné, notre objectif est de répondre ou du moins d'essayer de répondre aux questions suivantes : quelles capacités discursives les étudiants ont-ils acquis lors de leurs cursus ? Quelles compétences ont-ils ? Sont-elles suffisantes pour qu'ils puissent faire face aux obligations futures liées au domaine de l'enseignement ou de la recherche ? Comment les stabiliser et les améliorer ?

Nous allons donc tenter d'éprouver les compétences et les capacités des étudiants en les amenant à mettre ses compétences en application dans un ensemble de tâches à effectuer. L'impossibilité d'observer des situations authentiques où une application « réelle » de cette compétence discursive pourrait être étudiée, « exposés » pendant les heures de cours (rares) ou présentation de « comptes rendus de TP » (pourtant réalisés suite aux multiples TP) nous a amenés à mettre en place une situation de production « fictive ».

### 5-2- Le protocole et les objectifs de départ

---

Le protocole suivi pour le recueil de données est celui de la méthode des protocoles verbaux concomitants utilisée par le groupe de recherche GRIC 2<sup>12</sup> sur le processus rédactionnel en situation de rédaction collaborative et que nous avons rencontrée lors de notre participation aux séminaires proposés par le groupe de recherche sur le Processus Rédactionnel à Lyon 2, sous la direction de M-M. de Gaulmynn et de R. Bouchard.

Ce protocole consiste à demander à deux personnes de coproduire un texte commun sur un sujet donné. Le travail à deux les oblige ainsi à verbaliser les différentes étapes de leur production. Un enregistrement de toute la tâche permet d'en suivre le déroulement. L'analyse du processus rédactionnel de même que des différentes compétences et connaissances mises en application, se fait ainsi sur la base des productions obtenues, qu'elles soient des productions finales (textes rédigés) ou intermédiaires (brouillons, plans etc. ), et sur la base des enregistrements des interactions.

L'objectif de ce protocole est essentiellement l'étude de la rédaction conversationnelle<sup>13</sup>. Mais cette recherche nous a amenés à des interrogations sur la

<sup>12</sup> ICAR

<sup>13</sup> Ce à quoi nous avons consacré notre étude de DEA

dimension orale de la production. Dans notre recherche, cette dimension sera analysée non pas en tant qu'une étape préparatrice de la rédaction ou en tant que donnée principalement révélatrice des caractéristiques d'autres discours, mais sera étudiée pour elle-même, en tant que discours. Nous y avons ajouté une étape supplémentaire. La production du texte écrit final est interrompue par une phase d'exposé orale préliminaire.

En bref nous avons réutilisé le protocole présenté ci-dessus en y ajoutant deux tâches : la première est une prise de notes – exigée explicitement - préparant la rédaction du texte, et la deuxième est un exposé oral qui interrompt la rédaction de ce texte. Voici donc, les caractéristiques de la nouvelle tâche :

- *la nature de la tâche* : co-produire à deux, et dans l'ordre, une prise de notes, un exposé oral et un texte rédigé à partir d'un cours. La prise de notes préparant les deux autres productions est imposée.
- *la consigne* : « À partir de votre cours, effectuez une prise de notes qui servira de point d'appui :
  - à la présentation d'un exposé oral visant à expliquer le cours en question,
  - à la rédaction d'un texte le synthétisant. »
- le déroulement de la tâche :
  - le lieu : faculté des sciences de Bizerte
  - la date : mars 2000
  - les participants : 14 volontaires pris dans une classe de plus de 100 étudiants, spécialisés en Mathématique-Physique (MP).
  - le lieu des enregistrements : salle de classe
  - les sujets des cours : cinq groupes (G1, G2, G3, G4 et G7<sup>14</sup>) ont travaillé à partir d'un premier cours « Statistique des systèmes de particules identiques : généralité », et deux groupes (G5 et G6) ont travaillé à partir d'un deuxième cours « Propriété tensorielle de la matière ». Le choix du premier cours a été fait au vu d'entretiens et d'enregistrements effectués avec des étudiants à l'école polytechnique de la Marsa. Nous avons jugé opportun de faire travailler les étudiants de Bizerte sur un sujet similaire dans la perspective d'une future comparaison. Le choix du deuxième cours est indépendant de notre volonté : les étudiants, refusant de travailler sur le cours de la mécanique quantique, ont lié leur participation à notre expérience au choix d'un nouveau cours. La nature des données et la structure de ce deuxième cours étant différentes de celles du premier, nous préférons nous appuyer uniquement sur ce dernier.
- *les données recueillies* : elles sont manuscrites (les notes communes, le texte rédigé et le texte du cours) et orales (les enregistrements des interactions durant tout le temps de l'exécution de la tâche, à peu près une heure par groupe, et les

<sup>14</sup> Les groupes sont numérotés dans l'ordre de leur participation.

enregistrements des exposés oraux.)

### 5-3- Les genres de discours

---

Différents genres discursifs sont alors produits par les participants à ce protocole de recueil de données :

*les textes écrits* : nous sommes face à des types de produits écrits à fonctionnalités différentes. Nous avons, dans un premier lieu, le texte du cours qui est à la fois la trace d'un discours oralisé, dicté et annoté sur le tableau par l'enseignant, la trace du discours spécialisé et la trace du discours didactique. Dans un deuxième lieu, les textes produits sont à considérer comme le résultat d'un travail de rédaction, comme un discours spécialisé, et comme un résumé. Enfin, les notes ont une double utilisation de préparation d'un exposé oral, et d'un résumé écrit.

*l'oral* : la situation mise en place met les étudiants dans un rapport pluridimensionnel à l'oral. Ils sont face d'abord à un oral dialogal de négociation finalisée, puis face à un oral monologique sinon monologal d'« exposé ». Ce second oral correspond à un « discours spécialisé » en même temps qu'à un « discours didactique ». Il implique d'adopter une posture et une attitude d'orateur. En même temps dans ce protocole il constitue un moment de rétrospection et de réflexion sur le cours : une étape vers la rédaction.

La nature des données qui constituent notre corpus, à savoir des données manuscrites et des données orales, nous amène à cumuler différents choix théoriques afin d'exploiter au mieux la richesse de ce corpus. Nous puisons ainsi dans différentes théories et différentes méthodes d'analyses afin de tenir compte des différents paramètres qui le sous-tendent. La pertinence de ces outils par rapport à notre étude sera soulignée dans les présentations des théories et des méthodes d'analyses utilisées pour chacune des étapes de notre travail. Afin de mettre en évidence la pertinence de nos sources théoriques et de nos analyses, nous optons pour une correspondance directe entre, d'un côté, le cadre théorique et, de l'autre, l'analyse des données et ce par la présentation juxtaposée au sein d'un même chapitre d'un type d'analyse et du cadre théorique sur lequel elle se fonde. Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, nous allons troquer la composition traditionnelle d'une recherche constituée de deux parties (théorique et pratique) par une composition en chapitres. Certes, un clivage restera visible à l'intérieur des unités « chapitres », mais il sera atténué par une mise en rapport directe, bénéfique, nous semble-t-il, pour la clarté de la démarche.

## Chapitre II- L'étude des textes produits : l'étude de la structuration et de la composition unitaires des textes

Plusieurs théories du texte ont vu le jour ces dernières décennies ; elles ont toutes en commun de considérer le texte non plus comme une suite de phrases mais comme un tout construit, structuré. Désormais, nous parlons de grammaire de texte et non plus de grammaire de phrases lorsqu'il s'agit d'analyser ce tout.

L'un des principaux aspects que notre analyse aborde est la cohérence. M.-P. Péry-Woodley considère qu'« on ne peut envisager la structuration des textes que comme la résultante d'une multiplicité de facteurs, dont la nature et les interactions sont loin d'être parfaitement comprises » (2001 : 3). Ce sont ces facteurs que les différents modèles tentent d'éclairer.

Nous avons rencontré lors de notre recherche des approches variées du texte et de sa structuration. Nous avons fait appel, dans notre DEA, à quelques-unes d'entre elles. Nous avons vu l'analyse thématique et les différentes manières de progresser à l'intérieur d'un texte grâce au rapport thème/rhème, connu/nouveau. Nous avons, aussi, abordé quelques éléments de la grammaire de texte et l'analyse du discours en séquence, actes etc. Mais ces méthodes ne nous ont pas apporté une satisfaction entière. En effet, la nature du discours en question et ses particularités rhétoriques et cognitives n'étaient pas, à notre sens, mises en valeur et bien exploitées avec ces deux perspectives. Ceci nous a

amenés à partir à la recherche d'autres outils. Des outils qui tiendraient compte de la logique intrinsèque du discours dont il est question dans notre étude, à savoir un discours spécialisé et aussi un discours didactique. C'est là que la « Théorie de la Structure Rhétorique » ou RST intervient dans notre analyse.

L'intérêt de la RST, pour notre recherche, réside dans le fait qu'elle permet de souligner les opérations ou les relations rhétoriques les plus importantes des textes de départ et de voir si elles sont identifiées et reprises par les étudiants dans les différents textes d'arrivée. A un premier niveau, nous allons combiner cette analyse avec une analyse hiérarchique de description qui consiste à découper le texte en unités de base, sous unités de base, unités conceptuelles et unités majeures. Le rapport de conformité ou de fidélité du texte du départ (texte source) au texte d'arrivée (texte cible) sera au centre de notre étude. Une catégorisation des types de propositions relationnelles sera proposée au vu des résultats de la première analyse du passage de TS à TC ; une catégorisation qui nous permettra d'identifier les relations qui sont reprises telles quelles, celles qui sont modifiées et celles qui sont créées.

A un autre niveau, nous nous proposons d'étudier l'identification et la reprise des relations à travers l'étude des différentes étapes de la rédaction, et plus précisément à travers l'étude des phases des négociations orales qui préparent la rédaction finale. A ce niveau, la RST se combine avec un autre modèle théorique : l'analyse du processus rédactionnel. Plus particulièrement, il s'agit d'étudier comment et à quel niveau l'identification/reprise a lieu, et donc d'étudier l'importance accordée à l'opération en question et de même que les marques linguistiques choisies par les participants afin d'exprimer les relations entre les segments. Le recours à la RST permettra de déterminer, lors du passage de TS à TC ou PDN (prise de notes) à TO (oral), en quoi ce passage affecte ou non la structure rhétorique et la cohérence des différents textes produits ainsi que le rôle de certains procédés comme la compression d'information et la reformulation.

Toutefois il existe un souci majeur avec cette méthode, c'est qu'elle n'est pas encore tout à fait théorisée, les différentes propositions relationnelles ne sont pas définies et stables, de même que les notions de noyaux et de satellites.

## 1- Les outils théoriques

### 1-1- La Rhetorical Structure Theory : RST

---

Elaborée dans les années quatre-vingt pour répondre aux attentes de « la génération automatique de texte », et pour palier à une déficience dans les ressources que fournissent les théories utilisées dans la programmation de système de génération, la théorie de la structure rhétorique, RST, voit le jour avec W. Mann et S. Thompson. Elle a vite fait ensuite de sortir du cadre d'une utilisation restreinte au domaine de l'informatique.

Comme nous l'avons déjà souligné, cette théorie s'intéresse à l'explication de la

cohérence du texte. En partant de la définition suivante de la cohérence : « la cohérence consiste en l'absence d'illogisme et de lacunes » (Mann, 2005a : 1), W.C. Mann attribue à chaque partie du texte une fonction qui justifie sa présence dans le texte et qui est reconnaissable par le lecteur. L'attribution d'un rôle à chaque élément du texte n'est pas pour autant une contrainte ou une obligation plus que le résultat d'une hypothèse : l'hypothèse que « pour les textes rédigés avec soin, à virtuellement tout texte correspond une analyse RST fournissant une place structurelle à tout élément du texte. » (Mann, 2005a : 3). Toute l'essence de la RST est là.

Selon les propres termes de l'un de ces créateurs, W.C. Mann sur le site consacré à la présentation de cette théorie, la RST ne s'intéresse pas à la description des processus de création de textes mais à la description des textes et de leurs structures discursives. Cette description se fait suivant « un processus d'analyse (qui) a pour but de fournir à une personne qui comprend le texte une méthode structurée, précise, pour déterminer une partie de ce qui sous-tend la compréhension. » (Mann, 2005a : 2). La première étape dans l'analyse RST est le découpage du texte en unités minimales qui forment des « segments » reliés par des « relations ». Ce sont là les composantes de la RST.

### 1-1-1- La définition des composantes RST

Le modèle est construit autour de deux notions de base : celle de « la proposition relationnelle » et celle de « la nucléarité » (noyau-satellite).

- *La proposition Relationnelle* : W. C. Mann et S. Thompson les définissent comme étant des « propositions implicites qui se dégagent des combinaisons de propositions dans le texte » (Mann & Thompson, 1986 : 88)<sup>15</sup>. Elles permettent d'interpréter le texte, de déceler, et de reconstruire sa cohérence. Elles relient entre eux des segments de tailles différentes. Il peut s'agir de simples propositions ou de groupes de propositions. Un texte cohérent peut ainsi être lu suivant une seule proposition que M-P. Péry-Woodley appelle « englobante » (2000 : 41). Une relation qui déterminerait en quelque sorte le but du texte, son macro-acte.
- *La nucléarité* : le schéma de la RST met en rapport deux segments. Le premier est un segment noyau et le deuxième est un segment satellite. Sur le schéma, le segment noyau est marqué par une ligne verticale et par le sens de la flèche de la proposition qui part du satellite vers le noyau, le satellite est alors en relation de X (nom de relation) avec le noyau. Ces deux composantes du schéma ne sont pas identifiées ou définies en elles-mêmes mais à travers les types de relations qui peuvent les relier. Reliant des segments de taille et de nature différentes, la relation est souvent asymétrique.

Les segments constituant le premier niveau de la RST se subdivisent aux niveaux suivants. L'analyse, en l'occurrence ici descendante, (elle peut être montante et effectuer le processus inverse) procède par subdivision, niveau par niveau, des groupes de propositions jusqu'à arriver, au niveau ultime, à des relations reliant des unités minimales. Les relations sont imbriquées les unes dans les autres, « l'analyse si elle est faite de façon descendante permettant de déplier le texte progressivement jusqu'à l'unité de

<sup>15</sup> traduction de M-P. Péry-Woodley (2000 : 40)

base » (op. cit. : 41). L'ensemble des relations reliant les segments forme le schéma de la RST.

### **1-1-2 « L'intention du scripteur »**

La définition des relations, reposant en partie sur l'effet sur le lecteur, implique aussi l'intention du scripteur dans l'analyse. « Le rôle interprétatif de l'analyste dans l'élaboration d'une représentation de la structure d'un texte » (op. cit. : 43) est central. Comme pour l'analyse du discours, l'analyste se positionne alors en tant que lecteur et, de son point de vue, fait des observations sur les relations qui sous-tendent la structure du texte - observations imputables sur le compte des intentions de l'auteur. Il émet alors des « jugements » dont l'ensemble constituera le schéma de la RST ou son « diagramme ».

Les notions d' « effet » sur le lecteur et d' « intention » du scripteur sont ainsi deux notions primordiales dans l'interprétation des relations : en tant que lecteur/observateur, nous avons été, au cours de notre travail d'analyse, face à des situations où il était possible d'identifier deux relations différentes pour la détermination d'une liaison entre deux segments, mais la prise en considération des intentions de l'auteur et de l'effet voulu, du macro-acte du texte, nous a permis de limiter le choix à une seule relation.

### **1-1-3- Les marqueurs de surfaces**

Les créateurs de la RST mettent un point d'honneur à ne pas prendre les indices de surface comme indices des opérations de fond, préférant se fier à la cohérence plutôt qu'à la cohésion. En expliquant les intentions de l'auteur et la présence de chaque élément dans le texte, l'analyse RST donne alors le moyen de se passer de ces indices dans la détermination de la cohérence. M-P. Péry-Woodley ne semble pas partager ce choix. Elle reprend le modèle et redonne aux marques de structuration de surface leur rôle dans l'identification de la cohérence et notamment dans le découpage en segments, ceci en adoptant ce qu'elle qualifie de « conception élargie de la notion de signalisation » (Péry-Woodley, 2000 : 43). Elle combine alors la RST avec d'autres modèles tels que celui de l'architecture textuelle afin de combler les lacunes de la RST à ce niveau.

Nous serions tentés de faire de même et de tenir compte des marques de surfaces dans notre étude. En effet, nous ne pouvons être aussi radicaux que W. C. Mann et S. Thompson dans leur position face à la notion de signal, vu l'importance accordée à ces marques dans le cursus scolaire des étudiants/ participants à notre recherche et l'importance que leur accordent les participants eux-mêmes. Toutefois, les renseignements que nous avons concernant ces étudiants et leurs connaissances de la langue française<sup>16</sup> nous poussent à être très vigilants en étudiant les marques de structurations se trouvant à la surface des textes produits, l'hypothèse étant que ces marques (connecteurs, prépositions...) peuvent être mal utilisées, et donc pourraient être

---

<sup>16</sup> Ces informations se basent sur les propos des étudiants et sur leur propre évaluation de leurs compétences, ainsi que sur l'évaluation de leurs professeurs, et non sur ce qu'ils sont censés avoir acquis selon les programmes officiels et suite aux cours dispensés au lycée

un indice trompeur qui fausserait notre description et notre analyse. Notre position serait donc de prendre en considération les indices de surface comme traces des opérations profondes qui structurent le texte afin d'en étudier, selon le cas, les occurrences correctes et celles qui ne le sont pas.

#### 1-1-4- De quelques relations

W.C. Mann et S. Thompson ont établi un inventaire des relations rencontrées dans la RST qui est, selon eux, bien établi et exhaustif même s'il reste ouvert<sup>17</sup>.

Les relations sont définies en termes de contraintes sur le noyau et le satellite, ensemble ou séparément, et en termes d'intention et d'effet. Elles sont à lire comme suit : « Il est plausible pour l'analyste qu'il était plausible pour l'auteur que ... » (Mann 2005b : 1).

Nous n'allons présenter ici que quelques-unes des relations qui nous semblent les plus importantes pour notre étude<sup>18</sup>. Elles se répartissent en trois groupes : des relations de présentation, des relations de contenu et des relations multi-nucléaires. Les relations sont rassemblées dans des tableaux à quatre colonnes : le nom de la relation, les contraintes sur le satellite (S) et sur le noyau (N) séparément, les contraintes sur le noyau et le satellite ensemble et l'intention de l'auteur (A), l'effet sur le lecteur (L) se traduit dans chacune d'elles.

#### Tableau a : Définitions des relations de Présentation

<sup>17</sup> Pour différents chercheurs, le texte de W. Mann et S. Thompson 1988 reste « le » texte de référence, avec l'inventaire des relations de la RST qu'il présente.

<sup>18</sup> Le tableau complet des relations figure sur le site [www.sil.org/linguistics/RST](http://www.sil.org/linguistics/RST)

## Les capacités discursives, orales et écrites, en français langue de spécialité

Nom de la relation	Contraintes sur S et N séparément	Contraintes sur N + S	Intention de A
Antithèse ( <i>Antithesis</i> )	sur N: A porte une appréciation favorable sur N	N et S sont en rapport de contraste (voir la relation de Contraste) ; en raison de l'incompatibilité résultant du contraste, on ne peut leur porter à toutes les deux une appréciation favorable: comprendre S et l'incompatibilité entre les situations augmente l'appréciation favorable que L porte à N	L'appréciation favorable de L envers N est accrue
Démonstration ( <i>Evidence</i> )	sur N: L pourrait ne pas croire en N avec suffisamment de force aux yeux de A sur S: L croit en S ou le trouvera crédible	Le fait que L comprenne S augmente sa croyance en N	La croyance de L en N est accrue
Justification ( <i>Justify</i> )	Aucune	Le fait que L comprenne S le rend plus disposé à accepter le droit de E à présenter N	La disposition de L à accepter le droit de E à présenter N est accrue
Préparation ( <i>Preparation</i> )	Aucune	S précède N dans le texte; S permet de placer L dans de meilleures conditions pour la lecture de N	L est mieux préparé, plus intéressé ou mieux disposé à la lecture de N
Reformulation ( <i>Restatement</i> )	Aucune	sur N + S: S reformule N, lorsque S et N sont de taille comparable; la position de N en relation avec les intentions de A est plus centrale que celle de S	L reconnaît en S une reformulation de N

Tableau b : Définitions des relations de Contenu

Nom de la relation	Contraintes sur S et N séparément	Contraintes sur N + S	Intention de A
But ( <i>Purpose</i> )	sur N: N est une activité; sur S: S est une situation non-réalisée	S doit être réalisé grâce à l'activité décrite dans N	L reconnaît que l'activité décrite dans N est amorcée afin de réaliser S
Cause délibérée ( <i>Volitional Cause</i> )	sur N: N est une action délibérée, ou bien une situation qui aurait pu résulter d'une action délibérée	S peut avoir induit l'exécutant de l'action délibérée décrite dans N à accomplir celle-ci; sans l'introduction de S, L pourrait ne pas considérer l'action comme motivée ou en connaître le fondement; N est plus important pour les intentions présidant à la création de la combinaison N+S que ne l'est S.	L reconnaît en S la cause de l' action délibérée décrite dans N
Cause non délibérée ( <i>Non-volitional Cause</i> )	sur N: N n'est pas une action délibérée	S a causé N, autrement qu'en induisant une action délibérée; sans l'introduction de S, L pourrait ne pas connaître la cause spécifique de la situation; l'introduction de N est plus importante que celle de S pour les intentions présidant à la création de la combinaison N+S.	L reconnaît en S la cause de N
Circonstance ( <i>Circumstance</i> )	sur S: S n'est pas non-réalisé	S établit un cadre dans "Contenu", à l'intérieur duquel R doit interpréter N	L reconnaît que S fournit le cadre permettant d'interpréter N
Condition ( <i>Condition</i> )	sur S: S introduit une situation non-réalisée (hypothétique, future ou autre) quant au contexte situationnel de S	La réalisation de N dépend de celle de S	L reconnaît en quoi la réalisation de N dépend de celle de S
Élaboration ( <i>Elaboration</i> )	Aucune	S introduit un détail supplémentaire sur la situation ou un élément décrit dans N, ou inférable à partir de celui-ci de l'une ou plusieurs des manières énumérées ci-dessous. Dans la liste, si N introduit le premier	L reconnaît que S ajoute un détail supplémentaire à N. L identifie l'élément de Contenu pour lequel le détail est apporté.

		membre d'une paire, alors S inclut le second: ensemble : composant abstraction : concrétisation tout : partie processus : étape objet : attribut généralisation : détail	
Interprétation ( <i>Interpretation</i> )	Aucune	sur N + S: S relie N à un cadre conceptuel, absent de N et que ne concerne pas l'appréciation favorable de A	L reconnaît que S relie N à un cadre conceptuel, absent de la connaissance introduite par N
Résultat délibéré ( <i>Volitional Result</i> )	sur S: S est une action délibérée, ou bien une situation qui aurait pu résulter d'une action délibérée	N pourrait avoir causé S; la présentation de N est plus importante pour les buts de R que celle de S;	L reconnaît que N pourrait être la cause de l'action ou la situation décrite dans S
Résultat non-délibéré ( <i>Non-volitional Result</i> )	sur S: S n'est pas une action délibérée	N a causé S; l'introduction de N est plus importante que celle de S pour les intentions présidant à la création de la combinaison N+S.	L reconnaît que N pourrait avoir causé la situation décrite dans S

Tableau c : Définitions des relations multi-nucléaires

Nom de la relation	Contraintes sur chaque paire de N	Intention de A
Contraste ( <i>Contrast</i> )	Pas plus de deux noyaux; les situations décrites dans chacun d'eux sont a) comprises comme identiques sur plusieurs points, b) comprises comme divergeant sur quelques points et c) comparées selon l'une ou plusieurs de ces différences	L reconnaît la similarité et la (les) différence(s) données par la comparaison effectuée
Jonction ( <i>Joint</i> )	Aucune	Aucune

Afin d'utiliser au mieux ces relations dans notre analyse, nous avons été amenés à y introduire quelques modifications qui répondent mieux - à notre avis - à la nature de nos textes. Par exemple, les distinctions *délibérée* et *non délibérée* nous paraissent mal correspondre aux rapports qui peuvent exister entre des notions ou des phénomènes physiques. A la place de la relation de « *cause délibérée* » et « *cause non délibérée* », nous préférons alors parler de relation d' « *explication* » où le lecteur reconnaît dans le satellite l'ensemble des causes de ce qui est présenté dans le noyau<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> La SDRT (Théorie des Représentations Discursives Segmentés), comme elle ne tient pas compte des intentions et des croyances de l'auteur et du lecteur, remplace les deux relations de cause ainsi que la démonstration par l'explication

Les relations de *résultats* posent un autre problème. Telles qu'elles sont définies, elles présentent le noyau comme la cause du satellite. Cette définition ne nous paraît pas donner leur juste valeur à certaines informations telles que les conclusions, les expressions des théorèmes ou des principes qui sont des résultats ou plus généralement des conséquences, et qui, si nous tenons compte du sens de cette relation, seraient des satellites. De plus, le nom de la relation, *résultat*, rappelle fortement les termes « résultats d'une démonstration », « résultats d'une expérience » etc, et donc des résultats qui sont souvent mathématiques. Nous préférons donc désigner par :

- « *résultat* » la relation où L reconnaît que N pourrait être le résultat mathématique de l'action ou de la situation (la démonstration) décrite dans S
- « *conséquence* » la relation où les segments tels que les conclusions, les expressions des théorèmes ou les énoncés de principes seraient les noyaux, et où le sens de lecture de la relation sera inversé : la flèche allant du satellite au noyau n'indique pas que L reconnaît en S la conséquence de N, mais inversement, que L reconnaît en N la conséquence de S. Ce type de relations inversées sera signalé par un point d'interrogation à côté du nom de la relation, par exemple « *conséquence (?)* ». Nous distinguons, à l'intérieur de cette relation de conséquence, les relations plus spécifiques de *généralisation* et de *postulat* .

La nature des données auxquelles nous avons affaire et leurs implications nous poussent aussi à procéder à des sous-classements à l'intérieur de certaines relations. C'est le cas de la relation *d'élaboration* dans laquelle nous distinguons, selon les besoins, la relation *d'exemple*<sup>20</sup> et *d'étude de cas* ; ou encore de la relation de *contraste* que nous préférons préciser en utilisant dans notre corpus plutôt la désignation *opposition*, ou encore la relation de *circonstance* dans laquelle nous distinguons la relation *données*.

Il ne s'agit pas là de véritables ajouts de relations mais de sous-classements effectués dans certaines d'entre elles.

### 1-1-5- Le repositionnement de la RST

Le modèle élaboré par W.C. Mann et S.A. Thompson est décrit par M-P. Péry-Woodley comme « (...) l'héritier d'une longue lignée de travaux sur le discours (Beekman & Callow, 1974 ; Grimes, 1975 ; Longacre, 1976 ; 1979 ; Hoey, 1983 ; Martin, 1983) et sur la compréhension en TAL (Hobbs, 1985 ; Grosz & Sidner, 1986). Ce modèle était conçu pour la génération de textes, ce qui signifiait qu'autant qu'à la structuration du discours, ses auteurs s'intéressaient à l'interface entre intention communicationnelle et surface textuelle. Cette finalité applicative imposait enfin un niveau de précision non encore atteint dans la formulation du modèle » (Péry-Woodley, 2000 : 40). En effet, il existe un souci important avec cette méthode, c'est qu'elle n'est pas encore tout à fait théorisée. Ce sont ces imprécisions dans la théorisation du modèle qui ont provoqué des utilisations que les fondateurs de la méthode qualifient d' « inappropriées »<sup>21</sup> . Nous reprenons donc quelques-uns des éléments théoriques qui nous semblent les plus pertinents par rapport à

---

<sup>20</sup> M-P. Péry-Woodley parle de relation d' « *explicitation – illustration* ».

notre recherche, éléments qui vont nous permettre de mieux délimiter et de déterminer nos attentes quant à l'apport de la RST.

### **1-1-5-1- L'EXPÉRIENCE ET/OU LA THÉORISATION**

Deux principales perspectives peuvent découler de ce modèle : une empirique et une théorique, la première visant l'identification de phénomènes par le questionnement, la description, ou l'observation ; la deuxième, l'explication de phénomènes déjà identifiés par les réponses, l'explication, la modélisation, la théorisation. Dans le premier cas, c'est-à-dire la perspective empirique, W. Mann et S. Thompson parlent de « *perspective de Recueil de Données* » (RD). Dans le deuxième cas, ils parlent de « *perspective du Composant Théorique* » (CT).

Les fondateurs du modèle se réclament de la première perspective qu'ils considèrent plus légitime et plus à même de représenter la RST. En effet, du fait qu'ils ne tiennent pas compte dans l'explication du fonctionnement du texte de certains paramètres tels que les choix lexicaux, la sémantique phrastique, les rôles discursifs, le genre, etc... ils jugent que « La RST ne peut être un modèle complet de la création de texte (...). Sa place est plutôt parmi d'autres composants, d'autres fragments compatibles d'un modèle global. » (op. cit. : 23). Pour cette raison, nous n'aborderons pas la perspective CT.

### **1-1-5-2- LA PERSPECTIVE « RECUEIL DE DONNÉES »**

Dans le cadre de la perspective RD, les auteurs proposent de mieux expliciter les fondements de la RST à travers « le processus d'observation », « la nature des résultats d'analyses » et « la présentation de huit aspects des séries d'analyses RST » (op. cit.). Nous reprenons ces trois points en les reliant à notre recherche.

Concernant l'observation, elle est perçue comme « une lecture guidée qui procède en recherchant des instanciations d'un ensemble prescrit de conditions ». L'observateur est alors un lecteur comme les autres. Il ne fait pas appel à des compétences exceptionnelles pour interpréter les textes et les analyses qu'il effectue reflètent « les perceptions qui sont également accessibles aux lecteurs mais de façon tacite. » (op. cit. : 16).

Cette définition est donnée dans le cas d'analyse de textes ordinaires et là notre situation est différente : les textes traités, s'ils sont ordinaires pour les participants, ne le sont pas pour l'observateur. En effet, notre ignorance -ne serait ce qu'au départ- de tout ce qui se rapporte au domaine de la mécanique quantique nous a permis de nous focaliser sur la composante linguistique des textes en ce qu'elle est le reflet de la structure du texte et des informations spécialisées. Nous nous plaçons alors en tant que lecteur non-compétent qui sera essentiellement guidé par les intentions du scripteur, qu'il perçoit à travers son observation.

Concernant le résultat, il se présente sous la forme d'un diagramme qui est « une notation abrégée de l'assertion par l'observateur, pour chaque élément du diagramme, de son accord sur la définition de cet élément telle qu'elle s'applique aux parties du texte à

<sup>21</sup> C'est en réponse aux reproches qui ont été faits, à tort ou à raison à la RST, qu'ils se sont proposés dans le numéro XXIII de Verbum consacré à la RST (Mann & Thompson, 2001) de la « RE »- définir ou plutôt de préciser ce qui peut être attendu de la RST.

l'étude » (*op. cit.* : 16-17) . Le diagramme représente alors tous les éléments du texte et leurs relations, chaque élément ayant, le plus souvent et sauf cas d'ambiguïté ou incohérence, une fonction et un rôle dans le texte. Le résultat, pour les auteurs, peut alors se passer de l'analyste pour l'interprétation, les définitions des relations, le diagramme et le texte assurant l'identification et l'interprétation des assertions.

Concernant les séries d'analyses, enfin, elles peuvent fournir plus d'informations que les analyses isolées. L'un des apports de cette méthode est celui de permettre à un même observateur, par l'application d'une même démarche, d'analyser des textes de types et genres différents. Aussi, la méthode permet-elle d'éclairer d'autres aspects quand l'analyse est effectuée par plusieurs observateurs et qu'elle souligne des accords sur les relations identifiées ou même l'acceptation des analyses effectuées par les autres. Nous ne pouvons, dans notre recherche, tirer profit de cette possibilité d'analyse (l'analyse d'un même texte par plusieurs observateurs), par contre, nous mettons à profit la première possibilité.

Les textes sont différents dans un premier cas parce que produits par deux types de spécialistes : le premier étant le professeur, spécialiste confirmé, le deuxième étant l'apprenti -spécialiste, l'étudiant. Les deux traitent les mêmes informations mais selon deux angles de vue différents. Les textes sont différents, dans un deuxième cas parce que, à l'intérieur de la catégorie apprentis-spécialistes, il existe plusieurs binômes et que nous sommes en droit de supposer ou même d'avancer que le résultat de leur collaboration sera différent.

Les séries d'analyses présentent d'autres aspects, plus précisément huit, qui pourraient éclairer l'analyse RST :

- *l'analysabilité* : elle se résume au fait qu'un texte est analysable dans la mesure où l'analyse n'est pas forcée, c'est-à-dire que « la méthode ne force pas le résultat » (*op. cit.* : 18)
- *la cohérence* : elle tient au fait qu'à chaque élément correspond un rôle et qu'à la lecture du texte il n'y a pas d'impression de manque d'informations<sup>22</sup>. La RST n'aborde que le premier point. En ce qui concerne notre étude, nous sommes amenés à souligner le deuxième, c'est-à-dire la complétude des informations, dans l'étude du passage du texte source aux différents textes cibles.
- *la stabilité de l'ensemble de relations et de schémas* : la RST recouvre une grande variété de textes ce qui permet à ces auteurs d'avancer qu'il s'agit là d'un outil d'analyse stable. Les quelques modifications que nous avons fait subir à certaines relations ne nous permettent pas d'affirmer le contraire surtout que, comme nous l'avons souligné, il s'agit plutôt de re-précision de relations déjà existantes. Comme le soulignent W. Mann et S. Thompson : « Dans le cadre d'objectifs linguistiques, il est suffisant que l'ensemble de relations et de schémas soit tout à fait représentatif » (*op. cit.* : 19).

22

Les auteurs de la RST reconnaissent que les rôles attribués par la RST, à eux seuls, ne donnent pas une explication complète de la structure textuelle, puisque les niveaux de granularité de la RST sont limités et que certains aspects tels que la cohésion et la structure d'information ne sont pas traités. Mais ils continuent, en s'appuyant sur les séries d'analyses, à voir dans l'accord entre observateurs : il est atteint au bout d'un long moment et au contact répété avec la méthode d'analyse. Il est tout attribuable à la « formation autant qu'aux connaissances partagées sur les conventions de la langue ». (Mann & Thompson, 2001 : 18-19).

considérer avec prudence.

- *l'identification des structures de discours en l'absence de signalisations* : l'analyse permet de voir qu'il existe plus de relations que de marqueurs ce qui permet d'avancer que la perception et l'identification des structures sont indépendantes des marques de surface. Ceci est dû à la nature de certaines relations, en l'occurrence sociales, qui impliquent des « connaissances sur les auteurs, les facteurs sociaux et les objectifs de textes » et qui créent des « effets communicationnels additionnels (...) qui ne résultent pas de la forme du texte ». (*op. cit.* : 20).
- *la transférabilité interlinguistique* : les tentatives réussies d'applications de la RST à d'autres langues laissent, malgré tout, les concepteurs du modèle sur une position de prudence.
- *l'ambiguïté apparente* : rare, elle est expliquée par la contrainte de « l'intention du scripteur » dont le lecteur doit tenir compte.
- *le recueil de données sans ancrage théorique* : il s'agit là d'un principe que les concepteurs se sont efforcés de respecter, toutefois ils reconnaissent que leur modèle n'a pu se détacher de la mise en place de quelques hypothèses et présupposés relatifs au langage (rapport texte monologal/structure linéaire), aux observateurs (rapport observateur/ applicabilité des définitions de relations), aux scripteurs (rapport scripteur/ résultats désirés), et aux régularités dans les séries.

W. Mann et S. Thompson re-déterminent, malgré leurs divergences, les deux perspectives RD ou TC par rapport à trois aspects qui leur sont communs : « l'intentionnalité » ou intention du scripteur, « les effets de communication » et « les unités de la RST » (*op. cit.* : 26-27).

### 1-1-6- L'apport de la RST

W.C. Mann et S.A. Thompson, les fondateurs de la méthode d'analyse RST, la décrivent comme une méthode qui permet la description de la structure d'un discours monologal et non un modèle théorique pour l'étude ou l'analyse du discours et c'est dans cette première perspective que nous l'utilisons dans notre recherche.

Appliquée à l'étude du passage d'un texte source à un texte cible, lors d'une réécriture du premier, La Rhetorical Structure Theory ou RST souligne une compétence que les étudiants doivent avoir, sinon acquérir, et qui est celle « de repérer les relations argumentatives dans le texte source et d'en rendre compte dans le texte cible » (Boch, Tutin & Grossmann, 2003 : 31).

Elle permet de voir la compatibilité au niveau argumentatif et structurel du texte d'arrivée avec le texte de départ. Mais elle permet aussi de révéler les origines de certaines traces ou marques linguistiques dans les textes cibles qui n'existaient pas en tant que telles dans le texte source mais qui étaient sous-tendues par sa structure rhétorique. Elle dévoile ce qui était peut-être voilé, du moins ce qui n'était pas explicite dans le texte de départ et nous renseigne sur les moyens utilisés pour le faire. Cette méthode nous permet aussi de voir comment se fait le travail, la tâche, en éclairant les correspondances qu'effectueraient les apprenants entre des liens qui structurent le texte

source (en profondeur) et certaines traces qui les marqueraient dans le texte cible (en surface).

Avec cet outil d'analyse, le chercheur, comme le disent F. Boch, A. Tutin et F. Grossmann « plonge (...) dans la structure profonde du texte, épreuve qui lui permettra par la suite une analyse beaucoup plus efficace des productions estudiantines » (*op. cit.* : 43) . La RST nous donne les moyens d'évaluer le taux de réussite ou d'échec de la compréhension du texte à étudier par nos étudiants selon qu'ils arrivent, ou non, ou plus au moins, à réintégrer, correctement dans leurs productions, les relations argumentatives et rhétoriques. Dans leur étude F. Boch, A. Tutin et F. Grossmann décident de ne pas appliquer la RST à tout le texte cible. Pour notre part, nous nous proposons d'appliquer la RST là tout le texte cible surtout qu'il serait intéressant pour nous d'avoir une idée complète sur les différents relations reprises dans les textes finaux. En ce qui concerne le texte source, nous optons pour une description qui s'arrêterait aux premiers niveaux d'analyse.

De plus, selon F. Boch, A. Tutin et F. Grossmann, la RST permet de « rendre compte des relations discursives que les étudiants établissent pour donner de la cohérence à leur réécriture » (*op. cit.* : 31). Nous pouvons alors nous interroger sur la façon dont ils identifient la cohérence du texte source, comment l'expriment-ils dans leur propre texte ? Comment donnent-ils ou redonnent-ils de la cohérence à leur réécriture ? Est-ce qu'ils restent fidèles au discours de départ et à quel degré ?

La RST permet aussi de poser un certain nombre de questions et de poser des hypothèses que nous n'allons pas aborder ici vu les implications qu'elles exigent sur la nature du corpus, implications non satisfaites ici. Mais nous y reviendront dans la conclusion pour voir les perspectives qu'elles peuvent ouvrir dans le cadre général de l'étude des textes scientifiques.

## 1-2- L'Analyse Hiérarchique <sup>23</sup>

---

Dans notre travail, nous allons combiner la méthode d'analyse RST avec une méthode hiérarchique de description (AH) qui consiste à découper le texte en unités de base, sous-unités de base, unités conceptuelles et unités majeures. Cette analyse précédera alors l'analyse RST comme une sorte de premier abord permettant de faire les premiers pas dans l'analyse des textes. Nous adoptons alors une combinaison qui a déjà été utilisée par F. Boch, A. Tutin et F. Grossmann dans un article de la revue électronique *Arobase* (2003).

<sup>23</sup>

Nous avons pris connaissance de cette méthode d'analyse à la fin de notre travail d'analyse, la recherche bibliographique et le travail sur la théorisation de cet outil d'analyse s'en trouvent, à notre regret incomplet. Toutefois, pour le rôle d'analyse préalable à l'analyse RST que nous lui réservons, la présentation succincte que nous faisons de l'Analyse Hiérarchique nous semble suffisante pour assurer la compréhension des éléments sur lesquels nous nous basons dans notre étude.

### 1-2-1- Les définitions

Comme le soulignent F. Boch, A. Tutin et F. Grossmann, le recours à la méthode d'analyse quantitative est classique et courant dans le genre d'étude dont il est question ici, à savoir, l'étude du passage d'un texte source à un texte cible. Il s'agit alors de traiter les données du point de vue de la quantité et du nombre des unités reprises, et du point de vue de la nature de ces unités et de leur niveau hiérarchique, le tout bien sûr dans une perspective comparatiste entre texte source et texte cible.

Les analystes procèdent alors à un découpage des textes, sources et cibles, en unités de sens dont ils identifient les hiérarchisations. Les trois auteurs reprennent alors les unités identifiées par M-L. Barbier, M. Faraco et A. Piolat (2002) lors d'une étude portant sur la prise de notes en langue seconde. Il s'agit de « quatre niveaux de structuration qui permettent de subdiviser le texte en unités et en sous-unités et de les intégrer dans une organisation d'ensemble de l'information » (Boch, Tutin & Grossmann, 2003 : 32). Nous les reprenons à notre tour :

- *les unités de bases* : cette unité correspond à une information. L'identification de ces limites n'est pas assignable à celle d'une phrase. En effet, cette unité peut correspondre à un simple syntagme, cas qui, selon les auteurs, est fréquent, ou à une suite de phrases, cas qui l'est moins.
- *les sous-unités de bases* : l'information que ce type d'unités véhicule est directement liée à l'information véhiculée par l'unité de base à laquelle il est lié. Le rapport entre les deux unités est un rapport de complémentarité, les informations apportées par l'unité de base étant plus essentielles et plus importantes. Concernant sa taille ou ses limites, là aussi, elles peuvent être variables et ne correspondent pas à une construction syntagmatique ou phrastique précise.
- *les unités conceptuelles* : l'ensemble des deux premières unités constitue alors cette unité englobante dont les limites peuvent être identifiées et déterminées grâce à « l'organisation syntaxique des énoncés et tout particulièrement des connecteurs » (*op. cit.* : 32). Ces unités conceptuelles peuvent être indiquées ou résumées par des sous-titres qui en résument les thèmes.
- *les unités majeures* : il s'agit encore d'une unité englobante, elle englobe les unités conceptuelles. Elles correspondent aux grands thèmes du texte et peuvent être indiquées par des connecteurs textuels tels que donc, mais.

« La méthode des juges » a été utilisée pour le découpage en unités. Elle consiste à soumettre le texte à un certain nombre de « juges » qui, en se basant sur les définitions préétablies des unités, procèdent à l'identification des unités. Ils devaient ainsi ignorer la ponctuation et la syntaxe des énoncés dans leur segmentation et effectuer une hiérarchisation des unités après une identification, dans un premier temps, des unités de base et des sous-unités de base, et dans un deuxième temps, procéder à une insertion de ces unités dans les unités plus englobantes conceptuelles puis majeures. Les chercheurs effectuaient alors une comparaison entre les différents découpages thématiques présentés par les juges pour n'en retenir qu'un seul, le plus fréquent mais

aussi celui qui a obtenu un certain taux d'accord par rapport au nombre total de participants. Pour F. Boch, A. Tutin et F. Grossmann, sur six juges, le découpage n'est retenu que s'il compte au moins 4/6 occurrences parmi les découpages proposés.

Dans la suite de cette démarche, nous avons voulu appliquer cette méthode des juges sur notre corpus, mais le résultat n'était pas très satisfaisant et nous avons été amenés rapidement à abandonner cette idée. S'agissant de textes scientifiques et d'une méthode hiérarchique qui se base sur un découpage thématique, lorsque les juges étaient de formation scientifique, il leur était difficile de manipuler les différentes définitions et de les appliquer sur le texte ; et lorsqu'ils étaient de formation linguistique, les juges avaient des difficultés relatives à la matière scientifique qui obstruaient le travail d'identification et de hiérarchisation des thèmes et plus précisément des unités et des sous-unités pour lesquelles ils ne devaient tenir compte d'aucun indice de surface.

Pour contourner cette difficulté, nous avons donc été amenés à procéder nous-mêmes au découpage des différents textes en nous aidant des explications fournies par les spécialistes.

### **1-2-2- Les apports et les limites de la « AH »**

Cette méthode permet de procéder à l'identification des correspondances directes entre les unités du texte de départ d'un côté et les unités du texte d'arrivée de l'autre et par la suite de procéder à une comptabilisation des différentes informations. Ce travail permettrait, selon le cas, de pointer des similarités ou des divergences entre les textes des étudiants et le texte du professeur.

En s'appuyant sur les résultats des études effectuées en compréhension de texte, F. Foch, A. Tutin et F. Grossmann avancent qu' « il est aussi possible de prédire certains résultats : par exemple, certaines unités hiérarchiquement moins importantes seraient moins présentes dans les PDN que les unités majeures et constitutives de la macrostructure, c'est-à-dire du résumé de texte » (*op. cit.* : 33). Autrement dit, les unités de base, plus importantes, devraient être plus reconduites dans les textes cibles que les sous-unités de base, moins importantes.

Toutefois, un des reproches que font les auteurs de l'article à cette méthode est « sa conception figée du texte qui masque la dynamique et la complexité de la circulation de sens » (*op. cit.* : 33). Le fait de ne tenir compte que des agencements hiérarchiques des informations, même s'il se base sur l'identification des thèmes, occulte les différentes opérations et les différents liens qui permettent ces agencements.

### **1-2-3- La combinaison AH/RST**

Comme nous venons de le dire, l'étude s'appuie sur le degré de conformité (« fidélité ») entre le texte de départ et sa réécriture. Elle met en relief « les difficultés de compréhension et de production écrite des étudiants en L2 » (*op. cit.* : 30). Souvent, ce genre d'étude, portant sur le texte source, prise de notes et textes cibles, se fait en termes d'analyse quantitative (nombre d'unités) et d'analyse qualitative (nature, et type d'unités). Mais, comme le soulignent F. Boch, A. Tutin et F. Grossmann, cette analyse hiérarchique

ne prend pas en considération les différents moyens utilisés par les participants pour restituer la structure et la cohérence du texte. Elle ne rend pas compte des différentes « relations discursives que les étudiants établissent pour donner de la cohérence à leur réécriture » (*op. cit.* : 32) comme le fait notamment l'analyse RST.

Le recours à l'analyse RST permet alors de voir la conformité ou le degré de reconduction du texte source dans les textes cibles sous l'angle des relations assurant la cohérence dans le texte cible par rapport à celles assurant la cohérence dans le texte source. Le recours à la RST permet aussi de réajuster les résultats et les conclusions auxquels nous amènerait l'étude des unités de sens.

Par la combinaison des deux types d'étude, hiérarchique et structurale, nous mettons sous observation et les compétences « lexico-syntaxique » et la « compétence textuelle ». (Boch, Tutin & Gossmann, (2003 : 31)

## 2- L'analyse du texte source

### 2-1- L'Analyse Hiérarchique

---

Le texte est constitué de trois unités majeures qui correspondent aux trois grandes parties du cours signalées par les chiffres romains I, II et III. Chacune de ces parties se subdivise en unités conceptuelles souvent marquées par les chiffres arabes. A l'intérieur de ces unités nous retrouvons les unités de base et les sous unités de bases.

Nous considérons les titres, sous titres et toutes les traces de hiérarchisations comme des unités. Toutefois, il est difficile de les classer dans les UB ou dans les SUB : en elles-mêmes elles n'ont pas de sens propre et ne comportent pas d'informations élémentaires, de premier niveau, mais elles la signalent. Et elles ne sont pas des compléments d'informations des unités qu'elles introduisent mais en guident et structurent la lecture. Elles constituent des « unités de hiérarchisations ». Nous incluons donc cette unité à notre analyse.

Tableau 1 : rapport des U de TS

	Nbr Total	Intro	II	III	U/UT
UB	45	9	13	23	43.68%
SUB	39	2	19	18	37.86%
UH	19	5	7	7	18.44%
Tout U	103	16	39	48	100%

Nous rappelons que le texte sur lequel travaillent les participants à notre recherche ne correspond pas au texte entier du cours mais en constitue les trois premières parties. Voici quelques extraits de TS où les unités de hiérarchisation seront surlignées en rose, les sous-unités de base en turquoise<sup>24</sup> et où les unités sont délimitées par des slashes :



chaque partie les unités varient selon leurs natures. Nous effectuons alors une étude comparative à l'intérieur de chaque parties suivant une lecture verticale des données du tableau, et une étude entre les parties, selon les types d'unités, suivant une lecture horizontale des données

### 2-1-1- L'étude des différentes parties

*La partie introduction* : Elle est constituée de 16 unités dont 9 sont des UB, 2 des SUB et 5 des UH. La priorité dans l'introduction est donnée aux informations de bases et aux indices de hiérarchisation les structurant. La nature de ces informations et leurs rôles dans le texte le justifient. En effet, il y est fait un rappel de notions qui font parties du domaine des connaissances élémentaires et acquises chez les étudiants. En comparaison avec ces connaissances, un autre domaine de validité est introduit. A partir d'un principe de base relatif à ce domaine, sont introduites des données nouvelles que nous retrouvons dans les autres parties. La précision de chacun des domaines, l'opposition de leur définition de bases nécessitant une nomenclature et une mise en place, clarifiant ce rapport. A ces deux obligations correspondent les unités de bases et les unités hiérarchisantes.

*La partie II* : Le rapport des unités dans cette partie est à l'opposé du précédent. Les unités de bases sont en nombre inférieur : 13 UB contre 19 SUB. Un certain nombre d'informations - que nous pouvons qualifier de secondaires ou complémentaires - est à priori très important pour l'économie du cours. Le besoin d'indiquer les éléments et sous éléments de chaque partie est toujours présent, le nombre de UH reste important.

*La partie III* : Le rapport UB/SUB dans cette troisième partie est plus équilibré que dans les autres parties: 23 unités de base contre 18 sous-unités de base. Les UH quant à elle, sont au nombre de 7, c'est-à-dire pas loin de la moitié des UB. Le rapport UB/SUB confirme la nécessité d'une étude des informations secondaires et de leurs rôles. Cette étude peut nous éclairer sur une éventuelle répartition et classification des SUB selon les besoins communicationnels et discursifs que chacune des parties implique.

### 2-1-2- La présentation des UB

Le nombre de UB suit une légère progression. L'introduction en compte presque autant que la deuxième partie, et presque la moitié de la troisième. Ces UB correspondent à deux grandes catégories d'informations : des informations déjà connues et intériorisées et des informations nouvelles.

- Les données connues : dans chacune des parties un nombre important des données introduites a déjà été rencontré lors de cours précédent, que ce soit dans la même année ou dans les années précédentes. Il s'agit d'un rappel important servant comme point de départ à des démonstrations, des raisonnements mathématiques, ou à l'intérieur d'une suite de données comme renforcement de ce qui est avancé. Toute la partie concernant l'hamiltonien par exemple, est un rappel. Toutefois, cette fonction est souvent sous entendue.
- Les données nouvelles : ces données sont souvent des équations, des définitions ou

des conclusions. Elles sont le résultat de combinaisons d'informations connues entre elles, ou d'informations connues avec d'autres nouvelles.

L'étude de ces données ne révèle rien de bien conséquent en elle-même. C'est dans leur rapport au texte entier et aux autres types d'unités, surtout les SUB que réside le plus grand intérêt.

### 2-1-3- L'étude des SUB

Pourquoi s'intéresser, de surcroît, aux SUB et même plus qu'aux UB ? Il est vrai que reconduire les UB est la tâche attendue, vue qu'il s'agit d'expliquer l'essentiel du cours à priori véhiculé par les unités de base. Nous sommes ainsi en droit de penser qu'effacer certains UB serait nuisible au texte, mais que reconduire plus de SUB pourrait avoir des conséquences plus graves. D'un autre côté, ces sous-unités constituent des données importantes du texte source. Leur nombre - quasi égal à celui des unités de base dans le texte entier, plus important dans la deuxième partie et presque égale dans la troisième - l'atteste.

La description et la précision des différentes sous-unités, de leur fonction dans le cours, des rôles que ces sous-unités jouent par rapport aux unités de bases, peuvent s'avérer utile pour décrire et comprendre la fonction attribuée au texte de départ et par la suite, à celle du texte d'arrivée (à travers une étude/comparaison des SUB gardées ou enlevées).

Comme nous l'avons souligné plus haut, les sous-unités jouent un rôle important dans la mesure où elles complètent les informations de bases. Nous distinguons dans le cours les rôles suivants :

· *exemples* : 10 sur 39 SUB totales, dont 1 en intro, 8 en II, 1 en III. C'est le cas des sous-unités suivantes (II-2) :

/- Les leptons : électrons , muons , neutrinos de spin  $\frac{1}{2} = s$

/ Toutes les particules composées d'un nbre pair de fermion comme le noyau de  ${}^4\text{He}$ , ( $2p + 2n$ ) et l'atome de  ${}^4\text{He}$  (noyau  ${}^4\text{He} + 2e^-)$  /

*équations* : 1 en III. Les équations du cours sont pour la plupart des UB, elles apportent et traduisent des étapes nouvelles, une progression dans le raisonnement. Elles ont un rôle important dans la construction de la progression des notions. Toutefois les quelques cas d'équation SUB traduisent des phases ou des étapes intermédiaires non indispensable ou sont des applications dans un exemple.

· *explication/ justification* : 6 dont 1 en I, 2 en II et 3 en III. Elles peuvent être marquées par un connecteur comme dans le premier exemple

/ c à d obéissant à la statistique de Bose – Einstein / (II-2)

/ doit satisfaire le postulat de symétrisation : / / doit être, / (III-2)

- *rappels* : 1 en III. Il s'agit de rappels périphériques, quasiment en marge du cours qui auraient une fonction essentiellement didactique comme dans la sous-unité suivante qui précède les schémas des différences entre les unités (III-5)

/ Les énergies des états indiv sont rangées  $\epsilon_0 < \epsilon_1 < \dots$  /

et qui a été déjà introduite en III-1.

- *données, détermination* : 21 dont 9 en II et 12 en III. On y définit le domaine de validité, les éléments de bases sur lesquels sera construit le raisonnement. Elles sont très importantes et sont à relier au souci de clarté, au besoin d'un discours didactique. Nous citons par exemple :

/ soit un syst de N partic identiques // Désignons par  $\alpha_1 \dots \alpha_i \dots \alpha_N$ .

l'ens des états individuel // (II-1)

#### 2-1-4- La synthèse

Reclassons ces données selon les parties et disons les choses autrement. Nous avons alors ce qui suit :

*Dans I* : avec 1 exemple (d'un total de 10 dans tout TS), 0 équations, 1 (de 6) explication contre 9 unités de base, l'introduction est un lieu où se concentrent des informations essentielles : le nombre d'unités de base y dépasse de beaucoup celui des sous unités, il est quasiment cinq fois plus important. Il est vrai qu'une grande partie de ses unités constituent un rappel de notions déjà rencontrées auparavant mais elles restent, essentiellement, des informations de bases. L'introduction se présente comme un concentré d'informations de base, le moment où l'orientation du cours se dessine. Il s'agit de mettre les apprenants sur les premières marches en leur donnant quelques outils de bases, des outils nouveaux ou déjà rencontrés lors de leurs cursus. Il s'agira d'employer ces outils, de les modifier, de les compléter (d'autres informations vont s'ajouter ou s'imbriquer à celles là au fur et à mesure qu'on avance dans le cours) ou de les développer tout au long du cours afin de mieux en comprendre le sens. Ce concentré d'information tolérerait peu d'informations satellites ou tout simplement n'en aurait pas besoin. L'introduction se présente ainsi comme un moment important du cours, un moment d'une signification importante et assez conséquente pour la suite des données. Elle n'est pas une simple formalité. Son insertion dans le cours ne répond pas seulement à une obligation méthodologique ou aux exigences de ce qu'on considère comme « un

bon cours » (ou pour procéder « comme il faut »). La qualité des informations qu'elle véhicule et leur importance dans l'économie du cours, le fait qu'il s'agisse essentiellement et presque exclusivement d'informations de base l'attestent. Ce poids informationnel important ne la situerait pas à la marge du cours mais en plein dedans. Nous pouvons supposer que cette valeur informationnelle sera perçue par les étudiants et qu'elle se traduira dans leurs productions.

*Dans II* : avec 8 (de 10) exemples, 9 (de 21) définitions/données, 2 (de 6) explications/justifications et 0 rappels contre seulement 13 UB, cette partie avec la grande part d'exemples et de définitions qu'elle renferme se présente essentiellement comme une partie où l'extension des informations prend le dessus. Elle introduit un principe de base, le postulat de symétrisation, à partir duquel découle un certain nombre de notions et de définitions servant à déterminer les états physiques d'un système, symétrique et antisymétrique, et les deux types de particules qui y correspondent, les bosons et les fermions. Il s'en suit pour chacun des deux types une série d'exemples qui sert à les concrétiser et à faire le lien avec des connaissances et une nomenclature déjà intériorisée, du moins connue. L'enchaînement d'informations complémentaires se fait, ainsi, en cascade.

*Dans III* : avec 3 explications/justifications (de 6), 12 données (de 21), 1 exemples (de 10), 1 rappel et 1 équation contre 23 UB, cette partie rééquilibre le rapport entre les informations essentielles et leurs extensions. La nature de ces extensions est différente de celle présente dans la partie précédente : une grande part des données est concentrée dans cette partie, ainsi que la moitié des explications/justifications. Le nombre plus important de SUB données rejoignant le nombre d'UB, lui aussi plus important, donne ainsi une autre portée à cette partie. Des données connues et d'autres nouvelles sont introduites. En fait, le cours à proprement parler commence à ce niveau. Les deux premières parties sont des mises en places de la base à connaître afin de comprendre la suite du cours, objet primordial de l'enseignement.

Les données concernant les unités dans le texte source montrent que globalement il n'existe pas une grande différence entre le nombre d'unités de base et celui de sous unités de base. A première vue le début du cours est perçu comme un mélange plutôt équilibré entre des informations d'ordre et d'importance différents, entre les informations essentielles et celles qui les complètent afin de créer un discours didactique compréhensible par les étudiants : donner des exemples, appuyer le raisonnement par des explications et des justifications, des démonstrations, ajouter des références historiques (Bose, Einstein etc), reformuler le langage naturel en langage codé ou symbolique et inversement pour éviter la surcharge cognitive que créerait l'utilisation excessive de l'un ou l'autre, l'un ou l'autre langage peut sembler par moment imprécis, trop théorique, ou au contraire trop mathématique.

Les unités hiérarchiques sont très présentes aussi. Elles répondent certes à un besoin de classification et de clarté mais elles sont aussi une spécificité du discours scientifiques. Par les formes nominales des titres et sous titres et les autres indices graphiques tels que les tirets, les retours à la ligne ... etc. il tend à éviter une surcharge linguistique, à épurer le langage scientifique en en simplifiant les formes linguistiques au profit d'une structure « squelettique » qui serait le reflet de la logique intrinsèque du

discours scientifique.

L'étude des sous unités dans les sous-parties permet de spéculer (a priori) sur le rôle que joue chaque sous-partie du cours et d'avoir une idée de départ sur son importance dans l'économie globale de celui-ci. Comparer le passage au texte cible en regardant de plus près les SUB retenues ou non, permettrait d'évaluer la compréhension des étudiants, mais aussi de voir leur capacité à reproduire un discours didactique.

## 2-2- L'analyse RST

---

Effectuer un schéma RST de la totalité de l'extrait du cours sur lequel travaillent nos participants ne nous paraît pas revêtir un intérêt particulier par rapport à l'analyse comparative qui sera effectuée avec les textes rédigés par les étudiants. En effet, ce travail s'avèrerait trop coûteux (vu la taille importante de ce texte) par rapport à sa pertinence et son utilité (ce travail serait intéressant dans le cas d'une étude, notamment quantitative, portant sur la totalité du cours et non d'un extrait, comme il est le cas ici). C'est pourquoi nous avons opté pour un schéma qui ne sera pas très détaillé (sauf pour l'introduction) et qui s'arrête à des niveaux d'analyse plus ou moins profonds selon les liens qui seront tissés avec les textes cibles. Par exemple, la raison pour laquelle nous optons pour un schéma détaillé de l'introduction est que dans la majorité des textes cibles, cette partie du cours présente un degré de détails et de segmentation assez important et proche de celui de l'introduction du texte de départ. Nous avons donc opté dans le schéma RST de TS pour une schématisation détaillée de cette première partie. Le même principe est appliqué à la deuxième et à la troisième partie (II et III), ce qui fait que le schéma en est plus ou moins détaillé. De plus, pour les besoins de la segmentation et afin d'alléger le schéma, nous avons ajouté des indices de hiérarchisation au début de certains segments comme dans la partie (II) où nous avons, par exemple, divisé le segment indiqué par « 1) » en deux sous-segments que nous avons indiqués par « 1-1) » et « 1-2) » etc.<sup>25</sup>.

De plus, quoique nous avons aussi opté pour un schéma unique englobant les trois parties du TS, ceci n'est, en aucun cas, mettre sur le même niveau des segments d'unités appartenant à des unités conceptuelles différentes et encore moins créer des liens ou faire des rapprochements (inappropriés ou prêtant à confusion) entre elles.

Voici donc des extraits correspondants aux débuts des trois grandes parties du cours et de leurs sous-parties respectives<sup>26</sup>, suivis du schéma de la RST de TS annoncé ci-dessus.

*/ Statistiques des systèmes de particules  
identiques : Généralités . /*

<sup>25</sup> L'ensemble de ces nouvelles indications figure en rouge sur le texte source transcrit (voir annexe TS p. 428).

<sup>26</sup> la transcription totale de TS figure dans l'annexeTS, p.428

TS marqué

I- Introduction :

- (1) // 2 partic sont dites identiques //
- (2) // si toutes leur propriétés intrinsèques sont les mêmes //
- (3) // m, masse, charge et spin //
- (4) // les e<sup>-</sup>, les protons, atomes d'hydrogène ... //

En mécanique classique :

- (5) //  $\dot{x} = 0$       (6) //  $\dot{x} \neq 0$
- $(r_0, v_0)$        $(r_0, v_0)$
- $(r_0', v_0')$  //       $(r_{0i}, v_{0i}')$  //

(7) // On peut définir la trajectoire d'une particule à partir des conditions initiales //

(8) //

conclusion // En MC, 2 particules identiques sont discernables //

(10) // En mécanique quantique :

(9) // La notion de trajectoire n'a pas de sens // (10) on ne peut définir qu'un paquet d'onde caractérisé par  $|\Psi(x,t)|^2$  //

(11) // Principe d'indiscernabilité : 2 particules identiques sont indiscernables //

II- Le Postulat de symétrisation :

1) symétrisation de la fonction d'onde d'un syst de particules identiques par rapport à l'échange des états de 2 particules //

1.1 :

// soit un syst de N particules identiques // Désignons par  $\alpha_1, \dots, \alpha_N$  l'un des états individuels //

// on peut dire  $\alpha_i : x_i, z_i, \sigma_i$  //  $\sigma_i : \alpha_i \rightarrow$  état de spin //

// Sa fonction d'onde :

$\psi(x) : \alpha_1, \dots, \alpha_N, \alpha_N$  //

1.2

A-

/ considérons 2 partic q1q2 et... / / La permutat<sup>n</sup> des états de ces 2 partic laisse invariant | $\psi(x)$ |<sup>2</sup> /

B-

/ | $\psi(i_1, i_2, \dots, i; \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N; \alpha_1)$ |<sup>2</sup> = | $\psi(i_1, i_2, \dots, i; \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N; \alpha_2)$ |<sup>2</sup> /

(...)

/ ses valeurs propres sont  $\lambda = -1$  / donc

$\psi(i_1, \alpha_1, \dots, i; \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N; \alpha_1) = + \psi(i_1, \alpha_1, \dots, i; \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N; \alpha_2)$

(...)

/ (1) **Annule de des particules de spin 1/2** /

1-1- énoncé

/ Les états phys d'un syst de partic identiques ne peuvent être que

- sym  $\rightarrow -$
- ou
- antisym  $\rightarrow -$

par rapport à l'état indiv des 2 partic q1q2 /

2-2- dicussion

A-

/ Dans la nature il  $\exists$  2 types de particule iq : /

/ - si la jet d'onde du sym est sym : il s'agit de boson, / / il obéissent à la stat de Bose - Einstein /

(...)

/ - si y est antisym : ce sont des fermions / / ils obéissent, la stat de Fermi - Dirac /

B-

/ a **Fermions** / La MQ relativ montre que tous les fermions ont un spin  $\frac{1}{2}$  entier, / **E<sub>1</sub>** /

(...)

/ b **Boson** / de spin entier  $s = 0, 1, 2, \dots$  /

(...)

/ III- construction des états phys d'un syst à N partic (élem) ident sans interact mutuelle /

/ I Généralis /

(...)

**2- Fonction d'onde d'un syst de N bosons**

2 a :

(...)

(...)

(...)

$\psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_{P \in \mathcal{P}} \rho_{11}(1) \dots \rho_{N,N}(N)$

(...)

/ **2** : somme de toutes les permutat<sup>n</sup> possibles dont la signe 1 / **N!** /

**P**

(...)

(...)

(...)

/ **2 b** : / **Exemple** : 3 bosons peuvent occuper 3 états individuel  $\alpha, \beta, \omega$

(...)

3.3 :  
/ donc

un autre qiq de bosons ident  
peut occuper un 'm état  
individuel

/

/ 3- Fonction d'U d'un sys de fermion ident : Déterminant de Slater : /

(...)

/ 4) Principe d'exclusion de Pauli /

(...)

un 'm état quant. individuel ne peut pas  
être occupé simultan par 2 fermions ident  
ou plus

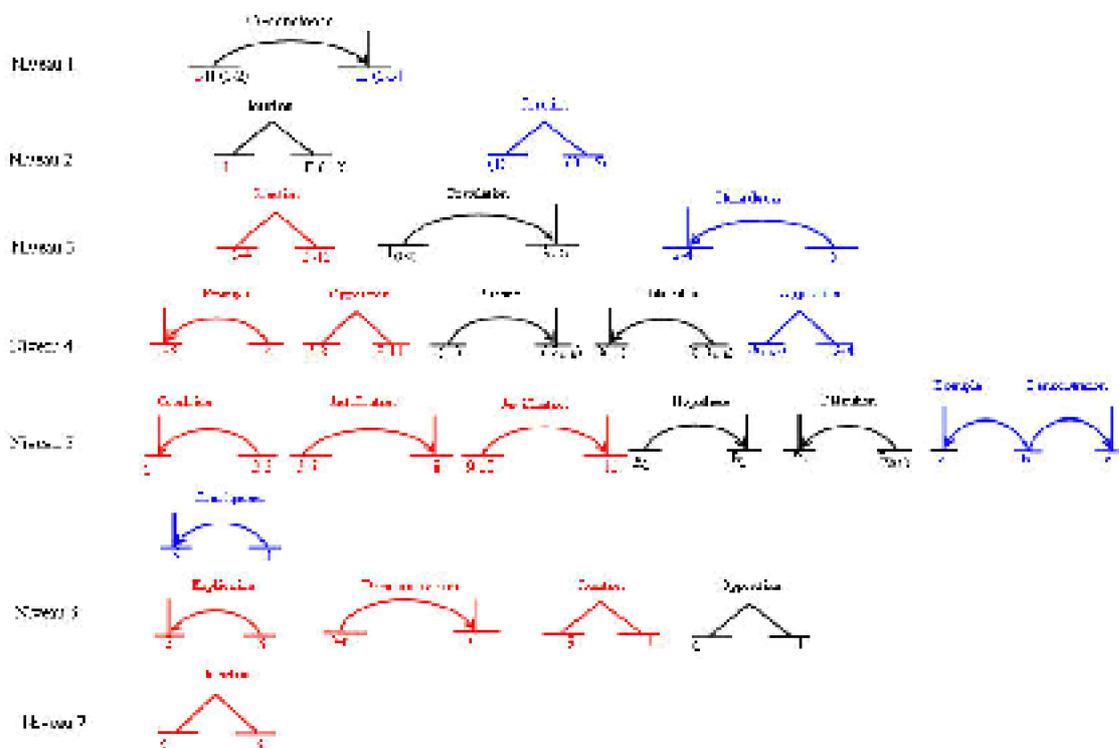
/

↓  
/ Le principe d'exclusion de Pauli : /

(...)

/ 5) Etat fondamental d'un sys de partic ident : différence entre états de fermions et états de bosons : à T=0K ( )

RST de TS



### RST de TS

Comment peut-on lire les liens qui existent entre les différentes parties ? Nous optons ici pour une description par niveaux des différentes relations afin d'accompagner le schéma RST - une description des parties aurait pu être envisagée, néanmoins.

*Niveau 1* : grand I et grand II du cours correspondent, si nous voulons dire les choses de manière sommaires, à une définition, une installation de différents outils mathématiques et notionnels qu'il faut connaître et avoir sous la main pour étudier le phénomène physique introduit en grand III. Le professeur met en place les différentes notions de bases qu'elles soient connues ou nouvelles. Dans l'introduction, il utilise du déjà vu, la Mécanique Classique (MC), fait une comparaison avec la Mécanique Quantique (MQ) sur une notion bien précise, la (in)discernabilité. Il définit en quelque sorte la base de la MQ en ce qu'elle a de différent, de nouveau avec la MC. Ce premier principe, point de départ du cours, mis en place, il passe au deuxième, le postulat de symétrisation, qui vient s'ajouter au premier, l'indiscernabilité en MQ, pour justifier les choix effectués dans III et la distinction entre deux types de systèmes. Les deux premiers

points du cours servent à construire et définir le cadre dans lequel les éléments de la troisième partie seront traités.

Une fois ce cadre défini, on s'intéresse à ce qui suit : comment construire le système de  $N$  particules identiques sans interaction mutuelle. Sur le schéma de la structure rhétorique, nous désignons une relation de premier niveau entre I et II d'un côté et III de l'autre, qui est une relation de circonstance (I et II étant une suite de circonstances, de données nécessaire pour travailler III), le noyau est III.

*Niveau 2* : entre I et II la relation de deuxième niveau ne distingue pas de noyau et de satellite, les deux points du cours n'ont pas de relation rhétorique l'un par rapport à l'autre mais l'un avec l'autre. C'est une proposition relationnelle de jonction.

A ce même niveau, dans la partie III, une relation de jonction lie « 1-Généralité » aux informations introduites en 2, 3, 4, 5 (sous parties de III). Les informations sur L'hamiltonien et l'énergie présentées dans III-1, ne semblent pas avoir d'ascendance directe sur la suite des informations de III-2 à III-5. C'est une redéfinition du déjà vu.

*Niveau 3* : nous avons une arborescence des parties I et II. Pour I, une jonction lie deux segments quantitativement très disproportionnés. Toutefois les informations que contient le premier segment, 1-4, sont élémentaires et indispensables à la construction de la suite du raisonnement et à la compréhension de la suite des informations et du cours : il ne s'agit pas de n'importe quelles particules de l'univers, mais des particules identiques. C'est une restriction et une délimitation de l'univers de validité des données traitées par la suite. Déterminer ou rappeler dans un premier temps et de manière générale, indépendamment de la nature de la mécanique en question, ce qu'est la notion de « deux particules identiques » permet de donner à cette information une certaine liberté de « jonction » et une flexibilité dans le traitement des liaisons que ce segment (libre) peut avoir avec les éléments du deuxième segment, 5-11, de ce premier niveau.

Pour II, les deux sous -parties II-1 et II-2 entretiennent une relation de postulation dont le noyau est II-2. En effet, l'équation finale à laquelle amène le raisonnement mathématique identifie deux cas, l'un positif et l'autre négatif auxquels correspondent dans l'énoncé du postulat de symétrisation deux types d'états, l'un symétrique et l'autre antisymétrique. La généralisation avec le postulat de symétrisation se fait sur la base de cette conclusion. Pour le cas où le deuxième terme de l'équation est positif, c'est-à-dire le changement des états de deux particules donne une fonction positive, l'état physique des particules est symétrique, dans le cas inverse, il est antisymétrique.

A ce même niveau, nous décelons une relation d'étude de cas entre les sous parties 2, 3, et 4 d'un côté et 5 de l'autre. III-5 schématise la différence, à un moment particulier  $T=0$  k, entre les particules fermions et les particules bosons concernant la possibilité de présence de plusieurs particules dans un même état individuel. Cette possibilité de présence a déjà été déterminée, pour chacun des deux types de particules, suite à la détermination de la fonction d'onde permettant de construire chacun des systèmes  $y$  correspondant (sous parties III-2, 3, 4). Ce qui nous amène au niveau suivant.

*Niveau 4* : dans ce niveau, la construction de chacun des deux systèmes est étudiée à travers une proposition relationnelle qui serait une opposition entre III-2 et III-3,4. La taille disproportionnée des deux segments que relie cette opposition n'empêche pas la

construction des deux informations traitées sur un parallélisme que nous reprendrons au niveau suivant.

Toujours dans le niveau 4, dans la partie I, la lecture de la jonction du niveau précédent est confortée par la construction à ce niveau, des éléments découlant du segment 5-11 (du niveau 3), sur une mise en opposition et une comparaison des propriétés de deux particules identiques selon qu'on se place dans une étude en MC ou en MQ. Ainsi, la définition des particules identiques (segment 1-4) peut tout aussi bien être reliée au premier segment de l'opposition (5-8) comme au deuxième (9-11), inscrit un peu plus loin. Elle est mise en valeur par ce lien de complémentarité qui la lie à la suite des informations et qui en marque l'importance. L'opposition est indiquée dans un premier temps par la hiérarchisation des informations avec le recours en début de chaque segment à un groupe prépositionnel jouant le rôle d'un sous-titre (indiqué par une majuscule au début et deux points à la fin). Les sous-titres font appel l'un à l'autre par l'utilisation de la même préposition « En » pour indiquer et mettre en parallèle les deux champs d'investigation ou domaines d'études, la « MC » et la « MQ ». La mise en parallèle a créé l'effet de comparaison et par la suite d'opposition. Cette opposition est, de plus, soutenue par le lexique utilisé. En effet, nous retrouvons les mêmes termes scientifiques dans l'un et l'autre segment, à savoir trajectoire, mécanique, particule identiques, mais traités différemment et acquérant des propriétés différentes.

Dans la partie II il n'existe plus aucune marque de hiérarchisation dans II-1 et II-2. Nous en introduisons donc pour le besoin du découpage et de la schématisation. Un premier segment, II-1-1, est une mise en place des données générales : le système en question, ces particules, leurs propriétés ... etc. Un deuxième segment, II-1-2, est la traduction en équations des conséquences des données du premier segment. Un troisième segment, II-2-1, correspond à l'énoncé du postulat de symétrisation. Un quatrième segment, II-2-2, correspond à la classification, conséquente au postulat, des particules du système en question.

*Niveau 5* : comme nous l'avons souligné, les sous-parties III-2 et III-3,4 sont construites sur le même principe. Dans les deux sous parties, on commence dans un premier moment par une recherche de l'équation de la fonction du système en question, et dans un deuxième temps on en tire les conséquences adéquates par rapport à la possibilité d'existence de plusieurs particules dans un même état. L'effet du parallélisme qui peut être fait entre les deux est accentué dans cette deuxième étape par une mise en encadré des conclusions à retenir. Toutefois, il existe quelques différences. Dans le cas des fermions, les deux moments du raisonnement sont marqués par une numérotation et un « titrage » ou désignation de ces deux étapes que nous ne retrouvons pas dans le cas des bosons. D'un autre côté, à l'intérieur de chacune des parties identifiées, les données sont traitées différemment et entretiennent des relations différentes. Dans III-2, nous identifions trois segments, a, b et c, que nous mettons au même niveau en raison des relations simultanées qui les lient : une relation d'exemple et une relation de démonstration qui ont toutes les deux comme satellite le segment b. Ce segment assure en quelque sorte le passage de a, expression de l'équation des N Bosons, vers c, expression du principe qui en découle. Dans III-3,4, le segment III-3 correspond à l'expression de l'équation d'un système de N fermions ; le segment III-4, lui, correspond à

l'expression du principe qui en découle.

Cette partie du cours présente une structure rhétorique assez intéressante et peut être même problématique. Le point de départ, dans les deux parties III-2 et III-3,4 est le même : la recherche de l'équation qui permet de vérifier la symétrie ou l'antisymétrie selon la particule traitée. Le point d'arrivée aussi est le même : énoncer dans chaque cas un principe qui détermine les liens entre un état quantique et le nombre de particules pouvant l'occuper. Mais les relations qui lient les différents segments dans chacune des parties sont différentes. Le moyen de passer du point de départ vers le point d'arriver, la logique mathématique et la logique rhétorique adoptée sont différents, et les propositions relationnelles qui en découlent sont différentes aussi.

Pour la partie II, on distingue dans le noyau  $1(-2_{A1-B1})$  du niveau 4, les termes de l'hypothèse sous-tend le principe de symétrie et constituant le segment A1 (B1 présente alors la suite de raisonnement mathématique qui en découle). De l'autre côté, le segment  $2(-2_{A-B})$  se subdivise en A2, segment noyau où sont identifiées les particules liées à chacun des systèmes définis dans le postulat (segment 2-1 dans niveau 4) ; et en B2, segment où sont définies ses particules.

Dans I, l'opposition du niveau 4 divise la suite de l'introduction en deux blocs opposés. Les informations sont introduites suivant un schéma quasi similaire : mise en place du cadre d'étude (quel type de mécanique), présentation de la notion de trajectoire d'une particule, et enfin l'énoncé du principe de « discernabilité » ou indiscernabilité selon le cas. Le parallélisme entre les deux blocs de segments est presque parfait. Le noyau de la première justification (segment 8), est présenté précédé de l'indice de lecture souligné « conclusion » avec reprise de « En MC», le tout encadré. Ceci nous pousse à ne pas traiter le sous titre « conclusion » et l'énoncé de la conclusion séparément mais plutôt à les traiter ensemble en un seul segment. Le noyau (11) de la deuxième justification (relative à la MQ) est lui aussi introduit par un sous-titre qui le présente et qui contient la nomination scientifique du principe qui y est énoncé. Quand aux satellites, celui du premier segment définit la notion de trajectoire d'une particule selon la MC classique, c'est-à-dire en se basant sur des données telles que la vitesse et la position à des moments données  $T=0$  et  $T>0$ . Une fois le rappel des conditions de détermination de la trajectoire fait dans ce premier satellite, nous passons directement dans le satellite du deuxième segment à présenter cette notion comme non valable et à introduire la notion qui la remplace.

D'un autre côté, la définition des particules identiques se construit sur une condition exprimée par « si » et liant d'un côté la désignation de l'élément à définir (deux particules identiques, segment 1) et de l'autre côté la condition nécessaire à son identité (2-3)

*Niveau 6* : si nous devons continuer le schéma de la troisième partie, nous aurions les segments III-3 et III-4 qui se subdivisent à leurs tours chacun en deux grands segments: III-3-a, qui correspond aux phrases introduisant et justifiant le recours au déterminant de Slater comme solution à un problème donné ; et III-3-b, qui correspond à l'expression du déterminant et à ses conséquences. III-4-a, qui correspond à l'énoncé du principe de Pauli, et III-4-b, exemple appliqué à l'expression de la fonction.

Pour l'introduction (I), comme nous l'avons souligné pour le niveau précédent, les

données du satellite (5-7) de la première justification forment un point d'appui pour le satellite de la seconde (9-10). Ce qui donne, à ce niveau, une jonction entre 9 et 10 qui appuie sa légitimité par la démonstration qui lie 5-6 et 7.

A ces quelques premiers niveaux d'analyse, les relations les plus marquantes et les plus importantes - non quantitativement et par rapport à un nombre de récurrence mais qualitativement par rapport au sens - semblent être la jonction, la conséquence, l'application, la postulation, la justification, l'exemplification, l'opposition. Le nombre d'utilisation de telle ou telle autre relation ne serait pas révélateur de l'importance de l'une par rapport à l'autre puisque l'écart n'est pas significatif. Par contre le rôle et le niveau dans lequel apparaissent certaines des relations sont importants dans la construction de la superstructure et du schéma de cohésion des différentes parties du cours. Ainsi, l'introduction fait intervenir une variété de relations entre segments noyaux et segments satellites : jonction, opposition, exemple, justification etc. Les plus importantes sont la jonction du niveau 1 et l'opposition du niveau 2, la structure de l'introduction étant basée essentiellement sur ces deux opérations. La jonction d'éléments déjà connus entre eux, et d'éléments connus avec d'autres (nouveaux), et l'opposition du déjà vu à ce qui est à voir. Nous y voyons des moyens ou procédés didactiques pour faciliter l'accès aux informations. La deuxième partie s'appuie sur la proposition relationnelle de « postulation »<sup>27</sup> et sur la proposition relationnelle de « définition » des différents éléments qu'implique cette « postulation ». La troisième partie se construit, à un premier niveau, sur une proposition relationnelle d' « étude de cas » entre les éléments précédemment définis et leur application. Mais elle se base, au niveau suivant, sur un rapport déterminant pour ces éléments : l'opposition entre leurs caractéristiques. D'ailleurs cette opposition réapparaît dans le schéma de l'étude de cas, ce qui nous permet de dire que cette proposition relationnelle est à la base de la construction de la troisième partie.

Une question se poserait : ces relations, sont-elles alors perçues comme caractéristiques du discours didactique véhiculé par ce cours et du discours didactique de manière générale? Avancer une affirmation à ce sujet est quelque peu « risqué » à ce niveau de l'analyse et au seul vu de nos données, mais nous ne pouvons nous empêcher de penser à une telle éventualité. Plus concrètement, les relations sont-elles, dans un premier temps, identifiées par les apprenants, et dans un deuxième temps, reprises dans les productions des élèves ? Et comment sont-elles reprises ?

Pour répondre à quelques unes des questions que soulèvent l'étude hiérarchique et l'étude RST, nous nous proposons d'étudier les différents textes produits par les groupes 1, 2, 3, 4 et 7.

### 3- L'analyse des textes cibles

<sup>27</sup> Nous rappelons que nous avons introduit cette proposition relationnelle pour répondre à la nature particulière des liens entre les segments à ce niveau.

### 3-1- L'Analyse Hiérarchique :

Nous optons dans cette analyse pour un assemblage des textes en trois ensembles. Le texte du groupe 2, groupe central, est représentatif des données de zone médiane, et le texte du groupe 1, d'un côté, et les textes des groupes 3, 4 et 7, de l'autre, sont représentatifs des données des deux zones extrêmes et opposées.

Nous pouvons représenter ces données sur un axe qui aurait pour centre, ou Texte zéro, le texte moyen. A gauche de ce point zéro figurent des textes qui présentent des unités aux nombres et aux rapports inter-unités proches de ceux que nous trouvons dans le texte source. A droite de ce point TC zéro, figurent les textes qui en sont éloignés. Il ne s'agit pas ici d'un TC zéro qui soit un texte modèle et nous n'opérons pas une classifications du meilleur au moins bon. Nous voulons plutôt montrer un éventuel rapport entre la clarté, d'un côté, et le nombre et la nature des unités retenues, d'un autre côté.

Le groupe1 est donc le groupe le plus fidèle au TS, les groupes 4, 7 et 3 sont, dans cet ordre, de plus en plus éloignés de TS.

L'analyse se fera donc sur la base de ce rapport à préciser. Cette analyse en groupe de textes nous permet aussi d'éviter les répétitions que provoqueraient les similarités entre les résultats de certains groupes tout en mettant en relief les points les plus importants.

#### 3-1-1- L'analyse hiérarchique du TC G2

Tableau 2 : rapport des Unités dans G2

	TC	U.intr	U.II	U.III	U/UT
UB	36	4	14	18	64.28%
SUB	18	3	9	6	32.14%
UH	2 <sup>28</sup>	0	0	1	3.57%
UT	56	7	23	25	100%

#### 3-1-1-1- LE BILAN DU TEXTE CIBLE

Le texte cible compte deux fois plus d'UB que de SUB. Ce rapport diffère d'une partie à l'autre. Dans l'introduction par exemple, les deux unités ont un nombre presque égal, alors que dans la partie III, le nombre de UB est presque quatre fois plus important. La partie II compte le nombre le plus élevé de SUB, celui-ci représente à peu près 2/3 du nombre de UB. Ces unités semblent détenir un rôle moins important que les UB, ou plutôt plus essentiel : juste ce qu'il faut là où il faut. Elles sont :

- *l'explication/ justification* : 10 dont 3 dans I, 3 dans II, 4 dans III. La fonction de rappel

<sup>28</sup> Nous comptons le titre parmi les unités de hiérarchisation, mais il ne figure dans les données d'aucune des parties puisqu'il hiérarchise tout le texte.

est souvent sous-entendue dans ces unités (« normalement... », « puisque... »...). Elles sont les plus nombreuses et sont présentes à tous les moments du texte. Dans le texte source, cette catégorie ne comptait que 6 éléments en tout, et elle était concentrée dans les parties II et III. C'était l'une des catégories les moins importantes en nombre et en rôle (6/39). Au passage à TC, le nombre de ces SUB augmente par rapport à celui de départ. Elles représentent plus de la moitié des SUB (10/18). On semble accorder de l'importance aux explications dans ce texte plus que dans le texte de départ. Les participants prennent à cœur d'introduire même des explications/justifications qui ne figuraient pas dans le texte source ; certaines unités ont été modifiées à cette fin. Citons les exemples suivants :

(6) / *puisque la notion de trajectori n'a pas de sens physique* /

(25) / *normalement on a une fct symétrique* /

- *l'exemple* : 4 en II. Le nombre d'exemple lui aussi a baissé, mais leur nombre par rapport au nombre de SUB est presque le même : 10/39 dans TS et 4 /18 dans TC. Les exemples semblent garder la même importance.
- *les données, les déterminations* : 4 dont 2 dans II, 2 dans III. Ils représentent un quart des SUB, alors que, dans TS, ils en représentaient un peu plus de la moitié, 21/39. Ces données sont a priori considérées comme bien établies et bien définies, les participants ne ressentent pas le besoin de les surdéterminer.

La priorité dans le texte cible est donnée aux informations essentielles. Toutefois, les informations secondaires et complémentaires sont là elles aussi afin d'en assurer une meilleure qualité et une meilleure transmission. Un quart d'exemples, un quart de données , et un demi d'explication, les compléments d'informations sont perçues comme jouant un rôle essentiellement de fond. Seul l'essentiel est retenu.

### **3-1-1-2- LA COMPARAISON DE UB ET SUB ENTRE TS ET TC**

Tableau 3

	T		I		II		III	
	TS	TC	TS	TC	TS	TC	TS	TC
UB	45	36	9	4	13	14	23	18
SUB	39	18	2	3	19	9	18	6
UH	19	2	5	0	7	0	7	1
Tout U	103	56	16	7	39	23	48	25

Globalement, le texte a subi un travail de réduction de presque la moitié, et ce, dans chaque partie aussi. Toutefois, cette réduction touche de manière différente les unités selon leurs natures et à l'intérieur de chaque partie. Alors que le nombre de UB de tout le texte est peu réduit (nous passons de 45 à 36, d'où un pourcentage de réduction de

20%), le nombre de SUB passe de 39 à 18 (une réduction de plus 50%). Dans l'introduction, ce sont les unités de base qui sont réduites de la moitié ; dans II, ce sont les SUB qui le sont, au même pourcentage ; et dans III, le nombre de SUB est réduit au tiers (passe de 18 à 6). Toutefois, les unités les plus touchées par la réduction ou la suppression sont les UH. Elles sont entièrement supprimées dans I et II et seulement une unité (de 7) est gardée dans III.

Les chiffres n'indiquaient pas le même rapport entre les UB et les SUB dans le texte source que dans le texte cible. Le nombre des deux unités était presque équivalent dans TS et on pouvait même voir à l'intérieur de la partie II, par exemple, un nombre de SUB beaucoup plus élevé. Nous constatons que le rapport entre ces deux unités a complètement changé pour tout le texte mais aussi pour chaque partie.

Dans l'introduction de TS, le nombre de UB était quatre fois plus élevé que celui des SUB ; dans TC, le nombre des deux unités est presque le même. La nature des SUB n'est pas sans importance. En effet, nous passons de SUB exemples et SUB explications à des SUB explicatives/justificatives.

Dans II, le nombre de UB est presque une fois et demie plus grand que celui des SUB. Le passage au TC a ainsi complètement inversé les données. En effet, le nombre de SUB au départ est presque une fois et demie plus important que celui de UB ; à l'arrivée, il est réduit de plus de la moitié alors que le nombre de UB a légèrement augmenté. Il y a une sorte de rééquilibrage des données : cette partie était essentiellement constituée d'exemples et de données. Ce sont ces SUB qui ont subi le travail de condensation puisque, désormais, cette partie ne compte plus que 4 SUB exemples sur 9 SUB au total et 2 données sur 9 (mise à part le nombre de sous-unités explications/ justifications qui passe de 2 à 3).

Dans III, au passage à TC, le travail de condensation a fait son œuvre mais de manière plus conséquente encore sur les SUB en les réduisant au tiers. Comme dans les deux autres parties, certaines SUB sont plus touchées que d'autres. Là où le nombre de SUB explications/ justifications a légèrement augmenté, les données/ déterminations fortement sont réduites (de 12 à 2).

Le passage de TS à TC s'accompagne aussi d'un phénomène assez important : augmentation du nombre de certaines unités par rapport à celui du départ ; dans l'introduction nous passons de 2 SUB à 3 dans TC et, dans II, nous passons de 13 UB à 14. A l'intérieur même des sous-unités, nous passons, dans l'introduction de 1 sous-unité explicative/ justificative, à 3 ; de même dans II, pour les mêmes SUB, nous passons de 2 sous-unités à 3. Dans tout le texte, ces mêmes unités ont vu leur nombre passer de 6 à 9. Ce qui peut être expliqué de deux manières : des unités ont été ajoutées, ou alors des unités ont changé de statut ou de catégorie.

Les unités de base semblent plus réintroduites dans les textes cibles que les sous-unités de base. Ces résultats vont dans le sens des hypothèses qu'on peut poser à partir « de phénomènes largement attestés en compréhension de texte. » (Boch, Tutin & Grossmann, 2003), à savoir que des unités de base sont plus présentes que des sous-unités, en partant du principe que ces dernières sont moins importantes sur le plan informationnel et hiérarchique que les premières censées être les informations de base,

« des unités majeures et constitutives de la macrostructure, c'est-à-dire du résumé de texte. » (*op. cit.*). Ca serait là une preuve d'une bonne compréhension du sens profond du texte, preuve qu'il faudrait manipuler avec prudence. En tout cas, d'après les observations de Boch, Tutin et Grossmann, introduire plus de sous-unités que d'unités serait, quant à lui, à interpréter comme la manifestation d'une compréhension erronée du texte source.

D'un autre côté, les changements dans le taux de réintroductions des différentes catégories de SUB est lui aussi important. Les exemples, quoique moins nombreux, gardent le même rapport par rapport au nombre total des SUB (à peu près un quart) ; les explications/ justifications passent de 1/7 du total SUB à la moitié ; enfin, les données/ déterminations passent de la moitié à un quart des SUB dans tout le texte. Nous sommes tentés de dire que pour les étudiants les explications et les justifications jouent un rôle plus important que les définitions et les déterminations. Elles sont non seulement reprises dans le cours, mais aussi « créées » en cas de besoins. La question à laquelle nous essayerons de répondre plus loin dans l'étude des manipulations linguistiques est la suivante : d'où viennent ces explications et ces justifications ?

### 3-1-2- AH du TC du G1

Tableau 4 : rapport des U dans G1

	TC	U.intr	U.II	U.III	U/UT
UB	33	4	13	16	50%
SUB	18	2	12	4	27.27%
UH	15	3	5	6	22.72%
UT	66	9	30	26	100%

#### **3-1-2-1- LE BILAN DU TEXTE**

Ce qui est à noter dans le texte de ce groupe est, d'un côté, un nombre de sous-unités de base important par rapport à celui des unités de base, et, de l'autre, un nombre de UH important par rapport au nombre total d'unités.

Le rapport de ces unités aux différentes parties, lui, est différent : les unités de bases par exemple présentent des valeurs croissantes qui sont proportionnelles aux différentes parties suivant leurs rôles pragmatiques dans le texte, selon qu'elles soient première c'est-à-dire introduction, deuxième ou troisième partie.

Les unités hiérarchiques aussi présentent une courbe croissante mais avec une démarcation selon la partie en question, peu marquée et moins nette que pour les premières unités.

Les sous-unités de base, quant à elles, présentent un cas différent : la démarcation selon les parties est nette avec un important avantage pour la deuxième partie, ce qui crée un déséquilibre dans le schéma du texte.

Maintenant, si nous reprenons ces données dans chaque partie, la troisième partie semble être la seule quasi équilibrée et conforme aux attentes établies plus haut quant à

la recomposition des unités dans le texte cible et ce même si elle présente un nombre de UH trop élevé. Dans l'introduction, les différents types d'unités ont des valeurs presque égales. Quant à la deuxième partie, les valeurs des unités présentent un cas extrême : les SUB sont presque égales aux UB. Nous allons essayer de mettre un peu de lumière sur les raisons d'une telle composition à travers une description des SUB. En quoi la nature de ces unités justifie-t-elle une présence aussi importante dans le texte cible?

Comme pour le groupe précédent, nous commencerons par décrire le texte cible et ses SUB avant de passer à la comparaison avec le TS.

Les SUB sont variées :

- *les exemples* : 7 dont 1 en I, 5 en II et 1 en III. Le nombre total de ces SUB a baissé d'à peu près un tiers au passage de TS au TC. La deuxième partie en compte toujours la plus grande part. Il s'agit d'exemples de particules :

(27) / **a - Fermion** /  
 / \* spin  $1/2$  entier / / **exple** : - les lepton : electrons , muons ,  
**neutron** /  
 / - les baryons : proton , neutron . /

(28) / **b - Boson** /  
 un spin entier  $s=0, 1, 2$ .  
 / \* les particules de Jauge : photon ( $s=1$ ) ~~et~~ sont les messages des  
**ondes electromagnetiques** /  
 / \* les phonons : **me** ( $s=1$ ) les messagers des ondes elastiques (dans  
**les sdi** /  
 / \* les mesons  $\pi$  ou  $k$  ( $s=0$ ) /

- *les données* : 6 dont 5 en II et 1 en III. Le nombre de ce type de sous-informations passe de 21 dans le TS à 6 dans le TC du groupe 1. C'est sans aucun doute le type qui a subi le plus de réduction (de presque 3/4). Cette réduction est encore plus importante selon la partie : de 9 SUB données dans II de TS, il reste 5 dans TC ; alors que dans III, nous passons de 12 sous-unités du même type à 1 SUB.
- *les explications* : 5 dont 1 dans I, 2 dans II et 2 dans III. Le nombre de ces SUB a été très peu touché par le passage du TS vers TC. Ceci fait que son importance a augmenté par rapport au nombre total de SUB. Dans TS, il en représentait presque 1/7, ici presque 1/3.

Ce groupe semble accorder aux SUB autant d'importance qu'aux UB. On y retrouve 3 des 5 sous-types identifiés ci-dessus. Chacune de ces SUB représente, ou presque, un tiers de l'ensemble de ces sous-unités. Les étudiants semblent accorder autant d'importance aux illustrations et aux prédéterminations des données qu'aux explications et aux justifications.

### 3-1-2-2- LA COMPARAISON DE UB ET SUB ENTRE TS ET TC

Tableau 5

	T		I		II		III	
	TS	TC	TS	TC	TS	TC	TS	TC
UB	45	33	9	4	13	13	23	16
SUB	39	18	2	2	19	12	18	4
UH	19	15*	5	3	7	5	7	6
Tout U	103	66	16	9	39	30	48	26

Le texte a été réduit de presque 36% du nombre total de ces unités. Mais à l'intérieur du texte, les trois parties ont subi des taux de réduction différents.

L'introduction a été allégée de 43,75% de ces unités, la partie II de presque 25%, et la partie III de presque 45%. De même, les trois types d'unités ont été différemment touchés par le passage du texte source au texte cible : avec presque 25% de réduction pour les UB, 55% pour les SUB, et seulement de 22% pour les UH. Comme pour le G2, les données relatives à chaque type d'unité varient aussi selon les parties. Dans l'introduction, les UB sont réduites d'un peu plus de la moitié (55,5%) et les UH de 40% alors que les SUB sont maintenues. Dans la partie II, le nombre de UB est le même, alors que les SUB sont réduites de presque 37% et les UH de 28,5%. Dans la partie III, les UB sont réduites d'un peu plus de 30%, les SUB de 77,8% et les UH de moins de 15%.

La réduction des unités ne semble pas être tributaire de la partie ou la nature des unités, les taux de réduction sont très variables.

Le rapport des unités entre elles dans tout le texte ou selon les parties est quant à lui significatif. Le passage au texte cible a introduit de nouvelles données : les sous-unités de base du texte cible représentent 2/3 du nombre des unités de base alors que les deux types d'unités avaient des valeurs presque égales dans le texte source avec un léger avantage pour les unités de base. Les étudiants rééquilibrent le texte dans le sens d'une domination des UB sur les SUB avec une note tout aussi marquée de hiérarchisation et de classification. Les unités hiérarchiques, par contre, gardent le même rapport aux UB, elles en représentent quasiment la moitié dans les deux textes.

A l'intérieur de chaque partie, le rapport entre unités a lui aussi évolué. La suppression de UB dans l'introduction, par exemple, et le maintien de SUB ont fait passer le rapport entre les deux unités de 1/5 à la moitié avec maintien des mêmes types de SUB, à savoir exemples et explications.

Dans la deuxième partie, le rapport entre les UB et les SUB est inversé : les UB sont, désormais, légèrement plus nombreuses que les SUB sachant que la réduction n'a touché que les SUB. Ces sous-unités sont essentiellement constituées de SUB exemples et de SUB données. Elles sont réduites d'un peu moins de la moitié de leurs valeurs dans II de TS mais restent malgré cela les SUB les plus importantes dans cette partie. La seule occurrence de SUB équations dans cette partie est quant à elle supprimée et les deux explications maintenues.

Dans la troisième partie, les UB sont réduites au 2/3 et les SUB au 1/4 ce qui bascule le rapport entre les deux types d'unités vers un rapport de très nette domination des UB. (Désormais, 4 fois plus importante que les SUB). Les compléments d'informations SUB données, qui sont les plus importants dans cette partie, sont également les plus touchés : ils passent de 12 à 2. Cette partie voit ainsi un équilibre parfait entre les SUB données et exemples d'un côté, et les SUB explications de l'autre.

Le passage du TS au TC a ainsi rééquilibré les rapports entre les informations de base et celles secondaires dans tout le texte dans le sens d'une plus importante prédominance des premières sur les deuxièmes. Toutefois, ce fait varie selon la partie et selon les rapports initiaux entre les deux types d'unités dans le texte de départ. Il a aussi rééquilibré les rapports entre les différentes informations secondaires de sorte que le texte a été débarrassé de la dominante SUB données et allégé des SUB exemples en faveur d'une mise en valeur des SUB explications.

Mais, d'un autre côté, le remaniement des données du texte source n'a pas touché les unités de hiérarchisation de manière conséquente comme pour le G2 par exemple. En effet, ces unités gardent presque le même rapport : presque 1/5 des unités totales du texte cible ainsi que des unités totales du texte source. De même, les UH des deux premières parties gardent le même rapport vis-à-vis des unités totales de la partie en question. Le détachement par rapport au modèle du texte source et aux marques supra textuelles d'organisation semble difficile à réaliser.

### 3-1-3- L'AH des TC de G3, G4, G7

Les textes des trois groupes que nous allons étudier ci-dessous forme le bloc des textes se trouvant à droite du Texte zéro, c'est-à-dire des textes qui ont une composition, en unités, éloignée de celle du texte de départ. Il ne nous paraît pas évident pour le moment de classer ces textes sur l'axe du plus proche du TS au plus éloigné, les différents critères de classement nous donneraient alors des données différentes. Si nous tenons compte du nombre totales d'unités retenues, nous avons le classement suivant : G7, ensuite G3 et enfin G4. Par contre, si nous nous basons sur le pourcentage des différentes unités dans le texte et si nous considérons les écarts entre les types d'unités comme repère, nous avons le classement suivant : G4, G7 et enfin G3 qui se démarque par une absence totale d'unité de hiérarchisation et un écart net entre les UB et SUB en faveur des premières. Nous préférons donc pour le moment étudier les textes dans l'ordre G3, G4 et G7 en attendant d'avoir plus de critères pour les classer.

#### 3-1-3-1- LE BILAN DES TEXTES

Tableau 6 : rapport des U dans G3

	TC	U.intr	U.II	U.III	U/UT
UB	26	4	8	14	81.25%
SUB	6	1	4	1	18.75%
UH	0	0	0	0	0%
UT	32	5	12	15	100%

Tableau 7 : rapport des U dans G4

	TC	U.intr	U.II	U.III	U/UT
UB	18	5	5	8	74.80%
SUB	3	0	2	1	12.48%
UH	3	0	2	0	12.48%
UT	24	5	9	9	100%

Tableau 8 : rapport des U dans G7

	TC	U.intr	U.II	U.III	CL	U/UT
UB	34	11	11	11	1	79.06%
SUB	6	0	5	1	0	13.95%
UH	3	1	0	0	1	6.97%
UT	43	12	16	12	2	100%

Les trois textes ont en commun d'être constitués en majeure partie d'unités de bases (plus de 2/3 du nombre total d'unités) mais ils ont aussi des différences : le texte du groupe 3 ne contient pas du tout de UH, le titre n'est même pas signalé. Alors que les textes des G4 et G7 sont plus ou moins parsemés de ces unités. De plus, G7 présente une conclusion qui ne figure dans aucun autre des deux textes ou même dans les textes de G1 ou de G2.

Chacun des textes voit une domination très marquée des UB dans chaque partie avec un écart maximal entre elles dans la troisième partie où les sous-unités de base sont au nombre de 1, les unités de hiérarchisation 0 et où les informations de base varient entre 8 et 14. Dans les trois groupes, les valeurs des SUB sont assez basses, et la partie qui en compte le plus d'occurrence est la partie II.

Les SUB de G3 sont :

- *les explications* : 4 dont 1 dans l'introduction, 2 dans II et 1 dans III.
- *les exemples* : 2 dans II.

Les SUB dans G4 sont :

- les explications : 2 dans II
- les données : 1 dans III.

Les SUB dans G7 sont :

- les explications : 2 dans II
- les données : 4 dont 3 dans II et 1 dans III.

Dans chacun des trois groupes, les explications sont très importantes (toujours relativement au nombre total de SUB) et jouent un rôle plutôt important par rapport à

l'ensemble des données complémentaires dans les textes. La seconde place est accordée aux données et la troisième aux exemples. Les valeurs de ces informations complémentaires sont toutefois peu importantes (maximum inférieur à 20%) pour qu'on puisse en tirer des conclusions significatives quant à une certaine direction explicative ou didactique donnée aux textes. Mais d'un autre côté, l'absence d'autres informations au passage de TS vers TC pourrait-elle être significative?

### 3-1-3-2- LES UNITÉS DE BASE ET LES SOUS-UNITÉS DE BASE ENTRE TS ET TC

Tableau 9 : TS/ TC G3

	T		I		II		III	
	TS	TC	TS	TC	TS	TC	TS	TC
UB	45	26	9	4	13	8	23	14
SUB	39	6	2	1	19	4	18	1
UH	19	0	5	0	7	0	7	0
Tout U	103	32	16	5	39	12	48	15

Tableau 10 : TS/ TC G4

	T		I		II		III	
	TS	TC	TS	TC	TS	TC	TS	TC
UB	45	18	9	5	13	5	23	8
SUB	39	3	2	0	19	2	18	1
UH	19	3	5	0	7	2	7	0
Tout U	103	24	16	5	39	9	48	9

Tableau 11 : TS/ TC G7

	T		I		II		III		CL	
	TS	TC	TS	TC	TS	TC	TS	TC	TS	TC
UB	45	34	9	11	13	11	23	11	0	1
SUB	39	6	2	0	19	5	18	1	0	0
UH	19	3	5	1	7	0	7	0	0	1
Tout U	103	43	16	12	39	16	48	12	0	2

Comme pour les autres groupes, la réécriture du texte source a été fortement liée à une opération de réduction des données de ce texte de départ. Cette réduction a touché, à des degrés variables, les trois textes (67.04% pour G3, de 75.28% pour G4 et de 58.25% pour G7) et dans chaque texte, elle a aussi touché, différemment, les parties et les unités. Globalement, les introductions sont les parties les moins réduites et les parties III sont les plus réduites. Les UH sont les unités les plus touchées, suivies des SUB et enfin les UB.

Les unités de base sont les unités les plus reconduites d'un texte à l'autre. L'écart entre elles et les autres unités est important. Comme nous l'avons déjà souligné dans les

autres comparaisons, le texte de départ comptait presque autant de UB que de SUB, ici, l'écart entre les deux types d'unités s'est fortement creusé. Les valeurs de UB sont de plus de quatre fois à plus de six fois supérieures à celles de SUB. A l'intérieur de chaque partie, les rapports entre les unités ont été plus ou moins bouleversés par le passage TS/TC.

Différentes opérations interviennent à différents moments pour créer cet écart. Une réduction massive des SUB qui peut aller jusqu'à 95% de la valeur de départ (comme pour la partie III des groupes 4 et 7) est accompagnée souvent d'une réduction moins importante des UB (au maximum, de 65.22% comme pour les UB de III de G4). Dans certains cas, cette combinaison a pour effet de réorganiser les composantes des textes comme c'est le cas pour la partie II des différents textes. Dans ces deuxième parties qui présentaient dans TS un cas de figure particulier, à savoir un nombre de SUB presque deux fois supérieur à celui de UB, la donne est ainsi inversée et les valeurs de UB dans la partie II des textes cibles deviennent de 2 à 2 fois et demi supérieur à celles de SUB. C'est le cas par exemple des SUB de II du texte de G7 qui subissent une réduction les ramenant à 1/4 de leur valeur initiale alors que les UB sont quasi-maintenues à leur valeur initiale.

Parmi les opérations ou combinaisons servant à rééquilibrer les données des textes, nous avons le cas de figure que présente l'introduction du G7. Dans cette introduction, le nombre d'unités de base a légèrement augmenté et celui de SUB a été réduit à 0, ce qui a pour conséquence le passage d'un rapport UB/SUB de 4,5 à 11.

La réduction des SUB dans les textes d'arrivée a particulièrement touché certaines SUB plus que d'autres. Certaines ont complètement disparu malgré des valeurs importantes dans le TS. C'est le cas des SUB données qui passent de 21 SUB, c'est-à-dire un peu plus de la moitié des SUB du TS à 0 SUB dans TC de G3 ; ou encore celui des SUB exemples qui passe de 10, presque 1/4 des SUB dans TS, à 0 dans TC des G4 et G7. Le seul type de sous- informations que nous retrouvons dans les trois textes est comme noté plus haut, les informations complémentaires explicatives. Leurs valeurs par rapport à l'ensemble des SUB passe de 1/7 dans TS à 2/3 dans TC de G3 et G4, et à 1/3 dans TC de G7. Ceci n'est pas dû à une augmentation du nombre des explications complémentaires dans les textes d'arrivée, au contraire, les SUB explicatives ont subi quelques réductions selon les groupes, de 1/3 ou de 2/3 de leur nombre initial. Mais c'est la disparition totale d'autres SUB comme celles des équations ou rappels, et la réduction massive d'autres SUB comme les exemples qui passent de 10 sous-unités à 2 dans TC de G3, ou encore les SUB données qui passent de 21 sous-unités à 1 et à 4 sous-unités respectivement dans TC de G4 et TC de G7.

C'est donc la combinaison de ces taux variables de réduction qui crée ce nouvel équilibre dans les textes cibles. Un équilibre basé sur la prééminence des unités de base, des unités de fond, sur les unités complémentaires et même au détriment de celles-ci qui se voient fortement et parfois excessivement appauvries. Une question se pose alors : ceci atteint-il la valeur scientifique du texte cible ou sa valeur didactique - le rôle de ces sous-unités étant de compléter les informations premières de façon à les rendre plus claires, plus concrètes, plus pertinentes selon les cas ?

### 3-1-4- Les résultats et la conclusion

Comme nous l'avons souligné au début de cette analyse, les différentes productions sont plus ou moins attachées au modèle du texte de départ. Nous en avons distingué trois types.

Le premier type est un texte proche du texte source. Certes, les participants ont fourni un effort de synthétisation qui se traduit par une réduction des unités de base et des sous-unités de base. Ils ont fourni un effort de reconstitution de ces unités en marquant un avantage pour les unités de base et en réduisant les informations complémentaires de façon à diminuer les écarts entre les types de SUB. Toutefois, la présence d'un nombre d'unités de hiérarchisation assez élevé et proche de celui du texte source, et surtout un nombre de UH qui garde le même rapport aux UT aussi bien dans le texte cible que dans le texte source, nous laisse dubitatif quant au niveau de détachement des étudiants par rapport à un modèle scolaire du texte scientifique qui voit dans ces unités le reflet d'une bonne structuration.

Le deuxième type est un texte qui marque des positions différentes par rapport aux données de départ du texte du cours. Au passage au texte à rédiger, les données totales ont été réduites de moitié, et à l'intérieur de chaque partie et selon le type d'unités, les données et les rapports entre les unités ont été négociés toujours dans un sens tel que prédominent les unités essentielles sur les autres. Une domination tant au niveau global du texte qu'au niveau de chaque partie. Une domination qui s'appuie sur une faible réduction des UB, une forte réduction des SUB, et une quasi-absence des unités de hiérarchisation. Sans pour autant élever ce texte au niveau de modèle à suivre, le texte du groupe 2 nous paraît être le plus équilibré. Dans tous les cas, il est à mi-chemin entre le premier type de texte et celui qui va suivre.

Le troisième type de texte est donc celui qui creuse un écart important entre ses données et celles du texte de départ. C'est le cas, à des degrés variables et comme nous l'avons dit, des trois textes des G3, G4 et G7. Les réductions touchent toutes les unités et de manière plus importante les unités complémentaires et les unités hiérarchisantes. L'effet sur les textes est très marqué. Nous pouvons même nous demander s'il ne s'agit pas là d'un appauvrissement des données dans certains cas comme pour le texte cible du groupe 4 où la réduction atteint sa valeur maximale de 75%.

S'il est vrai que reconduire plus de sous-unités de base que d'unités de base dénote comme le soulignent Boch, Tutin et Grossmann, une compréhension erronée des données du cours, nous sommes en droit de penser que reconduire trop peu de ces sous-unités, qui sont des unités complémentaires de compréhension, peut nuire à la qualité du texte et aussi à son degré de compréhension et de clarté. Le recours à des exemples, ou à des rappels, ou à des données de déterminations est un phénomène attesté dans les textes et les discours scientifiques. Ces sous-informations sont loin d'être des unités de décoration. Leur rôle, s'il n'est pas indispensable, est important en tant qu'élément facilitant l'accès à l'information, appuyant le raisonnement et concrétisant les faits.

Notre analyse hiérarchique nous a aidé à mettre le doigt sur des questions

auxquelles nous ne pouvons répondre en nous basant seulement sur ces quelques résultats. Ce n'est pas une analyse de fond que nous avons effectuée là, mais une analyse en surface qui trace des lignes de recherche que l'analyse de la structure rhétorique approfondira.

### **3-2- L'analyse RST**

---

Nous avons identifié pour l'étude des textes écrits selon l'analyse hiérarchique trois catégories de textes : une première constituée par G1, proche du TS ; une deuxième constituée par le groupe du milieu, le G2, et la dernière catégorie contient les trois groupes G3, G4 et G7, dont les productions se démarquent plus nettement du texte source. Nous optons dans cette deuxième analyse des productions des étudiants de garder la même catégorisation et de voir les correspondances entre les résultats de l'analyse hiérarchique et celle-ci.

De plus, à ce niveau, nous allons nous contenter d'étudier les reprises ou les modifications des propositions relationnelles, et les marques linguistiques qui touchent directement ces relations. L'étude des différentes opérations linguistiques qui touchent les unités ou les phrases sera faite dans la synthèse des deux méthodes dans laquelle le rapport entre les unités reformulées ou non et les différentes relations sera fait.

Pour le premier groupe étudié, qui sera, comme pour l'analyse hiérarchique, le groupe 2, nous optons pour un traitement détaillé de la RST du texte cible c'est-à-dire une description complète des différentes propositions relationnelles et des segments qu'elles relient. A un deuxième niveau, une étude du passage de TS vers TC sera effectuée. Les catégories de propositions relationnelles (reprises, reprises non-marquées, explicitées, créées et altérées) seront, alors, identifiées et définies. Par contre, pour les autres groupes, nous nous proposons de mettre plus l'accent sur le passage de TS vers TC, tout en effectuant un bilan rapide du texte cible.

#### **3-2-1- L'analyse RST G2**

Le texte est constitué de trois grandes parties : l'introduction, le postulat de symétrisation et la construction des états physiques d'un système de N particules identiques. En fait, si l'on s'en tient au texte cible, les liens entre ces parties ne sont pas explicités. La première partie, à savoir l'introduction, a permis d'introduire des notions qui vont servir à la lecture/compréhension des deux autres mais ce lien reste général. Nous avons l'impression qu'aux informations de la première viennent s'ajouter ceux de la deuxième puis ceux de la troisième afin de construire un tout qui se tient, si nous utilisons les termes de l'analyse RST, par jonction.

Une étude thématique s'appuyant, notamment, sur les marques de cohésion révélerait certes la cohérence qui existe entre les trois : une progression thématique permettrait d'avancer d'une partie à l'autre en reprenant des thèmes phares tels que « particules identiques », « fonction d'onde », « système de Bosons », « système de Fermions ». Mais ce n'est pas cette cohérence ou cette progression thématique qui nous intéresserait ici - progression qui est, au passage, bel et bien présente et attestée. En fait,

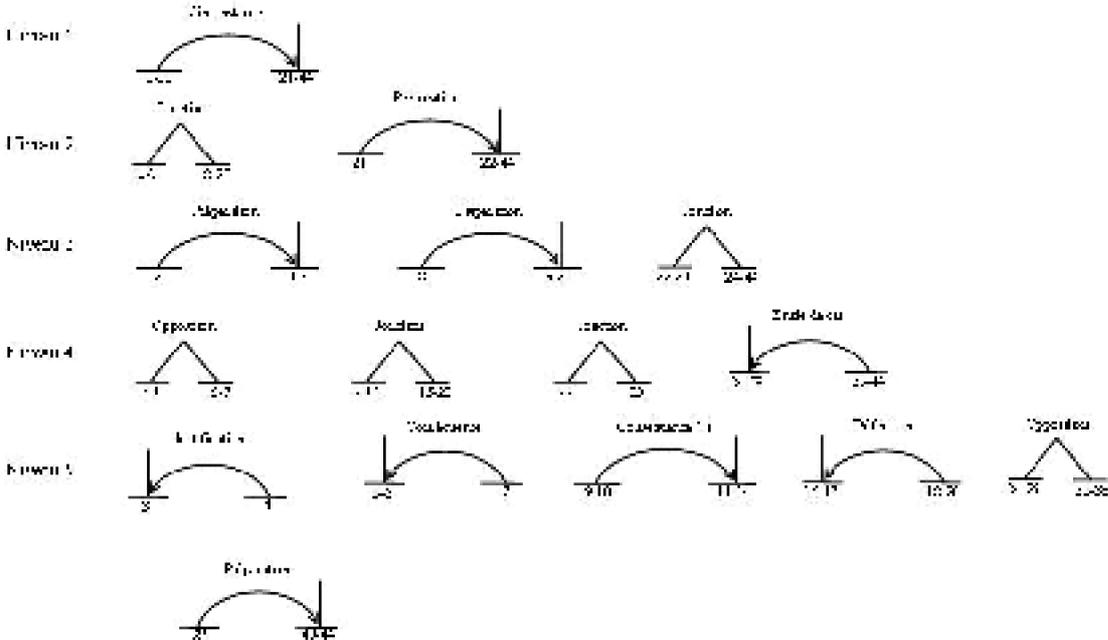
ce sont les liens rhétoriques que nous voulons identifier, c'est-à-dire les liens entre les différents thèmes au-delà de la reprise dans un schéma de thème/ rhème, connu/ nouveau. La tâche que nous avons proposée aux étudiants avait justement pour but de cibler ces liens à travers un travail d'explication, de synthèse et de reformulation du cours. Nous nous retrouvons ainsi face à deux possibilités :

- *la première* : les liens rhétoriques n'ont pas été identifiés d'où leur absence dans la production des élèves. Ces derniers, faute de pouvoir justifier le passage d'une partie à l'autre, optent pour la juxtaposition des données. Le schéma de la RST comporterait au premier niveau une relation de jonction qui relierait les trois segments correspondants aux groupes de segments 2-7, 8-20 et 21-44.
- *la deuxième* : certains liens n'ont pas besoin d'être explicités. L'absence de marques ou d'explications clarifiant le passage de I à II et/ ou à III ne signifie pas forcément que ces liens n'ont pas été perçus, mais il se peut que les élèves ne font que reconduire les mêmes procédés que dans le cours. Les liens entre ces parties seraient donc à lire comme dans TS. Nous penchons vers deuxième possibilité c'est-à-dire que nous préférons accorder le bénéfice du doute aux participants (notamment compte tenu de leurs niveaux d'étude).

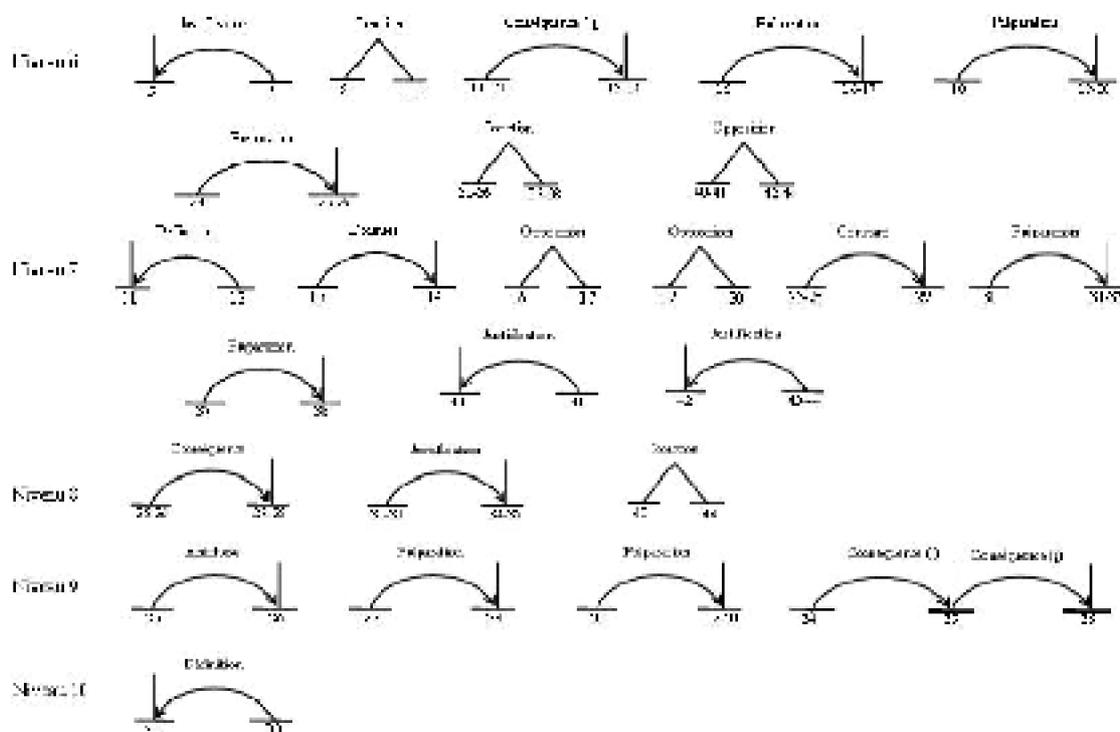
D'un autre côté, à l'intérieur de chaque partie, à des niveaux variés, des liens entre des segments plus ou moins importants sont marqués. L'étude du passage de l'un des textes à l'autre permettrait de justifier le choix de ces connecteurs et donc des relations qu'ils impliquent ou, au contraire, cette étude permettrait de souligner la mauvaise utilisation ou la mauvaise compréhension des étudiants de certains connecteurs. Cette étude reste, bien évidemment, à compléter avec l'étude des transcriptions orales des passages correspondants à la mise en place ou à l'insertion de ces connecteurs dans les différents textes.

### **3-2-1-1- LA STRUCTURE RHÉTORIQUE DU TC**

(cf. Annexe G2, p.483).



RST de G2



La RST du texte cible met en œuvre différentes relations prépositionnelles.

- **La circonstance** : 1<sup>29</sup>. Elle définit le rapport entre le segment constitué par les deux premières parties et le segment constitué par la troisième, le premier segment étant l'ensemble des conditions nécessaires à la bonne lecture des données du second.
- **La jonction** : 8. Elle est présente à tous les niveaux et elle lie des segments de tailles variées. Le lien peut être assuré linguistiquement par une marque de coordination comme « et » entre les segments 22 et 23, ou non comme c'est le cas entre les segments 2-7 et 8-20. Cette relation peut aussi avoir recours à des marques plus particulières comme les marqueurs métadiscursifs : « on va voir (maintenant) » (segments 2, 8, 37), « on signale que » (segment 15) ; ou encore les sous-titres comme dans les segments 24 ou 30 qui marquent une rupture et le début d'un segment « indépendant » de ce qui précède.

<sup>29</sup>

Il s'agit là du nombre d'occurrences de la proposition relationnelle. Nous commencerons par déterminer ce nombre pour chacune des relations citées.

souvent la forme :

- d'un sous-titre souligné ou annoncé par une étoile, ou encore introduit par une préposition comme « en » au début du segment 21 ou « pour » au début du segment 24.

*(21) / En III : construction des états physique d'un syst de N particuls identiques sans interaction Mutuelle . /*

*(24) / \* pour la la fct d'onde des N bosons : /*

- d'une phrase introductive/ explicative/ annonciatrice. Ces phrases ont la même fonction métadiscursive, c'est-à-dire celle de présenter le discours qui suit, de quoi il sera question, c'est-à-dire de présenter ce qui sera fait ou dit. Elles commencent souvent par des marqueurs métadiscursifs (souvent les mêmes qui assurent des liens de jonction entre un ensemble de phrases les précédant et l'ensemble de phrases constitué de la phrase introductive et de ce qu'elle introduit). Nous retrouvons ces phrases au début des 3 grandes parties mais aussi au début de chaque segment informationnel important comme l'introduction :

*(2) / Dans l'intro à l'uction on va voir la difference entre la notion de particules identiques en MC et MQ = /*

- *L'opposition* : 4. Trois d'entre elles sont introduites par « par contre », et ce, entre les segments 3-4 et 5-7, les segments 19-20 et les segments 40-41 et 42-44. La quatrième, entre les segments 16 et 17 est soutenue par le lexique scientifique, à savoir « état symétrique » et « état antisymétrique ».
- *L'étude de cas* : La seule occurrence relie l'étude des fonctions des deux particules, à l'état fondamental, à celui de la construction de l'état de chacune des particules.
- *La conséquence* : 6. La première au niveau 5, appuyée par « donc », présente la fonction d'onde comme la conséquence de l'indiscernabilité due au non sens de la notion de trajectoire. La suivante est soulignée par « alors » qui relie l'expression en langue naturelle de la symétrie à celle en langue mathématique. Au niveau suivant, le segment noyau 11-14 se divise en segment satellite 11-12 et en segment 13-14 noyau de la conséquence introduite par « donc » et qui renvoie l'introduction de l'opérateur d'échange à l'équation de la fonction et à ses données. Au niveau 9, « alors » introduit la conséquence de la non-adéquation de la fonction prise avec la condition de la symétrie. Au même niveau, une combinaison constituée de deux conséquences relie le segment 34 au segment 35 par le moyen de la proposition « ce qui conduit » ; et ce dernier segment est lui-même relié au segment 36 par « alors ».

Les relations de conséquence sont celles qui suscitent le plus de recours à des marqueurs ou à des coordinations.

- *La justification* : 5. Aux niveaux 4 et 5, chacune des deux justifications - reliant les segments 3 à 4 et 5 à 6 et introduite par « puisque » - sert à relier la notion de trajectoire à celle de la possibilité de discerner (ou non) deux particules identiques, et ce, selon la mécanique prise en considération. Les deux justifications du niveau 7 relient aussi des segments qui présentent un certain parallélisme entre eux. En effet, il y est question de la possibilité d'existence (ou non) de deux particules identiques (bosons ou fermions) dans le même état et du rapport de cette possibilité avec la notion d'attraction ou de répulsion quantique. La dernière justification se trouve au niveau 8. Elle est indiquée en surface par le groupe prépositionnel « d'après l'expression de déterminant », qui renvoie au contenu du segment 31-33 et qui le prend comme appui pour avancer le contenu de 34-36.
- *La définition* : 3. Les définitions des segments 12, 18-20 et 33 introduisent des compléments d'informations qui apportent des clarifications sur les valeurs de  $\lambda$ , les caractéristiques physiques des bosons et des fermions, et les composantes du déterminant de Slater. La première et la troisième sont signalées par « avec », mais la deuxième est signalée par segment de présentation, ce qui est certainement dû à la taille des informations au rapport d'opposition que renferme le segment en question.
- *Les données* : 1. cette relation détermine un élément dont il sera question dans le segment noyau, à savoir le Pij. Elle est signalée par « on va introduire ».
- *L'antithèse* : 1. Marquée par « mais », elle souligne la non-adéquation de la fonction avec une condition indispensable qui est la symétrie, ce qui conduit à l'utilisation d'une autre fonction.
- *Le constat* : au niveau 7 reliant par « on constate qu' » la possibilité d'existence des bosons sur un même état quantique à l'expression de sa fonction avec une combinaison linéaire.

Le texte contient une panoplie importante et variée de propositions relationnelles qui va de pair avec le nombre de segments identifiés. Dans cette panoplie, certaines relations se démarquent des autres telles que les préparations (11), les jonctions (7) et les conséquences (6), d'autres sont moyennement présentes telles que les justifications et les oppositions (5) et les définitions (3), alors que, à l'autre bout, certaines relations n'ont qu'une seule occurrence telles que les données, l'étude de cas. Les préparations traduisent un souci de mise au point sur les informations, une mise au point qui rappelle un peu les éléments de hiérarchisation et les sous-titres. Les jonctions présentes à tous les niveaux cassent quelque peu l'effet de structuration que confèrent au texte les présentations et les conséquences et laissent à la lecture du texte une impression de collage d'informations, et ce, malgré un souci de structuration qui transparaît aussi à travers les différentes traces de surfaces qui marquent certaines relations.

Nous allons donc, à travers l'étude du passage de TS à TC voir en quoi la jonction met, ou non, en valeur certains liens de départ. De même, nous allons voir si les différentes relations ainsi que leurs marqueurs sont bien utilisés.

### **3-2-1-2- LA STRUCTURE ENTRE LE TEXTE SOURCE ET LE TEXTE CIBLE DE G2**

Tout en reprenant les données dans l'ordre du cours, le TC met en scène, à quelques exceptions près, les mêmes propositions relationnelles que TS, à des niveaux différents. Le texte cible conserve les trois grandes parties du texte source. Les grandes lignes des deux schémas de structure se rejoignent ce qui nous permet d'avancer que la majorité des liens entre les principaux éléments a été bien identifiée. Pour avancer ceci, nous nous appuyons sur les faits suivants :

#### **a. Les reprises**

Il s'agit de propositions relationnelles qui portent déjà les traces de la nature de la relation en question, c'est-à-dire qui sont déjà marquées dans le texte source et sont reprises telles qu'elles. C'est le cas des propositions relationnelles suivantes :

- *La conséquence* au niveau 8 entre 25-26 et 27-28 qui reprend la même marque de surface, « alors », pour traduire la même relation
- *La justification* au niveau 8 entre 31-33 et 34-36 où les étudiants reprennent le groupe prépositionnel du cours en remplaçant « la propriété » par « l'expression », une modification qui n'altère en rien la nature de la relation en question.
- *La définition* :
  - au niveau 7 entre 11 et 12 et marquée par « avec ».
  - au niveau 10 des composantes du déterminant de Slater introduit dans le segment 33 par « avec » qui remplace « convention » utilisée dans le cours ;
- *Les données* au niveau 7 entre 13 et 14. « on va introduire » dans le segment donnée 13 joue le même rôle que « soit » dans le cours pour introduire l'opérateur d'échange.

#### **b. Les reprises non marquées**

Dans ces cas, rien ne permet d'affirmer le contraire, c'est-à-dire que la relation n'a pas été identifiée, et ce, entre autre, à cause de l'utilisation restreinte des connecteurs ou autres marqueurs. C'est le cas des relations suivantes :

- *La circonstance* au premier niveau. Les étudiants ne l'explicitent pas dans le texte cible et se contentent d'introduire le contenu de la troisième partie de leur texte sans la justifier, mais ils reconduisent ces informations presque avec « impartialité ».
- *La jonction* :
  - au niveau 2 entre l'introduction et le postulat de symétrisation.
  - au niveau 3 entre la définition de l'hamiltonien et les fonctions des particules bosons et fermions.

- au niveau 6 entre 9 et 10.
- *La définition* au niveau 5 entre 15-17 et 18-20.
- *L'opposition* :
  - au niveau 5 entre 24-29 et 30-38. L'opposition entre la fonction d'onde des bosons et celle des fermions reste ici implicite.
  - au niveau 7 entre les deux états du système. La conjonction « et », ne met pas en valeur l'opposition entre les deux segments qui reste soutenue par les termes « symétrique » et « antisymétrique ».
- *La préparation* au niveau 7 reliant 30 à 31-36 quant à elle reprend le même segment satellite ou presque sans y apporter de modifications.

### **c. Les explicitations**

En plus d'être reprises, certaines relations sont explicitées de manière appropriée telles que :

- *La préparation* : cette relation reprend des sous-titres du texte toute en apportant quelques modifications qui servent à mettre en exergue leur valeur annonciatrice. C'est le cas des segments 8, 21, 24, 37, 39 où on note respectivement le recours à « dans », « en », « pour », « on va voir », « ensuite » même si les marques de hiérarchisations utilisées dans le texte de départ persistent - comme le soulignement ou les deux points.
- *L'opposition* : comme nous l'avons vu plus haut, trois des quatre relations sont marquées en surface par « par contre » alors que dans les segments équivalents dans le texte source, les oppositions étaient soutenues sémantiquement. C'est le cas pour l'opposition
  - au niveau 4 entre 3-4 et 5-7.
  - au niveau 6 entre 40-41 et 42-44. Il s'agit ici d'une double explicitation, la première concerne bien sûr l'opposition, et la deuxième est relative au passage du schéma vers la langue naturelle.
  - au niveau 7 entre les deux particules (entre 19 et 20).
- *La justification* : dans le texte source, seul la justification reliant le déterminant de Slater au changement de signe de  $\psi$  est explicitée, les autres ne le sont pas. Au passage au texte cible, les rapports entre les autres justifications ont été bien identifiés comme entre la détermination/ou non de la trajectoire qui justifie la « discernabilité »/ou non des particules identiques ; ou encore entre l'attraction quantique/ou la répulsion quantique qui justifie l'existence/ ou non de plusieurs

particules dans un même état. Les relations sont soulignées par la conjonction « puisque » dans les segments 4, 6 et 43-44, et par le participe passé « dûe » dans 41.

- *L'étude de cas* : au niveau 4 soulignée par « ensuite » et la transformation du sous-titre en une phrase de présentation qui annonce la relation par la fixation d'un cas celui de «  $T=0K$  », « l'état fondamental ».
- *La jonction* au niveau 4 entre 22 et 23 explicitée par « et ».
- *La conséquence* au niveau 9 entre 34 et 35. La flèche qui exprimait le rapport de conséquence dans TS est traduite par « ce qui conduit » dans TC.
- *L'antithèse* au niveau 9 entre 25 et 26 explicitée par « mais ».

#### **d. Les créations**

Certaines relations ont été créées afin d'explicitier des rapports sous-entendus dans le texte source, des relations telles que :

- La préparation :
  - au niveau 3 entre 2 et 3-7. Elle explicite le but recherché à travers la préparation des deux mécaniques, à savoir mettre en relief le rapport de différence qui existe entre elles.
  - au niveau 6, le segment 18 est créé afin d'explicitier le but escompté à travers les définitions de deux particules. Et au même niveau, s'inspirant directement d'une phrase de TS, la relation de préparation entre 15 et 16-17 subit des modifications qui lui donnent un air nouveau.
  - au niveau 9, entre 27 et 28, la relation de préparation s'inspire de la formulation ayant servi dans TS à introduire la combinaison linéaire et la prend comme appui pour présenter la fonction d'onde.

Au même niveau, entre 31 et 32-33, la préparation annonce un noyau inattendu : dans 32-33, il est question de la fonction d'onde  $\psi$  qui contient dans ces termes l'expression du déterminant de Slater, alors que la présentation, en 31, annonce le déterminant lui-même.

#### **e. Les altérations**

Toutefois, le passage de TS vers TC ne s'effectue pas sans quelques préjudices. Quelques cas de différence entre les deux schémas sont notés. Ils résultent de l'altération de relations existantes. C'est le cas pour les relations suivantes :

- La jonction :
  - au niveau 4 entre 9-14 d'un côté et 15-20 de l'autre. Les sous-parties II-1 et II-2 du texte source correspondant aux segments de la jonction étaient liés au niveau 3 du

---

schéma de TS par une relation de postulation ou de généralisation qui les hiérarchisait et définissait la première comme une étape vers la deuxième, ce qui n'est plus le cas avec la jonction. Aucun lien de surface n'a été introduit et, plus encore, les données qui permettaient d'assurer la relation de postulation et en portaient le sens ont été supprimées au passage.

- au niveau 6 entre 30-36 et 37-38. Le segment 37-38 est relié à l'expression de la fonction des fermions par une jonction soulignée par « on va voir maintenant » qui marque la rupture au lieu de la conséquence qui existe entre les segments équivalents, III3 et III4, dans TS. D'ailleurs, ceci porte atteinte, au niveau précédent, à la relation d'opposition entre les deux fonctions des deux types de particules. Cette opposition repose en partie sur le parallélisme entre les deux constructions et sur le fait de montrer pour chacune des fonctions une conséquence différente concernant un même phénomène. En effet, le segment relatif au principe de Pauli, 37-38, répond au constat du segment 29 tout en marquant l'opposition entre les deux fonctions.
- au niveau 8 entre 43 et 44. Nous émettons quelques réserves quant à cette jonction. En effet, elle met sur le même niveau et présente comme assurant le même rapport au noyau 42, et le principe de Pauli et la répulsion quantique. Comme la répulsion quantique, le principe de Pauli est perçu comme une justification de la non-coexistence de deux fermions dans le même état ce qui est valable pour la répulsion et non pour le principe : le fait que les fermions ne peuvent pas occuper le même état EST le principe de Pauli auquel ils obéissent.

· La conséquence :

- au niveau 5 entre 5-6 et 7. Elle présente la notion de paquet d'onde comme une conséquence du principe d'indiscernabilité. Or, nous avons vu dans TS que l'introduction de cette notion va de pair avec l'absence de la notion de trajectoire en mécanique quantique, les deux segments correspondants 9 et 10 sont d'ailleurs liés par une jonction. Le tout justifie l'indiscernabilité. Au même niveau, la conséquence suivante qui traduit le rapport entre les segments 9-10 et 11-14 par « alors », prend la place de ce qui dans le texte de départ était une relation d'hypothèse. En effet, l'annonce de l'invariabilité de module de  $\psi$  au carré est une hypothèse qui permet de construire la suite du raisonnement et de faire la démonstration. Il est vrai que puisqu'elle permet d'écrire l'équation d'égalité, c'est-à-dire inversement, nous pouvons lire que cette équation est la conséquence de l'hypothèse, mais les étudiants occultent ce rapport d'hypothèse qui exprime la validité de ce qui est avancé dans le segment 10 et ce en faveur de la conséquence.
- niveau 6 entre 11-12 et 13-14. La conséquence introduite par « donc » remplace le rapport de donnée qui reliait l'introduction de l'opérateur d'échange à la démonstration.
- au niveau 9 entre 35 et 36. La conséquence n'existait pas dans le texte source à

ce niveau et entre les segments équivalents à ceux-là. Elle est l'altération de la relation de conséquence qui, au début du segment III3 du cours, reliait le recours au déterminant de Slater (noyau) à l'obligation de satisfaire l'antisymétrie de la fonction pour les fermions (satellite). Ainsi, le segment satellite de la relation de conséquence du texte de départ se transforme dans le texte cible et devient le noyau d'une autre relation de conséquence. Ce qui laisse un vide logique au début du segment 31-36, un vide relatif à la validité de ce déterminant de Slater qui paraît venir de nulle part.

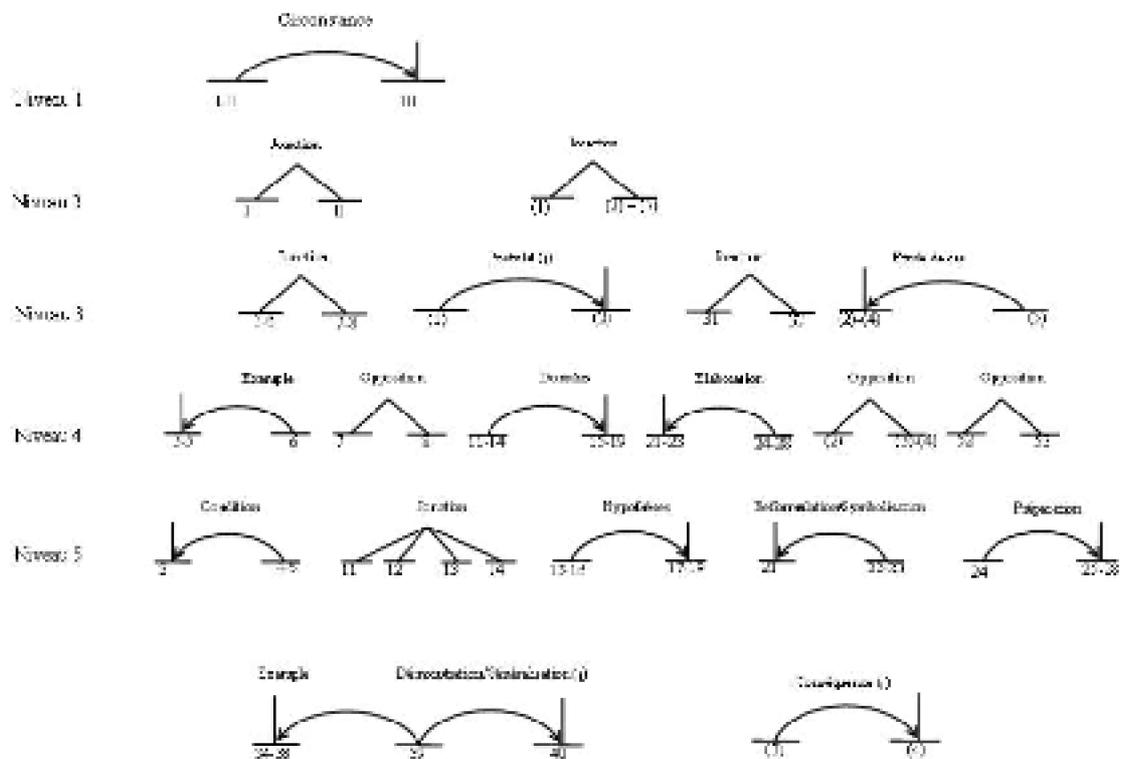
· *Le constat* au niveau 7 entre 25-28 et 29 : ce rapport lie directement les deux segments en question, alors que dans le texte de départ, ce qui correspond au premier segment donne lieu à une application qui permet la généralisation à partir de l'exemple. La conclusion encadrée est faite à partir de l'étude d'un exemple et non directement de l'énoncé de l'équation.

Ainsi, certaines relations comme l'opposition, la préparation, la justification semblent ne pas causer de soucis significatifs aux étudiants, au contraire, leur transfert dans le schéma de RST du texte source se fait de manière plutôt positive. D'autres relations comme la conséquence, la jonction sont souvent mal introduites ou altérées ce qui provoque des problèmes au niveau de la matière scientifique. Comme nous l'avons déjà souligné, une étude des différentes opérations que subit le texte dans son passage du texte source au texte cible ainsi que l'étude des transcriptions orales nous permettront de mieux cerner les raisons de ces altérations et les difficultés que les étudiants rencontrent, qu'elles soient d'ordre scientifique ou linguistique.

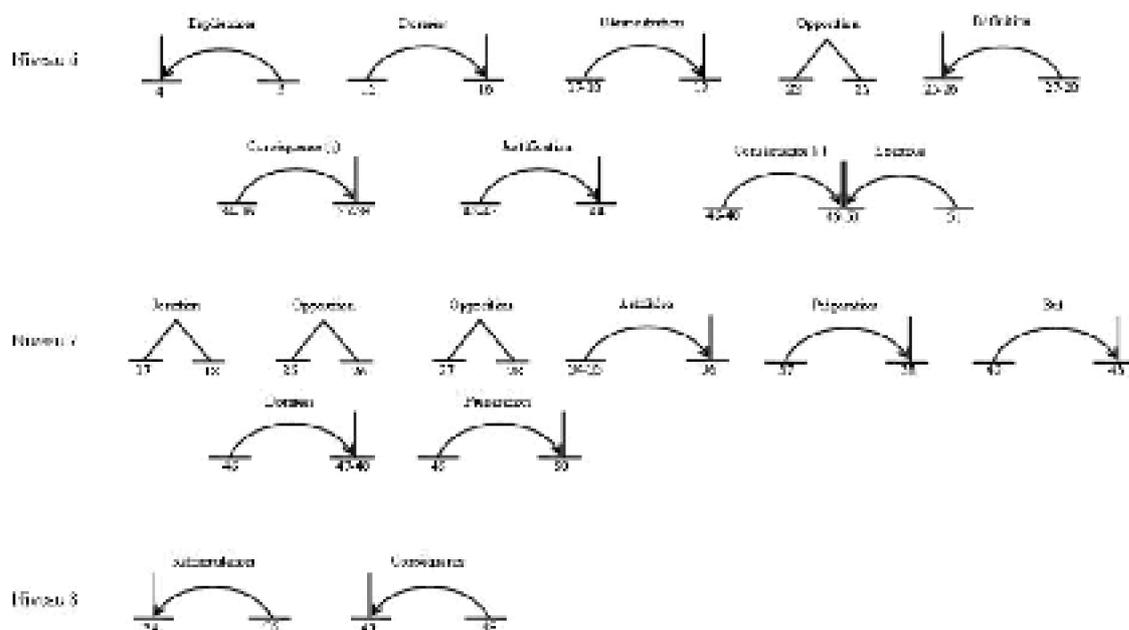
### **3-2-2- L'analyse RST G1**

#### **3-2-2-1- LA STRUCTURE RHÉTORIQUE DU TC**

(cf. Annexe G1, p.462)



RST de G1



Le schéma RST du texte relie entre elles les trois parties explicitement marquées par I, II et III. La numérotation et les sous-titres sont d'ailleurs les indices qui marquent les premiers segments du schéma.

Le schéma est constitué de 8 niveaux qui voient des relations variables en relier les différents segments. Cette variété de relations n'est pas liée nécessairement à des occurrences élevées de chaque relation. En effet, sauf pour les jonctions et les oppositions (6 occurrences), les conséquences (4 occurrences), les préparations et les données (3 occurrences), les autres relations, à savoir 13 sur 19 relations, ne se présentent qu'une seule fois dans le schéma.

La structure rhétorique du texte est essentiellement portée par la jonction et l'opposition qui déterminent à elles seules la moitié des relations du schéma. D'ailleurs, les limites entre ces deux relations sont parfois floues en raison de l'absence de connecteurs traduisant une opposition explicite entre les segments. En effet, l'opposition est portée dans les six cas par un contenu sémantique et un lexique portant les germes

de l'opposition.

La jonction non plus n'est pas marquée, elle s'appuie sur la juxtaposition d'informations. Elle n'est pas une fin en soi, elle est plutôt un moyen de rapprocher des données qui ont en commun d'entretenir un même type de rapport avec un autre bloc de données.

La conséquence tient la deuxième place sur le podium des relations les plus importantes par son nombre et aussi par son rôle. Elle apparaît relativement tard dans le schéma (au niveau 5) et définit le rapport entre des segments d'importances et de tailles différentes. Deux fois sur quatre, elle est marquée en surface une fois par « alors » et une fois par « d'où ». Dans les quatre cas, elle est à lire du noyau vers le satellite.

La préparation est une des relations les plus importantes du schéma malgré un rôle limité à l'introduction d'informations. Les données présentées sont certes importantes, mais il n'apparaît pas d'intérêt particulier à travers leur présentation et non celles des autres. Ce travail ne semble pas porter de sens particulier sur le plan rhétorique.

Toutes ces données ne laissent pas transparaître une orientation bien précise du texte.

Ceci en ce qui concerne le bilan rapide des relations du schéma RST du texte produit par le groupe 1. Nous reprenons certaines de ces relations plus en détail dans l'étude du passage de TS vers TC et des conséquences sur le schéma du texte de départ.

### **3-2-2-2- LA STRUCTURE ENTRE LE TEXTE SOURCE ET LE TEXTE CIBLE DE G1**

Comme nous l'avons déjà souligné, il n'est pas question ici de comparer le nombre de relations dans le texte de départ et celui dans le texte d'arrivée le schéma du TS n'étant pas complet et l'inventaire des relations non plus, mais de voir si elles n'existaient pas dans le texte de départ et si elles n'ont pas subi de transformations ou mutations. Nous reprenons donc les différentes catégories identifiées dans l'analyse du passage pour le groupe 2. Nous allons voir les différentes relations reprises, l'explicitation de certaines d'entre elles, et l'altération d'autres. Comme pour le groupe 2, dans l'absence de trace de non-compréhension nous optons pour l'hypothèse d'une compréhension des données et des propositions relationnelles qui sous tendent les rapports entre ces données.

#### ***a. Les reprises***

- *L'étude de cas* au niveau 3 : le lien du satellite au noyau auquel il est articulé est traduit *dans* le sous-titre qui sert à présenter le contenu du segment satellite. Ce moyen est repris dans le texte des étudiants comme il s'est présenté dans le texte du cours.
- *L'exemple* :
  - au niveau 5 entre 34-38 et 39 : il s'agit d'une série de calculs, une étude de trois cas qui sert de démonstration pour une conclusion introduite dans le segment suivant, le segment 40.

- au niveau 6 entre 49-50 et 51 : il s'agit d'une application.

Il s'agit là de deux types d'exemples introduits par l'abréviation « expl » qui ne sont pas du même niveau même s'ils sont introduits de la même manière.

- *Les données* : 1 au niveau 4, 1 au niveau 6, 1 au niveau 7. Comme dans le texte de départ, elles sont introduites par des verbes à l'impératif « soit », « désignons », « considérons ».
- *La condition* au niveau 5 entre 3 et 4-5. Elle est déjà marquée dans l'introduction du texte source par « si ».
- *La démonstration/généralisation* au niveau 5. Cette relation tant attendue dans un texte scientifique, paraît faible dans celui-ci. Elle oscille entre la démonstration et la généralisation : le segment 39 contient la démonstration qui permet la généralisation dans le segment 40 introduite par « donc ». La relation qui nous semble prioritaire est celle de généralisation pour le rôle qu'elle joue dans l'économie du texte. En effet, elle traduit plus explicitement le phénomène qui a permis de passer de la démonstration vers l'énoncé du principe exprimé dans le segment 40.
- *La conséquence* au niveau 6 entre 34-36 et 37-38. La relation entre la condition de symétrie et le recours à la combinaison linéaire est bien marquée par « alors » déjà dans TS. La combinaison, en plus, avec le verbe « considérer » à l'impératif a pour effet de souligner le rapport de cause à effet et de présenter le deuxième segment comme l'effet ou la conséquence du premier.
- *L'explication* au niveau 6. Elle est explicitée par « càd » qui permet d'introduire l'explication de la notion de « propriétés intrinsèques sont les mêmes », condition exprimée dans le segment 4.

### **b. Les reprises non marquées**

- *La circonstance* au niveau 1 : les parties I et II constituent les éléments du segment satellite relié au *noyau*, constitué par III, par la proposition relationnelle de circonstance. Cette relation n'a pas de trace explicite, les deux sous-parties désignées par les chiffres romains I et II se présentant comme une suite d'informations sur la base desquelles vont être introduites les informations de la sous-partie III. La relation reste donc à deviner à travers l'assemblage d'indices globaux de sens.
- *La jonction* : 2 au niveau 2, 2 au niveau 3, 1 au niveau 5, et 1 au niveau 7. Les six relations sont transposées du texte de départ telles qu'elles. 4 de ces relations sont à des niveaux premiers du schéma, elles relient de grands segments ou des segments moins volumineux. Elles traduisent une juxtaposition entre des informations dont la lecture ou le traitement tire son sens de la combinaison avec d'autres données. Elles se traduisent sur le plan linguistique par une juxtaposition des informations dont la combinaison par association de données crée le sens.

- *Le postulat* au niveau 3. La relation est indiquée par le sous-titre « énoncé de postulat » mais le lien entre la théorie et ce qui a permis d'avancer la théorie n'est pas explicité.
- L'opposition :
  - au niveau 4 entre 7 et 8, entre (2) et (3)-(4), et entre 52 et 53 : ces trois oppositions relient des segments clés qui portent l'essence du cours. La première détermine la différence première entre les deux mécaniques à travers le principe d'indiscernabilité (dans la mécanique classique et dans la mécanique quantique). La deuxième oppose les caractéristiques de systèmes de particules différentes : système de bosons et système de fermions par rapport à l'occupation d'un état quantique. La troisième oppose les deux états, de fermions et de bosons à l'état fondamental.

Entre la première opposition et la deuxième, apparaissent à des niveaux inférieurs dans le schéma, trois autres oppositions, mais elles rentrent dans la logique dualiste de la structure du texte.

- au niveau 6 entre 22 et 23 : les segments sont créés, certes, mais ils reformulent, en symboles et en équations les états exprimés dans 21 par « + » ou « - » qui désignent le signe de chacun des états. L'opposition est donc reprise.
- au niveau 7 entre 25 et 26, et entre 27 et 28 : sont introduits les deux types de systèmes et les deux types de particules qui correspondent chacune à un système.

Aucune de ces six oppositions n'est introduite par une marque spécifique qui souligne les rapports d'opposition entre les différents segments. Elles ne sont pas explicitées mais elles sont sous-entendues par le recours à des constructions en parallèle qui se basent sur des termes opposés : discernable/ indiscernable, symétrique/ antisymétrique, attraction/ répulsion.

- L'élaboration au niveau 4 entre 21-23 et 24-28.
- L'hypothèse au niveau 5 entre 15-16 et 17-19.
- *La préparation* au niveau 5 entre 24 et 25-28. Les informations présentées sont les deux types de particules et les systèmes auxquels elles appartiennent.
- *La démonstration* au niveau 6 entre 17-18 et 19. Elle présente de faibles éléments démonstratifs : un élément donnée et une équation finale reliés comme nous l'avons vu par une jonction.
- *La conséquence* :
  - au niveau 5 entre les segments (3) et (4). Le passage de la détermination de la fonction d'onde des N fermions au principe de Pauli est signalé par le sous titre qui n'explicité pas le rapport de conséquence. Ce rapport est pris en charge à l'intérieur du segment (4).
  - au niveau 8 entre 47 et 48. Le rapport entre la fonction d'onde égale 0 et le

déterminant de Slater nul reste soutenu par une logique mathématique qui n'est pas exprimée.

- *La définition* au niveau 6 entre 25-26 et 27-28. Elle définit quelques propriétés et quelques exemples de particules bosons et de particules fermions.
- *La justification* au niveau 6. Elle relie le segment 42-43, qui exprime les raisons du recours au déterminant de Slater et justifie l'expression de  $\psi$  telle qu'elle se présente, au segment noyau 44, qui est l'équation de fonction d'onde exprimée grâce au déterminant.
- *L'antithèse* au niveau 7 entre 34-35 et 36. Du texte source au texte cible, elle se lit à travers *l'insistance* sur une condition importante soulignée par l'utilisation des périphrases exprimant l'obligation « doit satisfaire », « doit être » d'un côté et le manquement à cette obligation par la forme négative « ne vérifie pas » de l'autre.
- *La reformulation* au niveau 8 entre 34 et 35.

### **c. Les explicitations**

- *L'exemple* du niveau 4. Dans le texte de départ, l'énumération était introduite directement. Dans ce texte cible, l'abréviation « exple » l'introduit et la désigne comme exemple, le premier d'une série de trois.
- *La conséquence* du niveau 6 entre les segments 46-48 et 49-50 : « d'où » introduit la relation de conséquence qui relie les segments et souligne que la validité du principe d'exclusion de Pauli tient dans les informations présentes dans le segment satellite. Mais là encore, les différents sous-entendus logiques sont occultés. Seule la conséquence finale est retenue. Dans TS, cette relation était traduite par une double flèche qui introduit le principe encadré.

### **d. Les créations**

- *La relation reformulation/ symbolisation* du niveau 5 reliant les segments 21 et 22-23 ne faisait pas partie du schéma de départ. Elle est la traduction en symbole de l'information du segment 21. Toutefois, l'indice de surface « exemple » introduit le segment 22 et oriente la lecture du rapport entre les segments cités vers l'identification d'un rapport d'exemplification. Il s'agit là d'une erreur d'identification ou de désignation de la relation.

### **e. Les altérations**

Nous en avons identifié les cas suivants :

- La préparation

- au niveau 7 reliant le segment 37 et le segment 38. Le segment de préparation est fidèlement recopié du texte source et, comme son contenu l'indique, il introduit la combinaison linéaire qui servira à construire l'expression de la fonction d'onde. Or, dans TC, il est directement lié à l'expression de la fonction d'onde. Le segment satellite ne présente pas le bon noyau. Au même niveau, reliant le segment 49 au segment 50, cette relation n'existait pas en tant que telle dans le texte de départ et pour cause ; l'énoncé du principe d'exclusion de Pauli précédait sa désignation comme tel. L'ordre inversé des segments équivalents dans le TS a changé la nature de la proposition relationnelle dans le TC.

*Le but* au niveau 7. La relation est introduite par la conjonction de coordination « pour que » qui relie le satellite exprimant le but (segment 42) au noyau présentant le moyen de le réaliser (segment 43). Or, la relation reliant les segments équivalents dans le texte de départ présente le recours au déterminant comme la conséquence de la condition d'antisymétrie qu'il faut satisfaire. L'altération n'est toutefois pas négative puisqu'elle ne touche pas la validité de l'information scientifique mais seulement le moyen linguistique de sa transmission.

Le passage de TS vers TC a conservé les trois grandes parties et leurs grandes liaisons à savoir la circonstance, la jonction. A l'intérieur de ces grandes lignes, nous constatons la suppression de certaines relations dues à la suppression de nombre d'informations et donc de segments. Toutefois, le TC reprend le même schéma que celui du TS ; les mêmes relations relient les mêmes segments à quelques exceptions près.

De manière générale, le passage du texte source vers le texte s'est fait sans trop de travail de personnalisation de la structure rhétorique. Elle est quasiment reprise. Elle subit des suppressions mais garde la direction générale qu'elle a dans TS.

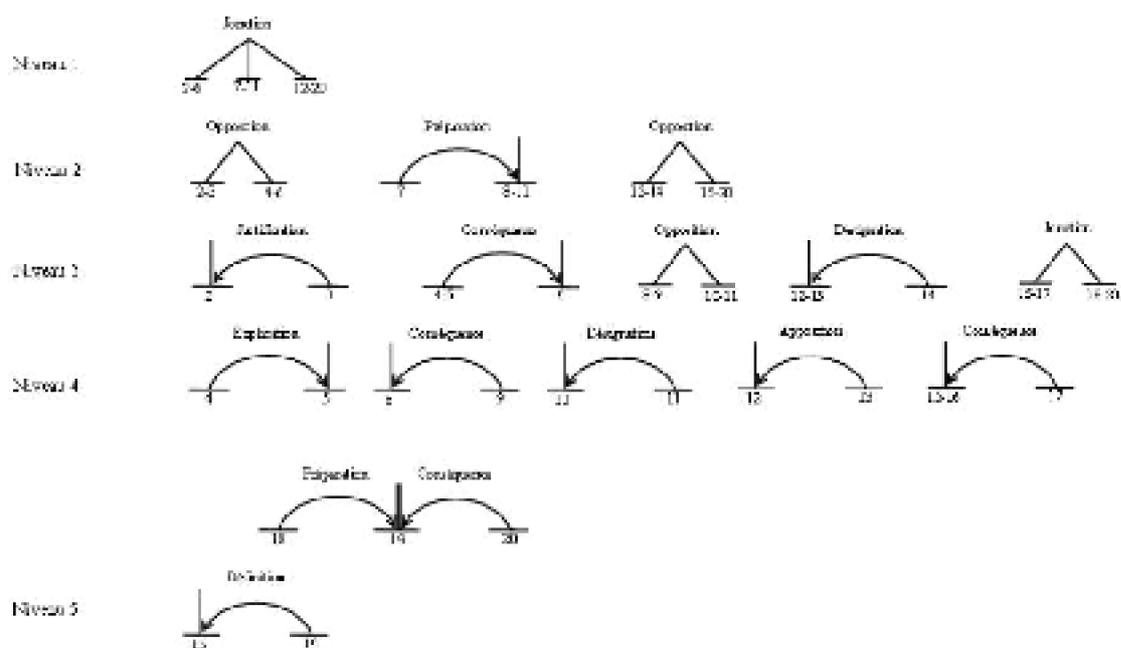
### **3-2-3- L'analyse RST G3, G4, G7**

Les textes comptent des nombres de segments variables : 28 pour G3, 20 pour G4 et 31 pour G7, et des schémas tout aussi différents. Nous allons les reprendre un à un, dans l'ordre croissant du nombre de segments faute de pouvoir les classer pour l'instant.

#### **3-2-3-1- RST G4**

##### **3-2-3-1-1- La structure rhétorique de TC**

(cf. Annexe G4, p.525)



#### RST de G.4

Les segments du texte cible se divisent en trois grands segments liés au premier niveau par une proposition de jonction. Le premier segment, 2-6, correspond à une comparaison entre la mécanique classique et la mécanique quantique. Le deuxième, 7-11, correspond à l'introduction des définitions de deux types de particules. Le troisième segment, 12-20, correspond à la construction du système relatif à chacune de ces deux particules.

Le nombre de propositions et les types de propositions sont peu variés dans ce texte. Nous avons des conséquences (4 occurrences), des oppositions (3 occurrences), des désignations, des préparations, des jonctions (2), et une explication, une définition, une justification et une apposition.

Le texte est construit sur la relation de jonction qui lie ces trois grandes parties. Dans la première et la deuxième, l'opposition est l'axe principal sur lequel sont construites les différentes données. Elle détermine les grandes lignes du texte et la manière de le lire. La

dualité est au cœur de cette lecture, dualité mécanique classique/mécanique quantique et dualité fonction d'onde des bosons/ fonction d'onde des fermions.

Dans ce schéma, les relations de justification et de conséquence prennent une part importante, relativement bien sûr au nombre de propositions que compte le texte. Elles sont aussi souvent introduites par des connecteurs ou d'autres traces linguistiques.

Cette structure reflète un souci d'exhaustivité et une volonté d'aller vers les informations essentielles. Très vite, l'opposition définit la direction globale du texte, suivie des justifications et des rapports de conséquence. Le schéma accorde très peu de places à des relations telles que la préparation et la définition.

La question qui se pose maintenant est donc : Où se situe ce schéma par rapport à celui du départ ? D'où viennent ces connecteurs ?

### **3-2-3-1-2- La structure entre le texte source et le texte cible de G4**

A première vue, la première remarque qui nous vient à l'esprit est relative à la simplicité du schéma de la RST du texte du groupe 4 par rapport à celui du texte du cours. En effet, il se subdivise en 5 niveaux seulement et n'utilise que 6 types de relations.

La deuxième remarque concerne les différents écarts effectués par rapport au TS, et ce, que ce soit au niveau de la nature des relations déterminant les rapports entre certains segments ou aussi la manière de les traduire.

#### **a. Les reprises**

- *La définition* au niveau 5 entre 15 et 16. Elle introduit les définitions des composantes du déterminant de Slater. Elle est signalée par deux points qui remplacent le terme « convention » utilisé dans TS.

#### **b. Les reprises non marquées**

- *L'opposition* au niveau 3 entre les segments 8-9 et 10-11. L'opposition, qui était soutenue dans le texte source par une définition préalable des deux états de système, est ici affaiblie par la présentation directe des deux types de particule même si les sèmes de l'opposition sont contenus dans les segments.
- *La préparation* au niveau 2 entre 7 et 8-11. Elle sert à introduire les définitions des deux particules, les bosons et les fermions. Le segment 7 subit quelques modifications mais garde son sens et joue le même rôle que dans TS auprès du même segment.

#### **c. Les explicitations**

- L'opposition :
  - au niveau 2 entre 2-3 et 4-6. Sur elle repose la construction de l'introduction. Elle

- oppose l'état des particules en mécanique classique à leur état en mécanique quantique. Elle est marquée par la conjonction « tandis que ».
- au même niveau, entre 12-14 et 15-20, la fonction des bosons s'oppose à celle des fermions. Là encore, une conjonction, « alors que », est utilisée pour exprimer la relation déjà identifiée dans TS.
  - *La justification* au niveau 3 entre 2 et 3. Elle justifie qu'en mécanique classique, on puisse *discerner* entre les particules par la notion de trajectoire. Elle est traduite par l'expression « et c'est à cause de ». Le recours à cette expression au début du segment 3 est négociable: le rôle que joue la notion de trajectoire dans la possibilité de discerner entre deux particules identiques en mécanique classique est traduit par un rapport de causalité qui le justifie. Nous aurions pu en nous basant sur ces termes, définir la relation comme une cause mais nous préférons la justification pour son caractère plus général, la causalité traduisant un schéma de cause à effet précis dans lequel ne rentre pas le rapport entre ces deux notions qui certes contient les germes de causalité mais les dépassent. C'est d'ailleurs pour cela que nous ne pouvons pas dire que l'utilisation de ce moyen est erronée.
  - *La conséquence* au niveau 4 entre 15-16 et 17. Elle exprime la conséquence de la nature des composantes du déterminant sur l'échange des états de deux fermions. Elle est introduite par la proposition « on conclut ».

#### **d. Les altérations**

- La jonction :
  - au niveau 1, la jonction détermine les rapports entre les trois grandes parties du cours à savoir, l'introduction, le postulat de symétrie et les constructions des états physiques. Au passage du TS à TC, la jonction prend la place de la relation de circonstance, qui déterminait la première et la deuxième partie du cours comme segment définissant le cadre général de validité de la troisième partie. La jonction met ainsi les trois parties au même niveau et laisse entendre un faux rapport de succession et de continuité linéaire. Cet effet d'ajout informationnel est accentué dans les passages d'une partie à l'autre par l'absence de charnière favorisant la transition. Lors du passage de l'introduction au deuxième point, c'est-à-dire du segment 2-6 au segment 7-11, nous sommes directement face à la distinction des deux particules bosons et fermions. Dans TS, Ce segment était lié par une relation de définition au segment qui le précédait, et il était justifié par une suite de relations qui préparaient son introduction. Nous reprendrons ce point dans l'étude des différents outils qui permettent le passage d'un texte à l'autre et nous en étudierons les conséquences sur la matière scientifique. Sur un plan rhétorique, et en ce qui concerne la structure du texte, nous constatons à ce niveau un vide qui a des conséquences assez importantes sur la cohésion du texte.
  - au niveau 3 reliant les segments 15-17 et 18-20. La jonction détermine le rapport

---

entre l'utilisation du déterminant de Slater et le principe de Pauli. Cette jonction prend la place de la conséquence qui définissait le lien entre les segments sources que reprennent les segments 15-17 et 18-20. L'effet de juxtaposition est souligné par le recours à la même proposition « pour les fermions on utilise » au début des deux segments.

- *La préparation* au niveau 4 entre 18 et 19. Elle sert à introduire l'énoncé du principe de Pauli. Mais comme nous l'avons indiqué, avant, la désignation ou la définition du principe comme tel arrive dans le texte source après l'annonce de l'impossibilité pour deux fermions d'occuper le même état. L'inversion de l'ordre des segments altère la relation mais ne touche pas la scientificité de leur contenu.
- *La désignation*
  - au niveau 3 entre 12-13 et 14. Dans le texte de départ, la notion d'attraction quantique n'a été mentionnée que dans le schéma des énergies des bosons, et ce, à un moment donné et dans des conditions précises, à savoir  $T = 0K$  et pour désigner le phénomène schématisé. Sa mise en avant et le recours à « c'est » pour introduire le segment 14, la met en amont de la fonction d'onde des bosons et de la possibilité de permutation des états dont elle devient la désignation, ce qui est faux.
  - au niveau 4 entre 10 et 11. Elle détermine le type de statistique qui régit les fermions. Le segment 11 apparaît comme la désignation du segment 10, remplaçant ainsi l'explication qui définissait le rapport entre les fermions et la statistique de Fermi-Dirac dans TS. Cette mutation de la relation est soulignée par le présentatif « et c'est ».
- *L'explication* au niveau 4 entre 4 et 5. Elle exprime une reformulation explicative qui, par le biais de « c'est-à-dire », présente l'information « les particules sont indiscernables » comme une explication ou une reformulation explicative du fait que, dans la mécanique quantique, on utilise la notion de fonction d'onde et de probabilité de présence et non celle de la position et de la trajectoire (qu'on ne peut pas déterminer). Ce qui n'était pas le cas dans le texte de départ. Ce dernier présente l'indiscernabilité de deux particules identiques comme une conséquence de l'impossibilité en MQ, de définir une trajectoire et donc de ne pouvoir définir qu'une probabilité de présence, donc qu'un paquet d'ondes.
- *La conséquence*
  - au niveau 3 entre 4-5 et 6. Marquée par « d'où », elle attribue le principe d'indiscernabilité à l'introduction de la notion de fonction d'onde et de particules indiscernables. La conséquence prend la place de ce que nous aurions pu identifier dans TS comme une relation de présentation entre l'unité de hiérarchisation (si nous reprenons les termes de l'analyse hiérarchique) et la notion qu'elle introduit<sup>30</sup>.

- au niveau 4 entre 8 et 9. La relation traduite par « d'où » présente l'utilisation de la statistique de Bose-Einstein comme une conséquence de la définition des bosons et de leurs caractéristiques physiques alors que (a priori) c'est en référence à la statistique, qu'on applique à ces particules, qu'on les appelle Bosons. La proposition relationnelle d'explication qui liait les segments en question dans TS est ici remplacée par une conséquence. Au même niveau, entre 19 et 20, la relation présente le phénomène de répulsion quantique comme la conséquence du principe d'exclusion de Pauli. Elle est doublement soulignée par l'utilisation de « d'où » et de « c'est ». Or, d'après le texte source, le phénomène de répulsion est le phénomène lié au principe de Pauli, il n'en est pas la conséquence, (il en est même la raison, et l'explication). D'ailleurs, nous notons une hésitation dans ce segment à travers le recours à la conjonction « d'où » et l'utilisation de « c'est » qui désigne le segment 20 comme le phénomène lié au principe de Pauli.

Certaines propositions relationnelles restent toutefois problématiques telles que celle au niveau 4 entre 12 et 13. Dans TS, la relation entre les segments équivalents est la conséquence : la nature de la fonction d'onde de bosons permet la possibilité de permutation des états, mais telle qu'elle se présente dans TC, elle est difficile à déterminer. La mise entre parenthèses du segment 13 le présente comme une apposition ou une information non essentielle.

Autre cas problématique, le recours à « c'est » pour introduire le segment 14, qui crée un flou quant à sa détermination comme satellite ou comme noyau.

Comme nous l'avons souligné dans l'étude des différentes propositions relationnelles du texte du cours, ces relations ne sont pas désignées sur le plan linguistique par des marques de surfaces qui permettent leur identification. Les rapports entre les différents segments sont sous-entendus. Le passage de ce texte au texte cible du groupe 4 s'est particulièrement démarqué par la mise en place de moyens linguistiques au profit de la structure rhétorique, à tort ou à raison, c'est ce que nous avons vu, mais le fait est que les participants fournissent à la lecture du texte, les indices de surfaces permettant d'identifier sa structure rhétorique. Ils accordent dans leur production une place importante aux explications et aux justifications que nous trouvons par exemple surtout à des niveaux inférieurs reliant des segments ponctuels et qui sont mises ici en valeur.

L'opposition, qu'elle soit entre les deux types de mécanique ou entre les fonctions des deux types de particules, prend une place d'honneur dans le schéma de la structure du TC alors qu'elle apparaît bien plus tard dans le schéma du texte de départ. La suppression de certaines liaisons sert à mettre en valeur des relations clés au premier plan, des relations qui soutiennent l'essentiel de cette structure.

Le passage s'est aussi démarqué par une réduction importante des segments et des relations. Cette réduction des propositions relationnelles rend l'identification de certaines propositions relationnelles plus difficiles et surtout réduit du même coup la pertinence de

---

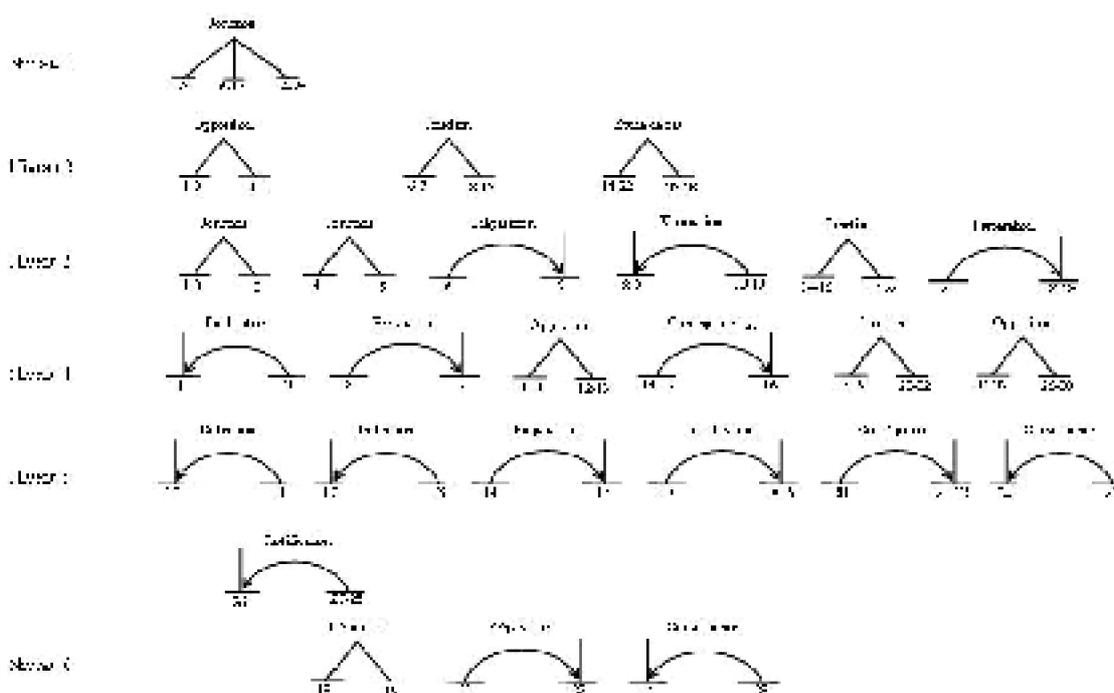
<sup>30</sup> Nous rappelons que nous avons fait le choix de ne pas tenir compte dans le schéma de la RST de toutes les traces de hiérarchisation.

certaines des propositions maintenues. Des liens directs sont créés entre des segments qui n'en ont pas et qui ne peuvent pas en avoir, et même, nous l'avons vu, certaines informations en deviennent alors discutables. Deux voies sont possibles : les données scientifiques sont mal comprises et donc mal traduites, ou, les différentes opérations ou manipulations qu'a subies le texte a influencé sa « scientificité ». L'étude des discussions orales nous permettra de répondre à cette question.

### 3-2-3-2- RST G3

#### 3-2-3-2-1- La structure rhétorique de TC

(cf. Annexe G3, p.505)



#### RST de G.3

Nous comptons pour ce groupe aussi une variété de propositions relationnelles qui se répartissent sur 6 niveaux. La jonction est l'une des deux propositions relationnelles les

plus présentes avec ses 6 occurrences. Elles sont présentes dans les quatre premiers niveaux. Elles correspondent plus à des relations non exprimées qu'à des juxtapositions réfléchies d'informations. Leur fréquence importante souligne un manque de structuration qui produit un effet de plaquage d'informations entre les grandes parties du texte. Les participants semblent y recourir chaque fois qu'ils ne peuvent exprimer les rapports entre les segments ou chaque fois qu'ils ne les identifient pas.

L'effet produit par ces jonctions semble contré par le recours aux préparations qui occupent la deuxième place en nombre d'utilisation (5 occurrences). Par ces relations, les étudiants tentent de créer des transitions entre les parties. En effet, elles sont utilisées à des moments clés du texte : au passage de l'introduction au postulat de symétrisation, ensuite à l'énoncé du postulat, l'équation de la fonction des bosons, etc.

La conséquence vient en troisième position (4 occurrences). Elle est peu marquée et sa pertinence n'est pas très forte. Elle est même utilisée à mauvais escient dans certains cas comme nous allons le voir dans l'étude du passage de TS à TC.

### **3-2-3-2-2- La structure entre le texte source et le texte cible de G3**

Le passage du texte de départ au texte cible s'est accompagné comme le laisse voir la comparaison des deux textes ainsi que de leurs schémas des structures rhétoriques d'un nombre de changements

#### **a. Les reprises non marquées**

- *La jonction* : au niveau 3 entre 4 et 5. Elle juxtapose l'absence de trajectoire en mécanique quantique et le recours à sa place à la notion de fonction d'onde comme c'est le cas dans TS.
- *L'opposition* au niveau 4 entre 10-11 et 12-13. Elle oppose la fonction symétrique et ces particules bosons à la fonction antisymétrique et ces particules fermions. Les traces de la mise en opposition sont portées par la nature des fonctions et le préfixe « anti- ».
- *L'étude de cas* au niveau 2 entre 14-22 et 23-28. Elle porte la comparaison des états des fermions et ceux des bosons à un moment précis qui est T égal 0 K et relie ce cas aux données générales concernant les états des deux particules en question.
- *La préparation* au niveau 3 (segments 23 et 24-28) de la différence entre bosons et fermions est tirée du sous-titre qui les présente dans le texte source. Elle équivaut à la relation entre un paragraphe et le sous-titre qui l'introduit.
- *L'élaboration* au niveau 3 entre 8-9 et 10-13. La seule occurrence de ce type de proposition sert à développer les définitions des deux types de systèmes, symétrique et antisymétrique, que le postulat énonce, et à introduire pour chaque système le type de particules qui y correspond, ses caractéristiques physiques et ses exemples.
- *La définition* : au niveau 5 entre 10 et 11, et entre 12 et 13. Les deux relations servent chacune à donner les caractéristiques d'une particule : la première, celle des bosons, et la deuxième, celle des fermions.

- 
- *La justification* au niveau 5 entre 26 et 27-28. L'occupation d'un état par un seul fermion à  $T=0K$  est renvoyée au principe de Pauli comme dans le schéma et avec ses mêmes termes.

### **b. Les explicitations**

- L'opposition :
  - au niveau 2 entre 1-3 et 4-5. « alors que » sert à marquer la relation entre la mécanique classique et la mécanique quantique à travers un point précis qui est la possibilité de détermination de la trajectoire dans l'une et l'autre mécanique.
  - au niveau 4 entre 24-25 et 26-28. Elle se traduit en surface par « par contre » qui marque l'opposition entre les états de bosons à  $T=0$  et les états des fermions à  $T=0$ .
- *La préparation* au niveau 4 entre 8 et 9. Elle annonce directement l'énoncé du postulat.

### **c. Les créations**

- La préparation :
  - au niveau 3 entre 6 et 7. Elle est créée pour introduire la formule traduisant la conservation de la symétrie de la fonction d'onde lors de l'échange des états de deux particules.
  - au niveau 5 entre 14 et 15. Cette présentation sert à introduire l'expression de la fonction d'onde des  $N$  bosons.
- *La définition* au niveau 6 entre 18 et 19. Le segment 18 n'existait pas dans TS. Par son introduction avant l'équation de la fonction des fermions, les étudiants semblent tenter de définir les termes de cette équation et déterminer le rapport entre «  $\psi$  » et le déterminant de Slater.

### **d. Les altérations**

- *La jonction* :
  - au niveau 1 entre les trois grands segments du texte, c'est-à-dire la comparaison entre la mécanique classique et la mécanique quantique (I), le postulat de symétrisation et les états physiques et leurs particules (II), et les définitions des fonctions pour les des particules (III). Le passage de l'un de ces segments à l'autre se fait sans transition directe. Les limites sont définies à travers les chaînes

thématiques et le changement des hyperthèmes. La relation « jonction » remplace ainsi la relation de circonstance qui définissait dans TS le rapport entre les deux grands segments du texte. Le changement de relation s'est accompagné aussi d'une redistribution des limites des segments : les trois parties du texte source - dont la première et la deuxième constituaient le premier segment et la troisième partie constituait le deuxième segment - sont donc traitées dans TC au premier niveau comme étant chacune un segment. Elles sont juxtaposées sans que soit mis en exergue ce rapport qui définit les deux premières parties comme une mise en place des données et du cadre permettant la construction et la compréhension de la troisième<sup>31</sup>.

- au niveau 2 entre les segments 6-7 et 8-13. « et » relie la formule de la symétrie de la fonction d'onde à l'énoncé de son postulat. Les segments de cette relation correspondent dans TS à deux segments liés par ce que nous avons identifié au niveau 3 du schéma de la RST comme un rapport de postulation. En effet, le premier segment se termine par l'expression mathématique de l'énoncé du postulat qui est formulé en langage naturel au début du deuxième segment. Cette formule constitue le noyau du segment 6-7 dans TC. Toutefois, la transition est marquée par la conjonction de coordination « et » et la phrase annonçant le postulat. L'effet qui en découle à la lecture du texte est celui d'un placage d'informations. Les éléments justifiant le passage d'un point à l'autre sont là mais ils sont mal exploités.
- au niveau 3 reliant 1-2 et 3. La jonction juxtapose la notion de particules identiques discernables en mécanique classique à la notion de trajectoire pour ces particules alors que dans TS, le segment équivalent à 3 contenait la justification du segment équivalent à 1-2. La suppression d'information crée un vide sémantique et logique. Ce phénomène sera repris dans l'étude des opérations de passage et de leur influence sur la production. Entre 14-16 et 17-22, en reliant par simple juxtaposition les deux segments, la relation entre l'expression de la fonction d'onde des bosons ainsi que ses implications et l'expression des fermions et ses implications reste implicite après le passage au TC. Là encore, nous notons que les éléments qui portent les termes de l'opposition entre les segments sont identifiés. Toutefois, ils ne sont pas exploités de manière à les mettre en valeur et ainsi que leur portée scientifique. La jonction qui relie les deux segments atténue l'impacte de la construction rhétorique sur le lecteur.
- au niveau 4 entre 17-19 et 20-22. Elle juxtapose l'expression de l'équation de la fonction d'onde des fermions grâce au déterminant de Slater, à l'expression du principe d'exclusion de Pauli sans tenir compte du rapport de conséquence qui liait le deuxième au premier segment.

- La préparation au niveau 6 entre 21 et 22. Elle introduit le principe de Pauli alors, que dans TS, le segment équivalent au segment de préparation (21) désignait le principe d'exclusion de Pauli (après sa définition). Cette altération est donc due à l'inversion des segments et non à une modification de fond.

<sup>31</sup> Comme nous l'avons vu, dans TS, c'est pas le cas de ce groupe seulement. Par ailleurs, dans d'autres comme G, nous avons constaté que les recours à des marques de liaison sont par d'une volonté ou d'une intention

- 
- L'explication au niveau 4 entre 1 et 2. Cette proposition relationnelle est marquée par la conjonction « c'est-à-dire » qui présente le fait d'avoir les mêmes propriétés intrinsèques comme une explication du fait que deux particules identiques sont discernables en mécanique classique. Nous ne pouvons que souligner la déformation que subie le rapport du segment 1 au segment 2. Les segments de départ, c'est-à-dire respectivement dans la RST de l'introduction de TS, les segment 8 et segment 3, n'entretiennent pas de liaison directe dans le schéma de la structure rhétorique. Le segment 3 (de TS) n'explique en aucun cas les données du segment 8 (deTS). En fait, il sert à définir ce qui a été introduit dans le segment 2 (toujours de l'introduction de TS) sous l'appellation « propriétés intrinsèques » et n'est pas l'explication du fait qu'en mécanique classique deux particules sont discernables. Encore une fois, l'étude des différentes opérations qu'a subies le texte de départ ainsi que les discussions orales nous permettront de retracer les raisons d'une telle déformation et en expliquer la progression.
  - La conséquence
    - au niveau 4, elle relie le segment satellite 14-15, c'est-à-dire la fonction d'onde de N bosons, au noyau 16 c'est-à-dire au principe qui en découle quant à la possibilité qu'un état puisse être occupé par deux bosons identiques ou plus. La conjonction qui assurait la coordination dans TS, à savoir « donc », est remplacée dans TC par « on peut conclure que ». Cette proposition relationnelle, en reliant le segment 14-15 au segment 16, présente ce dernier comme une conséquence directe du premier. Les liens entre les segments équivalents dans le texte source ne laissent pas apparaître un tel rapport. En effet, la présence d'un segment intermédiaire assurait la transition de la formulation de l'équation des bosons à la généralisation sur la possibilité d'occupation d'un état par un nombre quelconque de bosons identiques. Avec la suppression de ce segment, la relation de conséquence qui n'est toutefois pas incorrecte, s'en trouve néanmoins affaiblie dans sa légitimité.
    - au niveau 5 entre 20 et 21-22. Elle traduit le passage de  $\psi$  égal 0 à l'énoncé du principe d'exclusion de Pauli. La relation qui exprime le rapport entre les segments prête à quelques confusions et nous met face à une relation qui, au passage de TS à TC, a été altérée. En effet, que  $\psi$  soit égal à 0 n'a pas pour conséquence le principe de Pauli, mais c'est parce que  $\psi$  ne peut pas être nulle que le principe est énoncé. Les deux informations sont mises en rapport direct qui fausse la compréhension de la logique dans laquelle elles s'inscrivent :  $\psi$  ne peut pas être égale à 0 sinon elle ne serait pas antisymétrique, et elle n'est nulle que si le déterminant est nul, c'est-à-dire si deux fermions occupent le même état. Donc deux fermions ne peuvent occuper le même état. (à vérifier) Entre 24 et 25, la relation est introduite par « donc » qui traduit l'existence de l'attraction quantique comme conséquence de l'occupation d'un même état par plusieurs bosons.
    - au niveau 6 entre 27 et 28. Elle est introduite aussi par « donc » et exprime le rapport de la répulsion quantique à l'occupation d'un état quantique par un seul fermion.

· *La justification* au niveau 5 entre 17 et 18-19, où « pour » introduit la justification de l'écriture de la fonction psi sous la forme présentée dans le segment 18-19. Nous assistons à un glissement. En effet, dans TS, le recours à la solution de Slater et son déterminant est justifié par la nécessité d'avoir une combinaison qui vérifie l'antisymétrie de la fonction. Dans le texte de G3, le fait de calculer la fonction en utilisant le déterminant sert à justifier la forme de l'équation et sa configuration. De plus, les marques linguistiques servant à expliciter la relation entre les deux segments nous mettent sur des pistes différentes. Le segment satellite est introduit par « pour » qui aurait pu nous mettre sur la piste d'une proposition relationnelle de but. Toutefois, l'information véhiculée par le noyau, quant à elle, est introduite par « donc », ce qui laisse entendre plutôt une relation de conséquence. La combinaison des deux pose un véritable problème de définition, seul le sens global nous permet de déterminer à ce stade la relation comme une justification dans l'attente d'une confirmation ultérieure par le texte oral. La profusion des moyens linguistiques ne travaille pas en faveur de la bonne expression des relations vue que ces moyens linguistiques ne sont pas utilisés correctement.

L'étude de la RST du texte cible du G3 nous met face à un produit qui a quelques difficultés à se démarquer du texte de départ. Les relations définissant les grandes lignes du texte source sont très peu soulignées. Les informations centrales telles que l'équation exprimant le postulat de symétrie de la fonction d'onde, l'énoncé de ce postulat, la possibilité pour N bosons d'occuper un même état quantique, sont plaquées sans que leur introduction soit justifiée ou expliquée. D'autres relations, si elles sont identifiées, sont mal explicitées telles que le rapport du principe d'exclusion de Pauli au déterminant de Slater. Ou encore l'opposition entre les fermions et les bosons qui, à différents niveaux, a été identifiée, et on en trouve les termes dans le texte, sans être toutefois, appuyée par les moyens linguistiques adéquats. La volonté et les tentatives d'appropriation à travers une expression linguistique propre restent chez ce groupe assez limitées sinon obstruées par leur compétence linguistique. Certaines relations sont ainsi reprises sans implications de la part des producteurs. En effet, le passage d'un point à l'autre n'est pas explicité même s'il semble identifié. Dans tous les cas, il n'est pas possible, en l'absence de preuve au niveau du texte écrit, d'avancer le contraire. Encore un point que l'étude de la négociation orale clarifiera.

Le passage du texte source au texte cible s'est aussi accompagné de l'explicitation de relation. Nous en avons vu dans les altérations quelques cas, mais toutes ces tentatives ne sont pas sans succès. Nous en notons certes seulement deux exemples positifs notables et qui sont les deux premiers cas d'opposition.

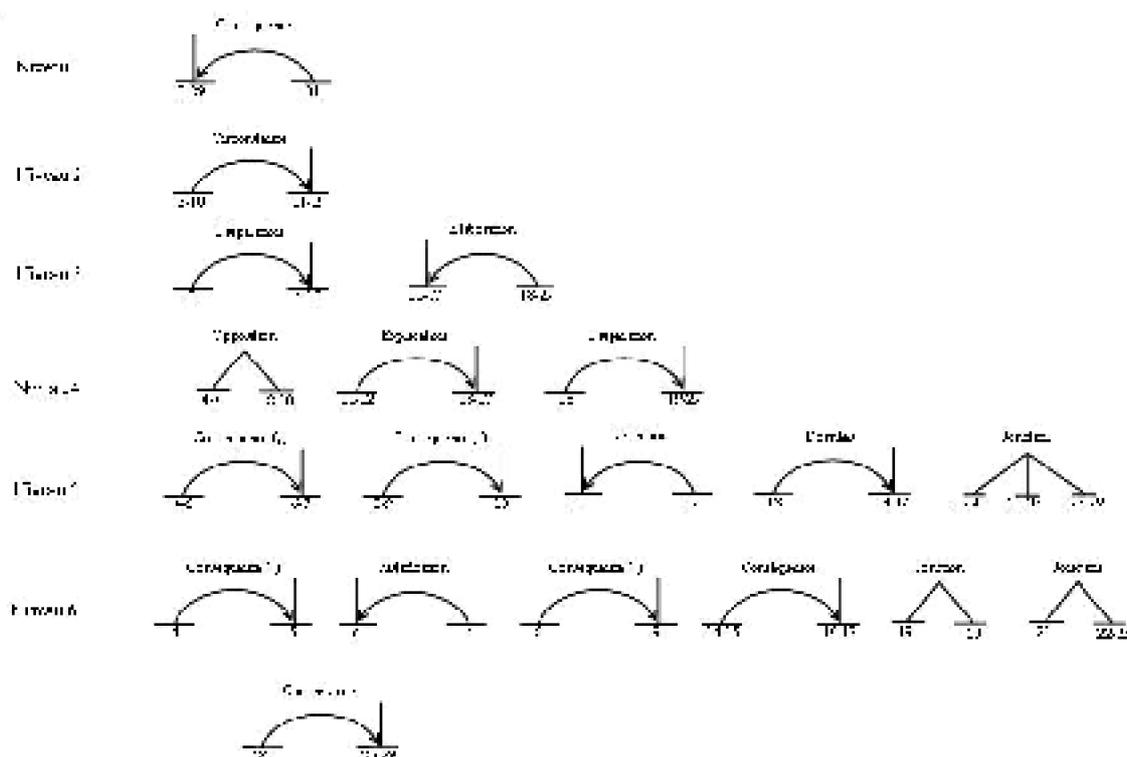
La création reste une tentative « peu créative » en fin de compte. En effet, si nous prenons l'exemple de la préparation, les trois identifiées plus haut sont marquées graphiquement par deux points et un retour à la ligne qui annonce le segment qu'elles introduisent. Elles rappellent dans ce cas les marques qui caractérisent les éléments de hiérarchisations sauf qu'elles ne présentent pas de chiffres ou de lettres les classant, ou encore une forme nominale (elles sont des propositions).

Globalement, nous pouvons avancer l'hypothèse suivante : La majorité des relations a été identifiée et comprise par les deux participants. Ils ont su retenir les informations qui renferment l'essentiel, le cœur, la clé du passage d'un point à l'autre, mais ils ont mal assuré au niveau de l'expression, de la traduction en langage naturel de certains passages comme entre l'expression de la fonction de symétrie (segment 6-7) et l'énoncé du postulat (segment 8-13). L'étude du corpus oral et des différentes explications et négociations tant sur le plan de la matière scientifique que sur celui de la matière linguistique, nous permettra d'infirmer ou de confirmer cette hypothèse.

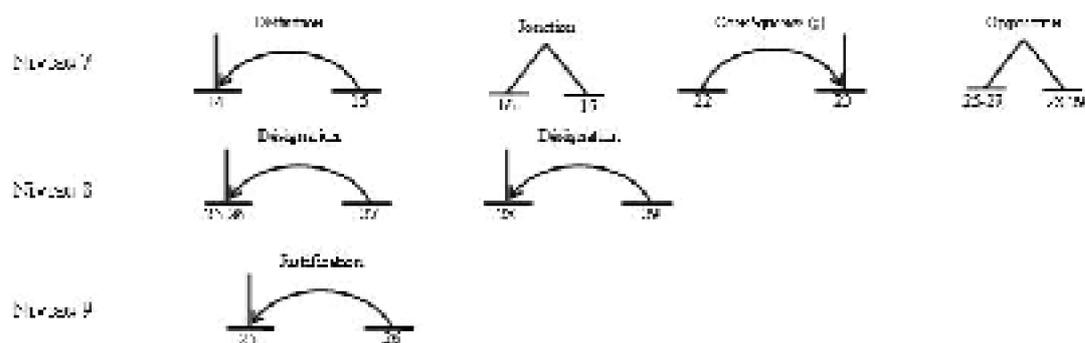
### 3-2-3-3- RST G7

#### 3-2-3-3-1- La structure rhétorique de TC

(cf. Annexe G7, p.550)



RTS G.7



Comme pour les autres groupes, nous allons commencer par un inventaire des relations. Celles-ci se répartissent sur 9 niveaux.

La plus importante déjà en nombre est la conséquence (7 occurrences). Mise à part la première, seule relation au premier niveau, les autres relations se trouvent au cinquième, sixième, septième et huitième niveau. Presque toutes ces relations sont marquées linguistiquement : « donc », « ainsi », « par conséquent », « ce qui fait que », autant de moyens pour exprimer la relation reliant des segments centraux du texte, à savoir le rapport de la notion de trajectoire à la possibilité de discerner entre deux particules identiques en mécanique classique ou en mécanique quantique ; l'opérateur d'échange et les états de la fonction d'onde etc. Toutes ces relations présentent cette particularité que nous avons identifiée lorsqu'il s'agit de schématiser la relation « conséquence », à savoir que la relation ne désigne pas le rapport du satellite au noyau mais l'inverse. Le groupe 7 accorde une grande importance et une priorité aux constructions qui traduisent la relation de conséquence dans son texte. Ce choix semble voulu et étudié ; d'autant plus que ces relations comportent des traces de surface c'est-à-dire des marques linguistiques qui sont là a priori pour refléter les rapports de fond.

La jonction vient juste après dans l'ordre de nombre de relations dans le texte (4 occurrences). Malgré une apparition tardive, dans le schéma et dans le texte, elle détient un rôle important de par les segments qu'elle relie et les informations centrales qu'ils contiennent. Toutefois, ces relations sont concentrées à un niveau particulier du texte, c'est-à-dire dans la deuxième partie, et sont sur le plan des traces linguistiques peu riches : elles sont toutes introduites par la même coordination « et ». L'effet de placage d'informations et de manque de coordination entre ces éléments est très manifeste malgré un contenu qui laisse entendre des relations qui auraient pu être plus avantageuses sur le plan rhétorique.

Le reste des relations se partagent la structure de manière quasi-égale contribuant par leur variété à donner une structure hétérogène mais cohérente au texte.

### 3-2-3-3-2- La structure entre le texte source et le texte cible de G7

Comme pour les autres groupes, le passage du texte source au texte cible se fait par une conservation, une altération, une conservation-explicitation ou même ajout de relation.

---

Nous allons voir ceci plus en détail.

### **a. La reprise**

- La définition au niveau 7 entre 14 et 15. Dans TS, elle déterminait les valeurs de l'opérateur d'échange et était marquée par « avec ». Ici, elle est soulignée par « qui sont ».
- Les données au niveau 5 entre 13 et 14-17. Contenant l'expression de la fonction d'onde  $\psi$  qui servira de point de départ à la suite des données, elle est soulignée par « soit ».

### **b. Les explicitations**

- La conséquence :
  - au niveau 6 entre 14-15 et 16-17. Marquée par « *ce qui fait que* », la relation définit le rapport entre les notions de symétrie et d'antisymétrie d'un côté, c'est-à-dire le segment 16-17, à l'opérateur d'échange et ses valeurs propres, c'est-à-dire au segment 14-15.
  - au niveau 7 entre 22 et 23. Encore une relation traduite par « *par conséquence* » ; une relation entre le noyau 23, « *le nbre des particules egale aux nbres des etats disponibles* », et le satellite 22, « *... pour un systeme constitue de N fermion on etulise le determinant de Slater. qui represente une matrice carré* ». Le rapport entre le segment 23 et le segment 24 traduit bien le rapport existant entre les segments équivalents dans TS même si les segments sont modifiés.
- La désignation : au niveau 8, entre 25-26 et 27 et entre 28 et 29. Les deux se présentent sous le même schéma : elles débutent toutes les deux par « *on parle ainsi* » et relient les notions de répulsion ou d'attraction quantique, selon le cas, au type de particule, fermion ou boson, et à la possibilité d'existence dans un état quantique. Elles explicitent des rapports entre des segments qui dans le TS étaient sous une forme schématique. Il s'agit alors d'une double explicitation : par la verbalisation et du schéma et des liens entre les éléments du schéma, verbalisation s'appuyant sur la forme par « *ainsi* » dans les deux conséquences.
- L'opposition :
  - au niveau 4 entre 4-7 et 8-10. Marquée par « *mais* », elle traduit le rapport entre les deux mécaniques. L'opposition ou plus généralement la différence entre les deux mécaniques était sous entendu à travers certains procédés que nous avons déjà soulignés dans l'étude de l'introduction du texte source. Le segment 3 sert à la rendre visible en surface et à faciliter ainsi la compréhension des enjeux de l'introduction, c'est-à-dire la notion d'(in-)discernabilité entre les particules identiques. Cet élan se poursuit dans le segment noyau par l'expression de

l'opposition à travers « *mais* ». Toutefois, l'outil linguistique est quelque peu discutable, et on lui aurait préféré un autre qui soit plus tranchant et plus explicite.

- au niveau 7 entre 25-27 et 28-29. A la fin du texte, elle traduit le rapport entre les fermions qui ne peuvent copartager un même état, et les bosons qui le peuvent. L'explicitation se situe seulement au niveau du passage du schéma vers le texte naturel. L'opposition reste tributaire du contenu et non d'une marque de surface.

- *La justification* : au niveau 6 entre 6 et 7 et au niveau 9 entre 25 et 26. Elles sont introduites par la préposition participiale « vu que » qui traduit le rapport de la notion de trajectoire comme justification de la possibilité de discerner entre deux particules identiques en mécanique classique et le rapport du principe de Pauli comme justification de la répartition des fermions à  $T = 0K$ .

### **c. La création**

- *La préparation* au niveau 3 entre 3 et 4-10. Elle présente le contenu de l'introduction et le macro-acte qu'elle comporte, c'est-à-dire : voir la différence entre les deux mécaniques. Le satellite de cette relation n'existait pas dans le texte source mais il s'en est inspiré.

### **d. Les altérations**

- La conséquence
  - au niveau 1 entre 3-29 et 31. Elle détermine le rapport entre la conclusion du texte, dont elle est le noyau, et le reste du texte constitué par l'introduction, le postulat de symétrie et les propriétés des deux particules, bosons et fermions, ainsi que la construction des systèmes qui y correspondent. La conclusion, introduite par un sous-titre souligné et un retour à la ligne, est donc l'élément central pour ce texte. La mise en relief du segment 31, par sa présentation en tant que conclusion, déforme le rapport qu'avait ce segment avec le reste des informations dans le texte de départ. En effet, il était directement lié à l'étude des fonctions des deux types de particules à un moment précis. Il en était la conséquence. Ici, cette relation s'étend à tout le texte et non seulement aux schémas de la sous-partie 5 de III. L'application ou l'étude de cas prend des valeurs de conclusion générale, de finalité et, par là même, la conséquence qui en découle prend les mêmes valeurs.
  - au niveau 5 entre 4-5 et 6-7 et entre 8-9 et 10. Les deux conséquences, introduites par le même groupe prépositionnel « *par conséquence* », traduisent les rapports entre la notion de trajectoire et la possibilité de discerner entre deux particules identiques dans la mécanique classique puis dans la mécanique quantique. Dans le texte source, nous avons opté pour la détermination de la relation en tant que justification vu l'importance accordée aux éléments précédant les conséquences, et c'est dans cet esprit que nous considérons qu'il s'agit là d'une altération. Mais

TC met l'accent et traduit, avec « *par conséquence* », des rapports qui ont été sous-entendus dans le texte source et soulignés pour le cas de la mécanique classique par l'encadrement de la conclusion dans le segment 8 et pour le cas de la mécanique quantique par le sous-titre précédant le segment 11. L'altération n'est pas négative comme elle ne touche pas à l'exactitude de l'information scientifique.

- au niveau 6 entre les segments 4 et 5. Elle présente le deuxième segment comme la conséquence des données contenues dans le premier. Le rapport est souligné par « *donc* » alors que dans TS, nous avons opté pour les segments 5-6 et 7 pour un rapport de démonstration. De plus, le passage de TS à TC redistribue la composition des segments. En effet, le segment 7 du texte source, à savoir « *on peut définir la trajectoire d'1 partic à partir des condit° initiales* », se divise dans TC en deux segments satellites, le premier que nous venons de voir, c'est-à-dire le segment 5, et le deuxième est le segment 7 qui entretient un rapport de justification avec le noyau 6.

Au même niveau, entre le segment 8 et le segment 9, le rapport est traduit par « *ainsi* ». Le recours à la notion de densité de probabilité est « *ainsi* » la conséquence du non-sens de la notion de trajectoire en mécanique quantique. La conséquence vient remplacer la jonction que nous avons identifiée entre les segments sources équivalents, à savoir les segments 9 et 10. En effet la notion de fonction d'onde vient remplacer la notion de trajectoire et n'est pas la conséquence de son absence. En mécanique quantique, la particule n'a pas de trajectoire et de position précise, mais elle a des possibilités d'existence et des états possibles. Les deux phénomènes n'ont pas de rapport de cause à effet. Or, le recours, dans le segment 9, à « *ainsi* » souligne ce rapport.

· La circonstance :

- au niveau 2 entre 3-10 et 11-29. Elle détermine le rapport entre les définitions contenues dans l'introduction et les différents principes contenus dans la deuxième partie. L'introduction est une mise en place d'informations de base essentielles à la construction de la suite du cours. Une fois les propriétés des particules déterminées, « *pour c'est particules* » les différentes notions qui y sont liées sont introduites. La relation de circonstance définissait certes les rapports entre les deux grands segments du texte de départ, mais la nature de ces segments n'est plus la même. En effet, les première et deuxième sous-parties du cours désignées par les chiffres romains I et II, constituaient le segment satellite de cette circonstance. Toutes deux déterminaient le cadre général de validité et de lecture de la troisième sous-partie. Dans le TC, les sous-parties se répartissent différemment : ainsi, l'introduction seule constitue le segment satellite définissant le champ d'étude des informations et des données contenues dans les deux autres sous-parties. Cet effet est soutenu au niveau du passage de l'introduction à la suite du texte par le recours à l'antéposition du groupe prépositionnel « *pour c'est particule* » et à la détermination de l'objet final qui devient une sorte

d'hyperthème auquel se réfère tout ce qui suit. L'utilisation ou la profusion de relation de jonction à des niveaux ultérieurs accentue cet effet, utilisation, qui, nous allons le voir, n'est pas des plus pertinentes.

- au niveau 6 entre 24 et 25-29. Elle présente la situation dans laquelle les données sont traitées, c'est-à-dire à  $T = 0K$ . La relation de circonstance transparait à travers le recours à la combinaison « et lors de (l'étude) ... à ( $T = 0K$ ) ... on constate que... ». Le cadre de lecture du segment 25-29 est ainsi mis en place remplaçant la relation de présentation qui reliait les segments sources.
- *La préparation* au niveau 4 entre 18 et 19-29. Elle sert aussi de transition en plus du fait de présenter le macro-acte du *segment* 19-29, à savoir l'étude de la symétrie à travers les deux types de particules bosons et fermions. Mais dans le texte de départ, le segment satellite ne s'étendait pas sur l'ensemble de données contenues dans le segment 19-29.
- *L'élaboration* au niveau 3 entre 11-17 et 18-29. Elle présente les définitions des particules, leurs fonctions et les principes, comme l'extension des définitions des états symétriques et antisymétriques. L'élaboration, ici, débute par une phrase de présentation qui la relie à tout le segment relatif à « *la notion de symétrisation* » alors que dans le texte source, elle est l'extension de ce qui correspond dans le texte cible au segment 16-17. De plus, le satellite de cette relation ne contenait pas toutes les informations qu'il contient désormais. Ici, encore une fois, le contenu de la phrase de présentation y est pour beaucoup. En effet, il laisse sous-entendre un rapport avec toutes les informations concernant les deux types de particules, bosons et fermions.
- *La définition* au niveau 5 entre 11 et 12. Elle sert à définir les variables des particules et est soulignée par « *dont* » qui assure la continuité entre les deux segments. Le segment équivalent, dans TS, au segment 11 n'était pas directement lié aux données du segment 12, mais présentait plutôt l'ensemble d'informations contenu dans 12-20.
- La jonction :
  - au niveau 5 entre 19-20, 21-23 et 24-29. Elle est la plus importante parce que reliant des segments clés du texte, à savoir la définition des deux types de particules, la construction du système qui correspond à chacune d'elle, et l'étude des états de ces particules à  $T = 0K$ . Nous sommes ici face à l'une des altérations les plus importantes que subit la structure rhétorique du texte du cours : la relation de jonction met au même niveau des informations qui ne l'étaient pas au départ. En effet, les segments 21-23 et 24-29 correspondent dans TS à des informations contenues dans la troisième partie signalée par « *///* ». Ces informations étaient, comme nous l'avons dit plus haut, liées par une relation de circonstance aux deux autres parties qui la précédaient. Entre eux, les deux segments étaient liés par une relation d'étude de cas.
  - au niveau 6 entre 19 et 20 et entre 21 et 22-23. L'opposition entre les caractéristiques physiques des bosons et celles des fermions, ainsi qu'entre la

construction des états physiques d'un système de bosons et celle des fermions, laisse la place à la jonction.

- au niveau 7 entre 16 et 17. La quatrième jonction relie la définition de l'état symétrique « *et* » celle de l'état antisymétrique, occultant ainsi l'opposition portée par la nature des système et que nous retrouvons dans « symétrique/ antisymétrique ».

Dans les trois derniers cas de jonction, la relation de juxtaposition est soulignée par l'élément de coordination « *et* » et par l'absence des éléments qui portaient l'opposition dans le texte source. Pour les deux particules, on identifie des comportements différents mais pas opposés. Toutefois, cette opposition revient et réapparaît dans le segment 24-29 entre l'étude des états des bosons à  $T=0K$  et celle des fermions dans la même condition. Elle reste floue si nous considérons les conclusions contenues dans les segments 25-26 et 28, mais elle devient plus claire grâce à l'opposition répulsion quantique/ attraction quantique dans les segments 27 et 29.

*L'explication* : au niveau 4 entre 11-12 et 13-17. Elle est à mi-chemin entre la création et l'altération. Le segment satellite, par son contenu, sert à expliquer le recours au postulat de symétrisation et son intérêt, et amorce le contenu du noyau, à savoir l'opérateur  $P_{ij}$  et ses valeurs, positive et négative. Toutefois, ce segment a été modifié et par là même, sa fonction aussi. En effet, le segment 11 présente le rôle et l'importance du postulat de symétrisation qui est directement lié à la définition du segment 12. Dans TS, le postulat n'est pas justifié, l'hypothèse de travail qui est la symétrie est mise en place suivie des conséquences sur l'état du système, d'où la création pour ce texte. L'altération vient de la mise en rapport du segment 12 avec ce noyau alors que dans le texte de départ, cette définition faisait partie d'une suite de données qui préparaient la mise en place de l'hypothèse de symétrie de la fonction et des expressions mathématiques conséquentes.

Le texte cible voit sa structure mise en relief - et en surface - grâce à des interventions sur le plan linguistique et des explicitations par des moyens techniques tels que les connecteurs. Ces outils linguistiques sont utilisés à bon ou mauvais escient - et plus souvent à bon qu'à mauvais escient. Bon nombre de relations sur lesquelles repose le texte subissent des altérations et des modifications : certaines sont mises en avant comme les rapports de conséquence alors que d'autres sont marginalisées comme la justification ou l'opposition. Le tout relève certainement d'une vision du texte didactique, une vision qui reposerait sur le rapport de cause à effet et de logique mathématique.

La clé de la déviation importante que subit la structure au niveau 2 se trouve dans deux relations : l'élaboration d'un côté et la jonction d'un autre. L'élaboration redessine les frontières entre les segments, et la jonction finit de donner aux choses leur tournure finale en reliant par simple coordination, « *et* », les trois grands segments constituant le satellite de l'élaboration.

Le passage de TS à TC ne s'est pas traduit seulement par des comportements négatifs, puisque nous notons aussi des utilisations positives. Des relations sont ajoutées

ou explicitées.

C'est le cas par exemple pour la relation de conséquence qui s'impose à différents niveaux de profondeur. Elle est à chaque fois soulignée par un marqueur linguistique ce qui la met en amont dans la lecture du texte. L'hésitation qu'on pouvait ressentir à la lecture du texte source et qui est relative au choix à faire entre la relation de justification - s'appuyant sur le satellite - ou la relation de conséquence - s'appuyant sur le noyau - disparaît ici. Cette hésitation est fortement liée à l'absence de marque de surface qui dirige la lecture. Mais la question qui se pose alors est : cette mise en relief de la conséquence au déterminant de la justification est-elle toujours justifiée?

### **3-2-4- Le bilan de la RST**

#### **3-2-4-1- LES PROPOSITIONS RELATIONNELLES VARIÉES**

Pour tous les groupes, nous pouvons dire que le recours à une variété de propositions relationnelles est une donnée commune. Cette variété est toutefois plus marquée dans certains groupes plus que dans d'autres. Nous notons par exemple le recours dans G1 à des relations qui nous ne trouvons pas dans le texte de G4 comme l'élaboration, l'exemple ou l'hypothèse etc.

Le nombre d'occurrence de ces relations lui aussi diffère d'un groupe à l'autre. Nous remarquons ainsi une forte concentration d'un type de relation dans un texte plus que dans les autres. C'est le cas par exemple de la relation de conséquence qui représente dans le texte du groupe 4 un peu plus du 1/4 du totale des relations reliant les segments du schéma, dans le texte du G7, elle représente un peu moins de 1/4 du total des relations, alors que dans le texte de G1, elle ne représente que 1/10 des relations. Comme nous l'avons dit plus haut, ces écarts nous indiquent l'orientation rhétorique de chacun des textes.

#### **3-2-4-2- DE TS À TC : QUELLES RELATIONS ?**

Mais d'un groupe à l'autre, il existe des relations qui sont communes à tous les textes. Les relations les plus importantes selon leurs utilisations par les étudiants dans les différents groupes sont :

*La jonction.* Elle est présente à des taux variables dans les différents textes et aussi à des niveaux différents des schémas reliant ainsi des segments de tailles et d'importances variées. Elle est parfois marquée par un méta-discours au début de l'un des segments ou par la coordination « et ». Mais souvent elle se traduit par une juxtaposition des informations. Elle est souvent associée à un effet de placage d'informations et nous la retrouvons, à l'exception de TC de G1, dans la liste des relations altérées lors du passage TS/TC.

Elle est l'altération de relation telles que la conséquence, la justification, la postulation et l'opposition. Ce sont là des relations de premier ordre quand on connaît le rôle qu'elles jouent dans TS et les segments qu'elles relient.

*La préparation.* Dans certains textes (comme G2) elle va au-delà de la simple

---

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

introduction de segment (comme dans G1) pour jouer un rôle plus essentiel dans l'économie du texte. En effet, elle prend en charge de déterminer le type de relation qui peut régir les sous segments constituant le segment noyau qu'elle présente. C'est le cas dans l'introduction de TC de G2 où elle définit le contenu de son contenu : voir la différence entre MC et MQ etc. Reliant des sous titres ou autres indices de hiérarchisations à des parties du texte source, elle est reprise dans TC et parfois même créée comme dans l'exemple de l'introduction de TC de G2 que nous venons de citer. Des cas de préparations identifiées comme altérations sont aussi signalés dans 4 groupes sur 5. Dans ces cas, la préparation ne remplace pas une autre relation, mais elle est plutôt mal utilisée : elle ne relie pas les bons segments.

*La conséquence.* Cette relation comme nous l'avons déjà souligné est assez ambiguë : elle n'a pas la même lecture que pour les autres relations, le sens de la relation indiquant le rapport du noyau au satellite et non l'inverse. Cette relation n'a pas la même incidence quand elle se présente à des niveaux premiers où elle relie des segments qui représentent de grandes lignes du texte que quand elle intervient à des niveaux plus avancés et qu'elle relie des informations plus restreintes et ponctuelles. Dans le premier cas, elle joue sur la direction générale du texte et sur ce qu'on appelle la macrostructure textuelle alors que dans le deuxième cas, elle joue sur la microstructure et sur les enchaînements inter phrastiques.

Très peu explicitée dans le texte source, elle l'est plus dans TS même si les moyens linguistiques restent peu variés. Nous en avons classées quelques occurrences parmi les relations explicitées mais il s'agit surtout d'une relation que nous retrouvons du côté des altérations. Elle est alors l'altération de relation d'explication, de justification ou de jonction, mais elle est liée aussi à une mauvaise délimitation des segments en relations, ou la mise en rapport direct de deux segments qui ne l'étaient pas au départ.

*L'opposition.* Elle est très importante dans TS même si elle n'est pas très récurrente. Et pour cause : elle relie de grands segments et traduit les rapports entre des données bien précises à savoir les oppositions entre mécanique classique et mécanique quantique, entre état symétrique et état antisymétrique, entre fonction d'onde des bosons et fonction d'onde des fermions. Dans les différents TC, elle figure parmi les relations explicitées ou, à défaut, parmi les relations reprises sans être marquées. Les termes qui en assurent alors l'identification sont eux identifiés et repris dans les segments même s'ils ne sont pas mis en valeurs.

*La justification.* Elle n'est pas très présente dans les textes cibles mais elle présente cette particularité de figurer dans les explicitations ou les reprises plus que dans les altérations.

Les textes cibles présentent aussi des relations qui ne sont pas très suscitées telles que la définition, la circonstance ou l'exemple que nous retrouvons essentiellement dans les catégories de relations reprises ou explicitées. Quelques exceptions sont à noter comme pour l'explication ou la circonstances que nous retrouvons également et fortement (par rapport bien sûr à leur fréquence peu importante) parmi les altérations. Elles sont le résultat d'une mauvaise association de segments.

Une remarque s'impose à ce stade de l'étude : à l'exception de quelques cas, les

relations les plus importantes sont souvent les plus problématiques. Le recours à certains outils linguistiques lors du passage du texte source aux différents textes cibles et les différentes modifications que subissent les textes cibles, pourra-t-il être à l'origine de ce phénomène ?

### 3-3- Les textes cibles entre AH et RST :

---

#### 3-3-1- Le classement de TC

L'étude de la RST des textes rejoint la classification effectuée à partir de l'analyse hiérarchique à savoir qu'il existe trois groupes de textes :

Un premier groupe est constitué de G2, groupe de milieu ou groupe moyen, où l'écart par rapport au TS est équilibré. 13 relations sont reprises (reprises et reprises non marquées confondues), 16 explicitées, 5 créées et 8 altérées. Un deuxième groupe est constitué de G1, groupe très proche de TS. Il présente 34 relations reprises, 2 explicitées, 1 créée et 3 altérées. Un troisième groupe constitué de G4, G3 et G7, groupe des textes se démarquant de TS. Les données permettent de les classer comme suit, dans l'ordre du plus au moins proche de TS:

- G3, avec 8 reprises, 3 explicitations, 3 créations et 12 altérations
- G4, avec 3 reprises, 4 explicitations, 0 créations et 10 altérations.
- G7, avec 2 reprises, 8 explicitations, une création et 15 altérations.

Le tableau suivant résume les pourcentages<sup>32</sup> en question :

Tableau 12

	Reprises	Reprises non marquées	Explicitations	Créations	Altérations
G1	25%	60%	5%	2,5%	7,5%
G2	11,9%	19,04%	38,08%	11,9%	19,04%
G3	0%	30,72%	11,52%	11,52%	46,08%
G4	5,88%	11,76%	23,52%	0%	58,8%
G7	7,68%	0%	30,72%	3,84%	57,6%

A la lumière de ces données nous trouvons que la seule donnée commune à tous les groupes est que plus les textes se détachent de TS, moins ils présentent de reprises (taux de reprises marquées et non marquées confondues) et plus ils présentent d'altérations (taux de créations et d'altérations confondues). Plus les groupes se détachent de TS et plus le taux d'explicitation augmente mais aussi le taux d'altération. En somme, plus ils tentent de faire preuve d'une maîtrise des données en les réordonnant et en les explicitant, plus ils encourent de risque de manifester le contraire. En effet, Les tentatives

<sup>32</sup> Nous convertissons ces données en pourcentage afin de mieux souligner les rapports et les différences entre les groupes. Les pourcentages sont calculés suivants le nombre totale de relations dans chaque groupes.

d'appropriation par l'explicitation et, de manière plus timide par la création, ne sont pas toujours réussies. Seul G2 présente un pourcentage de ces deux relations plus important de celui des altérations.

A quoi ceci est-il dû ? Et à quoi correspondent ces types de relations ? Nous avons déjà commencé à répondre à la première question dans l'étude des passages de TS à TC dans les différents groupes et nous y reviendront encore dans l'étude des moyens linguistiques utilisés lors du passage et dans l'étude des transcriptions orales. D'ores et déjà nous pouvons dire que les différents outils auxquels les étudiants ont eu recours tels que la suppression, la reformulation, les marquages énonciatifs etc. y sont pour beaucoup. A la deuxième question nous répondons comme suit :

Nous avons déjà vu que la portée rhétorique du texte est fortement liée à la nature des relations dominantes dans ce texte. Par exemple, dans le texte du groupe 7, la priorité est donnée à la relation de conséquence souvent marquée en surface par une conjonction ou autre. Dans le groupe 1, la priorité est donnée à la relation d'opposition et à la relation de jonction même si, de manière générale, la variété des relations suscitées et leurs faibles fréquences ne permettent pas d'avancer que telle ou telle autre relation reflète la direction générale du texte. Cette richesse rhétorique serait, plutôt, l'indice d'un tout autre type de direction, celui, justement, d'une absence de prise de position précise et d'un conformisme au modèle établi sans prise en charge de ses données.

Cette portée rhétorique est aussi liée au type de relations reprises/ non reprises, marquées/ non marquée. Les relations qui sont les plus conservées dans le passage du texte source vers le texte d'arrivée diffèrent selon le texte en question.

Dans G2, les relations que nous retrouvons d'un texte à l'autre sont l'opposition, la préparation, la justification et la jonction. Les relations les plus marquées sont : la relation d'opposition, la relation de justification et la relation de conséquence. L'altération, quant à elle, ne touche pas une relation en particulier. La conséquence par exemple prend la place de relations différentes : jonction, hypothèse, ou données etc. La préparation est la seule relation créée.

Dans G1, les relations reprises sont variées mais celles qui se démarquent le plus sont l'opposition, la jonction au premier rang et la conséquence au deuxième. Les relations les plus marquées sont tout autre : il s'agit de la relations de données et de la relation d'exemple.

Dans les groupes G3, G4 et G7, des données communes apparaissent. L'opposition fait partie des relations les plus reprises, au côté de la jonction pour le groupe 3 et de la justification et de la conséquence pour le G7. La relation la plus marquée, à l'unanimité, est la conséquence. Cette relation est aussi le plus souvent la résultante de l'altération que subissent les schémas RST des groupes en question. Par contre, comme pour les deux autres catégories de groupes, il n'existe pas de relation plus altérée que les autres.

### **3-3-2- La correspondance entre les relations et les unités**

La correspondance entre les deux types d'analyse n'est pas évidente à faire, chacune des deux méthodes touchant un niveau différent : une étude quantitative, de surface, pour

l'étude hiérarchique, et une étude qualitative, de structure, pour l'analyse RST. De plus, nous avons fait le choix dans l'étude RST de ne pas approfondir le schéma des propositions relationnelles et de nous arrêter aux niveaux et aux segments qui nous paraissent importants et significatifs pour notre étude. La correspondance directe entre certaines SUB et certaines relations est alors impossible à faire dans ces conditions.

Toutefois, nous avons déjà souligné dans l'étude hiérarchique des phénomènes qui nous paraissent susceptibles d'avoir des échos dans l'étude RST - et inversement. Le rapprochement entre les résultats des deux méthodes se fera alors de manière générale, en soulignant quelques correspondances entre les directions globales que confèrent chacune des deux méthodes aux textes cibles par rapport au texte source.

Nous avons vu par exemple dans l'analyse hiérarchique du texte G2, que la réintroduction des différentes sous-unités se fait à des taux variables faisant passer un type de sous-unités d'un certain statut dans le texte source à un tout autre statut dans le texte cible. C'est le cas, par exemple, pour les sous-unités-explications/ justifications qui passent de 1/8 du nombre total des SUB à la moitié, ou encore, les sous-unités données/déterminations qui passent de la moitié à un quart total des SUB dans G2. Ceci détermine la nouvelle direction générale que prennent les données du texte du groupe 2.

Ces résultats correspondent à la nouvelle structure rhétorique conférée aux informations. En effet, le texte de G2 met en valeur les segments préparant et résumant les rapports entre les informations traitées, et aussi met en valeur les rapports de conséquence et de justification. Alors que, d'un autre côté, les relations de données et de définition sont peu fréquentes.

Pour le texte de G1, nous avons vu dans chacune des deux analyses que le texte compte une variété de données qui le place près du texte source.

Pour les textes de G3, G4 et G7, nous avons vu dans l'analyse hiérarchique que les valeurs des sous-unités, inférieures dans les trois groupes à 20%, ne permettent pas de faire le lien entre le texte et une certaine direction rhétorique plutôt qu'une autre. Toutefois nous ne pouvons occulter que le passage de TS au TC s'accompagne d'une mise en valeur des SUB explicatives, et surtout d'une disparition, ou presque, d'autres sous-informations comme les SUB données ou les SUB exemples.

Du côté de l'étude rhétorique, ceci va de pair avec la mise en avant de la relation de conséquence, mais aussi de celle de la jonction et de l'opposition qui semblent porter la structure des différents textes. Ces relations ne sont pas présentes en nombre plus important que dans les deux autres textes ou même que dans le texte source. Nous n'en trouvons pas, par exemple, des occurrences parmi les relations créées lors de la production de TC. Mais, comme pour les SUB explicatives, les relations de conséquence, d'opposition et de jonction sont en nombre important par rapport au nombre total de relations liant les segments de chaque textes. Un nombre qui s'est vu diminué de manière importante lors du passage de TS à TC et qui a vu la richesse et la variété de ces relations touchées et amoindries. La structure de chacun des textes en est plus ou moins appauvrie en certaines relations qui contribuaient à créer la cohérence du texte et à lui donner une certaine fluidité.

Pour ces groupes, donc, le passage de TS à TC se fait avec des frais que l'étude des

unités ou des segments souligne. La clarté et la valeur scientifique des textes sont le prix payé pour l'exhaustivité et la condensation qui caractérisent les textes produits.

### **3-3-3- La conclusion**

Les relations les plus problématiques sont alors la conséquence, l'opposition et la justification. Des relations qui relient, entre autres, les grands segments du texte de départ et justifie le passage d'un point à l'autre. La logique du passage d'un segment à l'autre, conduite par des unités de hiérarchisation, est peu explicitée et parfois non identifiée. La structure générale du cours reste tributaire de ces unités.

Souvent les différents outils linguistiques qui servent à expliciter ces relations traduisent mal ou de manière erronée les véritables relations. La conséquence, par exemple, est une des relations les plus marquées dans les TC, mais elle est toute aussi souvent le résultat d'une altération. S'agit-il alors d'une mauvaise compréhension des données qui sous tendent les segments en question ou d'une mauvaise manipulation des outils linguistiques ? En d'autres termes, s'agit-il d'un problème de fond ou de forme ?



## Chapitre III- Le passage de TS à TC : une étude de surface

L'étude RST et l'étude AH effectuées dans le chapitre précédent nous ont permis de mettre le doigt sur des aspects de la structuration et de la composition en unités des différents textes, texte de départ et textes d'arrivées, que d'autres méthodes n'auraient pas éclairés. Toutefois, à ce stade, le retour à la surface linguistique des textes nous paraît revêtir une grande importance dans l'explication de certains rapports rhétoriques.

Mais avant de procéder à l'étude des différents moyens auxquels ont recours les étudiants afin d'assurer au mieux le passage de TC à TS, nous nous proposons, en premier lieu, de présenter les particularités linguistiques et syntaxiques du discours scientifique telles qu'elles ont été déterminées dans différentes études. Ceci nous paraît être, en soi, un point important que nous ne pouvons occulter dans ce genre de recherche. De plus, ceci nous permet de voir les textes, source et cibles, ainsi que les différentes opérations effectuées et les leurs résultats, sous un angle qui donne une vision plus complète des opérations effectuées et de leur logique.

### 1- L'écrit spécialisé et la production écrite

## 1-1- La présentation

---

Une question fondamentale se pose à propos du FOS : existe-t-il une matière à étudier une langue de spécialité différemment d'une langue quotidienne ? La question peut être posée autrement : n'y a-t-il qu'une langue, qu'une manifestation, qu'une utilisation quotidienne ou générale de la langue, n'y a-t-il pas de « manifestation spécifique ? » (Portine, 1990 : 63).

Par ailleurs, les niveaux psychologique et pédagogique ne pouvant être ignorés, deux questions se posent : les savoirs scientifiques et techniques s'organisent-ils autrement que les savoirs quotidiens et sociaux ? Peut-on organiser un cours de linguistique spécifique » (*op. cit.* : 63) avec une réponse à des besoins langagiers particuliers ?

D'ores et déjà nous pouvons répondre par oui à toutes ces questions, conformément à l'avis de nombreux chercheurs tel que H. Portine (1990) ; S. Eurin-Balmet et M. Henao de Legge (1992) ; S. Moirand (1990a ; 1990b ; 1995) ; D. Lehmann (1990 ; 1993) ; P. Lerat (1995) ; M.A. Phal (1967) ; D. Jacobi (1984), J. Peytard (1984) etc. Ceci n'implique pas que la langue est divisée en deux, langue quotidienne et langue spécifique, mais qu'il existe un usage particulier de la langue. Cet usage est caractérisé par la fréquence de certains traits comme le passif, les nominalisations, les tournures impersonnelles ... etc.

Nous allons aborder les spécificités de cette « langue de spécialité » ou « discours spécialisé » comme préfère l'appeler S. Moirand (1990b), selon deux points : leurs caractéristiques et les types de discours scientifiques.

### 1-1-1- De quelques caractéristiques

#### **A. LA NOTION DE SCIENTIFICITÉ ET LE DISCOURS DIDACTIQUE**

Une question se pose là aussi : le discours scientifique est-il aussi objectif que le laissent entendre certaines croyances ? Selon S. Moirand (1990b) qui se base sur l'analyse linguistique de certains textes, ces idées sont très discutables. Elle explique l'origine de l'objectivité attribuée au texte scientifique par l'utilisation dans ces textes de certaines formes linguistiques et de certains faits comme l'effacement du sujet énonciateur, l'utilisation d'un présent à valeur intemporelle, la fréquence de tournures nominales et impersonnelles, l'absence de modalités appréciatives. Mais, d'un autre côté, dans des textes scientifiques produits ou présentés lors de colloques, de conférences ou dans des articles, elle relève des traces qui infirment cette croyance.

S. Moirand attribue les raisons institutionnelles d'une telle croyance au fait que dans certains pays une langue autre que la langue maternelle est le seul moyen d'accès à l'information scientifique et technique. C'est le cas du français langue seconde. Les manuels n'ont pas pour but de produire des connaissances nouvelles mais de transmettre le plus fidèlement possible des connaissances déjà existantes. La création de connaissances nouvelles constitue « l'objet des discours de recherche entre pairs ».

Dans le cas des manuels scolaires, il s'agit de mettre les savoirs élémentaires dans

une forme didactique appropriée. Ces écrits ne sont généralement pas faits par des chercheurs mais par des enseignants qui jouent le rôle de « médiateurs » et ont comme objectif de produire le texte « monologique » décrit plus haut.

S. Moirand souligne que ces discours ne sont pas monologiques du moment qu'ils présentent une diversité de sources et de références avouées, qu'ils font appel aux travaux des autres », ou « qu'ils impliquent leurs destinataires » c'est-à-dire les apprenants. Les discours didactiques sont alors entre une fonction interactive, le « faire croire » et une autre expositive, le « faire savoir » ; c'est-à-dire entre deux types de discours, le discours interactif et le discours expositif. Nous reprendrons les caractéristiques de l'un et de l'autre plus loin.

### **B. LA SYNTAXE RESTREINTE**

La syntaxe dans l'écrit scientifique n'est pas différente de celle dans l'écrit en général, mais seulement plus restreinte comme le souligne M.A. Phal (1967). En effet, certaines structures de la syntaxe générale sont écartées des écrits spécialisés alors que d'autres sont maintenues et préférées parce que jugées plus conformes à la forme rigide, ou qui se veut comme telle, des écrits en question. Ces structures correspondent aux critères de rigueur et d'économie escomptés dans l'expression précise des relations logiques qui sous-tendent la structure du discours spécialisé.

M.A. Phal souligne que dans certains cas, c'est la forme linguistique et non le contenu scientifique qui fait obstacle quant à la compréhension d'un texte scientifique même de vulgarisation. C'est ce constat qui a poussé, selon lui, un professeur à l'université de Birmingham, à « réécrire » des conférences en utilisant une syntaxe et un vocabulaire limités ». (*op. cit.* : 114).

### **C. L'ORDRE SCRIPTURAL**

D. Jacobi considère que cet aspect est très caractéristique du discours scientifique. En effet, ce dernier prend une dimension spatiale particulière sur l'espace de la feuille. Nous sommes alors face à un « document scriptovisuel (...) à lire et à voir » (Jacobi, 1984 : 42). Ceci tient au fait que dans le discours scientifique, différents codes s'entremêlent souvent: les signes linguistiques et signes non linguistiques, tels que les chiffres et les symboles ; les énoncés continus et les listes, les formules, les tableaux etc.

### **D. L'ORAL ET L'ÉCRIT**

La différence entre ces deux registres, dans le domaine du langage scientifique, ne tient pas à des différences linguistiques mais au recours à une grande part de symbolisation et de formalisation mathématique. Ce qui est alors du domaine du symbolique et du graphique dans le discours écrit, est traduisible, et effectivement traduit par le professeur, par exemple, en langage naturel dans le discours oral.

### **E. LA MONOSÉMIE, LA REFORMULATION ET LA VULGARISATION**

Les termes dans le discours scientifique de chaque domaine sont monosémiques ou

monoréférentiels. C'est-à-dire qu'à chaque terme, dans un domaine de connaissance donné, correspond une seule réalité, ce qui évite l'ambiguïté et la confusion. J. Peytard voit en cette monosémisation « l'objectif du discours scientifique ». Toute altération des concepts dont elle est le fondement est alors inconcevable et la préservation des « concepts nodaux qui vont permettre à la monosémisation de se construire » (1984 : 22) est une condition sine qua non.

A. J. Pétrouff voit en elle un élément déterminant les discours de reformulation. Cette monoréférentialité, comme le souligne P. Lerat (1995), pose un problème lorsqu'il s'agit de vulgariser le discours savant et de le rendre accessible à un public de non-savants. Pour ce dernier, quand il s'agit de reformulation du discours scientifique, la quasi-synonymie « est à exclure par principe, du fait de la tendance des termes à la monosémie mais une transformation lexicale reste souvent possible » (*op. cit.* : 142). Ceci rejoint les propos de J. Peytard qui estime que la reformulation de ce discours se fait au « niveau des notions et de l'enchaînement discursif syntagmatique. Le noyau conceptuel est irrépressible et non reformulable » (Peytard, 1984 : 27). Le premier niveau est « le niveau des éléments variants », niveau où s'opère l'altération, et le deuxième est « le niveau des éléments invariants » dont il faut préserver « la monosémie fondatrice » (Peytard, 1984 : 73).

La vulgarisation est perçue comme un moyen de rendre accessible, à un certain type de lecteur - représentant d'ailleurs un public plus vaste - un certain nombre de données et de notions scientifiques qui ne l'étaient pas sous leurs formes premières. La reformulation est perçue comme un moyen, pour le lecteur, de s'approprier le discours scientifique. Pour C. Brey, cité par S. Grossmann, C. Frier & J-P. Simon, « (...) seule la " toile d'araignée des reformulations tissées par l'individu autour du concept d'origine" lui permettra d'accéder à ce que ce concept peut avoir d'utile pour lui » (1994: 152-153) et de se repérer dans le chantier conceptuel en cours d'élaboration et donc non achevé grâce aux balisages que met en place la reformulation. A-M. Loffler-Laurian note, pour finir, que « la perte d'informations ou leur déformation » lors de la reformulation est un « mal nécessaire » (1984 : 124).

### **1-1-2- Les types de discours scientifiques**

S. Eurin-Balmet, M. Henao de Legge (1992) reprennent les deux types de discours distingués par S. Moirand : interactif (faire agir ou faire croire) et expositif (exposer des idées, formuler des hypothèses, présenter, décrire, faire des raisonnements logiques, faire savoir). Dans la réalité, les deux types ne sont pas isolés.

Reprenons chacun des deux discours en soulignant les traits les plus importants tels que les définissent les auteurs.

#### **1-1-2-1- LES DISCOURS INTERACTIFS**

##### ***a. Le marquage énonciatif***

Ce type de discours présente des marques linguistiques de l'implication de l'émetteur et

d'une interrelation entre lui et le récepteur. Les marques les plus pertinentes sont :

- *Le recours aux différents pronoms personnels* (je, tu, il, ...) mais aussi aux pronoms impersonnels « on » et « il impersonnel » qui servent dans le discours interactif à introduire des informations parfois non vérifiées.
- *L'utilisation de modalités appréciatives* qui expriment « l'emphase », « la schématisation », la « généralisation »... par exemple « je suis étonné que... » « tous confirment... ».
- *L'utilisation de certaines modalités logiques* qui traduisent la litote et la fausse modestie dans la majorité des cas, par exemple « bien sûr, il est possible ... ».

### **b. Les moments discursifs**

Mais il y a d'autres « aspects » qui caractérisent le discours scientifique et que S. Eurin-Balmet, M. Henao de Legge (1992) ont identifié comme la narration, l'argumentation et la prescription. Reprenons-les :

- *La narration* : elle est peu fréquente dans les manuels sauf pour faire le point historique sur une découverte, une théorie ou autre. Elle sert à insérer un chercheur, une technique ou autre dans un contexte socioculturel, un contexte historique qui les définit. Comme la narration dans les romans et récits historiques, elle se caractérise par la diversité des verbes et des temps.
- *L'argumentation* : elle vise à « faire agir », à « faire croire », à faire partager ses opinions par les autres, comme toute argumentation.
- *La prescription* : elle se traduit par des ordres, des conseils qui amènent l'interlocuteur à faire ce que l'on désire qu'il fasse.

## **1-1-2-2- LES DISCOURS EXPOSITIFS**

### **a. Les caractéristiques énonciatives**

Dans ce type de discours, les éléments les plus pertinents sont :

- L'effacement de l'énonciateur qui vise à mettre en relief le référent. Il est marqué par le recours à des tournures impersonnelles telles que « il faut », « il suffit », « il est certain », mais aussi par l'emploi du pronom indéfini « on » ou par la tournure passive avec omission bien sûr de l'agent ou encore par l'emploi des nominalisations.
- L'absence de modalités appréciatives : En effet, dans le discours expositif, les sentiments de l'énonciateur ne comptent pas, seul son avis scientifique est important.
- La présence de certaines modalités logiques : qui expriment la possibilité, la probabilité, la certitude ou l'incertitude, l'aléatoire.
- L'utilisation du présent de valeur temporelle ou déontique pour décrire des actions faites par des professionnels et auxquelles le présent confère une valeur de vérité

absolue.

- Tournures hypothético-déductives : avec « si ... alors ».
- Les marqueurs de la cause : avec l'utilisation des connecteurs « puisque » « du fait de » « comme » ...
- Les articulateurs logiques : « dont », « sauf », « en cas de » ...
- Les marqueurs temporels et spéciaux comme « d'abord », « ensuite », « puis »...

### **b. Les moments discursifs**

S. Eurin-Balmet, M. Henao de Legge (*op. cit.*) distinguent dans les textes expositifs différents moments qui ne sont pas forcément tous présents dans un même et seul texte :

- La désignation ou dénomination qui se fait par « soit », « on appelle » « on pose »
- La définition introduite par « appelé/ être appelé » « définir comme », « on dit que...si » « comporter, comprendre », « se présenter sous forme de », « x donne », « permet de » etc.
- Le raisonnement logique et la démonstration : par « on veut démontrer que » « supposons ...alors », « comme », « en plus », « mais ».
- L'énoncé du résultat par « donc », « on en conclut ».
- La description et la caractérisation qu'elles portent sur la forme, la couleur, la dimension, la matière ou sur la fonction.
- La transformation et le processus par le recours à des verbes comme « allonger », « grossir », « brunir »...

### **1-1-2-3- LES DIFFÉRENCES**

Certains chercheurs se sont intéressés à relever les différences entre les deux types de discours sur le plan morphosyntaxique et rythmique. C'est le cas de R. Gauchola, M. le Besnerais, M. Levallant, J. Murillo, M. Oliva, M. Tost (1993). Ont été constatés dans le discours justificatif-explicatif par rapport au discours expositif :

- Sur le plan morphosyntaxique : une quasi-absence « de phrases définitionnelles », « abondance de phrases segmentées, de parenthétiques et d'incises qui entrecoupent constamment la structure linéaire du discours », « un moindre degré de complexité syntaxique » (*op.cit.* : 118) par le recours à des enchâssements par coordination ou par juxtaposition dans les phrases complexes.
- Sur le plan rythmique : un « rythme heurté et saccadé » propre à la parole spontanée, le discours institutionnel, par exemple, étant « plus lent », « posé » et « régulier » (*op. cit.* : 127).

Les caractéristiques générales et les particularités énonciatives et discursives établies, nous nous proposons d'en retracer quelques unes dans les différents discours de nos participants, qu'ils soient oraux ou écrits mais aussi intermédiaires. Un des objectifs est

notamment de les voir en cours d'installations et non seulement dans les produits finis.

La structure du discours scientifique est, à notre sens et de par les contraintes de scientificité et de désambiguïsation, plus proche de la surface du texte que dans d'autres types de discours ou d'autres textes : littéraire, poétique, philosophique où les figures de styles etc constituent un film sur la structure. La monosémie, la scientificité, la neutralisation etc... devraient nous permettre de lire plus facilement, dans les premiers textes que dans les deuxièmes, les différents rapports et les différentes relations qui soutiennent cette structure.

C'est cette compétence, c'est-à-dire rendre la structure lisible à travers la surface du texte, ou faire que la surface soit transparente pour laisser lire la structure, c'est cette compétence que nous voudrions retracer chez nos apprenants. C'est là que le travail sur la RST et avec la RST peut s'avérer utile déjà à un premier niveau pour déterminer si oui ou non les participants entraperçoivent la structure de leur texte, et si d'un autre côté, ils arrivent à la rendre ; et à un deuxième niveau pour inspirer la création d'exercice de structuration ou d'aide à la structuration, ce qui pourrait s'avérer intéressant. Tout en tenant compte qu'il ne s'agit pas là de linguiste et que leur approche de la RST serait plutôt pour la création et non l'analyse de texte.

## 2- La réécriture

La tâche telle que nous l'avons proposée aux étudiants est une tâche de réécriture. Le produit initial ou texte source est le texte du cours, le produit final ou texte cible est le texte co-rédigé par les participants.

Comme le suggère les termes de la consigne proposée aux participants, la tâche de réécriture est perçue selon deux entrées ou directions :

- Une première est « résumante », où il s'agit de condenser le cours et de n'en retenir que l'essentiel.
- Une deuxième est « paraphrasante », où il s'agit de reformuler le cours dans une perspective explicative.

Nous allons donc aborder le texte suivant ces deux perspectives en ce qu'elles sont des manifestations de modes de réécritures.

### 2-1- Le résumé

---

#### 2-1-1- Les principes de base et Les occurrences

Les différents écrits dans ce domaine, notamment ceux de Spenger-Charolles (1980) et Charolles (1991), semblent être d'accord sur un nombre de principes :

- Le résumé est un texte, une construction, et non un ramassis d'informations. Il répond aux mêmes contraintes de cohérence et de cohésion que le texte-source.
- L'activité résumante consiste à condenser un texte, en donner une version plus courte, mais sémantiquement et informationnellement équivalente.
- Le texte-cible a le même registre énonciatif que le texte-source, véhicule le même ordre d'éléments et le même niveau de langage.

Nous retrouvons le résumé dans des produits diversifiés, par exemple les abstractions en tête d'articles visant à annoncer le contenu plus que de le résumer ; les notes de lecture pour des usages personnels ; les résumés intégrés dans les textes sources qu'ils soient des résumés dans des manuels ou dans des romans, etc. S'ajoutent à eux les résumés de films et les notes de cours qui n'ont pas de source écrite mais orale (audio-visuelle). Il est investi d'un autre rôle et d'une autre dimension quand il est considéré comme un outil de sélection dans un tout autre genre d'activité comme les épreuves de sélection pour certains concours et examens.

Mais dans notre cas, il n'a pas de finalité en soi, il n'a pas de but scolaire. Il a été requis pour le besoin de la recherche, pour donner l'occasion aux étudiants de s'exprimer sur un contenu précis, dans le but d'avoir une trace écrite permettant d'évaluer leurs compétences rédactionnelles.

Deux points d'appui nous entraînent dans deux directions différentes mais non opposées.

## **2-1-2- La re-construction par structures**

Dans la perspective traitée et présentée par L. Spenger-Charolles (1980), le résumé est perçu comme étant le texte de base, la macro-structure que nous assignons à un texte long, pour pouvoir le comprendre et le reproduire. Trois théories empruntées à la grammaire et correspondant chacune à un niveau de texte permettent de distinguer trois niveaux dans la compréhension-production d'un résumé.

### **A. LA MICRO-STRUCTURE**

La théorie correspondante est en rapport avec la structuration et la compréhension des propositions. A ce niveau, la compréhension ou la non-compréhension du texte sont déterminantes quant à la fabrication du résumé. Le « bénéfice de la cohérence » (*op. cit.* : 61) est accordé dès le départ à celui qui produit le texte-source et c'est ce qui permet et/ou exige des opérations de « rattrapage » du sens au fur et à mesure de la lecture du texte. Ce « rattrapage » se fait sur la base d'éléments explicites dans le texte et d'autres inférés.

La construction d'une Base de Texte Explicite, ou BTE, « détermine la possibilité d'élaborer les macro-structures textuelles » (*op. cit.* : 64), en partant du principe qu'il n'est possible de résumer que ce qui a été compris. Mais le chemin inverse est possible aussi, il n'est possible de comprendre que ce qui peut être résumé en partant du fait que le sens local est surdéterminé par le sens global. Ceci nous amène au deuxième niveau.

## **B. LA MACRO-STRUCTURE**

La théorie correspondante est en rapport avec la structuration et la compréhension du discours en tant qu'ensemble et en tant que globalité. Il y correspond une compétence macro-textuelle que la grammaire générative et transformationnelle définit comme ensemble de règles qui permettent à un « sujet parlant une langue L (...) de comprendre, d'émettre, de paraphraser et de RESUMER tout texte de L » (*op. cit.* : 65). La grammaire de texte propose comme modèle de cette compétence la théorie de la réduction ou « les macro-règles de réduction de l'information »<sup>33</sup> qui permettent de relier les macro-structures aux micro-structures (*op. cit.* : 65).

Les quatre règles de réduction telles que les définit Van Dijk et les reprend L. Spenger-Charolles (1980) sont :

Macro-règle d'effacement : qui consiste à supprimer toute information non nécessaire 1. à la compréhension du texte et toute proposition qui n'est pas condition d'interprétation d'au moins une autre proposition.

Macro-règle d'intégration : qui consiste à intégrer dans une proposition Q, toute 2. proposition P, condition, composante, ou conséquence normale des faits dénotés par Q (P et Q existant dans le texte )

Macro-règle de construction : qui consiste à construire une proposition Q, (n'existe 3. pas dans le texte, mais qu'on peut inférer de la BTE) et la substituer à toute proposition P du texte, condition, composante ou conséquence normale de Q.

Macro-règle de généralisation : qui consiste à généraliser prédicats et arguments par 4. inclusion hyperonymique dans la catégorie super-ordonnée, la substitution se faisant sur la base du lexique. Q, élément hyperonymique, n'existe pas dans le texte, et n'est pas exprimée en tant que telle dans le discours.

Ces macro-règles sont régies par deux principes : la récursivité, utilisable à plusieurs reprises dans un même texte ; et l'informativité qui les limite afin que le texte réduit reste malgré tout compréhensible.

## **C. LA SUPER STRUCTURE**

La théorie correspondante est celle reliant les micro-structures aux macro-structures. Ce niveau facilite l'application des macro-règles. Il ne définit pas le contenu global mais sa forme. C'est une sorte de « schéma abstrait » qui « (...) guide la construction des macro-structures » et qui lui donne « la même forme » (*op. cit.* : 71).

L. Spenger-Charolles résume à son tour les liens entre les différents niveaux comme suit : « la macro-structure, dérivée de la microstructure à partir des règles de réduction de l'information devra « reproduire », mais de façon globale, le contenu sémantique ainsi que la forme super-structurale du texte de départ » (*op. cit.* : 75).

Cependant, il nous semble que cette approche néglige un niveau important que M.

---

<sup>33</sup> L. Spenger -Charolles reprend les règles de réduction de l'information de Van Dijk.

Charolles (1991) traite et que nous reprenons, succinctement, dans ce qui suit.

### **2-1-3- La compétence linguistique**

Selon M. Charolles (1991), le résumé est un moyen d'évaluer le degré de compréhension d'un texte donné mais aussi « d'évaluer les capacités (...) de production écrite des élèves ».

Il part du principe que, du moment où l'information traitée « dépasse les capacités de reproduction à l'identique des sujets », il y a un travail de « condensation » mais aussi de « reformulation » qui s'effectue. En effet, « les sujets (...) construisent (...) dans leurs propres termes une version de ce qu'ils en (le texte) ont retenu » une version bien sûr plus « condensée ».

En raison de la contrainte de fidélité au texte-source, la reformulation se doit d'être paraphrastique. En effet « le résumeur doit solliciter (...) son lexique mental » pour produire le même sens avec un autre matériau lexical et syntaxique. M. Charolles cite quelques procédés de compactification paraphrastique tels que la nominalisation, l'adjectivation et les phénomènes de présupposition et d'implication (avec les verbes implicatifs comme « regretter », « décevoir »...etc.). Les deux opérations de contraction et de reformulation n'interviennent pas l'une après l'autre mais en même temps, et ce, pour s'assurer de la construction d'un tout cohérent. Elles sont complémentaires.

## **2-2- La réécriture et la paraphrase :**

---

C. Fuchs définit la paraphrase comme la capacité « à jouer avec la diversité des formes d'expression » (Fuchs, 1994 : 12). Elle distingue entre deux types de reformulations : une première, « imitative », que nous retrouvons dans les imitations de textes d'auteurs ; et une deuxième, « explicative », qu'elle dit « centrée sur l'interprétation de T (texte source)» (*op. cit.* : 8). Elle est plus utilisée dans les textes d'explicitation ou de vulgarisation, où le spécialiste tente de reformuler le contenu du texte source, T, afin d'en rendre le sens accessible à un public de non-spécialistes ou de semi-spécialistes. Il est, ainsi, question de textes anciens, poétiques, techniques ou scientifiques ...etc.

Le résumé, quant à lui, est considéré comme une reformulation explicative. Dans ce cas, C. Fuchs souligne que la perception traditionnelle de cette reformulation comme une forme d'amplification n'est pas valable : il s'agit, au contraire, de condensation.

### **2-2-1- Le travail expressif et cognitif**

La paraphrase fait appel à certaines connaissances et compétences liées à la variabilité des possibilités expressives qu'elle met en jeu. En effet, paraphraser est directement lié à la diversité de formes et d'expressions que le rédacteur a dans son bagage, et aussi à sa capacité à mobiliser, pour une même réalité, diverses représentations à travers les diverses expressions apparentées. Donc, plus il en possède, « plus "riche" est sa verbalisation, et plus grande est son aisance langagière et cognitive » (*op. cit.* : 13).

Mais paraphraser c'est aussi savoir choisir parmi cette diversité de possibilité celle

qui convient le mieux à la réalité traitée. C'est ce que C. Fuchs appelle « la justesse qualitative de l'expression » (*op. cit.* : 13). Effectuer ce choix présuppose une compréhension des intentions véhiculées par le texte source, qui amènera la reformulation de T en T'. Le passage de l'un à l'autre texte ne se fait pas alors de manière directe mais par la mise en place d'une représentation du contenu C de T qui, modifié ou intégré par le scripteur, donnera lieu à un autre contenu, C', plus ou moins proche du premier, et qui sera reconduit dans T'. Nous parlons alors d'un système « à transfert ». La première phase étant alors liée à l'identification d'intentions ou « interprétation », la deuxième, à la « transformation » et la troisième au choix expressif le mieux adapté ou « production » de T' <sup>34</sup> (*op. cit.* : 27).

Les différentes phases de ce transfert ne sont pas linéaires et hiérarchisées. Au contraire, elles peuvent être simultanées. La reformulation et la compréhension interagissant l'une sur l'autre et l'une avec l'autre.

### 2-2-2- La paraphrase et le continuum

Les différents choix effectués lors des phases de « transfert » sont :

- Quantitatifs : le paraphrasseur, en l'absence d'une consigne précise, peut soit développer C ou, inversement, le condenser.
- Qualitatif : le paraphrasseur peut déformer, plus ou moins, le contenu C' par rapport à C.

Entre l'identité absolue dans un cas et la distorsion extrême dans l'autre, nous avons alors un ensemble de possibilités de reformulations acceptables qui constitue le « continuum de transformations » parmi lesquels figureront les choix du paraphrasseur.

### 2-2-3- La Paraphrase, l'identité sémantique et l'équivalence

L'idée d'une identité sémantique entre l'élément paraphrasé et sa paraphrase voit des positions divergentes parmi les linguistes et les pragmaticiens : adoptée dans les années 60, elle est marginalisée plus tard. Dans le premier cas, « la synonymie entre phrases existe en langue car les différences de sens sont ignorées ou jugées négligeables ». Cette perspective amène à négliger les différences de sens dans l'étude des phrases apparentées. Dans le deuxième cas « la synonymie entre phrases n'existe pas en langue car les différences de sens sont essentiels et indépassables » et, dans ce cas, la paraphrase ne sera pas étudiée en linguistique (Fuchs, 1994 : 52).

La notion d'équivalence vient résoudre ce dilemme en tenant compte des deux perspectives avancées : la parenté, de par l'existence d'un invariant situé dans la « représentation sémantique de base » (*op. cit.* : 56); et la différence sémantique, liée aux formes différentes, « décrites en termes de compositions d'opérateurs élémentaires » (*op. cit.* : 58).

---

<sup>34</sup> Ce système prend la place d'un premier système à « pivot », inspiré lui aussi des systèmes de traduction automatique » et que C. Fuchs glose comme suit : « T signifie C, et C peut être reformulé par T' » (p-26).

#### **2-2-4- Les opérateurs élémentaires**

Au nombre de quatre, les opérateurs sont : ajout, suppression, déplacement et substitution d'un élément. La combinaison des deux premiers, à savoir la suppression et l'ajout d'un ou de plusieurs éléments de la chaîne pouvant amener des déplacements et des substitutions.

Comme le spécifie C. Fuchs, nous pouvons avoir quelques difficultés à identifier et distinguer les différentes opérations effectuées. Plusieurs schémas peuvent, en effet, nous amener au même résultat comme par exemple les combinaisons : « suppressions + ajout » et « substitution + déplacement ». De plus, les différents opérateurs élémentaires peuvent être, ou non, indépendants, c'est-à-dire que l'utilisation de l'un n'implique pas l'utilisation de l'autre nécessairement et obligatoirement.

Toutefois, il existe bien des « cas d'interdépendance » entre certaines opérations. C. Fuchs donne l'exemple de l'effacement du modale qui entraîne une substitution sur le temps, ou le mode du verbe qu'il introduisait.

A la lumière de tout ceci, nous nous proposons dans l'étude de notre corpus (surtout écrit) de voir l'impact des deux activités, résumante et paraphrastique, sur les productions. Aux macro-règles permettant le passage de la microstructure textuelle à sa macrostructure correspondent alors les opérateurs paraphrastiques.

C. Fuchs se pose quelques questions dont nous reprenons quelques-unes à notre compte mais du point de vue de la tâche accomplie ou en cours d'accomplissement et des choix effectués. Ainsi, nous nous proposons de voir par quels moyens les participants désambigüisent le contenu de leur cours et sur quoi ils se basent pour faire le choix parmi les diverses formulations équivalentes ? Aussi, nous nous demandons quelles conséquences peuvent avoir les opérateurs sur le sens, si le recours à l'effacement par exemple, n'entraîne pas une perte de sens ou une moindre précision ; ou encore, si la substitution n'entraîne pas « une sur- ou une sous- détermination de sens » ou même « un glissement de sens » ?

### **3- La production scientifique entre résumé et paraphrase**

Un premier travail de comptage nous a permis de voir sur un plan quantitatif, comment se fait la réécriture du texte objet ou support de la tâche, quelle quantité de matière est reprise dans la production finale du texte, et quelles types de matières : informations de base ou informations secondaires. Un deuxième travail nous a permis de définir à un niveau plus profond, celui de la structuration, quelles sont les relations reprises ou modifiées. Dans ce qui suit, nous allons étudier, plutôt, la qualité des reprises ou les différentes manières de reprendre les unités et les relations identifiées ci-dessus ; ainsi que les incidences sur les unités et les relations d'arrivées, sur leurs natures, leurs

pertinences et leurs validités.

Lors de l'étude des unités, nous avons constaté des taux de reprises des différentes unités qui varient selon les parties et selon les groupes. Nous avons aussi identifié, lors de l'étude des RST, des relations reprises, explicitées ou altérées. Dans l'étude des différentes opérations linguistiques et formelles que subissent les unités et les segments et qui accompagnent ou qui découlent de chacun des opérateurs indiqués ci-dessus ou de leurs combinaisons, nous allons voir comment ces unités et ces segments sont gérés sur le plan linguistique.

Différentes opérations sont exploitées telles que les ajouts, les effacements, les substitutions, et les déplacements. Mais comme nous l'avons déjà souligné, le passage de TS à TC se fait aussi par un phénomène de reprise ou de paraphrase intégrale. Nous incluons donc cette opération à notre analyse.

### 3-1- Les reprises

---

Comme nous l'avons déjà souligné, le passage de TS à TC se fait, entre autre, par le moyen de reprises d'unités et de segments entiers. La reprise se fait en bloc ou en détails. C'est-à-dire que nous pouvons trouver une suite d'éléments<sup>35</sup> repris successivement ou encore avoir des éléments éparpillés.

Le taux de fréquence ne dépend pas de la nature des éléments mais du texte. En effet, à l'exception du G1, où nous avons 17 UB reprises face à 10 SUB et 13 UH, dans les deux autres groupes où la reprise est utilisée, la nature des unités a peu de conséquence sur le nombre des reprises. Par contre, ces reprises varient selon les groupes. Par exemple, dans le groupe 1, le nombre d'unités et de segments paraphrasés intégralement est plus important que dans le groupe 2 ou encore 7. Dans G1, 22 segments de 53 et 40 unités (UB, SUB et UH) de 67 sont repris, alors que dans G7, aucun segment n'est repris intégralement et à peine deux unités hiérarchiques sont reprises. De même, dans G1, les blocs d'éléments repris sont plus importants que dans G2 par exemple ou G3 où ce type d'éléments se présente de manière isolée.

Ceci nous renseigne sur l'importance accordée à ce moyen. En effet, son utilisation massive et sur des blocs d'information dénote une certaine incapacité à se détacher du texte source. C'est le cas de G1, comme nous l'avons déjà relevé dans l'étude hiérarchique et l'étude RST. Par contre, pour le G2, le recours limité à ce moyen nous incite à modérer nos conclusions concernant son attachement au texte source et à réorienter l'explication de cet attachement. Il s'avère de plus en plus qu'il est un attachement au fond plus qu'à la forme des informations. L'équivalence entre la structure de ce texte par exemple et du texte source n'est pas liée à une conformité sur le plan linguistique entre les deux textes.

La reprise est, certes, un moyen important pour certains mais son utilisation reste limitée. D'autres compétences sont mises à profit par les étudiants.

---

<sup>35</sup> Nous désignons par éléments les unités et les segments.

## 3-2- Les effacements

---

### 3-2-1- Les éléments touchés

L'effacement est une des opérations les plus utilisées par les groupes vue la nature synthétisante de la tâche. Nous en avons déjà souligné les conséquences générales quant à la composition en unités des différents textes dans l'analyse hiérarchique. Nous en verrons ici les conséquences liées à la matière linguistique.

L'effacement touche le texte de différentes manières : effacements de blocs entiers d'informations, effacements de segments et/ou d'unités, ou encore effacements de bribes d'éléments.

Comme nous l'avons souligné, la suppression d'éléments entiers est un phénomène qui touche les groupes G3, G4 et G7 plus que les deux autres, tout comme la suppression de blocs entiers d'informations. Elle touche aussi les UH et les SUB plus que les UB. Certaines données supprimées sont communes ou presque à tous les groupes comme :

- *Les éléments d'énumération* : la série d'exemple de bosons et de fermions entièrement effacée des textes de G4 et G7 et réduite à ces éléments essentiels dans les autres.
- *Les éléments de démonstration* : les différentes étapes de la démonstration mathématique de l'équation de la symétrie de la fonction sont souvent réduites aux lignes contenant les germes du postulat à énoncer comme la ligne finale ou encore la définition de l'opérateur d'échange et de ces deux valeurs, positive et négative. Seul le groupe 4 occulte entièrement cette étape du cours de son texte.
- *Les éléments de rappel* : la troisième partie du texte du cours en présente un cas important en taille et en valeur celui du rappel de l'hamiltonien qui est utilisé par la suite dans les équations. Ce rappel est complètement effacé des textes de G3, G4 et G7 alors qu'il est réduit à ces deux premiers éléments dans les deux autres textes. Aussi, le rappel, en début de cour, dans l'introduction, de la définition de l'identité de deux particules n'est repris que dans le texte de G1.
- *Les éléments données* : comme nous l'avons vu dans l'analyse hiérarchique, ces éléments sont peu reconduits dans les différents TC. Par exemple les différents éléments facilitant la lecture de la fonction d'onde, éléments qui se trouve au début de la deuxième partie du texte du cours et que nous ne retrouvons que dans le texte de G1 ; ou encore la convention qui définit les éléments du déterminant de Slater qui n'est reprise que dans le texte de G2 et de G4.

### 3-2-2- Les effacements et les incomplétudes

Les différentes suppressions peuvent avoir, pour conséquences, de créer des rapprochements entre des éléments qui ne l'étaient pas forcément, et de laisser des vides logiques qui rendent difficile l'identification des liens entre certains éléments. Nous avons

noté ce phénomène dans l'étude de certaines relations comme la jonction reliant le segment 3 au segment 1-2 du texte de G3. C'est le cas aussi, par exemple, dans le texte de G4 où l'effacement de l'équation du postulat de symétrisation et de son énoncé nous met directement face aux deux types de particules, leurs définitions et leur rapport aux deux types de fonctions, sans que le lecteur puisse identifier d'où viennent ces informations et qu'est-ce qui les justifie. Le groupe 2, quant à lui, même s'il reprend des éléments de cette démonstration, n'en reprend pas les plus pertinents, ceux qui assurent le lien direct avec les deux états du système, l'état positif et l'état négatif.

Aussi, d'un texte à l'autre, les différents éléments justifiant l'expression de la fonction d'onde des bosons ou celle des fermions ne sont pas toujours dans la liste des points importants pour les étudiants. A l'exception du groupe 1 qui reprend les deux justifications, et du groupe 2 qui en reprend une seule (celle de la fonction des bosons), les autres groupes se contentent, ou d'introduire les fonctions, comme G3, ou encore seulement de les décrire comme G4 et G7.

D'autres informations sont souvent sujettes à des suppressions quelque peu abusives. Il s'agit par exemple des informations assurant l'introduction des conclusions sur la possibilité d'occupation d'un état par une seule particule ou par plusieurs selon le cas. Pour les bosons, la démonstration mathématique assurant le lien entre l'expression de la fonction et la conclusion n'est reprise que par le groupe 1 ; de même pour les différentes étapes introduisant le principe de Pauli. Les groupes 2, 4 et 7 se contentent de présenter les conséquences de la nature du déterminant de Slater sans les relier explicitement au principe. Le groupe 3, quant à lui, en reprend le dernier point seulement ce qui prête à quelques confusions comme nous le verront plus loin.

Le groupe 7 présente un cas unique, celui d'occulter la conclusion sur la possibilité pour plusieurs bosons d'occuper un même état quantique.

Ceci en ce qui concerne les effacements d'éléments entiers et certaines des conséquences qui en découlent sur la qualité scientifique des textes.

Mais les effacements concernent aussi les composantes des éléments. Elles sont une des facettes de la non reprise intégrale des segments ou des unités. Il s'agit d'effacements de termes dans les équations par exemples, de groupes nominaux, de groupes prépositionnels etc. Mais à ce niveau, elle n'est pas l'opération la plus conséquente sur la forme et le fond des textes produits.

Comme nous l'avons avancé dans le cadre théorique, afin de palier à certaines vides surtout lexiques, les co-producteurs ont recours à des combinaisons avec d'autres opérateurs. Les effacements sont souvent suivis d'ajouts, surtout de connecteurs, et de substitutions. En fait, les effacements font souvent partie des suites d'opérations de modifications que subissent les éléments.

### 3-3- Les ajouts

---

Là aussi, les éléments touchés peuvent être des éléments entiers d'informations ou des éléments partiels. Dans les différents textes, les premiers ajouts sont peu fréquents contrairement aux deuxièmes types d'ajouts.

### **a. Les ajouts entiers**

C'est le cas de certaines SUB ajoutées entièrement comme celle dans le segment 13 du texte de G2 qui sur-définit l'opérateur d'échange. Aussi la SUB dans le segment 20 qui décrit la fonction d'onde  $\psi$ .

C'est aussi le cas de certains segments comme les segments 22 et 23 dans le texte de G1 qui sont les reformulations en équations du segment 21. Ou encore des segments de préparations qui n'étaient pas présents dans le texte source comme les segments 2 et 18 dans TC de G2 et le segment 3 dans TC de G7 qui déterminent le contenu et la visée des informations qui suivent.

Les textes voient aussi deux cas d'ajouts isolés : celui d'une UB dans le segment 9 du texte de G7, unité qui introduit la notion d'amplitude d'un paquet ; et l'ajout d'une UH entièrement créée par G4 afin d'annoncer les données du texte.

Ces ajouts sont limités surtout en comparaison avec les ajouts partiels.

### **b. Les ajouts partiels**

Ces ajouts sont variés et nombreux. Ils concernent plus les UB que les SUB ou les UH, les UB présentant plus de liberté d'expression.

Les plus importants sont des connecteurs. Le texte de départ en comptait très peu, mais comme nous l'avons souligné dans l'analyse RST, le recours aux différents moyens de coordination, de subordinations, les prépositions etc. a accompagné la réécriture du texte du cours. Certains de ces ajouts qui servent l'explicitation sont positifs, d'autres non. Nous avons vu que l'explicitation de certaines relations comme celle entre les segments 8 et 9 ou entre 13 et 14 du texte de G7, par « ainsi », souligne des relations de conséquences qui sont erronées. Aussi, l'ajout de « cad que » dans le texte de G4, au début du segment 5, pour expliciter la relation entre l'indiscernabilité des particules et la définition d'une fonction d'onde en mécanique quantique, altère la relation de conséquence qui relie, à l'origine ces deux notions et la remplace par une explication.

Nous notons aussi le recours à quelques adverbes, à des marqueurs discursifs et métadiscursifs et à des propositions. Ces cas ne sont pas très fréquents mais ils existent. Ils font partie des suites de modifications qui rentrent dans le cadre des substitutions et seront traités alors dans les phrases en question. Nous pouvons citer à titre d'exemple l'ajout de la proposition principale dans le segment 2 du texte de G4 ou dans le segment 16 du texte de G7, ou encore l'ajout de « normalement » dans le segment 25 du texte de G2.

Aussi, l'ajout des compléments de nom ou circonstanciels que nous reprendrons aussi dans l'étude des substitutions auxquelles ce type d'ajout est souvent lié et ce afin de les mettre plus en valeur à travers leur étude dans des situations précises.

## **3-4- Les déplacements**

---

Les cas de déplacements d'éléments ne sont pas très fréquents mais ils sont importants

et conséquents. Ils relèvent d'une volonté plus ou moins confirmée de restructurer le texte de départ. Ils sont donc plus fréquents dans les textes qui ont présenté une volonté de détachement par rapport à TS, et atteignent le taux le plus élevé dans le texte de G4.

Nous en distinguons 2 catégories : les déplacements positifs, qui n'affectent pas la validité des renseignements scientifiques véhiculés par le texte, et les déplacements négatifs.

### **a. Les déplacements positifs**

Nous distinguons deux cas de figure :

- *Un premier cas* de déplacement sert à mettre en avant certaines informations comme les conclusions. Un cas de figure illustrant ceci, est celui du déplacement que subissent les éléments de l'introduction dans le texte de G2. En effet, les conclusions sur la possibilité de discerner ou non entre deux particules identiques selon la mécanique en question sont post-posées aux informations qui les justifient. L'introduction dans le texte de ce groupe est ainsi restructurée. Ce cas de figure est unique. Dans le texte de G4 par exemple, seule le cas de la mécanique classique voit ce type de déplacement, pour le principe d'indiscernabilité, les éléments sont repris dans l'ordre de TS.
- *Un deuxième cas* de déplacement sert à rapprocher des éléments dispersés dans le texte source. C'est le cas des données relatives aux deux particules. Les définitions du spin de chacune d'elle sont mises en rapport direct avec les éléments contenant la définition du système qui lui correspond, qu'il soit symétrique ou antisymétrique. Ce travail est effectué par 3 groupes sur 5, à savoir les groupes identifiés comme se détachant de TS. Il permet de rassembler les différentes informations sur chacune de particules dans des segments successifs comme dans le texte de G3 et G4 ou encore dans un même segment comme pour G7. Toutefois chaque groupe présente un nouvel ordre des données en question. Une variété de reformulation que nous verrons plus loin.

Il existe toutefois un cas de déplacements qu'il est difficile d'attribuer, à ce stade, à une volonté de mise en valeur par exemple ou autre. Il s'agit de l'antéposition de l'étude des fermions, à  $T=0K$ , à l'étude des bosons dans le même cas. S'agit-il d'une réorganisation volontaire ou accidentelle ? Nous arriverons peut être à y trouver une réponse dans l'étude de la rédaction conversationnelle à travers l'analyse de corpus oral. Quoiqu'il en soit, ce déplacement n'affecte en rien la qualité scientifique du texte.

### **b. Les déplacements négatifs**

Nous avons identifié dans l'analyse RST des cas d'altération dont les origines se situent essentiellement à ce niveau de la paraphrase, à savoir le déplacement. C'est le cas de la conséquence reliant les segments 35 et 36 du texte de G2 et aussi de l'explication entre les segments 1 et 2 du texte de G3.

Dans le texte de G2, le segment 36, qui rappelle le rapport entre la fonction d'onde

des fermions et l'état antisymétrique du système de ces particules, présentait, dans le texte source, le recours au déterminant de Slater comme la conséquence de la condition d'antisymétrie à satisfaire. Alors que dans le texte cible, c'est le segment équivalent 36 qui se présente comme la conséquence du recours au déterminant : le rôle est inversé.

Dans le texte du groupe 3, il s'agit du déplacement qu'a subi le segment 1. Ce segment exprime la possibilité en mécanique classique de discerner entre deux particules identiques. Dans TS, il était placé à la suite des données concernant la possibilité de déterminer la trajectoire d'une particule. Le passage de TS à TC le place tout au début du texte, avant même la définition des propriétés d'une particule qui, combiné avec l'effacement de la définition de deux particules identiques, se présente comme son explication.

La question qui se pose alors est : à quoi sont dû ces mauvaises gestions des données du texte source ? S'agit-il d'une mauvaise compréhension ou d'une mauvaise manipulation ?

### **3-5- Les substitutions**

---

Elles tiennent une place d'honneur dans les textes de G2, G3, G4 et G7. Mais, que substituent les participants et par quoi ?

#### **3-5-1- Les types de substitution**

##### **A. LA TRADUCTION TRANSCODIQUE**

Il s'agit d'une substitution du langage symbolique et/ou schématique par le langage naturel. Nous en comptons quelques cas surtout ceux relatifs à la traduction des deux derniers schéma du texte source, cas de figure présent dans les textes de G2, G3 et G7.

Aussi le cas, dans G7, de la traduction, dans le segment 4, des symboles des vecteurs présentés dans l'introduction de TS ; ou encore dans les segments 16 et 17 du même texte cible, de la traduction du rapport entre les états des systèmes et les signes « + » ou « - » de l'énoncé du postulat.

##### **B. LA DIVISION/ CONDENSATION**

Nous distinguons deux cas de figures :

- *La division d'un élément en deux* : nous pouvons citer l'exemple des segments 5 et 7 du texte de G7 :

(5) / donc lors d'un déplacement on peut suivre l'évolution de chaque particule /

(7) / vu que chaque une est défini par un trajectoire /

qui se substituent au segment du texte source :

*On peut définir la trajectoire d'1 partic à partir des condit<sup>o</sup> initiales.*

appuyant, doublement, les propos du segment 6.

C'est aussi le cas des segments qui traduisent les schémas des particules à T=0K : le schéma des bosons est traduit par deux segments et celui des fermions par trois. Ces segments correspondent aux indications ou légendes permettant la lecture des schémas.

Certaines unités se subdivisent aussi, comme l'unité de base du texte source

*La permutation des états de ces 2 partic laissent invariant  $|\Psi|^2$  :*

qui donne les unités du segment 10 dans le texte de G2 :

(10) / ~~on a~~ *La fct d'onde ne change pas . dans une permutation des 2 états . / / **cà  $d$   $|\Psi^2|$  reste invariante . /***

Nous notons ici deux phénomènes : le premier, est que la deuxième unité est une paraphrase de la première, une paraphrase qui se veut plus fidèle aux termes initiaux ou sources. Le deuxième phénomène est que cette paraphrase est, désormais, une SUB.

La condensation de plusieurs éléments en un : il s'agit du phénomène inverse au développement, à savoir la condensation. Nous citons l'exemple du segment 3 dans G4 :

(3) / et c'est à cause de la notion de trajectoire /

qui reprend .

<i>/ à t=0</i>	<i>/ à t=0</i>
$\begin{matrix} \rightarrow & \rightarrow \\ (r_0, v_0) & \\ \rightarrow & \rightarrow \\ (r'_0, v'_0) / \end{matrix}$	$\begin{matrix} \rightarrow & \rightarrow \\ (r_0, v_0) & \\ \rightarrow & \rightarrow \\ (r'_0, v'_0) / \end{matrix}$

*/ On peut définir la trajectoire d'1 partic à partir des condit<sup>o</sup> initiales./*

Nous citons aussi l'exemple des segments 19 et 20 du texte G7 :

*(19) / les bosons sont des particuls de spin entier / / qui obeissent a la loi de Bos Einstein / / et qu'il admit vis a vis d'un changement d'etat ds fcts<sup>o</sup>d'onds symetriques . /*

*(20) / Et on a les fermions qui sont des particule de spin  $\frac{1}{2}$  entier / / qui obeissent a la statistique de Ferm Dirac , / / elle admit des fct<sup>o</sup> d'onds antisymetrique vis a vis d'un changement d'etat . /*

qui reprennent, pour chaque particule, en un seul segment, et la définition de l'état de la fonction, et le spin qui y correspond.

Le texte du groupe 4 présente un cas de condensation unique, celui de rassembler, en un seul bloc, pour chaque particule, les données générales sur sa fonction d'onde et celles à  $T=0K$ . Cette opération fait appel bien sur à l'effacement de certains éléments et au déplacement d'autres. Des schémas des fonctions à  $T= 0K$ , seul subsiste la nature du phénomène quantique, qu'elle soit répulsion ou attraction. Ce qui fait que l'ensemble des informations relatives à la fonction d'onde des bosons se résume dans le segment 12-14, et celui relatif à la fonction des fermions, dans le segment 15-20.

### **C. LA SUBSTITUTION SIMPLE**

Il ne faut oublier, bien sûr, les cas plus fréquents encore, de substitution d'un élément par autre, que ce soit un segment par un autre ou une unité par une autre - de même nature ou pas.

C'est le cas du segment 6 du texte de G7

(6) / par conséquent on dit en MC que 2 particules identiques sont discernables /

ou encore du segment 2 du texte de G4

(2) / on peut dire que dans la mécanique classique les particules sont discernables /

qui se substituent au segment source :

En MC, 2 particules identiques sont discernables .

Ou encore, les segments 16 et 17 du texte de G2

(16) / - état symétrique / → / pour les bosons / / obéit à la statistique de Bose Einstein /

(17) / et l'état antisymétrique / / pour les fermions / / qui obéit à la statistique de Fermi Dirac . /

qui se substituent aux segments source :

/ - si la fonction d'onde de sys est sym . il s'agit de bosons . / / c à d obéissant à la statistique de Bose - Einstein /

/ - si  $\psi$  est antisym . ce sont des fermions / / obéissant à la statistique de Fermi - Dirac . /

C'est aussi le cas des sous-unités du segment 4 du texte de G2

(4) / puisque pour chaque particule on peut définir la position et la vitesse /

/ et par conséquent la trajectoire . /

qui correspondaient, dans TS, aux unités de base suivantes:

$$\begin{array}{cc} / * \dot{a} t = 0 & / \dot{a} t) 0 \\ \begin{array}{cc} \rightarrow & \rightarrow \\ (r_0, v_0) & \end{array} & \begin{array}{cc} \rightarrow & \rightarrow \\ (r(t), v(t)) & \end{array} \\ \begin{array}{cc} \rightarrow & \rightarrow \\ (r'_0, v'_0) / & \end{array} & \begin{array}{cc} \rightarrow & \rightarrow \\ (r'(t), v'(t)) / & \end{array} \end{array}$$

*! On peut définir la trajectoire d'une particule à partir des conditions initiales.*

Les UH aussi sont souvent substituées par des UB comme le segment 6 du texte de G3, les segments 8 du texte de G2

*(6) / on définit le postulat de symétrisation de 2 particules identiques : par la formule suivante : /*

*(8) / dans II : on va voir le Postulat de symétrisation . /*

ou encore le segment 39 du texte 2 et le segment 23 du texte de G3

*(39) / Ensuite cherchons la différence entre états de fermions et état de Bosons à  $T=0k$  et à l'état fondamental : /*

*(23) / La différence entre l'état de fermion et l'état de bosons à  $0k$ , c'est que /*

qui reprennent les sous-titres suivants :

*II- Le postulat de symétrisation :*

*5- Etat fondamental d'un sys de particules identiques : différence entre états de fermions et états de bosons à  $T=0K$ .*

### 3-5-2- Les modifications linguistiques

Différentes opérations traduisent ces substitutions sur le plan linguistique. Nous avons alors la substitution :

#### **A. GROUPE NOMINAL/ PROPOSITION**

Les exemples les plus représentatifs de ce cas sont ceux des UH transformées en

---

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

UB comme, les segments 6 et 8 dans G3 et le segment 11 dans G7.

*(6) / on définit le postulat de symétrisation de 2 particules identiques : par la formule suivante : /*

*(8) / et on énonce le postulat : /*

*(11) / pour ces particules on définit ce qu'on appelle postulat de symétrisation / / qui permet de donner les renseignements sur l'état d'un système vis à vis à une permutation des états de deux particules./*

qui remplacent les groupes nominaux :

*II- Le postulat de symétrisation :*

*1- symétrie de la fonction d'onde d'un sys de partic identiques par rapport à l'échange des états de 2 partic*

*2- Énoncée du postulat de symétrisation :*

Dans G3, le premier sous-titre est repris dans une proposition où le sujet, l'article indéfini « on », et le verbe, « définir », sont souvent présents dans les discours scientifiques. Le troisième sous-titre reprend la forme verbale du substantif « Énoncée », conjugué avec l'article « on ». Les segments 6 et 8 gardent leur relation de préparation aux segments introduits dans les segments 7 et 9.

Dans G7, la situation est quelque peu différente : les participants reprennent les deux premiers sous-titres en les combinant en une seule phrase complexe. Les UH subissent plusieurs modifications que nous classons en deux étapes : l'ajout d'une proposition constituée d'un complément de but, du sujet « on » et du verbe « définir » et d'un complément d'objet « ce » ; et la transformation du premier sous-titre en une proposition principale dont la subordonnée est le deuxième sous-titre ; le tout devient alors proposition subordonnée à la proposition principale ajoutée.

De telles modifications ont eu pour effet de changer le rôle de préparation que jouait ces UH dans TS. La relation, comme nous l'avons vu, est altérée surtout que le segment 11 est, en plus, lié au segment suivant dans une relation qui est, elle-même, altérée.

Nous incluons dans cette catégorie, la substitution d'une conjonction par une proposition, comme dans le segment 29 du texte de G2 ou encore le segment 16 du texte de G3. « donc », introduisant la conclusion sur la possibilité pour plusieurs bosons

d'occuper un même état, est remplacée par la proposition principale « on conclut qu' » dans le segment 29, ou « on peut conclure que » dans le segment 16, transformant, ainsi, la phrase simple de départ, en une phrase complexe.

### **B. DE PROPOSITION(S) PAR PROPOSITION(S)**

Il peut s'agir de substituer des propositions participiales, par exemple, par des propositions simples ou complexes comme les propositions définissant le rapport des particules aux statistiques

*/ c à d obéissant à la statis de Bose – Einstein /*

*/ obeissant , la stat de Fermi – Dirac . /*

qui sont reprises dans le texte de G2 par

*(16) / (...) / / obeit à la statistiqu de Bose Einstein /*

*(17) / (...) / / qui obeit à la statistqu de Fermi-Durc . /*

Dans le segment 16, désormais, nous avons affaire à une proposition simple, et dans 17 à une subordonnée introduite par « qui », les deux reconduisant le même verbe que dans le texte source : « obéir ».

La substitution peut être celle de propositions simples et/ou complexes par une proposition complexe ou plus. C'est le cas des segments 42 et 43 du texte de G1 qui deviennent une seule et unique proposition complexe alors qu'ils correspondaient dans TS à deux propositions, une complexe et une simple. Les phrases de TS :

*On doit chercher une combin linéaire des  $\rho_{\alpha 1}(1) \dots \rho_{\alpha N}(N)$  qui soit antisym*

*Une solution possible a été donné par Slater .*

donne :

*(42) / pour que la fonction d'onde vérifie le postulat d'antisymétrisation /*

*(43) / on fait appelle à la méthode de Slater /*

L'obligation exprimée dans la périphrase verbale de la première phrase est reprise dans le segment 42 par la subordonnée de but. La réponse à cette obligation, réponse présentée dans la deuxième phrase de TS, devient ainsi la principale de la subordonnée de but et contient le moyen de la réaliser.

L'introduction du texte de G2 présente aussi un cas de figure intéressant. En effet, en plus du déplacement des conclusions et leur placement avant les segments les justifiants,

les participants opèrent des conjonctions, traduites par « puisque » et « par conséquent » entre les différents segments qui subordonnent les justifications aux conclusions.

### **C. DE VERBES / VERBES**

Nous rassemblons ici quelques unes des modifications reliées directement aux verbes, qu'elles soient :

- d'un verbe par autre comme dans le segment 7 du texte de G4 où « (on) distingue » remplace « (il) existe », ou dans le segment 18 du texte de G7 où « (on) va prendre » remplace « (il) existe », ou encore dans le segment 30 du même texte où « (on) peut (les) étudier » laisse la place à « (on) peut faire l'étude ». Nous notons qu'il s'agit toujours d'un sujet indéfini, qu'il soit le pronom indéfini « on » ou le pronom impersonnel « il ».
- de voix, passif / actif, dans les segments 43 du texte de G1 où, en plus du changement de verbe, la voix active remplace la voix passive dans « une solution possible a été donné par Slater ». Aussi dans les segments 26 du texte de G2, où la cas est inversé et où la voix active de

*« cette fct ne vérifie pas ce postulat »*

est substituée par

*(26) / mais d'après la fonction qu'on a pris le postulat n'est pas vérifié /*

Nous pouvons indiquer aussi les cas des segments 7 et 22 du texte de G7.

- de mode : souvent l'impératif du texte source, utilisé dans l'introduction des données, est repris dans le texte cible par l'indicatif. Par exemple, nous avons dans le texte de G2, le segment 13 qui reprend « soit Pij ... » par « ... on va introduire ... », ou encore le segment 27 qui reprend « considérons » par « on va faire ».
- de la restriction par l'affirmation : ex dans le segment 7 du texte de G2 et le segment 5 du texte de G 3 où la restriction du texte source « on ne peut définir qu'un paquet d'onde ... » est remplacé, respectivement, par « et on parle donc de paquet d'onde », et « on parle de paquet d'onde caractérisé par ... ». ou encore la restriction du segment source « Les états physi ... ne peuvent être que ... » qui est substituée dans le texte de G2, dans le segment 15, par « on signale que pour un système ... on a 2 états physiques ».

### **D. DE TERMES PAR D'AUTRES**

Ces substitutions concernent, comme nous l'avons vu dans le point précédent, les verbes

mais elles concernent aussi les groupes nominaux et les conjonctions.

- Groupes nominaux/ groupes nominaux : l'exemple du segment 5 du texte de G7 est un exemple représentatif des chaînes qui peuvent être créées lors des reformulations. En effet, les thèmes de « trajectoire » et de « conditions initiales », que nous avons dans la phrase du texte source, sont repris dans le texte cible par « déplacement » et « évolution » (« conditions initiales » impliquant « conditions finales », et donc entre les deux, « évolution »).
- De même, dans l'exemple des segments 42 et 43 cité plus haut (cf. 3-5-2-b), « on doit chercher une combin linéaire ...qui soit antisym » est reprise par des termes directement liés au principe qui permet de parler de « symétrie » / « antisymétrie », à savoir « ftion d'onde » et « le postulat d'antisymetristion ».
- Ou, plus simple, dans le segment 34 du texte de G2, la substitution de « l'expression de déterminant » à « la propriété d'un déterminant ».
- Conjonction/ conjonction : dans le segment 9 du texte 4, « d'où » remplace « càd » qui introduit le segment équivalent dans TS, et contribue ainsi à altérer la relation de départ qui reliait les segments en question. Dans le segment 23 du texte de G7, « donc » est substitué par une conjonction équivalente « par conséquence ».

### **3-5-3- Les conséquences**

Suivant leurs incidences sur la matière scientifique, on distingue, comme pour le déplacement, deux catégories :

#### **A. LA SUBSTITUTION POSITIVE**

Nous pouvons citer ici, à titre d'indications et non de restriction, l'exemple de la substitution des éléments de l'introduction du texte de G2 qui met en valeur les différents rapports qui les relie, entre autres par leurs explicitations.

Aussi, les substitutions qui donnent les segments 2 et 3 du texte de G4, et qui mettent en valeur la relation de justification qui existe entre eux.

#### **B. LA SUBSTITUTION NÉGATIVE**

Selon la nature de l'élément substitué, nous avons des conséquences et des altérations de portées différentes. Par exemple, les substitutions qui (re-)créent les segments 12 et 13 du texte de G4. Ces substitutions, (d'une UH par une UB dans le segment 12, de la proposition par un groupe de nom, etc.), combinées avec l'effacement, ont fortement affaibli le contenu informationnel et scientifique. C'est à peine si le lecteur peut comprendre qu'il s'agit là de la « fct d'onde » des « bosons » où « toutes les permutations » d'état sont « possibles », et donc, qu' « un nbre qlq de bosons ident peut occuper un <sup>m</sup> état individuel.

Un des cas d'altération les plus importants se trouve dans le texte de G7, entre les segments 19-20, 21-23 et 24-29 et entre l'ensemble de ces segments et le segment

11-17. Ces segments subissent une re-détermination des relations les reliant entre eux et avec le reste du texte ; une re-détermination due en grande partie à la substitution du segment de départ

*Dans la nature , il \$ existe 2 types tq :*

par le segment 18

*(18) / et pour mieux comprendre la notion de symétrisation on va prendre deux types de particules telque les bosons et les Fermions /*

Ce nouveau segment contient des indices qui guident la lecture et la segmentation de la suite du texte. Il présente deux entrées, celle des bosons et celle des fermions. La suite des segments, comme souligné dans la RST de ce texte, est construite sur l'étude de ces deux entrées afin de les définir, ensuite de définir leur fonction, et enfin leur état à T=0K. Le recours à la coordination « et » ne fait que confirmer cette lecture des rapports entre les segments suivant ce que nous aurions pu identifier, dans une analyse thématique, comme une progression par archi-thème.

Un autre exemple de substitution négative, toujours dans le même texte, est celui du segment 12. Présentant un ensemble de données, il est relié au segment 11, dont nous savons qu'il est, lui-même, la substitution de deux sous-titres. Le segment 12 devient alors une subordonnée reliée au segment 11 par « dont » et définissant un de ces constituants : « particules »

## **3-6- Les conséquences sur les unités et les segments : bilan et conclusions**

---

### **3-6-1- Le bilan des opérateurs**

Les quatre opérateurs, en plus de l'élément de reprise que nous avons choisi de mettre en relief et d'inclure dans notre analyse, touchent indifféremment les différents segments et moments des textes. Il est évident que ce sont les suppressions d'informations ou les ajouts - de connecteurs, de métadiscours, de phrases introductrices qui n'existaient pas dans le texte de départ, ou pas comme tels/ en remplissant cette fonction etc.- la condensation d'informations ou la généralisation, en somme les différents opérations identifiés dans l'étude des reformulations et des paraphrases, qui, à des niveaux « micro » surtout, provoquent ces changements. Leurs incidences sur la structure et la matière scientifique des textes présentent des côtés positifs et d'autres non.

L'effacement montre les liens directs qui peuvent exister entre certains éléments, éloignés dans l'espace du texte source. Mais il a aussi des conséquences négatives sur la structure des textes comme c'est le cas pour le texte du groupe 4. Ce groupe use de ce moyen de manière importante ce qui affecte la qualité scientifique de sa production.

C'est aussi le cas des déplacements qui, par exemple dans les définitions des particules bosons et fermions dans TC de G7, rapprochent les différentes définitions en rapport avec chaque particules. Le déplacement sert aussi à mettre en relief certaines informations tel que l'indiscernabilité ou inversement la discernabilité des particules

identiques dans l'introduction. Mais peut aussi être à l'origine d'erreurs de sens.

L'ajout de certains éléments sert par exemple à mettre en valeur certaines informations comme la différence de la notion de particules identiques entre les deux mécaniques dans l'introduction de TC de G2 ou encore de la différence entre les deux particules dans le même texte. Le même contenu peut être perçu différemment : par exemple l'introduction pour G7 sert à mettre en valeur la différence concernant le principe de discernabilité dans chacune des deux mécaniques. Ce moyen est utilisé modérément et prudemment.

La substitution aussi joue un rôle important dans la retransmission du contenu de TS. Elle touche différents niveaux des textes et donne, aussi, des résultats positifs et d'autres moins. Elle est fortement liée aux autres opérateurs qu'elle complète souvent ce qui fait que les conséquences d'une mauvaise manipulation peuvent se répercuter sur des segments de tailles importantes comme c'est le cas pour le texte de G7 et son segment 18 que nous avons souligné ci-dessus.

La question qu'on peut se poser alors est : quel rapport existe entre les unités et les relations modifiées/restituées d'un côté et les opérateurs de la paraphrase d'un autre ?

### **3-6-2- Les combinaisons et les textes**

Nous notons, selon les groupes, que certains opérateurs et certaines combinaisons d'opérateurs sont plus utilisés dans certains textes que dans d'autres et donc sont reliés aux niveaux d'attachement au texte de départ et à certains types de propositions relationnelles.

Par exemple, le groupe 1 a, plutôt, recours à la reprise, surtout d'éléments entiers, et à l'effacement, surtout des SUB. Ce qui va de pair avec les taux élevés de relations reprises. L'ajout, le déplacement ou encore la substitution, sont peu utilisés, ce qui laissent peu de place à la création ou l'explicitation de relations et ainsi à l'altération.

Pour le groupe 2, la substitution et les ajouts, surtout partiels, marquent le contenu du texte. Combinés avec un recours modéré à l'effacement (surtout de SUB) et au déplacement, le tout crée comme nous l'avons vu, un équilibre entre les différents constituants du texte et entre les différents types de relations, reprises, explicitées ou altérées.

Pour les groupes 3, 4 et 7, l'effacement et la substitution sont les opérateurs clés du passage de TS à TC. Cette combinaison coïncide avec un taux d'explicitation non négligeable. Elle coïncide aussi, dans ces textes, avec un taux de relations altérées, et donc d'erreurs sur la matière scientifique, assez important. Nous ne pouvons occulter la possibilité d'un lien entre les (in)compétences et ces erreurs et ne pas considérer qu'elles en sont une raison importante.

Les trois groupes présentent toutefois un point commun important : une relation reprise, identifiée comme telle dans l'analyse RST, ne l'est pas forcément sur le plan linguistique. Les segments en question peuvent avoir été paraphrasés sans pour autant que les liens entre eux soient modifiés. En effet, c'est le cas, par exemple, pour les relations définissant les rapports entre les grands segments qui ont subi, au moins, des

effacements.

Aussi, nous notons qu'il n'existe pas de rapport particulier entre un outil linguistique en particulier et l'altération. Ce sont souvent les explicitations des rapports entre les segments - que ce soit par les connecteurs, les groupes prépositionnels, les propositions subordonnées - avec les effacements et les déplacements, qui provoquent l'altération et, souvent l'erreur scientifiques (toutes les altérations ne l'impliquant pas automatiquement) .

### 3-6-3- Les compétences et les insuffisances linguistiques

Les analyses précédentes nous ont permis de voir l'ensemble des compétences et des insuffisances linguistiques des étudiants au niveau de la composition et de la structure du texte. Par exemple, nous avons pu déceler, chez les étudiants, la capacité à identifier les relations et à gérer les unités. Nous avons pu voir, aussi, le rapport entre le degré d'attachement au texte de départ, ou encore de personnalisation du texte d'arrivée, et les conséquences sur la mise en valeur des relations assurant les liens logiques entre les différents points scientifiques, ainsi que les conséquences sur leur validité. Nous avons vu que, de manière générale, les étudiants ont quelques difficultés à souligner et à exprimer la structure profonde du texte.

Les étudiants qui ont participé à notre étude ne rencontrent pas que des difficultés de structuration profonde, mais ils rencontrent aussi des difficultés de structuration de surface. En effet, malgré la variété des modifications que subissent certains textes et des différentes opérations utilisées telles que le recours à la subordination et à certaines formes caractéristiques du discours scientifique (comme le recours au pronom indéfini « on »), l'ajout de connecteurs, le changement de voix et de mode, la substitution lexicale etc., nous notons l'existence de lacunes grammaticales, lexicales, et syntaxiques qui reflètent une déficience dans la maîtrise de ces différents moyens. Nous en citons les quelques exemples suivants :

- Les fautes d'accord de verbe comme dans de la périphrase du segment 29 de TC de G2 où le verbe prend la terminaison du pluriel en se référant à « bosons », et non la terminaison du singulier de « un nbr ». Le segment 40 du TC de G1 présente le même cas, et en plus, le deuxième verbe de la périphrase est sous sa forme de participe passé et non à l'infinitif. Nous relevons également dans le segment 41 du même texte G2, la faute d'accord du participe passé où « dûe », en plus de la faute d'orthographe, prend la marque du féminin alors que le substantif en question est du genre masculin ; ou encore, l'accord du participe passé dans le segment 26 de TC de G7 où « fondé » ne prend pas la marque de « répartition ».
- Les fautes grammaticales telles que l'oubli de l'accord, en genre et en nombre, de l'adjectif avec le substantif qui le précède. C'est le cas dans « les particules sont indiscernable » (segment 5, texte G4), « particules de spin demi-entier caractérisée » (segment 10, texte G4), « états physique » (segment 21, texte G2) ; de même, l'oubli de la marque du pluriel dans « N particule identique » ou « un système de particule identique » (segment 21, 29, texte G1).
- Les fautes de genre sur « état » repris dans le segment 16 du texte de G7 par

« elle », et sur « étude » dans le segment 24 du même texte.

- Une ponctuation mal gérée : nous notons l'absence de ponctuation dans des passages entiers tels que l'introduction du texte de G7 ou encore dans celle du texte de G2. Le texte de G4, par exemple, n'en présente aucune trace. Ce phénomène va de pair avec une mauvaise gestion des majuscules qui apparaissent au milieu des phrases, comme dans « d'où L'utilisation » (segment 9, texte G4), ou encore ne sont pas utilisées après les points comme dans les segments 36 et 37 du texte de G1.
- Les fautes d'orthographe : nous en avons croisées quelques unes dans les autres types de fautes comme « dûe », « existence », et nous y ajoutons les nombreux cas d'oubli, ou peut être d'évitement, des accents graves et aigus dans le texte de G1 et de G7.
- Les fautes de construction et lourdeurs comme dans le segment 4 du texte de G3 où il y a ellipse du sujet ; dans les segments 25 et 28 du même texte, et le segment 20 du texte de G4, où sont formulées respectivement « donc il y a existence », « donc existence », et « d'où c'est le phénomène » ; dans les segments 19 et 20 du texte de G7 où les rapports aux fonctions sont mal enchaînés.
- L'absence de l'article : dans les segments 19 et 20 du texte de G2 où l'article de « spin » est occulté.

Nous notons aussi que les modifications apportées sur les unités hiérarchiques ne sont pas toujours très positives. En effet, dans le segment 21 du texte de G2, elles se sont limitées à l'ajout de la préposition « En », ou encore dans les segments 24 et 30 du même texte, à la substitution du chiffre arabe par un astérisque et à l'ajout de la préposition « pour ». Ceci crée un effet d'incomplétude à la lecture de ces éléments.

Un autre point non négligeable celui de l'écriture et de la lisibilité des productions. Ce point est d'autant plus important qu'il ne nous permet pas de trancher de manière définitive sur l'existence de certaines fautes d'orthographe comme, par exemple, dans le texte de G7 où il est difficile d'affirmer que « admet » est écrit avec un « e » ou un « i » à sa place.

Ce bref inventaire des différentes difficultés langagières que rencontrent les participants, consolide encore plus l'hypothèse que les déficiences linguistiques pourraient être à l'origine des erreurs scientifiques. Le lien entre les relations bien exprimées ou non et notre objectif didactique se fera aussi grâce à l'étude des textes oraux qui nous donnera le mot final à ce sujet : c'est ce qui nous permettra de voir si les erreurs scientifiques sont dues à des problèmes de compréhension des informations scientifiques ou si les informations sont bien assimilées et donc le problème réside dans la langue et les outils linguistiques utilisés afin d'explicitier les rapports sous-jacents au texte.

Une troisième éventualité pourrait être mise à jour après l'étude des corpus, celle d'une fragilité dans la maîtrise des données scientifiques qui se combinerait avec une fragilité au niveau de la maîtrise de la langue et du discours spécialisé.

## Chapitre IV- La prise de notes et l'exposé

Nous nous proposons dans ce chapitre d'étudier les productions intermédiaires qui ont préparé, ou du moins ont précédé, la réalisation des textes définitifs. Pourquoi nuancerons-nous nos affirmations à propos du fait que ces productions aient pu contribuer à l'élaboration des textes finaux ? Parce que, comme nous le verrons, la prise de notes ne semble pas toujours jouer le rôle attendu dans la réalisation de la tâche.

D'un autre côté, la première étape de prise de notes étant fortement liées à l'exposé, par les termes même de la consigne et par la concomitance des tâches, nous allons, dans ce chapitre, étudier l'une et l'autre des deux productions en considérant que toutes deux sont des étapes intermédiaires de la production finale rédigée. Quelques travaux ont été consacrés à l'étude des discours oraux et des prises de notes. Souvent, il s'agit de recherches se présentant comme des manuels méthodologiques adressés à tout utilisateur à la recherche de bonnes méthodes et de points de repères le guidant dans ses exposés oraux (cf. B. Martory, 1978) ou dans sa prise de notes. Nous nous baserons, quant à nous, sur des travaux essentiellement descriptifs et analytiques des productions et des mécanismes qui les sous-tendent à savoir A. Piolat (2001), D. Omer (2002), F. Boch (2000) ; et pour l'oralisation, sur E. Nonnon (2002), R. Bouchard (1996), J. Peytard (1992).

Nous commencerons donc par l'étude de la PDN, puis enchaînerons avec celle de l'exposé. La lumière sera faite, bien entendu, sur les modalités du passage de l'un à

l'autre.

## 1- La prise de notes

### 1-1- Un éclairage théorique

---

La prise de note, comme la décrit A. Piolat (2001), est une activité très fréquente et familière. Et c'est par là que vient le problème : elle est supposée être une compétence acquise. Les difficultés rencontrées par les étudiants et les élèves, et surtout par les étudiants de notre échantillon, nous amènent à être méfiants face à cette déclaration.

En effet, en imposant l'étape de prise de notes à nos participants, nous avons pour idée de gérer les étapes des productions orales et écrites et d'avoir des traces notées de l'étape de planification. De plus, nous pensions ainsi réduire par la suite la charge cognitive d'un double travail d'exposé oral et de rédaction, et donc, en somme, donner aux participants un outil pour leur faciliter la réalisation du travail. Aussi, voulions-nous éviter que les étudiants ne passent directement à l'exposé oral et que ce dernier se réduise à une oralisation du cours. Nous étions loin de penser que cette étape susciterait chez les étudiants autant d'interrogations et d'incertitudes quant à la manière de la réaliser. Tous ont manifesté leur incompréhension de ce que « prendre des notes » pouvait signifier, impliquer et amener.

La tâche à réaliser ne part pas d'une prise de notes sur un discours oral, en l'occurrence le cours du professeur, mais bien d'une PDN sur les notes déjà prises sur ce cours. De plus, ces notes sont quasi dictées, elles sont même inscrites sur le tableau sous la forme qui sera adoptée par tous les noteurs. Aux questions posées quant aux motivations d'un tel choix, le constat de l'incapacité des étudiants à prendre notes par eux-mêmes était la réponse. Nous ne remettons pas en question la pertinence du jugement des professeurs à ce sujet, bien au contraire, c'est en partant de leurs expériences que nous essayons de mettre un peu de lumière, entre autres choses, sur le rapport de l'étudiant scientifique à la prise de notes afin de déterminer à quel point il maîtrise ou ne maîtrise pas cette activité.

A partir de là, se pencher sur la question de la prise de notes en tant que compétences à mettre en place et à mettre à profit nous paraît revêtir une plus grande importance. Le travail de PDN qui sera traité est alors celui effectué par les participants dans le cadre de notre recherche.

#### 1-1-1- Les caractéristiques générales de la PDN

La prise de notes est définie à travers son rôle d'aide mémoire. Elle permet de sauvegarder un ensemble plus ou moins important d'informations relatives à des domaines variés, en vue d'une réutilisation ultérieure. La saisie matérielle de ces informations est variable : tableaux, marges de documents, saisie informatique ... etc.

sont autant de formes matérielles que peuvent prendre les notes. Cependant, toutes ont en commun de présenter les informations sélectionnées et à retenir - parce que, bien sûr, tout le discours qu'il soit oral ou écrit, n'est pas retenu- sous une forme condensée, abrégée et « écrémée ». Comme le souligne A. Piolat, en accord avec d'autres travaux sur la PDN « la PDN efficace ne réside pas seulement dans la capacité du noteur à accélérer la transcription de ce qu'il entend grâce à l'usage d'un code graphique dont les éléments raccourcis sont notés plus vite. Elle réside aussi dans l'écrémage des idées à transcrire. » (Piolat, 2001: 7). Ce travail cognitif de sélection et de transcription fait alors appel à des stratégies qu'elle qualifie de « suffisamment conscientes pour qu'ils (noteurs) puissent en faire état» (*op.cit.* : 7)

Les étudiants sont souvent partagés entre deux positions que A. Piolat reprend à F. Boch. Il s'agit d'une première stratégie, dite « de l'Aigle », qui part d'une réflexion et d'une compréhension des propos à noter, et qui amène vers leur restructuration. Et une deuxième stratégie, dite « de la Tortue », qui répond au besoin de s'assurer la préservation d'un maximum de propos et de constituer une « mémoire de papier » (*op.cit.* : 8). Souvent, le choix des noteurs se fixe sur la deuxième, leur attitude est alors à l'opposé de celle d'un expert.

Pour tenter d'éclairer les différents choix et stratégies opérés par les noteurs, A. Piolat, et sur la base d'enquêtes réalisées en 1994 auprès d'étudiants dans une université américaine par P. Van Meter, L. Yokoi et M. Pressley<sup>36</sup>, détermine quatre paramètres que nous reprenons à notre tour tout en les mettant en rapport avec notre réalité.

### **A. LE « BUT »**

Les différents buts déterminés par A. Piolat, à la suite d'enquêtes, ne peuvent pas être tous reconduits dans notre recherche pour les raisons que nous avons expliquées plus haut - des conditions notamment liées à la situation de recueil de données de notre recherche. Ainsi, des buts dont la réalisation est liée à l'écoute du cours comme augmenter l'attention, la compréhension et la mémorisation des informations ou encore effectuer des connections entre les idées et structurer l'ensemble des données etc., nous paraissent irréalisables dans les conditions de notre recherche, transcrire ce qui est dicté ou noté au tableau par l'enseignant, avant qu'il ne soit effacé, primant le tout.

Certes, une première sélection/structuration du contenu est réalisée, non par l'étudiant, mais par le professeur qui s'assure ainsi de la réalisation d'une prise de notes efficace et complète. Cependant, nous pensons être en droit de supposer que lors « re-PDN », certains de ces buts pourront se manifester à travers les choix opérés lors des négociations orales. Des buts tels que re- structurer le contenu, ou « augmenter sa compréhension et sa mémorisation des informations proposées pendant le cours ».

### **B. « LE CONTENU ET LA STRUCTURE »**

Des choix de contenus sont opérés. Peuvent être introduits alors : « Contenu semblable

---

<sup>36</sup> Il s'agit de Van Meter P., Yokoi L. et Pressley M. (1994) : « College students' theory of note-taking derived from their perceptions of note-taking » in *Journal of Educational Psychology*, n°863, p.323-338.

au texte », « Information signalée par l'enseignant », comme les encadrés ou les soulignés, « Définitions, points principaux, concepts importants et idées ». Quant à la structuration, elle se ferait à l'aide de « mots clés », « sommaires » fléchés et balisés, « abréviations ».

### **C. LES « FACTEURS CONTEXTUELS »**

Trois facteurs pouvant influencer la PDN sont identifiés, à savoir :

- *Le style du professeur* : le débit de sa parole, l'organisation plus ou moins claire de son cours. Or, comme nous l'avons dit, les notes sont prises à partir du texte dicté et écrit par le professeur au tableau. Le style du professeur est alors celui du discours scientifique et didactique de type transmissif.
- *Les connaissances des étudiants, relatives au savoir ou au savoir-faire préalablement acquis, et leurs motivations* : plus les pré-acquis sont importants, plus facile est la sélection, et mieux traitées sont les informations nouvelles.
- *Le types de contenu et le type de cours* : du mot à mot, ou de la paraphrase, selon le degré de précision ou de généralité escompté.

### **D. LE TRAITEMENT POST-COURS**

L'utilisation des notes est plus ou moins importante et fréquente selon qu'il s'agisse de bonnes ou de mauvaises notes, de matériel plus ou moins connu, et surtout selon les besoins : révision, reprise des notes et réécriture avec ou sans reformulation, et pour nos étudiants surtout préparation d'examens.

La complexité cognitive de cette activité est un fait. Elle est soutenue par la nature de la situation de PDN, par le profil du noteur et ses compétences ainsi que par ses motivations et objectifs. Mais elle est aussi en rapport avec les processus et les connaissances qu'elle véhicule.

#### **1-1-2- Comprendre pour noter, noter pour comprendre**

La prise de notes telle que nous la rencontrons ici suppose trois activités<sup>37</sup> : « la lecture « compréhension » des documents (...), l'écriture des notes, la lecture « contrôle » des notes en cours de transcription » (Piolat, 2001 : 18).

### **A. LA LECTURE**

La lecture a un but : comprendre. Cette compréhension passe par une identification des mots, et un traitement automatique de la syntaxe, du sens et de l'interprétation des phrases. Sans elle, la prise de note risque de ne pas être efficace.

<sup>37</sup> Les activités sont les mêmes lors de la PDN à partir d'un exposé, il s'agit de « l'écoute afin de comprendre (...), l'écriture afin de transcrire (...), la lecture pour contrôler (...) ». A. Piolat traite les deux types de PDN, nous nous en tenons à celle qui correspond à notre tâche.

Dans notre cas, il ne s'agit pas du premier contact avec le texte. Il est donc supposé compris puisqu'il a fait l'objet d'un cours et d'explication du professeur. Nous pouvons supposer que la lecture aura un rôle d'affinement de la compréhension supposée acquise. Une chose est sûre, les participants ne partent pas à la découverte du texte. Ce dernier n'est pas abordé avec l'appréhension de l'inconnu, même s'il n'est pas abordé non plus avec l'aisance du déjà maîtrisé, selon les propres témoignages des participants.

## **B. LA CONSTRUCTION DE LA COHÉRENCE**

La compréhension est définie comme l'élaboration d'une interprétation, d'une cohérence à travers l'identification des relations entre les différents éléments du contenu lu. Elle se fait au moyen de connaissances déjà acquises et stockées en mémoire à long terme et réactivées dès le début de la lecture. Et elle porte, parallèlement, sur :

- le niveau microstructurel où le lecteur-« comprendreur » procède par cycle de traitement de segments, construisant une représentation de l'information, évacuant, par tri hiérarchique, une partie des informations et conservant l'autre qu'il reliera aux représentations à venir.
- Le niveau macrostructurel où « le comprendreur élabore une représentation de la signification globale du message sous forme de macrostructure du texte » (*op. cit.* : 23) résumant ainsi le texte lu.

### **1-1-3- Les indices pour la PDN**

C'est en s'appuyant sur les indices donnés par le document en cours de lecture, que celui qui prend des notes réalise sa PDN. Il peut s'agir d'indices de hiérarchisation ou de structuration, comme les numérotations ou les résumés, qui ponctuent le discours et incitent à la prise de notes en signalant les passages importants et les informations à retenir. La stratégie du noteur s'appuierait alors sur la recherche de ces indices et négligerait la sélection du contenu.

Mais il peut arriver, qu'à l'inverse, le noteur se focalise sur le contenu et qu'il décide de sélectionner ce qu'il juge lui-même important même si l'information qu'il retient n'a pas été mentionnée ou indiquée comme telle. Cette stratégie, comme l'ont montré quelques recherches sur la question, est plutôt adoptée face à des textes connus, dans des terrains familiers. Elle est attendue de la part des noteurs.

A. Piolat arrive à la conclusion que, selon son objectif, et la familiarité ou non avec la thématique traitée, le noteur devrait ou non se laisser guider par les indices du discours, qu'il soit oral ou écrit. Le premier objectif est alors la création d'une mémoire externe, et le deuxième est l'acquisition des connaissances dès la PDN.

### **1-1-4- Le code graphique**

La mise en place des éléments sur l'espace de la feuille détermine la lecture de la PDN et facilite son retraitement ultérieur par le noteur. Les espaces, les tirets, la calligraphie de certains mots, les soulignements, les titres et sous-titres, les numérotations, la

schématisation (tableaux, diagrammes etc.), sont autant d'indices de sens qui permettent de rendre visible les informations saillantes. Structurer les notes sur l'espace de la feuille est le reflet de la construction d'une interprétation, d'une compréhension du discours. Les marques « sémio-graphiques », telles que les appelle F. Boch et les reprend A. Piolat, ne sont pas alors, forcément, la transcription de propos dits ou lus, mais répondent à des éléments de construction de la cohérence.

### **1-1-5- Les techniques de transcription**

A. Piolat distingue deux procédés qui mettent en jeu différentes implications :

#### **A. LES ABRÉVIATIONS**

Elle consiste à intégrer un code de transcription plus économique que celui de la transcription phonographique et orthographique. Ce code pour être efficace doit être normé : il ne s'agit pas de hacher les mots, ou de les réduire par la chute des derniers phonèmes et syllabes, mais d'en transcrire « une séquence de lettres suffisante pour renvoyer (...) à « un mot écrit » (Piolat, 2001 : 62). Le résultat n'en est pas prononçable dans la majorité des cas.

L'abréviation doit être normée aussi pour éviter les hétérogénéités d'une PDN à une autre. Il n'existe pas qu'un seul modèle d'abréviation et apprendre par cœur des listes de mots abrégés ne permet pas de faire face aux nouveaux mots. Il est alors plus intéressant d'identifier un mécanisme et de l'appliquer dans la génération de ses abréviations. Les plus conventionnels consistent à garder la première lettre ou syllabe, garder deux consonnes, garder la première lettre, ou encore tronquer la terminaison.

Somme toute, un recours à l'environnement linguistique et au contexte, dans lesquels ont été produites les notes, peut s'avérer nécessaire afin de « décoder » les symboles et de les ramener aux termes adéquats.

#### **B. LES SUBSTITUTIONS**

Elle consiste à remplacer un terme ou une suite de termes par un symbole, qu'il soit idéogramme - représentant la signification -, pictogramme - représentant l'image- ou topogramme - liant la signification à l'espace graphique - , loin de sa transcription sonore<sup>38</sup> .

Les deux procédés peuvent se combiner dans une PDN. Ils sont complétés par un travail de suppression qui porte souvent sur les mots fréquents tels que les articles, les prépositions, les pronoms, en faveur d'une conservation des mots moins fréquents et des organisateurs du discours. L'organisation syntaxico-sémantique est ainsi reconduite et transcrite à travers ces procédés dans un style « spatio-télégraphique » (*op. cit.* : 75) qui comme son nom l'indique, joue sur l'espace graphique de la page.

### **1-1-6- Les méthodes de transcription**

---

<sup>38</sup> Pour une liste de symboles mathématiques et logiques, iconiques et grégo-alphabétiques voir Piolat A. *op. cit.*, p-71-72.

La variété des méthodes tient au sélectionneur et à ces choix au niveau de la sauvegarde des informations, quantité et procédés, et au niveau de l'exploitation de l'espace graphique en tant que révélateur de sens. Quatre types de méthode sont repérés et décrit par A. Piolat. Nous en reprenons quelques traits essentiels qui nous permettront d'identifier à quel type de prise de notes nous avons affaire dans nos corpus.

### **C. LA MÉTHODE LINÉAIRE**

Comme son nom l'indique, elle consiste à linéariser les notes produisant ainsi une PDN compacte. Sécurisante, cette méthode permet de rester au plus près du discours émis par le professeur ou lu et aussi de s'assurer de la sauvegarde d'un maximum d'informations. Son coût cognitif est peu important vu qu'elle ne mobilise pas l'identification de la structure du discours. La difficulté, et par conséquent l'inconvénient de cette méthode pour ce qui est de la prise de notes à partir d'un discours oral, réside, outre le niveau de la fatigue physique, au niveau de l'(in-)adéquation entre la rapidité scripturale et la cadence de la parole du professeur. Des écarts entre les deux peuvent générer des trous dans la PDN. Pour notre cas et pour une prise de notes à partir d'un texte écrit, l'inconvénient ou le risque serait de se retrouver avec une prise de note qui recopie, en masse, les données du texte source.

### **D. LA MÉTHODE PLANIFIANTE**

S'aidant des différents indices donnés par le discours, le noteur hiérarchise les informations dans une PDN assez caractérisée et marquée au niveau de la disposition spatiale sur la feuille. L'usage de titre et de sous-titre est crucial. Il est souvent complété par le recours à la « numérotation scientifique »<sup>39</sup>. Les différents points structurés sont alors complétés par une notation linéaire du contenu correspondant. Les informations, analysées et comprises, sont ainsi travaillées en profondeur, ce qui favorise leur apprentissage. Grâce au plan préalablement élaboré, le noteur se concentre sur les informations pour décider ce qu'il en garde et où il le note. Mais cette méthode est coûteuse : le noteur doit rester vigilant à « la mise en plan », à la cohérence de l'ensemble et la bonne insertion des informations.

### **E. LA MÉTHODE PRÉPLANIFIÉE**

Anticipant sur la PDN, le noteur détermine les catégories d'informations dans lesquelles il classera ou rangera, pendant la PDN, les données lues ou entendues, indépendamment de leur planification initiale. Le niveau de hiérarchisation n'est pas aussi fort que dans la méthode précédente.

Différentes grilles sont alors définies. Leurs natures correspondent aux types d'informations à noter, l'utilisation de la bonne grille est alors indispensable. A titre d'exemple, nous citons CaMÉRÉDis qui correspond aux niveaux : du Cadre théorique et problématique, de la Méthode (participants, dispositif/matériel et procédure), des

---

<sup>39</sup> Dans cette numérotation, seuls les chiffres arabes sont utilisés suivis d'un point, et des alinéas pour marquer les emboîtements des points subordonnés à ceux hiérarchiquement supérieurs.

Résultats obtenus et de la Discussion (interprétation, portée et limites des résultats).

« Ces grilles incitent à clarifier et ordonner les notes au moment même de leur confection » (Piolat, 2001 : 93) préparant ainsi la mémorisation. Mais elles peuvent aussi être trop synthétisantes et contraignantes notamment par rapport à l'espace de notation qui, s'il est mal prédéfini, peut ne pas suffire et gêner la PDN. Mais contraignantes aussi par rapport à l'attention qui sera portée, par exemple, dans le cas d'une expérience, sur la description sans accorder de place à la critique et la polémique, le modèle de la grille ne s'y prêtant pas.

## **F. LA MÉTHODE DE MOTS CLÉS**

Elle consiste à réduire l'information à des mots clés, des concepts directeurs. Ces mots clés sont classés selon deux procédés : un procédé d'arborescence qui part du thème général, mis au centre de la page, et se déploie, en se ramifiant, par l'identification de thèmes et sous-thèmes. Et un procédé de constellation qui obéit au même principe mais qui exploite l'espace de la feuille de façon un peu plus classique (ligne, sauts de lignes, numérotations, listing). Ces deux méthodes impliquent des savoirs relatifs à la sélection, la hiérarchisation et la généralisation afin d'étiqueter de manière pertinente le contenu.

Cette PDN présente l'avantage d'une transcription peu coûteuse. Elle permet de placer les notions et thèmes clés de manière claire et visible de telle sorte que leur mémorisation en devient plus facile. Les arborescences et constellations peuvent amener l'identification de nouvelles relations que la linéarité du texte masquait. Mais cette méthode présente les inconvénients suivants :

- L'espace de la page présente une contrainte qu'il faudra contourner au risque d'avoir des arborescences trop touffues. Le passage à une autre page pour chaque nouveau grand thème par exemple résoudrait le problème.
- Ces méthodes se vêtissent d'un caractère très personnel, rendant ainsi l'accès au sens des ramifications difficile à un utilisateur que le noteur . Elles peuvent être tout aussi inaccessibles pour le noteur lui-même s'il n'est pas capable de traduire les liens figurant les rapports entre les différents mots clés et de pouvoir développer ces derniers.

Un retour rapide sur ces notes en vue de leur retraitement est donc conseillé. D'ailleurs c'est le cas pour toutes les prises de notes présentées.

A la lumière de cette présentation de la PDN, de ses caractéristiques, ses implications, ses techniques et ses méthodes, nous allons donc aborder la PDN de nos participants afin d'en éclairer la construction et d'en évaluer l'efficacité par rapport aux tâches qu'elle prépare, à savoir l'exposé oral et la rédaction.

## **1-2- L'application : quelles prises de notes ?**

---

Les comportements de nos participants face à la prise sont plus ou moins semblables. Un premier mouvement de panique a cédé la place à un travail plus ou moins assumé de la

tâche. Il était dur pour nous de les convaincre de se conformer à la consigne et aux différentes étapes de production et notamment de celle de la PDN, et il leur était tout aussi dur de tenir compte de cette étape. Le résultat s'en ressent dans leur produit.

Nous avons affaire à cinq prises de notes dont une est double puisque, comme nous l'avons déjà souligné, les membres du septième groupe optent, chacun, pour une prise de notes personnelle. Ces résultats sont variables sur le plan quantitatif. Si nous les classons les notes des plus volumineuses aux moins volumineuses, nous avons :

- La prise de notes de K de G7, avec 79 éléments
- La prise de notes de G1, avec 54 éléments
- La prise de notes de G2, avec 38 éléments
- La prise de notes de M de G7, avec 36 éléments
- La prise de notes de G4 avec 29 éléments
- La prise de notes de G3 avec 11 éléments

Pourquoi cette comparaison quantitative ? Pour souligner une divergence importante entre les groupes et entre les participants : ils partent tous du même texte. Un texte écrit, et donc stable, qui ne donne pas lieu à toutes les contraintes d'un texte oral et qui n'en présente pas certains aspects comme l'aspect fugitif de la parole. Et pourtant, leurs prises de notes présentent des différences importantes quant à la quantité de matière retenue, et a priori à retenir dans les productions suivantes, et aux types d'informations jugées indispensables. Au-delà, elles présentent aussi des différences quant à la qualité de ces prises de notes de même que la conception qu'ont les participants de ce genre de production. Nous verrons dans ce qui suit, quelle matière est retenue et comment elle est présentée par les étudiants.

### **1-2-1- La méthode linéaire et ses variantes**

Vu la composition et la forme sous lesquelles se présentent les prises de notes, elles sont, plutôt, à rattacher au modèle linéaire cité ci-haut. Mais, plus précisément, les prises de notes produites par nos participants seraient des formes ou des variantes de ce modèle linéaire. Globalement, les participants reprennent les éléments tels qu'ils sont introduits dans le cours. Au fil des notes, c'est la structure et l'ordonnancement des notes de départ qui sont repris et adoptés dans les notes réécrites. Nous retrouvons alors, en guise d'introduction, les principes de (in-)discernabilité, suivis des systèmes symétriques et antisymétriques, des définitions des particules bosons et fermions, et enfin, la construction des systèmes de ces deux particules, leurs fonctions, les principes qui en découlent. Autour de ces grandes lignes, des informations plus ou moins variées gravitent. Les participants, selon leurs conceptions du cours, leurs compréhensions et leurs conceptions de la tâche à accomplir, font des choix de sélections différents. C'est ce que nous verrons ci-dessous.

#### **1-2-1-1- LA MATIÈRE RETENUE : QUANTITÉ ET NATURE**

Nous avons déjà souligné dans l'analyse des textes définitifs que le passage du texte

source au texte cible s'est accompagné d'une condensation plus ou moins importante selon les groupes. Nous avons identifié trois catégories de groupes : « les conservateurs » sont ceux qui restent attachés au TS comme les membres de G1 ; « les libérés » sont ceux qui se détachent le plus de TS comme G3, G4 et G7 et « les modérés » sont ceux qui optent pour un juste milieu entre les deux comme G2. Toutefois, les groupes présentent des données récurrentes et constantes d'un groupe à l'autre et c'est le cas aussi pour les prises de notes.

Les informations qui reviennent alors d'un binôme à l'autre et d'une prise de notes à l'autre sont, globalement, relatives :

- Au rapport de la notion de trajectoire et d'indiscernabilité en mécanique classique et en mécanique quantique
- Aux deux types de particules, bosons et fermions et leurs exemples
- Aux fonctions des systèmes de N bosons et N fermions.

D'autres notions sont jugées inappropriées par les uns mais sont, quand même, retenues par les autres. Ces dernières informations sont jugées importantes et indispensables à une bonne compréhension. C'est le cas des données suivantes :

- *Les notions de rappel* : ces notions traitent de points d'appui importants pour le cours mais elles font partie d'un ensemble de données que les participants perçoivent comme acquies. Elles sont surtout vues pour leur trait de déjà connues et donc sont classées parmi les notions périphériques. La notion de particules identiques n'est alors retenue que par G1, celle de trajectoire est vaguement soulignée par G4 et elle est plus ou moins traitée par G7 et G2, et celle de l'hamiltonien est reprise avec plus de données dans G7 et G2 que dans G1 et G4. G3, lui, ne reprend aucune de ces notions.
- *Les démonstrations et les justifications* : ces notions ne sont pas perçues en tant que fin en elles-mêmes et en tant que données à retenir mais plutôt en tant qu'étapes qui préparent et indiquent les véritables données à retenir, c'est-à-dire les résultats et les conclusions. C'est le cas de la démonstration liée à l'expression de la symétrie de la fonction d'onde, de la justification du recours à la combinaison linéaire pour la fonction des bosons, de la démonstration de la possibilité qu'un même état peut être occupé simultanément par plusieurs bosons, de la justification du recours au déterminant de Slater pour la fonction des fermions, la justification du principe de Pauli. La majorité de ces données n'est retenue que dans les prises de notes de G1 et G2 alors que G4 occulte même l'expression du rapport entre le type d'état, symétrique ou antisymétrique, et la particule qui lui correspond, bosons ou fermions, et passe directement à la détermination de ces particules, et que, encore une fois, G3 ne retient aucun de ces éléments potentiels.
- *Les exemples et les données* : ils ont été identifiés, dans l'étude hiérarchique, comme étant des éléments qui, certes, complètent les données du cours et permettent d'en constituer une vision plus globale mais qui sont secondaires et donc ne pénaliseraient pas la qualité des productions. C'est le cas de l'exemple d'une

fonction de fermion, la détermination du système, des coordonnées de la particule, la convention du déterminant de Slater. Ils sont sélectionnés dans les prises de notes de G1 et G7, peu présents dans la prise de notes de G2 et inexistant dans celle de G3 et de G4.

La conséquence liée au déterminant de Slater et l'application servant la comparaison à  $T=0K$  présentent un cas extrême. En effet, elles sont toutes deux retenues par la majorité des groupes mais sont absentes, par exemple, de la prise de notes de G3. G1 présente un cas unique d'hésitation se soldant par la rature d'un élément inscrit ( (45)' ).

La prise de notes est, ainsi, un moment de sélection plus ou moins important selon le groupe. Ce moment répond au besoin de stocker des informations de manière plus ou moins intense et de manière à s'assurer de la sauvegarde d'un nombre plus ou moins important de données. Le recours à une prise de note linéaire est alors le meilleur moyen de réaliser ce but. Economique et rapide, cette méthode permet de prendre les notes dans l'ordre sans trop d'interrogation sur la structuration et les liens existants entre les éléments. Ce qui fait que certains éléments importants sont parfois occultés et d'autres, moins importants, sont gardés. Le G1, dont la prise de notes « rédigée », très fidèle au texte source, a été étudiée dans le chapitre précédent, ainsi que K de G7 sont les participants qui ressentent le plus le besoin de s'assurer d'une sauvegarde de données la plus efficace possible et donc la plus fidèle possible ne serait-ce que par rapport à la quantité de matière traitée. Ils sont suivis de G2, M de G7, G4 et, enfin, moins soucieux de la question, G3.

### **1-2-1-2- LE RETRAITEMENT DES DONNÉES**

Les prises de notes linéaires produites par nos participants présentent, toutefois, quelques aspects que nous pouvons relier à la méthode planifiante. En effet, les noteurs accordent une attention particulière aux éléments de hiérarchisation. Certes, ces traces sont reconduites du texte source, mais elles répondent aussi aux besoins d'ordonnement chez les participants. Ces éléments leur permettent de s'assurer d'une sauvegarde de données claire et complète, les marques de hiérarchisation les renvoyant aux données importantes du cours, elles aussi hiérarchisées, et permettant d'établir et de garder en perspective les correspondances entre les éléments du cours et les éléments sélectionnés et repris.

De plus, certains binômes procèdent au reclassement des informations. C'est le cas pour G2 qui restructure l'introduction en s'appuyant sur un point non explicité dans le cours qui est l'opposition entre la mécanique classique et celle quantique :

*« cette fct ne vérifie pas ce postulat »*

est substituée par

*(26) / mais d'après la fonction qu'on a pris le postulat n'est pas vérifié /*

La cohérence est ainsi déconstruite pour être reconstruction dans la prise de notes de G2 à travers l'enchaînement de quatre points qui s'opposent deux à deux. Dans le cours, ces éléments ne se suivent pas, la MC et MQ ne sont pas directement mises en rapport sur chaque point. Un effort de redistribution et de restructuration de ces données a été fourni par les noteurs, un effort qui part d'une compréhension et d'une maîtrise de ces données.

Dans G3, l'expression d'une certaine appropriation de la matière scientifique se traduit aussi par le recours à une re-planification de quelques éléments lors de leur PDN. Ainsi, les exemples des deux particules sont introduits dans l'ordre : bosons puis fermions, c'est-à-dire l'ordre inverse de leurs introductions dans le cours. Mais il s'agit là de l'ordre adopté dans le cours, juste avant les exemples, pour l'introduction des systèmes équivalents. Le système symétrique, dont les particules sont les bosons, était introduit avant le système antisymétrique dont les particules sont les fermions. Les étudiants adoptent alors cet ordre mais il est difficile, à ce stade, de dire si ceci relève d'un choix conscient ou d'un reclassement spontané. Dans les deux cas, un certain degré d'appropriation est sous-entendu.

Comme nous l'avons dit dans le cas d'une PDN planifiante, le noteur a recours à une mise en place des éléments sélectionnés qui optimise l'utilisation de l'espace de la feuille et qui hiérarchise les informations. L'usage de titre et de sous-titre, de numérotation, et d'autres marques typographiques comme les alinéas, les tirets, les deux points, les soulignements etc. sont autant d'éléments importants et significatifs, non pas parce qu'ils représentent des traductions d'éléments sonores ou écrits, mais parce qu'ils traduisent une partie de la cohérence et de la structuration des informations. La structuration de l'introduction est ainsi soulignée par les participants de G4. Ces derniers s'écartent de leur texte de départ et redonnent même une nouvelle numérotation aux différentes parties et aux sous-titres : l'énoncé du postulat est présenté en « 1) », le « III » passe alors en « II ».

### **1-2-1-3- LE DÉVELOPPEMENT DES INFORMATIONS**

Le passage à la prise de notes peut s'accompagner, chez quelques participants, d'autres procédés qui font que la méthode linéaire est quelque peu réinterprétée et revisitée dans la réalisation de cette tâche. Il s'agit d'ajout ou de développement de données. C'est-à-dire que les noteurs ne se contentent pas des informations fournies par le cours mais vont au-delà de ce qui est dit, en s'appuyant sur ce qui est sous-entendu et ce qui est admis et compris pour développer leur prise de notes. Aussi, puisent-ils dans leur

mémoire des informations susceptibles de compléter les données qu'ils ont entre les mains.

Dans G1, par exemple, nous avons déjà noté l'ajout des éléments (22) et (23), deux éléments, deux équations qui sont développées à partir des deux valeurs, positive et négative, que peut avoir la fonction lors d'une permutation des états de deux particules, valeurs qui correspondent, comme le soulignent les éléments (22) et (23) aux cas symétrique et antisymétrique. Le développement des informations du cours répond à la manifestation d'un degré d'appropriation de ces données et à la volonté d'agir sur elles en dépassant le simple rôle de consommation et en passant à celui de la production.

Dans G7, le développement des données se manifeste par le recours à des informations déjà rencontrées dans le parcours universitaires. C'est le cas de l'élément (31) de la prise de notes de K qui marque l'introduction d'un élément non signalé dans le texte source, à savoir la notion de mouvement oscillatoire, élément utilisé dans les explications de l'hamiltonien. C'est aussi le cas de la notion de combinaison utilisée dans l'explication des permutations et des factoriels dans la fonction des bosons. Les participants font appel à des données qu'ils puisent dans leurs mémoires, des données qui servent à développer ou à réconforter les éléments sélectionnés et annotés.

Pour un court moment, les noteurs font preuve d'une prise en charge réelle de leurs prises de notes : ils comprennent leur cours, assument cette compréhension et tentent de la réintroduire dans leur PDN à travers des écarts minimes et timides, certes, mais significatifs. Toutefois, les participants prennent le risque de déroger à un principe de base de la PDN, celui de noter un nombre d'informations inférieur à celui de départ.

L'étape intermédiaire de prise de notes nous offre un classement quelque peu différent - les membres du G7 sont entre conservateurs et modérés-, ainsi qu'une matière scientifique de quantité et de nature différente. Ce qui définit des rapports premiers et intermédiaires, d'un côté, entre les groupes et leurs PDN respectifs et, de l'autre côté, entre les groupes entre eux.

### **1-2-2- La dimension spatiale et les codes graphiques**

L'espace de la feuille est exploité différemment d'un groupe à l'autre, ce qui fait que les informations s'offrent différemment à la lecture de ces notes. Selon les espaces exploités ou non, les différentes ponctuations, tirets, et blocs informationnels plus ou moins marqués, l'alternance code naturel/ code graphique, les manières de gérer et d'exploiter ces alternances, les informations sont mises en relief et rentrent dans un rapport de « continuité », « rupture » et « hiérarchie » (Piolat, 2001 : 56) dont le schéma est plus ou moins perceptible à la surface de la feuille. Ce schéma reflète alors le réinvestissement, plus ou moins important, de la compréhension des informations lors de la prise de notes, un réinvestissement qui diffère selon les groupes.

G1 présente une prise de notes denses où les espaces sont exploités au maximum et où la taille de l'écriture, petite, aide à produire et renforcer cet effet de densité. Mais aussi, ces éléments combinés ne permettent pas la mise en relief de certaines informations qui se présentent sous la forme de bloc où il est difficile, à première vue, de délimiter les éléments notés. C'est le cas pour l'ensemble d'éléments (10) à (17) : (10) est un sous-titre

à peine signalé par le chiffre arabe « 1) ». Sa longueur (presque deux lignes), l'absence d'espace ou autres traces graphiques (deux points) qui marqueraient la fin de ce sous-titre, font qu'il est facile de ne pas apercevoir cet indice de hiérarchisation des données et de le confondre avec la suite de données qui se présentent sous la forme d'un bloc. De plus, dans ce bloc, nous notons l'absence d'alinéas, de majuscules (ou presque) et de ponctuations. Le tout contribue à créer l'effet d'un choc visuel incompatible avec une vision de la prise de notes comme le reflet d'une compréhension structurée et structurante du discours de départ.

Cette utilisation intensive de l'espace et la condensation de données sont reconduites des notes du cours à partir desquelles les noteurs de G1 prennent exemple. De même, c'est en s'appuyant sur les notes du cours que quelques marques sémio-graphiques sont utilisées comme le crochet pour énumérer les deux états dans l'élément (21), les tirets pour énumérer les exemples de bosons et de fermions dans (27) et (28), les encadrés, les soulignements des sous-titres. Mais l'impression générale offerte à la lecture de ces notes est plus claire : l'organisation visuelle des notes obstrue l'accès facile à leur structure. L'exploitation de la compréhension n'a pas été opérée à plusieurs niveaux.

Les groupes 2 et 4, quant à eux, présentent des prises de notes où l'exploitation graphique et visuelle de l'espace de la feuille est perçue différemment. L'écriture est plus aérée, des retours lignes, combinés avec l'utilisation de la ponctuation et des majuscules, permettent de délimiter les informations. Des alinéas, des entêtes (des points) comme pour les éléments (2) et (3), (5) et (6) de la PDN de G4, permettent de lire comment s'organisent les informations. L'utilisation des flèches souligne des rapports directs d'interdépendance et de déduction entre les éléments. Le travail sur la compréhension est alors perceptible à la surface de la feuille.

Toutefois, certains des procédés et marqueurs graphiques ne sont pas assez ou sont trop exploités. C'est le cas des astérisques dans la PDN de G3. L'effet d'énumération produit par ces dernières, place plusieurs informations de niveaux différents sur le même niveau. A ceci vient s'ajouter l'abréviation, qui prend des allures de manque d'investissement, et la quasi-absence d'indices de hiérarchisation ce qui ne permet pas de préfigurer la structuration des informations. La PDN de G7 souffre aussi d'un manque de structuration et de hiérarchisation. Les alinéas sont surexploités, ce qui ne permet pas d'identifier les emboîtements entre les informations, et les entêtes et la ponctuation sont quasi inexistantes, ce qui ne permet pas de visualiser les blocs informationnels et les paragraphes. Les effets s'en ressentent alors sur la qualité des prises de notes, leur lisibilité et leur efficacité.

Le modèle de départ, celui du cours et donc celui mis en place par le professeur, reste néanmoins un modèle de base pour les prises de notes et une source d'inspiration même si certaines libertés sont opérées, traduisant, ainsi, une compréhension des informations et la volonté d'agir sur elles par l'intermédiaire de notes un peu personnelles et personnalisées. Les codes graphiques sont, pour la majorité, inspirés de ce modèle de base mais surtout, ils font référence à un domaine d'appartenance plus large, celui du domaine de l'écrit scientifique.

### **1-2-3- Les transcriptions : abréviations et substitutions**

En plus d'être étroitement liés à la prise de notes, les différents outils de transcription sont aussi liés au domaine scientifique. En effet, les écrits scientifiques sont souvent perçus comme le lieu où se manifestent par excellence l'exploitation et la maîtrise de procédés économiques tels que l'abréviation, la symbolisation, la schématisation. L'écrit gagnerait alors en objectivité et en concision. Ces codes de transcription sont alors repris des notes du cours mais aussi sont le fruit de plusieurs années d'exposition et de contact avec le discours scientifique.

Certaines formes d'abréviation et de substitution sont normées et régulées. Elles font partie du système de transcription acquis tout au long du cursus scolaire. C'est le cas de termes scientifiques comme «  $\bar{e}$  » pour électrons, «  $s$  » pour spin, «  $\hat{a}$  » pour somme, «  $fct$  » pour fonction, «  $\mathcal{P}$  » pour implique ou de termes fréquemment utilisés dans les discours scientifiques comme «  $ex$  », «  $\wedge m$  », «  $qcq$  », «  $tq$  », «  $cl$  », «  $nbr$  », «  $c a d$  » etc. D'autres sont plutôt le résultat d'effacement de syllabes qui n'obéit pas à des règles précises. Nous avons alors des abréviations comme «  $fonct$  », «  $identiq$  » dans les éléments (9) et (14) de la PDN de G2, «  $partic$  » dans (3) de PDN de G1 où les noteurs se contentent d'effacer les dernières lettres. Cette méthode peut générer des abréviations différentes pour un même mot chez les mêmes utilisateurs. C'est le cas de «  $ident$  » dans l'élément (19) de la même prise de note de G2, deuxième forme abrégée de «  $identique$  ».

Ces codes de transcription sont plus utilisés par les uns que par les autres. Les membres de G2 et G4 sont ceux qui y ont le plus recours. Dans leurs prises de notes, ces outils permettent de compléter, sans l'encombrer, la schématisation opérée pour traduire certains rapports, comme dans les éléments (5) et (6) ou encore dans l'ensemble d'éléments suivants :

***(23) Principe de Pauli (24) un det = 0 si 2 lignes sont identiques (fermi (25) #Y (1 ... N) = 0 (26)  $\mathcal{P}$  un  $\wedge m$  état quanti . indivi . ne peut pas être occupé simul . par 2 fermions identiques ou plus***

Ils vont dans le sens d'une économie de mots au profit de plus d'attention pour la structure inter- éléments et aussi intra- éléments.

D'un autre côté, c'est le groupe G1 et le participant M de G7 qui usent de manière plutôt modérée des différents codes présentés ci-haut. Ceci a pour conséquence d'accentuer l'effet compact et dense qu'offrent, sur le plan visuel déjà, ces prises de notes.

Les techniques utilisées dans le cours, les symboles, les schémas, les flèches et les abréviations, sont réutilisées et réinvesties dans les différentes prises de notes mais elles semblent tributaires de différentes conceptions de la tâche à réaliser et se coordonnent avec ces conceptions pour donner les résultats variés que nous avons notés sur les prises de notes.

### 1-2-4- Les paraphrases et les reformulations

Les notes de cours semblent être la principale source d'inspiration pour les participants. Elles constituent un modèle de base pour le stockage des informations, pour l'utilisation de certains codes mais aussi, plus étroitement, pour l'expression et les formes linguistiques utilisées. Comme pour l'analyse des textes définitifs, nous distinguons des

reprises d'éléments, des suppressions, des ajouts, des reclassements et des substitutions, autant de procédés qui font que la PDN est aussi une paraphrase du cours. Ces procédés font écho à des phénomènes liés à la PDN, et que nous venons de présenter, comme le recours à la méthode linéaire se traduisant par un attachement au texte de départ, le retraitement et le reclassement de données, la transcription etc.

### **A. LES REPRISES**

Le taux de reprise d'éléments varie d'une prise de notes à une autre. Nous avons déjà constaté pour la prise de notes rédigée de G1 qu'elle a un taux important de reprise d'éléments intégraux et de fragments d'éléments. Mais la reprise d'éléments linguistiques est peu importante dans les autres groupes. Elle touche le titre et les sous-titres, les équations et autres expressions en langage symbolique et les conclusions et expressions de conséquence.

### **B. LES SUPPRESSIONS**

La nature même de la tâche implique un travail de sélection et donc de suppression. Ce travail portera sur des éléments entiers qui seront jugés non indispensables à la constitution d'une bonne mémoire externe. Il portera sur des bribes d'éléments dont la suppression n'affecte pas la bonne compréhension des données retenues. Mais il portera, pour des raisons directement liées aux exigences de la PDN et au recours à des codes de transcriptions, sur des unités plus petites comme les composantes des phrases, à savoir les articles, des verbes et des adverbes.

### **C. LES AJOUTS**

L'ajout d'informations ou de morceaux d'informations est le procédé le moins utilisé par les noteurs. Nous l'avons déjà noté chez certains groupes comme G7 et G4. Il s'insère dans la suite des explications que ces noteurs tentent d'amener à travers leurs PDN.

### **D. LES RECLASSEMENTS**

Ce procédé sert à traduire une certaine compréhension et une certaine image de la structuration des données. Il présuppose une acquisition établie des informations à traiter et aussi une image constituée de la structure et des liens définissant les rapports entre les informations. Seuls G2 et G4 semblent avoir établi ou identifié certains de ces schémas de structuration. En tout cas, ils sont les seuls à les avoir reconduits.

### **E. LA SUBSTITUTION**

À ce stade de la co-production, le chemin de substitution prend le sens inverse que celui décrit dans l'étude des textes rédigés. En effet, à ce niveau, et en accord avec les attentes liées à la nature de la tâche, il s'agit de traduire du langage naturel en langage symbolique plus économique, de fragmenter et de faire une compression des données, de substituer les connecteurs et autres marques de liaisons logiques par des flèches, des parenthèses etc.

### 1-2-5- Conclusion : La prise de notes entre image et conception

Pour les uns, cette étape de prise de notes est une course aux informations. La mise en place d'une mémoire externe la plus fiable possible et la plus fidèle aux informations scientifiques et à leur exactitude est un véritable but. Un but atteint grâce à un certain degré de conformité aux formes et aux moyens utilisés dans le texte de départ. G1, G2 et M de G7 traduisent ainsi une volonté de se rassurer par rapport à des informations peut-être peu stables encore. Toutefois, cette démarche peut s'accompagner d'une certaine réflexion comme nous l'avons noté pour G2 et G4.

Pour d'autres, cette étape est le lieu d'une re-explication. C'est le cas pour K de G7 pour qui l'expression mathématique prime. Les éléments justifiant la démonstration sont quasiment absents, comme la justification du recours à la combinaison linéaire pour les bosons et celle du recours au déterminant pour les fermions, éléments exprimés, notamment, en langage naturel. K va même jusqu'à ne pas annoter les conclusions en rapport avec les démonstrations comme la possibilité de co-existence de plusieurs bosons dans un même état ou l'énoncé du principe de Pauli. La prise de notes est de plus en plus réalisée en symboles. K semble reléguer la tâche d'inscription en langage naturel à M, tâche dont ce dernier ne s'acquitte pas jusqu'au bout. Comprendre pour noter, noter pour comprendre correspond, alors, au travail effectué par ce groupe et à la conception qu'il a de la tâche à réaliser jusqu'au moment où, à ce travail et à cette conception, correspond et répond plus à un besoin de compréhension que la tâche permet de satisfaire. Ce qui expliquerait que vers la fin, M n'accompagne plus les explications de K et se concentre aussi sur les inscriptions mathématiques et schématiques des explications de son co-rédacteur.

Enfin, pour G3, ce moment semble être perçu plutôt comme une étape à survoler plutôt que comme une tâche à réaliser et à réussir. En effet, leur PDN présente la prise de notes la plus condensée et la moins ré-exploitée et la moins ré-exploitable même. Le manque informationnel est tel qu'il est impossible de pouvoir récupérer à partir de cette seule prise de notes de quoi constituer ou reconstituer un ensemble cohérent de données, encore moins de pouvoir reconstituer l'essentiel du cours.

## 2- La prise de notes et l'exposé : les étapes de la reformulation

### 2-1- Le changement de situation

---

Au passage de la première production, à savoir la prise de notes, à la deuxième, l'oralisation, les étudiants sont face à de nouvelles contraintes situationnelles dues au changement du type de production à réaliser. La prise de notes commune, et la tâche en général, exigent d'eux de travailler en commun sur leurs notes de cours, de discuter et de

confronter leurs idées que ce soit par rapport à la compréhension des notions traitées dans les notes de départ ; par rapport à la méthodologie à suivre pour réaliser la tâche globale ; par rapport à ce qui est pertinent ou non pour la bonne réalisation de la première sous-tâche et des sous-tâches suivantes - oralisation et rédaction – qui en dépendent ; par rapport à comment dire et comment noter ce qui est communément discuté, compris et admis. Etablir un champ de travail qui puisse garantir une bonne co-production, planifier, organiser, mettre sa compréhension et ses connaissances à la disposition de l'autre, se remettre en question, accepter l'intervention de l'autre sur soi et sur ces acquis notionnels et scientifiques, procéduraux et linguistiques, sont autant de contraintes auxquelles ont fait face nos participants pour cette première étape de la co-production et auxquelles ils feront face pour la suite. Mais aussi, il existe des contraintes matérielles propres à chaque étape, contraintes auxquelles ils sont soumis et auxquelles ils se sont plus ou moins pliés - comme nous venons de le présenter ci-dessus - et qui font que nous avons affaire à des productions variées. Le passage d'une étape à une autre s'accompagne alors de l'entrée en jeu de nouveaux paramètres et de nouveaux objectifs. Nous notons les trois points suivants :

*Premièrement* : la prise de notes exigeait un travail à la fois sur le texte oral en cours de construction dont l'importance sera abordée dans le chapitre suivant, mais aussi un travail sur des textes écrits et des textes à écrire, à savoir les notes recueillies pendant le cours et celles en construction. Ce travail sur l'écrit obéit à des règles et des codes qui garantissent le passage des premiers textes vers les deuxièmes : il s'agit de la compression de l'information - contenus et formes -, sa recodification selon les critères et les normes auxquels obéit le genre de prise de notes. Le respect de ces contraintes, lors de leur application dans cette phase du travail, permet et garantit, dans une phase ultérieure, le passage vers d'autres textes par l'empreinte de schémas inverses, à savoir l'extension et le développement.

*Deuxièmement* : la situation mi-orale/ mi-scripturale laisse alors la place à une situation entièrement orale, pour revenir à la mixité dans la dernière phase, rédactionnelle, du travail. L'oral a différentes fonctions et différents statuts selon qu'il est considéré comme objectif premier, comme dans l'exposé, ou qu'il est considéré comme objectif second, comme lors de la prise des notes et de la rédaction - les objectifs premiers étant alors les notes et le texte définitif. L'existence d'une trace « audio » enregistrée et le fait que les participants soient conscients que cet oral sera analysé et traité au même titre que tout le reste, nous amène à parler de l'oral comme d'un objectif second et non seulement d'un moyen de réalisation des objectifs premiers. Selon l'un ou l'autre cas, selon l'une ou l'autre fonction, il a différentes manières de se réaliser. Ce sont ces outils propres à chaque oral que les participants sont censés utiliser de manière appropriée selon les besoins et c'est ce passage d'un oral non formel à celui normé qui est supposé s'opérer lors de l'oralisation des prises de notes. Une oralisation qui sera tantôt à rattacher à un oral « exposé » scolaire, et tantôt à un exposé didactique ou « enseignant ». En effet, la consigne laisse les portes de la réalisation orale ouvertes à ces deux types d'exposé.

*Troisièmement* : la PDN, généralement réalisée par soi et pour soi, est, ici, produite en collaboration avec l'autre. Cet autre est à la fois collaborateur, donc situé du côté de la production, mais aussi premier destinataire auquel est adressé le produit réalisé et donc

première instance dont il faut tenir compte. A priori, nous aurions eu là le seul paramètre humain, au niveau de la réception, à entrer en jeu s'il n'y avait pas le chercheur. Mais le fait est que la prise de notes soit une étape imposée par le chercheur et en tant que telle il est difficile de ne pas tenir compte de lui et de ne pas le considérer comme exerçant une contrainte d' « efficacité » sur les participants. Ces derniers cherchent quelque part à satisfaire ses exigences et d'y répondre en se conformant à la production d'un produit intermédiaire convenable, la PDN. Mais tous les groupes ne répondent pas à cette attente (nous avons vu l'exemple de G3 qui survole presque cette étape), et quand même c'est le cas, ils ne le font pas de la même manière (la PDN de G1 ou de G2 diffère de celle de G4 et encore plus de celle de G7). A contrario, l'exposé et le texte rédigé sont de manière générale destinés dès le départ à une instance autre que soi. L'idée d'un récepteur potentiel dont il faut tenir compte est présente d'emblée. Un repositionnement du discours par rapport à cette instance est alors nécessaire lors du passage des PDN vers l'exposé et le texte rédigé. Certaines formes, notamment orales, vont apparaître dans le discours tenu par les participants tels que, par exemple, les termes d'adresse, etc.

Chacune des situations de production ainsi présentes obéit à des paramètres variables qui font sa particularité et qui déterminent, selon la finalité, l'ancrage énonciatif, les moyens linguistiques disponibles ... etc. La PDN obéissait à des contraintes particulières. Maintenant, les étudiants doivent faire face à de nouvelles contraintes liées cette fois-ci à l'oralisation.

### 2-2- De la prise de notes à l'exposé

---

Pour effectuer le passage des notes à l'oral, les participants disposent de différentes notes. Et c'est en se basant sur elles, sur ce qu'ils connaissent du cours et certainement sur ce qu'ils gardent en mémoire de leur discussion, qu'ils construisent leur oralisation.

Le travail qui sera fait se positionne à l'opposé du travail effectué pour la première phase, nous entendons sur le plan linguistique. Là où il est question, pour la PDN, de contraction, de suppression, de condensation, de sélection etc., il est question, pour l'exposé, a contrario, de développement, d'extension, de redéploiement etc. La paraphrase est pour ainsi dire le moyen de prédilection. L'oralisation de l'écrit, qu'elle soit sous forme de notes de cours ou de nouvelles notes, passe par la paraphrase de ces notes. Nous avons alors quelques effacements et déplacements d'éléments mais surtout des ajouts et des substitutions qui sont liés directement liés aux phénomènes de prises en charge de l'énoncé, de l'encrage énonciatif, à la traduction des symboles et autres formules mathématiques, à l'oralisation des marqueurs de hiérarchisation et aux signalements des sauts thématiques, au passage du mode d'expression nominal à celui phrastique et ainsi qu'à d'autres phénomènes liés à l'expression orale comme les empilements et les reprises par reformulations à des fins explicatives ou stylistiques. En somme, des moyens linguistiques liés à la prise de conscience du changement de la situation énonciative qui s'est opéré.

Nous sommes en droit de penser que le recours à ces outils sera d'autant plus important que la prise de notes est plus fragmentaire. Aussi, est-il attendu que des notes comme celle de G1 ou de G2 ne donnent pas lieu à d'importantes reformulations vu la

forme quasi rédigée de certains éléments. Alors que des notes comme celle de G3 ou de G7 laissent présager plus de travail sur l'expression.

En plus de ce transfert qualitatif de la matière présentée et sélectionnée dans les notes, le passage vers l'exposé oral s'effectue par un transfert quantitatif de la matière. Aussi, la reprise dans les différents exposés des éléments notés varie-t-elle selon les conceptions qu'ont les participants de l'importance et du rôle des notes qu'ils viennent d'élaborer. G1, par exemple, ayant mis autant de soin à fabriquer ces notes, a tendance à reprendre tous les éléments notés. G3, par la force des choses et parce que ses notes ne sont pas suffisantes, va devoir aller au-delà et donc compléter les éléments notés. Les productions orales qui résultent sont tout aussi différentes que les notes qui sont supposées les soutenir. C'est ce que nous nous proposons de voir dans ce qui suit.

## **3- Le discours oral**

### **3-1- Le modèle théorique**

---

Les réticences que susciterait l'exposé étaient prévues et elles sont même à l'origine du choix de cette épreuve. Les étudiants, nous le rappelons, n'ont eu que très peu d'occasions de prendre la parole durant leur cursus universitaire. Même si l'exposé ne devait jamais être présenté devant une classe, l'idée d'en faire un et de se laisser enregistrer a découragé plus d'un participant. Dans ce qui suit, nous abordons cette épreuve en déterminant ces caractéristiques générales sous deux angles, celui des contraintes du matériau d'appui utilisé pour l'oralisation et celui de la situation de l'oralisation. Le travail des étudiants sera par la suite vu et estimé sous ces deux angles.

#### **3-1-1- L'exposé oral**

Il n'existe pas une seule manière de procéder pour préparer son exposé, une stratégie unique. L'exposé, déterminé par rapport au type d'écrit qui le prépare, peut être fait à partir de notes très sommaires comme il peut être fait à partir de textes scrupuleusement rédigés. Nous reprenons ces deux types en nous basant sur les descriptions qu'en fait E. Nonnon (2002).

##### **3-1-1-1- L'ORALISATION DU TEXTE RÉDIGÉ**

Cette manière de procéder, souligne E. Nonnon (2002), implique, pour être efficace, des compétences variées relatives à l'écriture, à la lecture et à l'oralisation, des compétences qui atténueraient la difficulté et le décalage entre les deux modes d'expressions. En effet, il n'est pas toujours aisé d'oraliser certaines phrases aux structures trop simples ou inversement trop chargées. Des opérations de rattrapage et de reformulations sont alors effectuées à vif. La meilleure manière d'éviter la gêne occasionnée est de s'assurer un support rédigé efficace qui passerait alors par la mise en place de « certaines formes de

thématisation, un appui sur des éléments verbaux plutôt qu'une grande densité de noms, des subordonnées à droite du verbe plutôt que l'inverse » (*op. cit.* : 80). Ce support devrait tenir compte aussi d'une bonne délimitation des thèmes traités et du recours à des passages récapitulatifs. Ces choix s'accompagnent sur l'espace de la feuille par une typographie espacée et des passages blancs signalant les changements de thèmes et les pauses, et rythmant l'exposé. La lecture, quant à elle, serait anticipatrice, c'est-à-dire que le lecteur procède sur la base d'un décalage entre ce qu'il voit sur sa feuille et ce qu'il verbalise. Il s'appuie alors sur sa connaissance du sujet et de la structure de son texte.

Au niveau de l'oralisation à proprement parler, l'orateur expert, tel que le décrit C. Nonnon, fait appel à des éléments d'oralité intonatif, rythmique et aussi linguistique. Il ajoute alors à son discours des appuis énonciatifs (et, et puis, eh bien), des marqueurs de structurations verbaux et paraverbaux (alors, bon, donc), des répétitions, des reprises etc. ; et parfois même le lecteur modifie quelques éléments tels que la structure, les anaphores donnant ainsi l'impression d'un oral en cours de construction. Certains, même, opèrent une double oralisation : une première conforme à leur écrit et une deuxième qui en est la paraphrase - ce double travail se faisant sur des segments délimités et non sur tout le texte en bloc.

Les compétences dont il est question, ici, sont acquises par la pratique et l'expérience. Faire face à la nécessité de regarder son auditoire, et dépasser la gêne créée par certaines structures de l'écrit, difficilement transposable à l'oral, peuvent toutefois nécessiter plus que de l'expérience : un apprentissage explicite (Nonnon, 2002).

### **3-1-2-2- LA PARAPHRASE DE NOTES**

Il s'agit là du procédé le plus préconisé. Il permet d'éviter les décalages rencontrés dans l'oralisation, de séquentialiser et structurer son exposé. Les données, alors notées sous formes nominales, courtes, exploitant l'espace de la feuille, rend la lecture plus facile et les frontières thématiques plus claires. Leur re-énonciation « redonne à l'oralisation sa dimension de processus, d'élaboration en acte du message » (*op. cit.* : 82).

L'exposé oral suppose dans ce cas « de savoir réexpanser » les notes par suite de procédés allant de la relinéarisation au liage, en passant par l'élimination des infinitifs et des groupes nominaux, arrivant à la prise en charge des énoncés ainsi construits, le positionnement énonciatif. Mais ce n'est pas toujours ainsi que les choses se passent, certaines marques des listes pouvant persister à l'oral. Le passage des notes vers leurs paraphrases orales se fait, entre autres, par l'ajout de présentatif (on trouve, il y a, on a donc), des marqueurs d'intégration linéaire (ensuite, également, aussi), des connecteurs ayant perdu leur sens (donc, alors), et comme le souligne C. Nonnon, un peu plus habilement, par des connecteurs forts pour marquer les changements de thèmes et la hiérarchisation. Le passage d'une unité à l'autre, à l'intérieur de ses frontières, se ferait sous le signe de la rupture et d'une progression thématique simple à thème constant.

### **3-1-2- L'oralisation « spécialisée »**

L'oral préparé au début comme un exposé est présenté par la suite comme un cours, un discours didactique. Sous cette lumière, l'oralisation exige des étudiants, à l'instar de ce

qu'elle exigerait du professeur, « plus une ré-énonciation de fragments discursifs préalablement écrits qu'une improvisation orale ex-nihilo » (Bouchard, 1996 : 2-3). Ce travail sur la construction du discours didactique, même s'il s'appuie sur un modèle de l'écrit, tend parfois vers des écarts propres au discours oral. C'est ce qui, selon R. Bouchard, pose un problème chez certains étudiants, étrangers en l'occurrence, qui vivent difficilement cette instabilité et ce balancement entre norme orale et norme écrite oralisée.

### **3-1-2-1- LA DYNAMIQUE ET LES PHÉNOMÈNES LANGAGIERS**

#### **3-1-2-1-1- L'« empilement » et la reformulation**

Il résulte de cette « dynamique » des phénomènes oraux comme la répétition de « bribes »<sup>40</sup> ou leurs reformulations en chaîne, d'une ou de plusieurs manières. L'effet créé, comme le dit C. Blanche-Beneveniste et le reprend R. Bouchard (1996), en est assimilable à du sur-place où l'énoncé ne progresse pas sur l'axe syntagmatique mais plutôt sur celui paradigmatique. Une ou plusieurs formulations sont alors accumulées représentant autant de manière de dire ou de faire, et faisant la richesse du discours du professeur.

#### **3-1-2-1-2- La « formule binaire »**

R. Bouchard note aussi que dans ce discours oralisé, d'autres phénomènes apparaissent comme « l'énonciation en deux temps » au moyen de constructions du genre *ce qui X c'est pas Y c'est Z*. Ces constructions sont peu touchées par la dynamique oral-écrit, elles sont assez fixes et peu ou pas concernées par les bribes de reformulation. Ils ne subissent que des ajustements minimes.

#### **3-1-2-1-3- Les modalisateurs**

Il est à souligner, aussi, le recours à des « modalisateur(s) de l'énonciation » qui peuvent « s'immiscer » dans le contenu du discours et qui peuvent être, soit « un défaut » de réalisation langagière, un faux-départ, soit un procédé stylistique volontaire ». (Bouchard, 1996 : 7). « Ces fautes » ou « ratures », si elles sont bien immiscées dans le discours, au bon endroit, à la bonne intonation, se transforment en autant de moyens d'expression dont use le professeur pour enrichir et varier son discours, mais aussi se transforment en indices de la « dynamique discursive de l'orateur » (*op. cit.* : 8) et du discours en construction.

### **3-1-2-2- LA PONCTUATION DE L'ORALISATION**

Outre la reformulation répétitive de certains segments de l'énoncé, le discours oralisé présente souvent des marqueurs qui le ponctuent et que R. Bouchard présente sous le

---

<sup>40</sup> R. Bouchard reprend ce terme à C. Blanche-Beneveniste. Les bribes sont définies comme des « énoncés simplement ébauchés ou formellement complets » (Bouchard, 1996 : 5).

nom de « balises ». Il peut s'agir de balises de natures différentes : des verbes désignant des activités de perceptions, des marqueurs méta-, des connecteurs, etc. Elles jouent le rôle de ponctuation sonore. Mais certaines d'entre elles peuvent être vides de sens, elles sont utilisées de manière non significative, presque comme des tics qui reviennent à des moments variés et indifféremment. Les plus fréquents sont « donc » et « alors », déjà soulignés entre autres par C. Nonnon. Ils sont personnels et propres à l'orateur. R. Bouchard parle alors de « Faux » balisages.

### **3-1-2-3- DU RÔLE DE L'ORATEUR : LE DISCOURS DIDACTIQUE**

L'objectif de celui qui oralise un discours, lors d'un exposé, ou lors d'un cours, dépasse le simple fait de l'oralisation d'un discours écrit ou de notes en un discours oral. Le but de son discours est de faire parvenir des informations et de s'assurer de la bonne réception de ces informations. Il recourt alors à des reformulations ou des altérations, comme les désigne J. Peytard (1992). Ces altérations, dans le cadre de l'enseignement, servent « à rendre autre une parole source pour l'ajuster à une parole-cible, dans cette interaction incessante de l'enseignant et de l'apprenant » (*op. cit.* : 74). Elles sont soumises à une évaluation de la part de l'enseignant et à une sélection.

Dans la mesure où « enseigner c'est savoir répéter sans lasser », J. Peytard relie l'altération aux phénomènes de reprises successives. « Multiplication des approches », « Variations des angles d'éclaircissement », « Dotation en relief du discours », sont alors autant de répercussions de cette « redondance discursive ». L'orateur ponctue aussi et balise son discours, et ce, afin d'en rendre les segments accessibles et d'en faciliter la saisie. Il a, entre autres, pour rôle de créer « un horizon d'attente » pour les auditeurs au moyen de titre signalant l'hyperthème, d'explication du but, s'assurant ainsi de l'intérêt et de l'attention des auditeurs et facilitant l'accès aux informations.

Pour finir, J. Peytard souligne que l'orateur-enseignant doit tenir compte du fait que son discours s'adresse à un ensemble d'individu, par conséquent tenir compte aussi de l'individu dont il dit que chacun a « son propre langage et son capital discursif. Plus on altère, par variations, plus on suscite l'attention active du public apprenant. Plus celui-ci engagera le dialogue avec l'enseignant, par questions, remarques et suggestions » (*op. cit.* : 75).

## **3-2- L'application : quelle pratique orale ?**

---

La première étape de prise de notes effectuée, les participants passent maintenant à la seconde étape qui marque la réalisation du produit final oral escompté à travers l'étape préalable de notation. Notes en main, les participants doivent présenter leur cours dans une réalisation qui se trouve à mi-chemin entre l'exposé oral et la présentation d'un cours, donc, d'un discours didactique.

### **3-2-1- Les modèles d'exposés**

Deux manières nous permettent de catégoriser différemment nos exposés selon que nous nous positionnons du côté de la préparation de l'exposé ou de sa réalisation. Ces deux

angles nous donnent chacun un éclairage différent sur la réalisation et la dynamique de l'exposé.

### **3-2-1-1- LA PRÉPARATION**

La phase préparatoire de l'exposé est vécue de manière différente selon les groupes mais nous pouvons en distinguer trois types de situation :

La première consiste à passer directement de la phase des prises de notes vers la phase de l'exposé. C'est le cas de la majorité des exposés, à savoir celui de G1, G2 et G4. Les participants de ces trois groupes sont satisfaits de leur travail préalable et semblent le considérer comme suffisant pour assurer le passage à l'étape suivante. Comme ce n'est pas le cas pour tous les groupes, nous aurions pu croire que, pour les orateurs de G1, G2 et G4, l'étape de prise de notes a été perçue comme il est souhaité et attendu, c'est-à-dire non comme une étape autonome réalisée pour elle-même mais comme une étape permettant la production d'un élément qui servira à la création d'un autre produit. Mais le fait est que cette étape ne semble pas satisfaire entièrement les participants puisque, en plus de notes fraîchement prises, ils s'appuient encore sur leurs notes d'origine.

La deuxième consiste à planifier oralement l'exposé une fois la prise de notes effectuée. C'est là le choix effectué par les membres de G3 suite à la réalisation de leur pseudo prise de notes. Nous pouvons même avancer que c'est dans cette prise de notes incomplète que se trouvent les raisons d'une redéfinition de l'exposé. G3 n'a pas réussi à produire une bonne PDN. Plus ou moins conscient de l'inefficacité de cette étape préalable, le besoin de palier à ce déficit se fait ressentir et le groupe procède alors à une nouvelle étape de préparation. Les éléments à traiter sont re-sélectionnés, redéfinis et reclassés.

La troisième consiste à retravailler et redéfinir complètement l'exposé. G7 procède à la mise en place d'une série de questions qui orientera et guidera la progression dans l'exposé. Ainsi, par ce système de questions/ réponses, les points les plus importants, ceux qui véhiculent la macrostructure du cours, sont identifiés et fixés. Ce système permet aux participants de délimiter les grands thèmes de leur présentation orale et de s'assurer de leur structuration. Toutefois, en mettant en place des questions doubles ou multiples, c'est-à-dire des questions qui amènent le traitement de plus d'un point à la fois, il a suffi d'un moment d'hésitation lors du traitement d'une partie de la question 2, sur la symétrie lors de la permutation des états et de la définition des particules, pour que les participants se mêlent les pinceaux et que des points qui n'étaient pas prévus à certains niveaux de l'exposé soient traités et que d'autres ne le soient que partiellement. Ainsi, la construction des fonctions des systèmes des particules, bosons et fermions est abordée dans la deuxième moitié de la deuxième question alors qu'une question indépendante lui était consacrée.

Pour G3 et G7, la prise de notes semble être une étape de précompréhension. Les données du cours expliquées, ce travail a permis de passer à la préparation effective et directe de l'exposé qu'elle soit orale ou écrite. Pour G3, cette préparation orale aborde la planification et la sélection des éléments de l'exposé dans un schéma linéaire organisant

les informations dans l'ordre chronologique de leurs apparitions suivant l'ordre utilisé dans le cours. G7 adopte aussi cette même chronologie sauf qu'il ne s'agit pas de la planification des éléments mais de celle des grands thèmes.

### **3-2-1-2- LA RÉALISATION**

La réalisation de la tâche d'oralisation varie selon les groupes, le degré d'implication des membres, leurs conceptions de l'exposé, leurs habitudes scolaires, mais aussi de leurs personnalités et du rôle joué dans la phase précédant l'exposé. Nous sommes alors face à trois situations :

Certains procèdent à un partage de l'exposé, de la tâche d'oralisations selon des ensembles de données. Les données ne sont pas pré-délimitées ce qui fait que la prise en charge de l'oralisation se fait sur le tas et suivant les signalisations hiérarchiques des éléments dans le cours. Dans l'exposé du premier groupe, les deux participants, B et M-S, effectuent un partage rigoureux des tours de paroles : chacun énonce un des trois grands éléments du cours indiqués par un chiffre romain avec division du dernier élément jugé trop long pour être pris en charge par un seul orateur. Dans l'exposé de G3, de faibles incursions dans le temps de paroles de l'autre sont effectuées de part et d'autre, mais K, même si elle revendique ce partage, tend à dominer l'exposé par le rôle de synchronisateur de tour de parole qu'elle s'est attribué. C'est elle qui annonce la prise de parole par L, qui la lui cède en fait, mais elle n'attend pas que L en fasse de même. En effet, elle reprend son exposé sans prévenir sa collaboratrice.

Pour d'autres, l'énoncé se fait en tandem, presque de manière double. Les éléments sont présentés l'un après l'autre par l'un ou l'autre des orateurs ou, parfois, présentés par l'un et repris par l'autre. Pour les participants de G4, l'exposé se construit de fil en aiguille, presque au hasard. Ils se lancent et improvisent. Ils se cèdent la parole, se l'arrachent, s'interrompent et se corrigent. Avec ces orateurs, l'exposé gagne certes en spontanéité et naturel, mais il est souvent associé à une lutte pour prendre et reprendre la parole.

D'autres encore organisent cette étape en s'appuyant sur les différents rôles joués dans la préparation de l'exposé. Ainsi, l'un des membres de G2 laisse à l'autre le soin de faire l'exposé. Son argument pour cela est que, pendant la première étape, il a pris en charge presque entièrement la prise de notes. Résultat : N cède presque entièrement la parole à Z et se contente d'intervenir pour des corrections minimales.

Et, enfin, d'autres orateurs se partagent plutôt les rôles que les données. Dans G7, l'un des orateurs, M, amorce l'exposé au moyen des questions mises en place précédemment et l'autre, K, apporte les réponses. M se garde toutefois le droit d'intervenir dans les réponses de K et sur leur pertinence par rapport aux questions posées. Il essaye, donc, de les recentrer selon ce qui était plus ou moins convenu lors de la mise en place des questions et en s'appuyant sur les éléments de la phase d'explication du cours.

Entre préparation et réalisation, les exposés se dessinent sous des traits différents. Faisant appel à leurs souvenirs et à leurs expériences qui remontent le plus souvent au lycée, ils tentent de palier aux difficultés que présente leur tâche dans les meilleures conditions possibles. Leurs productions orales varient alors entre un exposé scolaire pur et dur où ils se cantonnent à lire les différentes notes, surtout celles du cours, et entre

discours qui se veut didactique et qui se construit dans l'interaction.

### 3-2-2- L'exposé et le discours didactique

La nouveauté et l'ambiguïté de la tâche ont fait que, pour sa réalisation, les apprentis professeurs soient amenés à utiliser deux modèles d'oralisation. Pour les différents orateurs, ces deux modèles sont plus ou moins familiers : l'un, à savoir le modèle du discours didactique, l'est par une exposition prolongée aux discours tenus, tout au long du cursus scolaire, par les différents professeurs. L'autre, à savoir le modèle de l'exposé oral, l'est suite à un enseignement dispensé sur le sujet, à une exposition aux discours préparés par les participants eux-mêmes ou par leurs camarades.

Ces discours, au-delà des touches personnelles que enseignants ou camarades y mettent, présentent des constantes que les orateurs ne tardent pas à utiliser dans leurs productions orales.

#### 3-2-2-1- LES EXPOSÉS : TEXTES ORALISÉS OU NOTES PARAPHRASÉES ?

##### *a. L'oral rédigé*

Pour tous nos étudiants, les documents d'appui sont des notes qu'elles soient les notes du cours ou les notes qu'ils viennent de produire. Ainsi, et malgré certains passages plus ou moins rédigés comme les données, les conclusions ou les énoncés, la tâche ne peut pas être assimilée à une oralisation de texte rédigé même si le comportement langagier de nos orateurs le laisse entendre. Le comportement de certains orateurs, vis-à-vis de ces passages du cours, se rapproche alors de celui décrit par E. Nonnon (2002) et exposé plus haut. Leurs discours en présente quelques traits dont nous reprenons les exemples les plus pertinents, à notre sens :

- Phrases énoncées et vite reformulées : la première énonciation correspond à la lecture de ce qui est noté, elle est suivie d'une reformulation qui vise à ré-expliquer et à rendre plus accessibles des propos qui à première vue ne le sont pas suffisamment ou à mettre sa petite touche personnelle à ces propos en les paraphrasant.

470	B	(. . .) en mécanique euh on sait que:: en mécanique classique deux particules identiques sont discernables c'est-à-dire qu'on peut les distinguer entre eux . or . en mécanique quantique deux particules identiques sont indiscernables on peut pas les distinguer entre eux (...)
-----	---	---

- Le découpage et le marquage des thèmes s'appuient sur les différentes marques de hiérarchisation utilisées dans le cours et qui les rendent plus facilement repérables. Ces marques peuvent être oralisées ou non. Toutefois, elles peuvent contribuer à renforcer l'effet d'une lecture et non d'une exposition des données.
- A l'écoute, nous percevons que certains passages sont énoncés de la même manière, sur un même ton. Ils sont débités de manière machinale et mono- tonale. Ce

rythme et cette intonation sont peu transcrits dans nos données, sauf par les marques de pauses. Ces pauses sont souvent courtes, une seconde environ, ce qui donne l'impression d'un discours à la chaîne qui ne marque pas le début et la fin des phrases.

Mais ces passages restent rares et limités. Le plus souvent, il s'agit pour nos groupes d'une oralisation des PDN.

### **b. L'oralisation de notes**

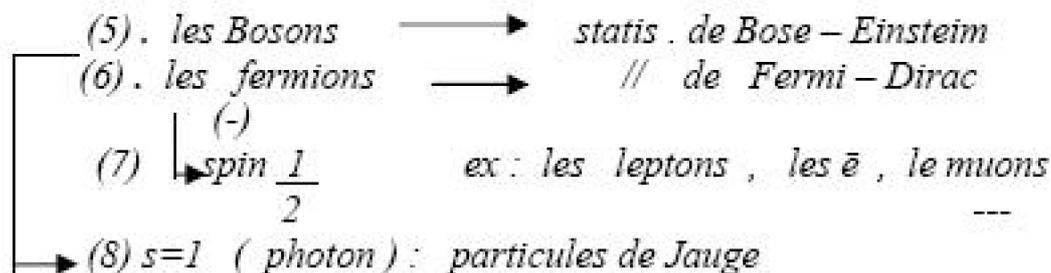
Comme nous l'avons dit plus haut, l'idée d'une prise de notes comme étape préparant l'exposé oral a été difficile à accepter. Toutefois, presque tous nos volontaires se plient à cette exigence. Plus encore, la majorité prend appui en grande partie sur leurs nouvelles notes plutôt que sur celles dictées par le professeur. Nous avons dès lors :

- un exposé qui se base sur des notes structurées et découpées en séquences permettant de le construire clairement. Des titres, des sous-titres, des étoiles et des tirets sont alors autant d'éléments d'appui qui servent à organiser l'oral en cours de construction. Ils peuvent être aussi des indices des liens entre certains éléments indiquant, par exemple, une liste de points à énumérer ou des oppositions à souligner et à mettre en exergue comme dans l'exemple suivant extrait de l'exposé du G2 :

148	Z	(...) introduction . on va: voir la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique concernant deux particules identiques . pour la mécanique classique deux particules identiques sont discernables . eu::h par contre pour la mécanique quantique les deux particules sont indiscernables . eu::h puisque dans la mécanique classique chaque particule est définie par sa vitesse et sa trajectoire on peut définir la position de la: particule par contre pour la mécanique quantique la notion de trajectoire n'est pas valable et on définit par contre la notion de paquet d'ondes . et on les définit par le module au carré de psi qui dépend de la position x et de l'instant t . deuxièmement le postulat de symétrisation
-----	---	---

- Une ré-expansion des notes, leur relinéarisation, la création de liages qui transforment une suite de groupes nominaux comme celle des éléments (4, 5, 6, 7, 8) de G4 :

(4) 1) *Énoncé du Post(+)<sup>ul</sup>at de sym :*



- en une suite de phrases plus ou moins facilement réussies et construites :

252	H	(...) [beh] abordons l'énoncé du postulat de symétrie
253	K	pour les bosons . et: statistique de Bose-Einstein . les particules sont:: . symétriques . par rapport à l'échange des particules . (.. ?)
254	H	euh :: . dans ce::: . dans ce postulat on distingue deux particules . qui sont les bosons et les fermions . les bosons sont caractérisés par l'état plus . euh:: . ce sont des particules . qui ont . comme fonction d'onde . <b>symétrique</b> . d'où c'est la statistique de Bose-Einstein qui est (.. ?) ici . pour les fermions c'est le: . l'état moins . euh . et c'est la statistique de Fermi-Dirac . leur fonction d'onde est antisymétrique . [beh] . on peut dire que . les bosons . ont . un spin . (égal à) un . exemple on peut:: . citer les photons . qui sont des particules de Jauge . pour les fermions c'est l'exemple euh . pour les fermions . ils ont un spin un demi . et c'est l'exemple des leptons . euh comme les électrons et les muons . euh:: . [kahaw] . on passe au (paragra) au deuxième paragraphe .. la construction des états physiques . pour N particules identiques sans interaction mutuelle .

- Le passage des notes à leurs oralisations s'accompagne de la traduction des équations et des symboles en langage naturel ou traduction trans-codique. Deux des exemples les plus parlants sont l'exemple de l'oralisation, par G1, de l'étude des cas des trois particules pour la fonction des N bosons ; et aussi celui des diagrammes énergétiques à T=0K dans les exposés de G2.
- La prise en charge des données traduit une prise de conscience de la situation d'énonciation et des conditions qui entourent la réalisation de la tâche. Les orateurs se servent du pronom indéfini « on » qui réfère à la communauté scientifique, au professeur mais aussi à eux-mêmes, et ce, dans le cadre de la situation énonciative générale en rapport avec le domaine ; et qui réfère aussi à toute personne impliquée dans la situation d'énonciation particulière dans laquelle se trouve nos participants, à savoir eux-mêmes, l'auditoire présent ou présumé. Par l'emploi de l'indéfini, les étudiants ne se déroberont pas à leur responsabilité scientifique, au contraire, l'emploi de ce pronom étant attesté dans les discours spécialisés, nos participants expriment ainsi leur appartenance à la communauté des physiciens. De plus, traduisant la prise en charge de l'énonciation, ils recourent aux présentatifs : « on trouve », « il y a » ;

aux marqueurs d'intégration linéaire : « ensuite », « également », « aussi », « maintenant » pour signaler les changements de thèmes et la hiérarchisation ; aux connecteurs « donc », « alors » - tics conversationnels plutôt que de véritables marqueurs de liens logiques et syntaxiques.

Certains des indices de la prise en charge sont utilisés par les uns plus que par les autres. Par exemple, les membres de G1 utilisent peu de « on » ce qui rapproche encore leur exposé des textes des notes sur lesquels ils s'appuient. En effet, dans ces supports, les sujets dominants sont les objets de l'univers physique décrit : particules, fonction, systèmes etc. Toutefois, dans sa seconde intervention, B fait appel à « je » pour s'exprimer et alterne prise en charge collective et prise en charge plus personnelle.

Les notes du cours et les notes nouvellement prises servent toutes les deux comme point d'appui pour la plupart des étudiants. Bien que les termes de la consigne et nos recommandations appuient vivement l'utilisation exclusive des deuxièmes notes, il semble qu'il subsiste chez les participants un certain sentiment d'insécurité face à leurs propres notes qui les pousse à revenir vers les propos du professeur. Leurs exposés se construisent, de ce fait, tantôt comme la paraphrase de leurs différentes notes, tantôt comme une lecture quasi scrupuleuse du texte dicté par le professeur.

Le degré de dépendance à cette parole « suprême » varie toutefois selon les groupes et le type de notes qu'ils ont produit. G2 s'appuie plus sur les nouvelles que sur celle de départ. Pour eux, l'étape préparant l'exposé a été utile de par le fait même de sa ré-exploitation. Contrairement à eux, et presque même à l'opposé, G3 s'appuie presque exclusivement sur les notes de cours. Seules quelques traces de leur DPN ressurgissent dans leur exposé comme le reclassement des exemples des particules réintroduits à la suite de la définition de la statistique de chacune.

### **3-2-2-2- LE DISCOURS DIDACTIQUE**

Les différentes oralisations produites par les participants présentent des moments énoncés sur un modèle différent de ceux décrits plus avant. Ce modèle présente une prise en charge et une réalisation de la tâche qui opère sur un mode aux caractéristiques particulières, celui du discours didactique. Parmi ces caractéristiques, nous avons :

- *des marqueurs d'énonciations* : elles traduisent la prise en compte de l'auditoire et son interpellation, notamment des verbes traduisant des actions sur le discours ou des actions relevant du procédural conjugué avec le pronom indéfini ou la première personne du pluriel : « nous entamons », « on va faire », « on peut dire / faire / distinguer », « on passe », « on va déterminer / mettre / parler » et autres méta-discoursifs et méta-procéduraux sont alors autant de traces d'un discours inspiré de celui souvent tenu par le professeur.
- *Un jeu de questions/ réponses* : nous les trouvons dans les propos des participants K et M du G7. M guide les réponses de K, les réoriente et les recentre.

- 207 K Vu que le fermion euh obéit euh: premièrement on a dit que à la statistique . de . Fermi-Dirac . et surtout . euh le principe de . Pauli . vu euh considérons ces deux contraintes . euh . on définit ainsi les euh [ma [ueh] que vu que euh lors d'une permutation de deux euh particules de deux: fermions on obtient un état antisymétrique . et pour satisfaire cette condition on utilise le:: le déterminant de Slater
- 208 M oui .
- 209 K déterminant de Slater euh qui représente une matrice carrée .
- 210 M matrice de quoi pour [e::] . matrice de (. ?) d'onde euh)
- 211 K  $\psi$  ou . matrice matrice qui représente la fonction d'onde \ une matrice qui représente la fonction
- 312 M \ oui voilà
- 223 K euhm . bon . pour pour les bosons . euh:: euh:: . on constate . au cours de:: . de l'exploitation des résultats (f'obte) obtenues . que . euh pratiquement tous les bosons se trouvent sur l'état énergétique fondamental .
- 224 M pourquoi cette euh accumulation sur l'état . fondamental ( ?)
- 225 K oui . vu qu'on a euh un phénomène physique très important c'est . euh l'attraction quantique . les particules . exercent l'un sur l'autre une . euh attraction voilà . une attraction . ce qui fait euh:: . qu'ils tombent tous sur euh le niveau fondamental qui est le niveau le plus stable . ok ( ?) et ceci qui caractérise euh quelques euh . euh:: . quelques liquides tels que euh euh le:: le supra fluide ou (les métaux) pour les supra conducteurs . ok ( ?) mais . pour euh:: . les fermions . c'est totalement différent . vu que . on trouve que chaque particule occupe un niveau énergétique bien déterminé . ok ( ?) et ceci euh vu ce qu'on a dit davantage que . euh:: . la répartition des fermions . euh:: . obéit à deux contraintes nécessaires . euh . plutôt une contrainte . euh:: . d'après le principe de Pauli . que . deux particules ne doivent pas avoir le même état énergétique . et donc . et chaque état énergétique doit être plein . ou . euh:: plein [ja [ni] contient un ? . un seul fermion . ou il est vide . ok ( ?)

Comme le ferait un enseignant, M introduit des validations brèves « oui » pour signaler à K qu'il est sur la bonne voie et qu'il donne la bonne réponse, lui pose des questions pour l'inciter à continuer et à compléter sa réponse.

· *Les reprises, les récapitulatifs et les anticipations* : surtout dans G1 où, en -508-, pour introduire la fonction d'onde des bosons et ensuite, plus loin, pour introduire la fonction des fermions, B rappelle le spin de ces particules.

472 B (...) la fonction de: d'onde d'un système de  $N$  bosons . alors . on a dit que les bosons ce sont des particules . de spin est égal à eux de spin entier: est égal à un entier . alors . pour ces particules là je vais définir la fonction d'onde . cette fonction d'onde doit satisfaire . le le postulat de symétrisation qu'on a déjà parlé . (...)  
conclusion . on peut dire donc un nombre quelconque de bosons identiques peut occuper un même état individuel . ça c'est très important . parce que dans la suite on va voir que dans le cas des fermions ; c'est pas la même chose .  
donc troisième: fonction d'onde d'un système de fermions identiques déterminant de Slater . donc . les fermions qu'on a dit eux on a dit que ce sont des particules dont la fonction d'onde est . eux eux antisymétrique . et ce(s ?) fermion(s ?) a un spin un demi . donc la fonction la fonction d'onde associée à ces eux: fermions doit être comme étant on va va le déterminer . par [!:] la méthode de Slater . (...)

- 473 M-S (...) ?
- 474 B (...) d'où (l)ien c'est ça le principe d'exclusion de Pauli : en fait c'est que *en* en gros (dans/ donc) on a vu que les (pour les bosons) : deux particules de bosons peuvent occuper un même état : mais les fermions : c'est pas *en* c'est (ta) *en* tout à fait différent parce que : deux : *en* (fer) *en* deux fermions doit occuper deux états différents .

Le lien entre le rappel et ce qui suit n'est pas très pertinent mais, s'il reflète quelque chose, c'est bien une sorte de conscience de l'utilité de ce type de phénomène discursif même s'il n'est pas bien exploité. Des verbes comme « on a dit », « on a vu », « on sait » sont alors autant d'indices de ces passages à visée purement didactique. B fait appel aussi à l'anticipation en faisant des sauts en avant dans le cours et en soulignant des points qui seront présentés plus tard afin

- 472 B (...) conclusion : on peut dire donc un nombre quelconque de bosons identiques peut occuper un même état individuel : ça c'est **très important** : parce que dans la suite on va voir que dans le cas des fermions : c'est pas la même chose ( ... )

Il fait appel à un autre des procédés propres aux cours énoncés par les professeurs à savoir celui d'attirer d'avance l'attention des apprenants sur un point en l'annonçant ce qui met les apprenants en attente de cet élément et ce qui permet son identification plus facile et plus rapide.

- *L'empilement et la reformulation* : pris en charge par soi ou par l'autre dans une sorte de construction en cours du discours.
- *Les modalisateurs et les ponctuations* : faux départs, effets de style et balisages, ils contribuent à donner à la dynamique de discours le goût de la parole en train de se réaliser et de se construire.

La distinction entre les deux types d'oralisation, l'exposé oral et le discours didactique, répondent plus aux besoins de l'organisation de nos données qu'à une véritable dissociation entre les deux. En effet, nous retrouvons des traces de l'un et de l'autre type dans la même production orale. Les deux modèles, scolaire et professoral, se mêlent et

se s'enchevêtrent avec des tendances de domination pour l'un plutôt que pour l'autre selon les groupes et selon les notes réalisées.

G4 et G7 sont des exemples de la combinaison des deux types d'oralisation : d'un côté, la paraphrase de notes et de l'autre la construction d'un discours didactique qui s'appuie sur l'interaction avec l'autre co-producteur et qui reproduit les échanges professeurs/ apprenants. A cette différence près que les deux groupes s'appuient sur des notes différentes et de manières différentes aussi. G4 s'appuie sur leurs nouvelles notes mais la nature de ses notes peu construites laisse plus de champ et d'espace à la créativité et l'interaction avec le co-producteur, d'un côté, et, de l'autre, avec l'éventuel auditoire. G7, quant à lui, s'appuie sur les notes de départ, celles dictées par le professeur - leur PDN ayant abouti plus à une ré- explication du cours qu'à des notes ré-exploitable. Mais, en plus, ce groupe met en place des questions qui orientent le retraitement des notes vers une construction de discours didactique, ce qui fait que leur exposé n'est pas à considérer uniquement comme une lecture ou une oralisation de ces notes. Toutefois, ce groupe semble quelque peu perdu entre un support plutôt classique représenté par les notes de cours et un support qui laisse plus de place à la créativité surtout que cette créativité n'est pas bien canalisée au moyen de questions claires et structurées.

Les participants du G1 aussi, par moments, semblent conscients des enjeux didactiques de leurs interventions et tentent - conformément à la consigne - de tenir compte de leurs éventuels élèves en leur adressant des récapitulatifs et des avant-goûts sur ce qui leur sera présenté. A quelques moments de leur exposé, ils font des rappels et marquent des liens avec ce qui a précédé ou ce qui va suivre afin d'en faciliter et diriger la compréhension. Mais ce groupe s'appuie pour son exposé sur les notes du cours et sur les notes personnelles qui sont souvent un calque presque parfait des premières et qui contiennent autant de passages pré-rédigés. Ces éléments d'appui conditionnent alors leur production orale qui se rapproche alors inévitablement plus de l'exposé que de l'oralisation spécialisée.

### **3-2-3- Le jeu de rôles**

La question que nous nous posons à ce niveau de l'étude est comment la tâche est-elle prise en charge ? Nous constatons alors que, pour la majorité des exposés, les orateurs s'expriment sous le pronom indéfini « on » et que le degré d'implication dans le discours qu'ils tiennent est plus ou moins important. Toutefois, certains participants se prennent au jeu et laissent leur « je » prendre la parole. C'est le cas de L, de G3, quand il annonce la prise de la parole par sa « collègue » à la fin de -185- et en -191- et quand il parle à la première personne deux fois en -188-. H de G4 en fait de même - c'est-à-dire qu'il laisse s'exprimer son « je » en -244- ; ainsi que K, de G7, en -198- et M, de G7, en -231-. B de G1 quant à lui, hésite entre l'expression du « je » avec les pronoms « je » et « on » dans « je vais avoir », « si je prends », « on a dit », « qu'on a déjà parlé » à -472- ; et entre l'expression du « on » scientifique et collectif à la fin de -472-. B s'approprie même le déterminant « mon déterminant » en -473-. M-S se prend à ce jeu d'hésitation entre « je » et « on » en -511-.

Conscients de l'enjeu présent et du rôle futur, professeurs et/ou étudiants, spécialistes et apprentis, les orateurs le sont à la fois et à tour de rôle, l'un par rapport à l'autre. Par exemple, dans G4, H domine l'exposé et arrive à avoir des interventions plus ou moins longues. Il n'arrête pas de reprendre les informations de K quand il lui cède la parole ou quand K arrive à la lui arracher. Il se rapproche ainsi du discours que tiendrait un professeur, reprenant, reformulation, corrigeant les propos de son élève, et effectuant des expansions à partir des interventions de son collaborateur. A la fin du tour -268-, H reproduit même le modèle de l'échange ternaire que nous retrouvons souvent dans le discours professoral et qui en est pour ainsi dire une des caractéristiques, à savoir question/ réponse/ validation :

- 268 H (...) et pour les fermions . qu'est-ce qu'on dit ( ? )  
 269 K il y a une répulsion quantique . euh . l'énergie des fermions . de l'état . final . chaque état correspond à un état individuel .  
 270 H pour les fermions . chaque euh . ([béh] ?) chaque fermions prend un état . euh . qui qui lui est caractéristique . euh . de E 0 de l'état . fondamental . jusqu'à l'état final . cet état final est . euh il présente . l'énergie de Fermi . et c'est la répulsion quantique qui est . euh )

H pose la question, attend la réponse de K et la valide par une paraphrase. Ensuite, il prend appui sur cette réponse pour avancer d'autres informations. Mais là où il semble trouver ses marques dans la réalisation de ce genre d'exercice et semble plutôt à l'aise, K, du même groupe, semble avoir des difficultés à en faire de même, en partie, à cause de H mais aussi à cause de l'image qu'elle a de cette tâche. En effet, les interventions de K sont plus conventionnelles et plus proches d'une exposition des informations qui se veut brève et claire plutôt qu' « interactionniste » et didactique. C'est ce qui amène, justement, son co-producteur à combler ce qu'il perçoit comme exposition incomplète et à étoffer les propositions de K.

### 3-2-4- Conclusion

La reformulation lors de l'exposé oral n'a pas été une épreuve fructueuse pour tous les participants. Les membres de G3 sont parmi ceux qui présentent le plus de difficultés à réussir cette épreuve. N'ayant pas pris de notes importantes, et donc n'ayant pas effectué ce travail de reformulation pour la création de leur nouvelle PDN, ils s'appuient sur les notes du cours pour réaliser leur exposé. Toutefois, conscients de la nécessité d'effectuer des modifications linguistiques sur ce premier discours afin de le réadapter et afin qu'il leur corresponde plus, et conscients de la nécessité de faire preuve d'une certaine appropriation qui passe par les modifications des formes linguistiques du discours du professeur, ils paraphrasent leur cours. Il en résulte des phrases et des formes qui ne sont pas toujours claires et correctes tant sur le plan de la langue que sur celui de la science.

La reformulation qui accompagne le passage des notes vers l'exposé pose aussi quelques soucis pour K de G7. K, même si il est à l'origine de la formulation de la deuxième question servant à préparer l'exposé, ne réussit pas à en saisir le sens au premier abord et demande à son interlocuteur de la réitérer. Ainsi, s'appuyant sur des

questions mal énoncées, mal structurées et mal reformulées, il devient difficile pour K de répondre aux questions (-205-, -207- K) - les interventions de M, qui tente de réorienter ces réponses, n'aidant pas.

## 4- Conclusion

Nous devons souligner que nous sommes conscients de la différence qui existe entre la prise de notes à partir de l'oral et la prise de notes à partir de l'écrit. Nous devons rester conscients de la nature très particulière de la situation à laquelle doivent faire face nos participants. Pour les besoins de notre recherche<sup>41</sup>, nous avons amené les participants à prendre des positions frontalières entre des situations plus ou moins - parfois même plutôt moins - connues. Ils s'adonnent d'abord à une activité peu commune surtout dans leur formation, celle de prendre des notes à partir d'un texte écrit. Lors des cours suivis à l'université, et même avant, au lycée, cette activité se fait à partir du discours du professeur, discours oral qui peut être ponctué d'inscriptions sur le tableau. Les recherches sur la prise de notes insistent sur la différence fondamentale qui existe entre les deux situations :

- situation de prise de notes à partir d'un texte écrit (source écrite)
- situation de prise de notes à partir d'un discours oral (source orale).

F. Boch (2000) en fait l'objet d'une étude qui compare les productions de textes rédigés dans chacun des deux cas. Le comportement des étudiants face à leurs notes, et par la suite face à leur rédaction, est alors fortement dépendant d'éléments tels que le débit de la parole du professeur - lent ou rapide - , de l'intonation, « des indices facilitateurs » ou, au contraire, « des indices inhibiteurs » de la prise de notes. En effet, les apprenants s'appuient sur les indices donnés par l'enseignant pour identifier les moments où ils doivent prendre notes et ceux où ils doivent, au contraire, laisser le stylo de côté et « suivre ». Ainsi, dans le cas de figure d'une source orale, le professeur est au centre des stratégies déployées, contraignant ainsi la prise de notes. Par contre, dans le cas de figure d'une source écrite, l'étudiant est certes plus libre mais aussi il est livré à lui-même face au texte.

Ce déséquilibre créé par cette prise de notes inhabituelle est réajusté, dans notre situation, par l'objectif placé en amont de la tâche, celui de faire un exposé oral - ce qui rappelle certains exercices scolaires comme la préparation de dossiers lors de certains cours de sciences naturelles. Mais là encore, un nouvel élément est introduit dans la tâche : celui de tenir un discours didactique dans le sens où les participants doivent se mettre à la place d'un enseignant et expliquer, notes à l'appui, le cours.

Pris entre leurs statuts actuels d'étudiants et la projection dans ce que sera leurs

---

<sup>41</sup> Besoins sur lesquels nous nous sommes penchés au début de notre recherche et qui, pour résumer, consistent à faire « parler » les étudiants à l'oral et à l'écrit -

statuts futurs d'enseignants, les apprentis enseignants puisent dans leurs multiples ressources les éléments de leurs discours. Hétérogénéité, confusion mais aussi innovation et créativité sont alors à l'ordre du jour, pour les uns plus que pour les autres. Les productions oscillent entre lecture de fragments pré-rédigés, paraphrase de notes et construction d'un discours didactique. Le penchant vers l'une plutôt que vers les autres oralisations dépend, certes, du vécu et de l'expérience de chacun, c'est-à-dire de la participation antérieure à des exposés et du degré de prise de conscience des particularités du discours didactique ; il dépend de la configuration de la tâche de l'exposé et de la manière de la réaliser ; mais il est aussi fortement dépendant de l'étape précédente et des productions écrites qui en ont résulté.

Les prises de notes ont orienté et conditionné les réalisations selon qu'elles soient prises sur le modèle des notes de départ, qu'elles s'en écartent plus ou moins, ou qu'elles soient considérées comme insuffisantes et donc complétées. Ce qui s'est traduit, selon le cas, par l'un des trois modes d'oralisation mentionnés ci-haut.

Dans ce qui suit, nous allons entamer l'analyse d'une autre étape de la production à savoir l'interaction qui a accompagné la réalisation des textes finaux et intermédiaires et qui a fortement contribué à donner aux ces différents produits la forme qu'ils ont au final.

## Chapitre V- L'interaction et la rédaction

Nous abordons dans ce chapitre les dernières données de notre corpus à savoir les enregistrements des interactions qui ont accompagné chacune des productions des groupes participants à notre étude. Ces données sont déterminantes quant à la confirmation ou l'infirmité de certaines des hypothèses avancées à la suite des analyses des textes, finaux ou intermédiaires, effectuées dans les chapitres précédents. Aussi, permettra-t-elle de répondre à quelques unes des questions que nous nous sommes posées précédemment notamment concernant l'identification des propositions relationnelles - entre les segments des textes - et leur réintroduction, correcte ou moins correcte, dans les productions finales.

Aussi, l'intérêt que nous portons à cette étape est-il double. En effet, il s'agit là de conversations orales qui se composent d'échanges et de séquences d'échanges - plus ou moins complexes- construits autour d'un objectif commun : co-produire des textes. Pour cela, nous allons déterminer quelques unes des caractéristiques des interactions verbales et des rédactions conversationnelles en les mettant en rapport avec l'outil d'analyse RST, utilisé en amont de notre analyse. A la lumière de cette présentation, nous procéderons à l'étude des corpus oraux.

Pour l'étude des éléments théoriques, nous nous baserons essentiellement sur les différents travaux effectués par. E. Roulet (Roulet et al.,1987 ; Roulet, 1972, 1983, 1986, 1987, etc.) T. Jeanneret ( 1991) et C. Kerbrat- Orecchioni (1995), R. Bouchard (1995, 1996, 2005),M-M. de Gaulmyn et R. Bouchard (1997) J.R. Hayes et L.S. Flower (1980), J.R. Hayes (1998).

# 1- Quelques éclairages théoriques

## 1-1- L'interaction et le discours oral

---

Depuis M. Bakhtine et l'introduction du concept de dialogisme et de polyphonie, l'étude des interactions verbales ne cesse de se voir compléter par l'apport d'autres domaines. On peut énumérer, l'anthropologie et la théorie du comportement humain, la philosophie et les réflexions sur l'illocutoire et l'implicite, la sociologie et la notion de face, la théorie de Ducrot et les enchaînements d'actes dans le discours<sup>42</sup>. Ce dernier courant, avec les travaux de M. Bakhtine, ont le plus influencé E. Roulet.

Ce dernier étudie les interactions en ce qu'elles ont en commun. Pour cela, il commence par identifier cinq niveaux ou « rangs de structure ».

- L'incursion (ou interaction) : Délimitée par la mise en contact des interlocuteurs puis leur séparation, elle s'analyse en plusieurs transactions.
- La transaction : délimitée par le traitement d'un thème donné, elle s'analyse en échanges coordonnés, elle peut être marquée par des commentaires méta-discursifs.
- L'échange : s'analyse en trois interventions en général liées par des fonctions illocutoires initiatives et d'autres réactives mais peut être prolongé en cas de réactions négatives. E. Roulet reprend les deux types d'échanges de E. Goffman : échanges confirmatifs (à fonction « marginale » d'ouverture et de clôture) et échanges réparateurs plus centraux dans le modèle proposé.
- L'intervention : elle s'analyse en actes de langage : acte principal ou « directeur » et actes subordonnés facultatifs qui le précèdent ou le suivent (de préparation ou de justification). Dans une intervention, les actes sont reliés par des fonctions « interactives ». Rappelons que l'intervention, unité théorique postulée par E. Roulet à la suite de Sinclair et Coulthard (1975) se différencie du tour de parole, unité « pratique », pré-théorique mise en avant par les ethnométhodologues. Un tour de parole peut contenir plusieurs interventions.
- L'acte de discours, unité minimale que Roulet distingue des actes de langage d'Austin et Searle.

### 1-1-1- La négociation et la complétude

Pour mieux saisir le fonctionnement du discours, E. Roulet le conçoit comme une négociation, une recherche d'un accord, qui obéit à deux contraintes : la complétude interactionnelle (relative à l'échange) et la complétude interactive (relative à l'intervention).

<sup>42</sup> Pour plus de détails, voir introduction de ROULET E. et al. (1987) *L'articulation des discours en français contemporain*. Berne, Lang

La contrainte d'un double accord est nécessaire pour assurer la complétude interactionnelle. Si la réaction de l'interlocuteur est défavorable, le locuteur devra relancer son intervention jusqu'à l'obtention d'un avis favorable pour pouvoir clore l'échange. Mais pour arriver à ce niveau interactionnel, il faut déjà, au niveau de l'intervention, que celle-ci soit suffisamment claire et justifiée pour permettre à l'interlocuteur d'émettre son accord ou désaccord. Le seul juge de la complétude interactive reste l'interlocuteur, qui évalue l'intervention et décide si oui ou non elle contient les éléments nécessaires à la prise de position. Si l'intervention est perçue comme ne satisfaisant pas la complétude, une négociation secondaire, sur l'élément défaillant, sera ouverte pour réparer la défaillance et reprendre la négociation principale. La négociation secondaire peut porter sur une réaction défavorable inattendue pour, justement, la vérifier, elle peut aussi porter sur une conclusion non pertinente pour vérifier sa pertinence.

Pour éviter ce genre de négociation, gênant pour la négociation principale, l'interlocuteur peut prendre l'initiative d'ouvrir une négociation préalable pour présenter l'objet et la motivation de son acte principal, et donc assurer la complétude.

L'absence d'une complétude interactive ou interactionnelle et l'ouverture d'échanges subordonnés ou secondaires nous amène à parler :

- D'intervention complexe, formée de plusieurs interventions subordonnées les unes aux autres ou encore d'échanges secondaires liés au premier par des relations interactives (comme dans le cas où l'interlocuteur s'assure à l'avance de l'accord de l'autre sur un fait avant d'amener l'acte principal).
- D'échange complexe : c'est le cas par exemple quand les deux interventions, initiative et réactive, sont incomplètes et appellent une suite.

D'autres moyens permettent d'assurer la complétude qu'elle soit interactive ou interactionnelle comme la re-formulation, les connecteurs et la diaphonie.

### **A. LA REFORMULATION**

La reformulation est « un processus rétroactif qui vient compléter après coup un constituant présenté pourtant comme se suffisant à lui-même dans un premier temps. » (Roulet, 1987 : 115-116).

Le locuteur soucieux de produire des énoncés clairs et qui n'amènent pas à l'ouverture de négociations subordonnées peut percevoir son énoncé comme incomplet et n'assurant pas la complétude interactive. Il prévoit ainsi la réaction de son interlocuteur et l'évite en reprenant ses propos dans un « mouvement discursif (...) plus propre à satisfaire à la complétude interactive » (*op. cit.* : 118).

Il change aussi de point de vue énonciatif et subordonne les propos incomplets à ceux plus complets, rétroactivement. Il s'agit dans ce cas d'une auto-reformulation.

Mais la reformulation peut être effectuée par l'interlocuteur qui, toujours dans un mouvement de subordination rétroactive, tente d'adapter les propos de l'autre à ses propres paramètres de complétude. Cette reformulation peut correspondre chez E. Roulet au phénomène de diaphonie où l'énonciateur ne se contente pas de réagir sans la

toucher, à une parole présente ou de se référer à des paroles absentes, il commence par reprendre et réinterpréter dans son propre discours la parole du destinataire pour mieux enchaîner sur celle-ci.

Des connecteurs reformulatifs assurent et signalent le mouvement de subordination et soulignent le type de changement de perspective effectué. Ils peuvent spécifier l'opération qui amène le changement (comme « en fin de compte », au « fond ») ; ils peuvent indiquer (ou non) que l'opération porte sur la totalité des éléments envisagés (comme « somme toute », en somme, « après tout ») ; ils peuvent aussi indiquer (ou non) la dimension temporelle de l'opération, (comme « en fin de compte », tout « compte fait »).

## **B. LES CONNECTEURS**

Comme leur nom l'indique, ils assurent la connexion entre les différents actes et aussi les différentes interventions. E. Roulet en distingue trois types :

- *Marqueurs méta-discursifs* : Ils ont une fonction interactive d'annonce de l'acte illocutoire par exemple « je vous demande... »
- *Marqueurs de structuration de la conversation* : Ils organisent le discours comme un tout et y assurent une continuité tout en indiquant un rapport hiérarchique particulier entre les constituants. E. Roulet les définit comme un moyen « d'ancrage » dans ce qui précède plutôt que de « projection ». Leur premier critère c'est la perte de la signification lexicale. Citons comme exemple « alors », « bon », « ben », « pis »...
- *Connecteurs interactifs* : Ils « marquent la relation entre un (ou des) constituant(s) subordonné(s) (actes, interventions ou échanges) et l'acte directeur d'une intervention ». Ils se répartissent sur quatre sous-classes selon leurs fonctions :
  - Le connecteur argumentatif : enchaîne un acte subordonné d'argumentation à un acte directeur. Exemple « car », « donc », « d'ailleurs »,...
  - Le connecteur contre-argumentatif : enchaîne un acte subordonné de contre-argumentation à un acte directeur. Exemple : « mais », « bien que », « quand même »,...
  - Le connecteur consécutif : marque sur l'acte directeur une relation avec un argument Exemple : « donc », « aussi »,...
  - Le connecteur réévaluatif : que nous avons présenté plus-haut sous le nom de connecteurs reformulatifs.

### **1-1-2- La dimension sociale et la négociation**

Afin de mieux répondre aux besoins de notre recherche, nous allons revoir deux des éléments de la théorie du discours ou l'interaction telle que la présente E. Roulet suivant des avis, à notre sens, complémentaires. Il s'agit de la dimension sociale de l'interaction et de la notion de négociation.

### **A. LA DIMENSION SOCIALE**

E. Roulet, même s'il accorde de l'importance aux contraintes rituelles, ne semble pas préoccupé par les jeux de « faces » et leurs conséquences quant à la progression du discours. C'est pourquoi nous faisons appel aux travaux de C. Kerbrat-Orecchioni (1995). Cet auteur souligne que certains désaccords ne se localisent pas au niveau du contenu mais au niveau de la relation personnelle. Inversement, nous pouvons dire que certains accords ne sont pas le résultat ou la manifestation d'un accord sur le contenu plus que d'une politesse ou une stratégie pour ménager les faces. Dans ces situations, c'est « l'acte social (qui) prévaut sur l'acte linguistique » (Vincent, 1995).

De même, les jeux de rôles ou distribution, en l'occurrence des tâches dans notre cas, les relations « horizontales » (de proximité / distance) et « verticales » (de hiérarchie), en somme les relations interpersonnelles qui se cotissent petit à petit au fil de l'interaction, dépendent d'un côté de la situation de la communication et des particularités individuelles de chacun, mais, d'un autre côté, influent sur la suite de la collaboration et sur les différentes tournures qu'elle prendra au fil de la progression dans le temps et dans la tâche. En effet, « la situation est sans cesse redéfinie par la façon dont sont manipulés les signes échangés » (Kerbrat-Orecchioni, 1995).

### **B. NÉGOCIATION**

Le deuxième point que nous redéfinissons dans cette théorie est la notion de négociation sur laquelle se base le discours et qui consiste en une sorte de quête d'un accord. E. Roulet reconnaît à la situation son rôle sur la détermination de la conversation, et reconnaît aux différents discours leur spécificité et c'est en partant justement de la nature même de la situation, la notre, qu'il nous paraît incohérent de parler de négociation, du moins seulement de négociation pour définir les différents échanges.

En effet, la situation mise en place est une situation de « collaboration », les deux participants doivent donc coopérer et aboutir à un accord dans chaque étape de leur travail afin d'achever la tâche assignée. Nous nous rapprochons en cela de la définition que donne T. Jeanneret du discours : « Tout mouvement discursif entraînant la participation de l'interlocuteur est par définition coopératif » (Jeanneret, 1991 : 90). Elle introduit la notion de co-énonciation, « mouvement discursif produit par deux locuteurs dans une structure monologique » (*op. cit.* : 90). Selon elle, la co-énonciation se réalise de deux manières :

- *Par intégration* : elle se matérialise par un phénomène de complétion, l'énoncé d'un interlocuteur étant terminé par un autre.
- *Par subordination retro-active* : elle se manifeste à travers des phénomènes de reformulation non paraphrastique introduits par des connecteurs reformulateurs.

T. Jeanneret souligne aussi l'existence d'un « contrat de co-énonciation » entre les interlocuteurs au terme duquel chacun a le droit de compléter ou reformuler les propos de l'autre sans que cela soit perçu comme une menace ou une remise en cause des compétences.

Elle définit trois rôles pour la co-énonciation :

- *Argumentatif* : ajouter ou ruiner un argument.
- *Aide à la formulation* : reformuler, ajouter ou terminer un énoncé.
- *Prise de tours de parole* : moyen de s'emparer du tours de parole.

Pour revenir à notre situation, nous constatons donc que le terme de négociation ne traduit pas la réalité de certains épisodes qui relèvent plus de la collaboration et de la co-énonciation. Mais d'un autre côté, la définition de co-énonciation ne correspond pas à la nature de certains échanges où chacun négocie et met en jeu ses propos, son rôle et sa crédibilité, et où les propos et les suggestions sont sérieusement reconsidérés. Nous allons donc, et en accord avec la nature de nos données, adopter les deux termes « négociation » et de « co-énonciation », dans leur sens le plus général pour désigner deux situations, à notre sens, différentes. Le sème différenciateur sera la manifestation du désaccord.

Ainsi, nous désignerons par échange « négociatif » tout échange où le désaccord ou l'incomplétude sont explicités et marqués par un refus explicite (« non ») ou presque (exemple : « oui mais », « il est préférable », « c'est mieux de »...) ou par des demandes de clarifications et de justifications. Par ailleurs, nous désignerons par échange « co-énonciatif », tout échange où il y a accord manifesté ou même un désaccord non souligné, l'absence même de cette manifestation étant pour nous une preuve d'une volonté de collaboration qui prime sur la situation. Les reformulations entrent de ce fait dans cette catégorie, même si elles sous-entendent une insatisfaction vis-à-vis des propos de l'autre, du moment, bien sûr, qu'elles ne sont pas introduites par des marques de réfutation.

Nous avons déjà présenté le protocole mis en place pour recueillir les données orale (entre autres), à savoir le protocole de la rédaction conversationnelle. L'étude des différents éléments du discours oral se fera, donc, à travers les différentes étapes de cette construction finalisée de l'interaction.

## 1-2- La rédaction conversationnelle (RC)

---

### 1-2-1- Le processus rédactionnel

L'étude du processus rédactionnel porte sur différentes compétences, qu'elles soient scripturales ou linguistiques, mises en œuvre par le scripteur afin de réaliser une tâche précise : rédiger un texte. Plusieurs modèles d'études de production écrites ont vu le jour, tous se sont intéressés aux mécanismes et compétences mis en jeu lors de la production du texte. A titre d'exemple, nous pouvons citer « le modèle des stades »<sup>43</sup> identifié par J. Fitzgerald (1992) à partir des modèles linéaires largement utilisés au début des années 80 ; le modèle de « l'interaction sociale » qui apparaît à la fin des années 80

<sup>43</sup> Dans ce modèle, l'écrit est soumis à trois opérations séquentielles : la génération d'idées (prise de notes, planification), la production de texte et la révision. Le tout se passe indépendamment du rédacteur.

avec M.Nystrand (1989)<sup>44</sup> ; ou encore le modèle de « résolution de problème » ou modèle de J.R. Hayes et L.S. Flower (1980). C'est sur ce dernier modèle que nous focalisons notre attention. Il a inspiré de nombreuses recherches notamment sur les rédactions conversationnelles. Nous commençons donc par le présenter, dans ces deux versions, celle de 1980 et celle de 1998.

### **1-2-1-1- LE PREMIER MODÈLE**

#### ***a. La présentation***

Inspiré à partir de recherches effectuées sur des protocoles verbaux concomitants, le modèle voit le jour en 1980 avec J.R. Hayes et L.S. Flower. Il est le premier modèle récursif et ne cesse depuis d'être le point de référence et l'origine de nombreux travaux sur le processus rédactionnel. L'objectif escompté par les deux auteurs est l'identification de processus de rédaction et des origines des difficultés qui y sont liés dans le but d'en améliorer le résultat. L'écriture est ainsi perçue comme une résolution de problèmes.

Leur modèle se compose, comme le schématise la figure suivante, de trois constituants : « l'environnement ou contexte de la tâche », « la mémoire à long terme », et « le processus d'écriture ».

---

<sup>44</sup> L'écriture est perçue dans ce modèle comme une négociation de sens visant la création d'un champ de référence commun entre le rédacteur et le lecteur : la notion de contexte est au centre de ce modèle.

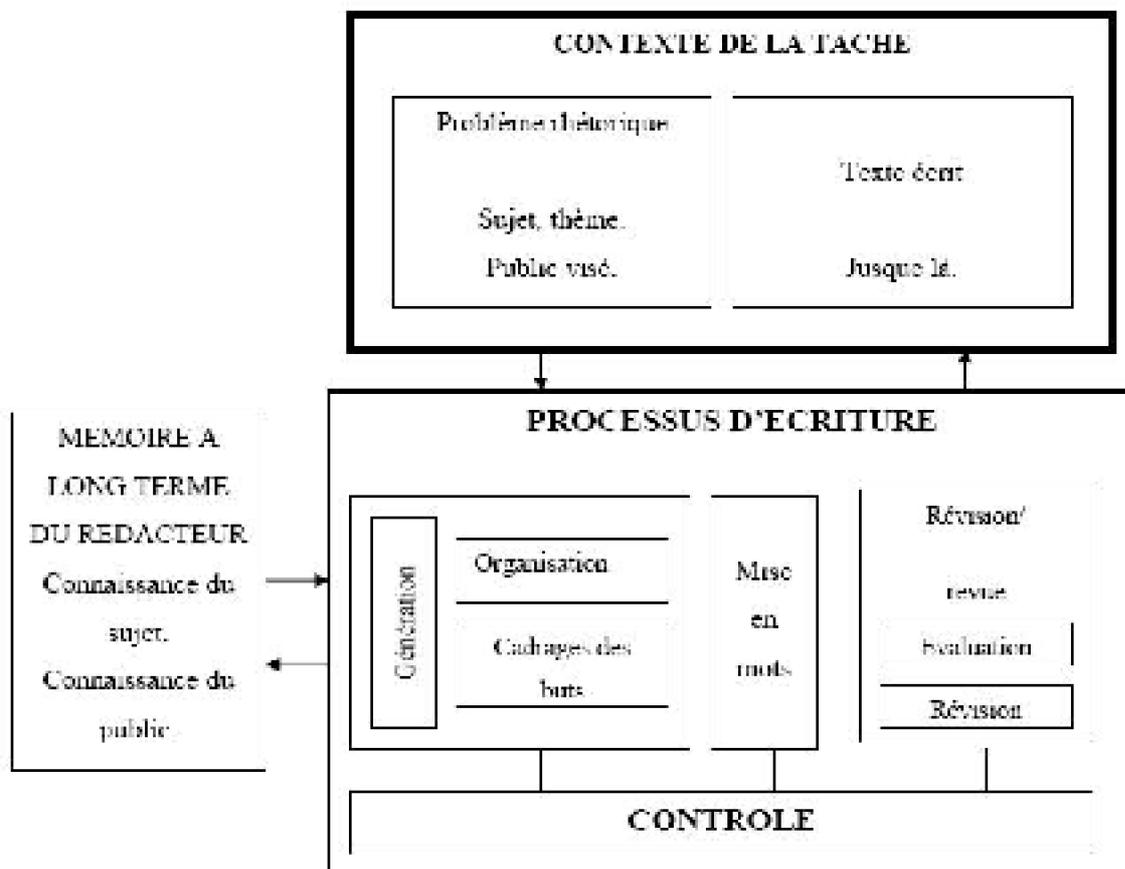


Schéma du processus rédactionnel de HAYES et FLOWER

*L'environnement de la tâche* est défini comme étant l'ensemble de caractéristiques de la tâche, à savoir les thématiques abordées, le destinataire, la motivation suscitée chez le scripteur. L'environnement dans lequel est effectuée la tâche ou « contexte », peut comporter autant d'éléments (matériels entre autres) qui définissent la tâche et sa progression. Les écrits tels que les livres, les notes ou garde-fous, le plan ... etc. ne constituent pas l'écrit final mais les éléments sur lesquels le rédacteur va embrayer son propre écrit, de même, le texte déjà écrit, dès qu'il est créé, n'est plus dans le processus.

*La mémoire à long terme* est définie comme étant l'ensemble de connaissances déclaratives et procédurales du sujet (le lexique, les règles de grammaire et d'orthographe ... etc.), les métaconnaissances procédurales ainsi que tous les souvenirs relatifs aux expériences précédentes et réutilisables dans le cas actuel.

*Le processus d'écriture* comprend la planification, la mise en mots, la révision et le contrôle ou gestion des différents processus.

L'étude du modèle ou du schéma du processus rédactionnel de J.R. Hayes et L.S. Flower amène plusieurs constatations dont ce qui suit :

- Le début de l'activité rédactionnelle n'est pas marqué par le premier contact de la pointe du stylo avec le papier.
- Ecrire est un « processus cognitif » qui présente des traces visibles (le produit écrit.) et d'autres non (qui amènent justement les premières).
- « Mettre en mot » n'est qu'un résultat, ou encore, une étape.

### **b. Le processus d'écriture**

Trois processus récursifs sont ainsi identifiés : la planification, la révision et la mise en mots.

- *Le processus de planification qui fait appel à trois activités* : la « génération » des informations par le recours à la mémoire à long terme, aux différentes connaissances directement ou indirectement reliées au sujet traité mais aussi aux connaissances sur le lecteur potentiel, sur les schémas et les plans traités dans des situations similaires et aptes à être reproduits, dans le cas présent, sur la langue...etc. Ces informations ou ces éléments bruts fournis sont « recadrés », redéfinis selon l'objectif à atteindre, et même sélectionnés selon qu'ils répondent aux besoins prédéfinis ou non. Ce travail de cadrage peut se faire au fur et à mesure que la tâche avance. Nous arrivons enfin à la dernière étape de la planification : « l'organisation » des éléments suivant un ordre chronologique, un plan. Ce sous-processus qu'est l'organisation peut être révisé, il n'est pas immuable ou intouchable.
- *Le processus de la mise en mots* : la mise en mots constitue la finalité de tout le processus et consiste en un travail de construction de phrases, de linéarisation. Mais comme nous venons de le voir, elle ne constitue que la partie visible de l'iceberg.
- *La révision* : elle est constante et accompagne le processus à tout moment. Elle peut être visible quand elle porte sur le produit écrit, ou invisible quand elle porte sur l'étape de génération ou de cadrage. Dans le premier cas elle se manifeste par des ratures, des ajouts, des reformulations, ou même de « laisser telle qu'elle ».

Les trois sous-processus de planification, mise en mots et révision n'entretiennent pas un rapport de linéarité ou de succession mais de rapports d'interpénétration et d'interdépendance non hiérarchisés. Plus ils sont automatisés, moins ils sont coûteux sur le plan cognitif et moins leur gestion est pesante.

Le schéma dont nous venons de présenter les principaux traits a suscité plusieurs divergences dans son interprétation par les différents chercheurs. Trois points sont toutefois stables.

### **c. Accords dans la divergence**

F. Darras, B. Daunay, I. Delcombre et M-P. Vanseveren présentent dans le dernier

chapitre de *l'Apprentissages à la dissertation* (1994), ce sur quoi les chercheurs semblent s'être mis d'accord. Nous reprenons ces points.

- *La surcharge cognitive* : le schéma reproduit bel et bien les différentes opérations cognitives qu'implique un travail rédactionnel, qu'elles portent sur un traitement global de la tâche ou sur un traitement ponctuel (par parties) des unités spécifiques comme l'orthographe, la syntaxe, le lexique, etc. Cette simultanéité des traitements peut mettre le producteur dans une situation que M. Fayol (1984) décrit comme situation de « surcharge cognitive », c'est-à-dire que le producteur, et dans notre cas l'apprenant, se trouve dans une situation où il doit jongler avec différents niveaux qu'il ne peut pas toujours maîtriser ou utiliser convenablement, ce qui provoque une perte de contrôle qui peut se traduire par :
  - Une incapacité à produire ou à intégrer des connaissances par exemple linguistiques, parce qu'elles ne sont pas automatisées même si elles sont apprises ou en cours d'apprentissage.
  - Un manque de cohérence dû à l'acharnement sur un aspect syntaxique ou lexical du texte et la concentration de tous les efforts pour résoudre ce problème en oubliant de prendre en considération le reste du texte. (par un travail de relecture, de révision etc.)
  - Une perte de vue de l'objectif essentiel de la tâche. L'apprenant peut se perdre dans sa quête d'idées et perdre de vue son sujet.
- *La non-linéarité* : la non-linéarité des différentes étapes du processus est un autre point sur lequel tous semblent être d'accord. Elle se traduit sur le schéma par des flèches à double sens qui traduisent un va-et-vient impliquant une « interactivité » entre les sous-processus. En effet, « la connaissance du sujet » à traiter détermine la première phase de planification avec ces différentes composantes mais aussi, cette même phase et les autres, peuvent renvoyer le rédacteur vers « sa mémoire à long terme » pour y effectuer des recherches : écrire donne des idées pour écrire .
- La planification : le processus tel qu'il est décrit par les deux anglo-saxons présente la phase de planification avec ses sous-opérations de « génération », « d'organisation » et de « cadrage de buts » comme une phase délicate difficile à gérer par les rédacteurs non-experts dans la mesure où elle fait appel à des automatismes (surtout pour la mise en mots), et des contrôles qui permettent d'avancer dans l'écriture en planifiant au fur et à mesure et en évaluant par rapport à l'objectif final.

Comme nous l'avons déjà noté plus haut, le schéma décrit ci-dessus a été rediscuté par J.R. Hayes qui y apporte des modifications et des ajouts dans le chapitre 2 de *la rédaction de textes* dirigés par A. Piolat et A. Pelissier (1998), et ce, à la suite de critiques portant sur le manque de prise en compte des dimensions affectives et sociales de la rédaction ainsi que sur le processus de mise en mots qui selon M. Nystrand (1989) par exemple n'est pas aussi développé que les deux autres. Nous allons présenter donc les modifications apportées au modèle en soulignant en quoi elles servent nos intérêts.

### **1-2-1-2- LE MODÈLE RÉVISÉ**

#### **a. Le modèle « *individuo-environnemental* »**

Les trois composantes du premier modèle, à savoir : « l'environnement de la tâche », « le processus cognitif d'écriture » et « la mémoire à long terme du rédacteur », cèdent la place dans le deuxième modèle aux deux composantes de « l'environnement de la tâche » et de « l'individu ».

L'environnement est constitué de l'élément social - qui comporte le destinataire, l'environnement social et d'autres textes auxquels le rédacteur peut avoir recours dans la réalisation de la tâche - ainsi que de la composante physique dans laquelle se trouve le texte produit jusque-là et le médium d'écriture - tel que le traitement de texte. L'individu est déterminé par ses « motivations », son « affect », « les processus cognitifs, la mémoire de travail et la mémoire à long terme ». Cette composante englobe celles du processus et de la mémoire qui sont considérées comme « caractéristiques de l'individu ».

J.R. Hayes souligne que ce nouveau modèle « s'apparenterait plus à un modèle *individuo-environnemental* qu'à un modèle *socio-cognitif* » (*op. cit.* : 62). En effet, il prend en considération l'individu-pensant dans un tout social qui l'influence. Il met l'accent sur quatre points qui font la différence entre les deux modèles :

- Le rôle des représentations visuo-spatiales et linguistiques (telles que schémas et graphiques...)
- Le rôle prépondérant de la motivation et de l'affect.
- La reconfiguration du modèle du processus cognitif. En effet, la « planification » fait désormais partie de la « Réflexion » ; « la mise en mots » de la « production de texte », et la « révision » a cédé sa place à « l'interprétation du texte ».
- Le rôle central de la « mémoire de travail ».

Dans le cadre de notre recherche et vu la nature de la situation mise en place et décrite ci-dessus, nous focaliserons notre attention sur le processus cognitif tel qu'il a été défini précédemment, et le rôle de la « mémoire de travail » telle qu'elle a été définie par J.R. Hayes et dont nous reprenons quelques éléments.

#### **b. La mémoire de travail**

Elle est présentée comme une sorte de magasin où les informations sont stockées et traitées (« traitement cognitif »), en vue d'une (ré)utilisation. Elle met en œuvre deux mémoires :

- « une boucle phonologique » (*op. cit.* : 62) qui enregistre l'information phonologiquement et que J.R. Hayes (1998) assimile à une voix intérieure qui répète indéfiniment l'information à garder.
- « un bloc-notes visuo-spatial qui enregistre l'information visuelle ou spatiale » (*op.*

: 62).

La mémoire de travail fait appel aussi à des informations stockées dans la mémoire à long terme, des informations d'ordre sémantique, lexical, syntaxique, etc. Dans notre recherche, elle a d'autant plus d'importance que la tâche proposée aux étudiants leur est complètement nouvelle et inconnue et qu'elle ne fait appel à aucun modèle en particulier mais à une multitude de connaissances relatives à la notion de prise de notes, d'exposé, de résumé, relatives aussi aux règles de langues ainsi qu'aux notions de physique.

La mémoire de travail (ou ce que nous reprenons sous l'appellation de « mémoire discursive » (Roulet, 1997) se construit petit à petit, au fur et à mesure que nos deux rédacteurs avancent dans la tâche commune. Toutefois, cette mémoire possède un appui matériel important, les notes de cours que les étudiants ont le droit de consulter, et qui facilite la tâche, du moins évite de fournir un effort de re-mémorisation trop important.

Ce modèle a contribué ainsi à la mise en place d'une vision de la tâche d'écriture comme une résolution de problème selon les objectifs que le rédacteur veut atteindre. Le processus de rédaction est décrit, par M. Fayol (1984), comme un processus récursif ou à phases récursives. Il voit des stratégies de bas niveaux générer la résolution de problèmes sur le lexique, et des stratégies de hauts niveaux, générer la résolution de problèmes sur la pertinence thématique, la structure et la cohérence. Tel est le cadre dans lequel s'inscrit l'étude du processus à travers notre corpus et à travers l'analyse des productions orales concomitantes aux productions écrites.

### **1-2-2- La RC : direction générale**

L'étude des rédactions conversationnelles part d'hypothèses et va à la recherche d'objectifs en relations avec le processus rédactionnel et les modalités de travail coopératifs et individuels. Elle se propose de vérifier les résultats des différentes études en psycholinguiste quand aux rapports entre le niveau d'expertise du rédacteur, expert/novice, la qualité et le type de texte, et, dans certains travaux, le type de média ou d'outil utilisé (feuille ou ordinateur). Aussi, accorde-t-elle une place importante au travail de relecture et les différentes stratégies mises à profit par les participants lors de leur rédaction. Elle accorde un intérêt à l'utilisation des différentes préconstructions et à leurs manipulations par des participants de compétences variées ; et aussi aux différents commentaires « méta- » linguistiques, discursifs, procéduraux, etc.- témoins de savoir et des savoir-faire mis en jeu suivant les besoins et les étapes du travail.

### **1-2-3- interaction finalisée et cadre situationnel**

Dans ce cadre, l'approche des interactions se veut, comme le souligne R. Bouchard (1995), moins « verbocentriste » et plutôt tournée vers « les événements communicatifs de grandes tailles ». L'interaction verbale est perçue dans sa complexité, avec ses différentes facettes -verbales et paraverbales- et tout en tenant compte des paramètres co-textuels et contextuels, ainsi que des différentes actions et interactions sur et avec le monde.

La situation fait intervenir deux participants liés par un principe de base celui d'un

accord qui porte sur une vision de la tâche comme une coopération. Les deux interlocuteurs interagissent avec une troisième instance, celle de l'objet textuel en cours de construction. La situation peut être perçue comme une situation « problème » dans la mesure où elle met en scène, simultanément, plusieurs tâches auxquelles les participants doivent faire face et qu'ils doivent réaliser. Ces tâches habituellement effectuées silencieusement et de manière individuelle, sont verbalisées et négociées.

Des divergences sont susceptibles d'être notées entre les différents points de vue ou représentations de l'un et l'autre participants sur ce qui est à faire, comment le faire etc. Ces divergences peuvent amener des séquences argumentatives plus ou moins complexes où l'un des corédacteurs manifeste son refus de prendre en compte les propositions ou propos de l'autre et se lance dans une suite d'interventions « anti-orientées » et « d'unités subordonnées de justifications » (*op. cit.*) afin de s'assurer l'adhésion de l'autre à sa propre vision. Ce genre de conflit, comme le note R. Bouchard, est fréquent dans les situations où les statuts et les rôles des participants ne sont pas pré-déterminés par des règles institutionnelles.

### **1-2-4- La rédaction collective : étude à double entrée**

La situation mise en place permet donc d'avoir deux types de corpus produits simultanément par les participants et correspondant chacun à un objet langagier, l'un oral et l'autre écrit. Le modèle, tel que décrit par R. Bouchard (1996), et sur lequel nous nous sommes basés pour construire et réunir nos corpus se construit sur une double étude.

La première, une étude du corpus écrit, est une étude détaillée de la matière du texte, de ses différentes phrases et ratures, des différentes composantes lexicales, syntaxiques, etc. Nous avons fait le choix de ne pas reprendre cette étape de l'étude. L'étude des points mentionnés sera effectuée dans la deuxième étape.

La deuxième, une étude du corpus oral, est une étude quantitative et qualitative des différentes séquences et interventions constitutives du texte oral, avec une mise en rapport avec les constituants du texte écrit, notamment les phrases, ce qui permet d'identifier et de déterminer le processus de la construction du texte écrit, mais aussi le coût « socio-cognitif » relatif à chaque étape en particulier, et à tout le processus en général et le coût individuel à travers une étude des pauses par exemple. Le coût socio-cognitif, relatif à la quantité de travail nécessaire à la résolution d'un problème, est déterminé à travers le nombre de tours de parole nécessaires pour chaque phrase, ainsi que d'autres faits comme les chevauchements et les rires. Le coût cognitif individuel, lui, est mesuré par le nombre et la durée des pauses et le nombre des ratures.

### **1-2-5- Le texte négocié**

L'interaction permet de suivre les différentes étapes de la production d'un texte ainsi que les opérations qui y correspondent. Différents niveaux sont alors mis en relief : niveau procédural, niveau métalangagier et niveau interactionnel.

#### **1-2-5-1- LES PHASES RÉDACTIONNELLES**

M-M. de Gaulmyn et R. Bouchard (1997) en distinguent cinq. Les différentes phases tournent autour de l'acte central qui est l'inscription. Il est précédé de deux phases ou « actes préalables » et suivies de deux phases ou « actes subséquents ».

- « *Elaboration préréactionnelle* » : on y retrouve les premières occurrences de nouveaux contenus, leurs verbalisations, sélections, repérages.
- « *Elaboration rédactionnelle* » : les nouveaux contenus prennent la forme sous laquelle ils vont être inscrits.
- « *Inscription* » : les contenus ainsi sélectionnés et travaillés sont inscrits.
- « lecture et enchaînement »
- « réinscription ou correction graphique ».

Pour notre part, et en partant des « actes préalables », nous allons distinguer trois types d'actes, « les actes subordonnés », qui sont étroitement liés à la nature de la tâche. Il s'agit d' : « actes de sélection », dans le texte source, des différentes informations et données scientifiques qui doivent figurer dans les productions ; « actes de traitement scientifique » et d'explication de ces données ; et « actes de planifications », d'organisation et de structuration des différents éléments et des différentes parties des textes. « L'acte principal », quant à lui, sera lié à l'inscription mais aussi aux différentes (re)-formulation que subit le texte de départ pour arriver à sa forme finale.

### **1-2-5-2- LES NÉGOCIATIONS MÉTALANGAGIÈRES**

Elles correspondent à trois niveaux discursifs : micro, intermédiaire et macro.

#### **a. Le niveau microdiscursif**

- *Les négociations métalocutoires* : scripturales, en rapport avec la lisibilité et la production matérielle du texte.
- *Les négociations métalinguistiques* : en rapport avec les opérations cognitives de bas niveau (grammaire, lexicale, etc.)

#### **b. Le niveau intermédiaire**

- *Les négociations métadiscursives* : portent sur la pertinence et l'acceptabilité au niveau microstructurel (gestion des phrases complexes), au niveau superstructurel (planification du texte) et au niveau macrostructurel (organisation thématique et pragmatique, texte dans sa globalité).
- niveau macrodiscursif :
- *Les négociations méta-situationnelles* : en rapport avec les différents choix énonciatifs, la prise en compte de la situation de réception, le référent ... etc.
- *Les négociations métarhétoriques* : portant sur la planification des grandes masses du discours.

· *Les négociations paradiscursifs* : en rapport avec la mise en page, la typographie.

### **1-2-5-3- L'INTERRELATIONNEL**

La relation lors de la collaboration est fragile vu que les participants ne se connaissent pas toujours avant leur participation à l'expérience ; et même si c'est le cas, les possibilités qu'ils aient été confrontés, avant, à une situation aussi contraignante sur le plan interactionnel sont faibles.

Un des phénomènes qui peut affecter la qualité de la coopération est « les trous interactionnels » (Bouchard, 1996). En effet, ils peuvent désynchroniser le travail et aussi créer des froids dans la relation humaine. Rires et plaisanteries peuvent alors intervenir pour échapper à la situation de malaise que les vides engendrent.

Un autre phénomène néfaste pour la qualité du travail, est « un trop » de connivence entre les partenaires ou encore la domination marquée de l'un. Dans ces situations, les négociations prennent une tournure plutôt artificielle. D'un autre côté, trop de discordes ou de divergences d'opinion entre les partenaires va créer des séquences argumentatives longues et coûteuses. De longues phases de « d'élaboration préréactionnelle » et « rédactionnelle » seront alors nécessaires avant d'aboutir à une entente qui permet de poursuivre l'action principale.

Des conflits socio-cognitifs peuvent alors résulter. Pour les résoudre, les participants peuvent recourir à différentes stratégies portant sur le relationnel - rapport fille/garçon par exemple- ou le pragmatique - retourner les propos de l'autre contre lui.

### **1-2-6- Les préconstruits**

Comme nous l'avons souligné plus haut, l'un des objectifs de l'étude des rédactions conversationnelles est l'étude des préconstruits et de leurs rôles dans le discours et dans sa création. Elle part du principe que la production écrite « (...) ne se fait jamais ex nihilo » (Bouchard, 2005 : 91). L'écrivain mobilise alors un ensemble de sources et de ressources lui permettant d'accomplir sa tâche.

R. Bouchard (2005)<sup>45</sup> distingue deux types de préconstruits selon les différents types de ressources :

#### **A. L'INTERDISCOURS**

Il s'agit de documents « pré-existant », de discours d'autres auteurs, écrivains, de citations etc. auxquels l'écrivain peut ou doit - selon la consigne et dans certaines tâches d'écritures académiques - se référer. Deux types de documents sont distingués :

· « les prétextes », ensemble de documents qu'on met à la disposition des rédacteurs qu'ils doivent intégrer ou dont ils doivent tenir compte dans leur produit.

---

<sup>45</sup> Nous reprenons ici brièvement les différents préconstruits. Pour une vision plus complète et une étude de cas, voir Bouchard R. (2005) « Sources et « ressources » du discours (académique) : Eléments préconstruits et processus de préconstructions en L2 »

- « le discours préliminaire » ou sujet, consigne qui déclenche et guide leur production.

### **B. L'INTERTEXTE**

Il peut être, comme le figure R. Bouchard, dans « l'air du temps ». Il s'agit d'un ensemble de matériaux relatifs au savoir, au savoir-faire, aux formes linguistiques pleines, structures iconiques, linguistiques, textuelles vides etc. Il est :

- « virtuel » dans le sens où, s'il n'est pas inscrit, il peut demeurer sous formes de propos oraux non retenus.
- « stocké dans la mémoire à long terme » du scripteur et ne lui est pas propre dans le sens qu'il est partagé par d'autres sujets ayant suivi la même formation ou « subi une exposition textuelle comparable » (*op. cit.* : 97).
- « essentiellement stable », du fait qu'il préexiste à la situation de production et qu'il n'en dépende pas. « son apparition en mémoire de travail est stimulée par le contexte du déjà écrit et par l'horizon d'attente créé par le document à produire. » (*op. cit.* : 97)

R. Bouchard souligne toutefois l'existence d'un autre type de préconstruit, celui constitué de ce que U. Kraft (2005) appelle « objets intermédiaires », créé ou construit par l'écrivain lui-même à partir d'autres préconstruits lors d'étapes préalables à « l'élocutio » ou rédaction finale. Ce sont des ressources « ad hoc », provisoires, qui vont être, après reformulation, intégrées dans les écrits finaux. Il s'agit de plan, de prise de notes etc.

L'intérêt que présente le protocole de coopération est souligné dans trois points essentiels (Bouchard, 2005) :

- Le corpus fourni par la rédaction conversationnelle permet ainsi de mettre la lumière sur ces différents préconstruits tout au long de la conversation, dans les différents produits, et aux différentes phases et moments de la production. Ils peuvent ainsi être identifiés et suivis au fil des transformations qu'ils subissent (reformulations, ratures).
- Les protocoles verbaux permettent de distinguer entre les recours conscients aux préconstruits et ceux non conscients selon que ces préconstruits ou importations sont négociés ou au contraire introduits d'un accord mutuel, selon une sorte de « consensus « culturel » entre des partenaires à la recherche d'une « bonne forme », d'un « lieu commun formel » ». (*op. cit.* : 97)
- Le protocole en question, reflet du processus rédactionnel, permet « de voir à l'œuvre de manière implicite ou explicite différents « scripts » de ce processus (...). » (*op. cit.* : 99), scripts hérités d'une tradition scolaire, culturelle, et intériorisés par chacun selon ces pratiques scripturales. Ils constituent ainsi l'élément de base, le fond, « le bureau de travail » sur lequel le rédacteur prendra appui pour visionner et planifier sa production. R. Bouchard conclut en ces termes « de même qu'il existe pour eux (sujets adultes) un modèle du produit (...), il existe un modèle du processus qui s'il n'est pas verbalisé globalement se manifeste implicitement par le large consensus qui existe entre eux dans la gestion, étape par étape, de la tâche commune ». (*op. cit.* : 99)

---

### 1-3- La combinaison RC et RST

---

Un des intérêts de la RST est de souligner les opérations ou les relations rhétoriques les plus importantes des textes de départ et voir si elles sont identifiées et reprises par les étudiants dans les différents textes d'arrivée. Mais nous pouvons remonter un peu plus loin dans le processus de réécriture et voir ces phénomènes avant, dans les négociations orales et à travers l'étude du processus rédactionnel. A ce niveau, la RST se combine avec un autre modèle théorique : l'analyse du processus rédactionnel à travers la rédaction conversationnelle.

Plus précisément, il s'agit de voir comment et à quel niveau l'identification/reprise des relations se fait, et donc voir l'importance accordée aux segments en question, leurs coûts cognitifs, interactionnel et social, voir comment et quelles marques linguistiques choisissent les participants pour exprimer quelles relations et les différentes associations qui se créent éventuellement.

L'étude des différentes étapes du processus permettra d'éclairer le passage de TS à TC ou TO (oral) ou TPN (prise de notes) et de voir comment il affecte la structure rhétorique et la cohérence et ainsi déterminer le rôle de la compression d'information et de la (re)-formulation. L'analyse RST ne permet que de spéculer sur les raisonnements sous-jacents à l'identification des relations. Elle ne s'intéresse pas au processus de création ou de construction de textes et de ces relations mais va directement à la description de sa structure. Or, nous pensons que l'identification des différentes étapes qui accompagnent, précèdent et préparent cette identification ainsi que celles qui accompagnent le réinvestissement des relations dans le nouveau texte, oral-exposé ou écrit, toutes ces étapes sont les reflets des degrés de compétences ou de manque de compétences que nous cherchons à définir.

Le dispositif mis en place afin d'étudier le processus rédactionnel pourra être exploité dans cette autre dimension de l'étude des textes.

Nous nous proposons donc d'étudier, dans un premier temps, les stratégies rédactionnelles adoptées par les différents groupes et le coût des « choix » procéduraux effectués alors par les participants. Dans un deuxième temps, en nous appuyant sur la typologie « échanges négociatifs » et « échanges co-énonciatifs » et sur les différents actes, acte principal et actes subordonnés, nous abordons plus en profondeur les choix rédactionnels au cours de leurs traitements pour en souligner la pertinence mais aussi les conséquences sur la composition des textes finaux. Le rapport entre les différents niveaux de traitement des informations (sélection, explication etc.) et la manière dont se fait ce traitement (accord, désaccord) permettra d'expliquer et d'éclairer, au niveau de la structure rhétorique, les phénomènes de reprise, explicitations, altérations etc. qui ont été identifiés dans l'étude des textes cibles. Plus précisément, ceci nous permettra d'établir, selon les groupes, un rapport entre le travail sur le traitement scientifique et le degré d'aisance scientifique d'un côté, et le travail sur la matière linguistique et la liberté ou la prise de risque reformulative d'un autre côté. Pour finir, nous compléterons cette analyse par l'étude des différents moyens communicationnels auxquels ont recours les participants pour réussir leurs tâches et nous établirons un bref inventaire de leurs

compétences.

## 2- La production collective entre interaction et rédaction

Vu la tâche demandée et les différents produits auxquels devront aboutir les différentes collaborations, nous nous attendions à trouver au sein de chaque séance de travail trois grandes transactions correspondant aux trois produits visés, à savoir :

- Une première transaction lors de laquelle sera discutée et effectuée la prise de notes.
- Une deuxième transaction, plus courte et moins systématique, lors de laquelle sera travaillé et discuté l'exposé. Elle doit toujours aboutir à l'oralisation effective de cet exposé.
- Une troisième transaction lors de laquelle sera discutée et effectuée la rédaction du texte final.

Toutefois, ce n'est pas toujours le cas et les interactions au sein des différents groupes ne répondent pas toutes à cette organisation. De plus, à l'intérieur des transactions identifiées, le découpage en séquences correspond à des stratégies de travail qui diffèrent d'un groupe à l'autre.

Nous allons donc aborder la description des différents corpus oraux dans leurs divergences et dans leurs ressemblances. Notre travail sera dans un premier temps essentiellement descriptif. L'apport de cette description, les correspondances entre les différentes stratégies adoptées, les différents produits obtenus, leurs implications seront établies au fur et à mesure avec l'analyse des coûts socio-cognitifs et ultérieurement avec l'étude des échanges. Nous focalisons notre attention, surtout, sur le rapport entre les discussions orales et les textes écrits qu'ils soient notes ou textes rédigés en établissant, quand il sera utile, des liens avec certains exposés.

### 2-1- Les stratégies et les coûts

---

Nous allons procéder d'abord à l'étude descriptive des stratégies rédactionnelles auxquelles font appel chacun de nos cinq groupes de travail en focalisant notre attention sur ce qu'elles présentent comme différences et en étudiant la variation de leurs coûts socio-cognitifs. Dans un second temps, nous confronterons ces résultats. Le coût des « éléments » (cf. ci-dessus chapitre 4) et celui des « segments » (cf. ci-dessus chapitre 2) seront traités séparément. Pour chacune des deux unités seront identifiées, d'un côté, les tours de parole en rapport direct avec la (re-)formulation et l'inscription ou l'acte principal et, d'un autre côté, les tours de parole en rapport avec les actes préparatoires et/ou évaluatifs ou les actes subordonnés,

### **2-1-1- Etude du travail du groupe G1**

Le premier binôme présente l'une des plus importantes exceptions à nos attentes en matière de résultats relatifs à la composition de la séance de travail en transactions et en séquences. En effet, elle se compose de 476 tours de paroles qui se divisent en deux grandes transactions. La première correspond à l'unique produit écrit réalisé par les deux co-énonciateurs. Quant à la deuxième, elle correspond à l'exposé oral.

#### **2-1-1-1- PRÉSENTATION DE LA SÉANCE DE TRAVAIL**

Le début de la séance de travail est marqué par la mise en marche du magnétophone. Les participants se lancent directement dans la lecture de leur cours, l'oralisation du titre de la leçon marquant le début de la tâche.

##### **a. Le texte « noté »**

La première transaction va du premier tour de parole au tour de parole 469. Elle correspond à une sorte de prise de notes rédigée que les deux participants considèrent au final comme correspondant au produit rédigé demandé. A son tour, cette transaction se subdivise en deux séquences : une première qui comporte la phase de discussion globale de tous les segments et une deuxième qui comporte la re-discussion des segments en vue de leurs inscriptions.

*La première séquence* : du tour de parole 1 au tour de parole 266. Elle correspond à une négociation globale où tous les éléments du cours sont repris un à un dans une sorte de relecture explicative. La fin de cette première séquence de négociation globale, et donc le début de la séquence d'inscription, est marquée par un échange inaudible de même que la fin de la première transaction et donc le début de la transaction de l'exposé oral. Il est donc difficile de pouvoir affirmer qu'il y a eu un échange clair pour marquer le passage d'une phase à l'autre. Mais la reprise du début de la leçon et du titre, le changement de ton et de débit de parole sont des indices de ce passage.

*La deuxième séquence* : elle va du tour de parole 267 au tour de parole 470. Le cours ainsi lu est repris dans une deuxième discussion de ses éléments qui aboutit cette fois à une inscription, non pas de tous les éléments du cours mais d'une grande part, comme nous l'avons déjà souligné précédemment.

Les participants du premier groupe ne semblent pas adopter une stratégie précise lors de cette prise de notes. En effet, tantôt ils effectuent un traitement en bloc des informations, c'est-à-dire, dans une première phase, la renégociation d'une suite d'informations et de segments suivie, dans une deuxième phase, d'une inscription des segments ; tantôt ils procèdent à un traitement ponctuel des segments, c'est-à-dire à la reprise et le retraitement d'un segment suivi directement de son inscription, l'opération se répétant pour un ou plusieurs segments.

Toutefois, ce changement de stratégie n'est pas entièrement aléatoire. Il correspond

plutôt à des blocs informationnels. Par exemple, les informations relatives à l'identité entre deux particules auxquelles correspondent les segments 3, 4, 5 et 6 sont traitées ensemble dans une première phase de re-traitement des données, suivie d'une inscription en bloc des segments. De même pour les segments 11, 12 et 13 qui constituent un ensemble de données relatif à la symétrie de la fonction d'onde ; ainsi que les segments 24, 25 et 26 qui définissent les rapports entre les états des systèmes et les particules etc. D'un autre côté, les éléments relatifs à la détermination des états physiques d'un système auxquels correspondent les segments de 14 à 23 sont traités et inscrits un à un. Il en est de même pour les segments allant de 37 à 41 relatifs à la construction d'un système de N bosons et pour les segments relatifs à l'expression du principe d'exclusion de Pauli etc.

### ***b. L'exposé oral***

Sa préparation constitue la deuxième transaction. Elle débute au tour de parole 470 et se termine au tour de parole 476. Les éléments discutés et rediscutés préalablement sont alors exposés un à un.

#### **2-1-1-2- LES ACTES SUBORDONNÉS AU PREMIER PLAN : COÛT ÉLEVÉ**

Comme nous l'avons souligné, ce groupe ne produit qu'un seul texte écrit dont la préparation se fait en deux étapes. Le coût en tours de parole est plus important dans la première phase de discussion globale : 266 tours pour la première contre 204 pour la deuxième, ce qui nous permet de dire que, globalement, cette phase a permis de faire des économies dans la réalisation de la deuxième. En fait, cet effet n'a été constaté que dans quelques cas d'interventions en rapport avec des actes subordonnés. C'est le cas, par exemple, pour le segment 28 qui nécessite dans la phase globale plus de 40 tours de parole (toujours s'agissant d'actes subordonnés) et seulement 1 tour dans la phase de rediscussion-inscription. C'est aussi le cas des segments 39, dont le coût passe de 29 à 3 tours de parole d'une phase à l'autre ; 42 dont le coût passe de 19 à 0 tour de parole; 47 dont le coût passe de 25 à 0 tour de parole. Le coût moyen en actes subordonnés passe alors d'une phase à l'autre de 5,05 à 1,85. Seuls quelques rares cas d'augmentation des coûts sont notés comme pour le segment 7 qui passe de 3 à 12 tours de parole ou encore le segment 8 qui passe de 2 à 13 tours de parole. Pour la majorité des segments, le coût est presque le même quand on passe d'une phase à l'autre et il est plutôt moyen (variant entre 0 et 4 tour de parole relatives aux actes subordonnés).

Les tours de parole liés à la formulation et à l'inscription voient un rapport inversé dans les deux phases : ils sont plus importants lors de la phase d'inscription que lors de la phase globale de négociation. Certes, ceci est attendu vu la nature de la tâche immédiate de notation, mais ce qui reste à souligner c'est la quasi-absence de ces tours de parole lors de la première phase. Les participants ne semblent accorder aucune ou très peu d'importance au travail de mise en mots lors de la première lecture explicative de leur cours, mais le passage à la phase d'inscription fait pencher la balance du côté des tours de parole liées à la re-formulation, et ce, à quelques exceptions près, comme pour le segment 8 où nous comptons 7 tours de parole de re-formulations contre 13 tours de parole d'actes subordonnés. Mais comme nous l'avons déjà dit, ces cas sont rares. Nous

comptons, si ce n'est un avantage en faveur de reformulations- inscriptions, du moins un nombre égal de tours de parole relatifs à chacun des deux types d'actes.

L'exigence pressante qu'installe l'obligation de la notation se traduit donc par un intérêt plus accru pour l'acte principal de formulation- inscription, toutefois l'intérêt reste focalisé plus ou moins intensément sur l'explication/ ré-explication des données scientifiques, leurs sélections, leur planification. Il n'en reste pas moins qu'au total, nous comptons 177 tours de parole pour la reformulation-inscription (dont 100 lors de la phase de reprise-notation) contre 372 tours de parole pour les actes subordonnés (dont 272 lors de la première phase).

Il est évident que, globalement, pour G1, le côté langagier de la tâche n'est pas au premier plan.

### **2-1-2- Etude du travail du groupe 2**

Le groupe 2 nous offre une séance de travail qui correspond à nos attentes, et ce, à différents niveaux. Elle dure 222 tours de parole et comporte les trois transactions auxquelles nous nous attendions et qui correspondent aux trois productions demandées : prise de notes, exposé et rédaction. La deuxième transaction (l'exposé) qui va du tour de parole 148 au tour 154 ne présentant pas de différence de stratégie avec le groupe 1, nous nous intéresserons surtout à la description des deux autres grandes transactions de travail de ce binôme.

#### **2-1-2-1- PRÉSENTATION DES DEUX TRANSACTIONS**

##### ***a. La prise de notes***

Elle compte 148 tours de parole et se divise en deux séquences marquées chacune par l'inscription des données qui y sont traitées. Les participants procèdent alors comme suit :

- *La première séquence* : elle va du tour de parole 1 au tour de parole 69 et compte le traitement et l'inscription des éléments de la prise de notes allant de (1) à (18). Elle se subdivise en deux moments ou phases : une première phase de négociation globale des éléments qui s'étend sur les 12 premiers tours, suivie d'une phase de reprise de ces éléments, de retraitement et de inscription un par un, c'est-à-dire une phase de traitement ponctuelle des éléments (1) à (18) s'étendant du tour de parole 12 au tour de parole 69.
- *La deuxième séquence* : elle s'étend sur la deuxième moitié de la transaction et reproduit le même schéma de traitement, en deux phases, pour les éléments (19) à (38). L'intervention 102 marque la fin de la phase globale et l'intervention suivante le début de la phase ponctuelle.

##### ***b. La rédaction***

Cette transaction s'étend sur 68 tours de parole (de 155 à 222) et se divise en deux séquences :

- *La première séquence* : du tour de parole 155 au tour 185, les participants co-rédigent le texte exigé. Les éléments sont retraités de manière ponctuelle : un à un, ils sont repris, rediscutés, reformulés et inscrits.
- *La deuxième séquence* : tours de parole 186 au tour 222, les participants procèdent à une révision de leur texte.

Comme pour le premier groupe, le début de la séance de travail est marqué par la lecture du titre de la leçon, mais les frontières entre les séquences sont plus marquées. A la fin de la première transaction, tour de parole 148, un « c'est tout » (en arabe [kahaw]) suivi d'un moment de silence marque la fin de la prise de note et le début de l'exposé. A l'intérieur de cette transaction, la fin du traitement du premier bloc d'informations et le début du traitement du second sont marqués au tour 69 à nouveau par un « et c'est tout » et par « on passe à l'autre partie qu'on n'a pas encore lue » (énoncé en arabe). « c'est tout » marque aussi, au tour 185, la fin de la rédaction du texte. Mais rien ne prépare le début de la phase de rédaction. La coupure de l'enregistrement a alors été un moment idéal pour discuter librement des démarches à suivre.

### **2-1-2-2- GROUPE 2 : L'ACTE PRINCIPAL AU PREMIER PLAN**

Comme nous venons de le voir, ce groupe opte, dans sa prise de notes, pour une division du cours en deux groupes d'informations et pour un traitement en deux temps de chacun de ces deux ensembles. Le coût du deuxième groupe de données, plus exigeant en termes de tours de parole, est proportionnel au nombre d'éléments, lui aussi plus élevé dans la deuxième séquence que dans la première (identifiées ci-dessus).

Chacune des séquences est constituée d'une phase de négociation globale moins coûteuse que celle de re-négociation- inscription des éléments en cours de traitement. A première vue, nous serions tentés de dire que la première phase n'a pas permis de faire des économies sur la deuxième. Mais en regardant de plus près les données sur les différentes actions, nous constatons que lors de la phase globale, l'intérêt est focalisé sur les actes subordonnés de sélection, explication, et planification au détriment de l'acte principal de (re-)formulation- inscription qui est complètement occulté. Par contre, lors de la deuxième phase, l'intérêt pour les actes subordonnés est globalement moins important alors que l'intérêt pour l'acte principal est plus net. Nous comptons alors un nombre, parfois très important, de tours de parole liés à ce dernier type d'acte, ce qui explique le coût plus élevé de la deuxième phase par rapport à la première. En fait, en passant d'une phase à l'autre, les participants changent de point de vue et de pôle d'intérêt et donnent un nouvel équilibre à la balance des coûts. Comme exemple, citons celui de l'élément (33) qui compte, lors de la deuxième phase, 6 tours de parole de reformulation contre 0 tour de parole d'actes subordonnés alors que dans la première phase il comptait 0 tour de parole de reformulation contre 6 tours de parole d'actes subordonnés ; ou encore l'exemple de l'élément (18) qui compte, lors de la deuxième phase, 9 tours de parole de reformulation contre 0 tour de parole d'actes subordonnés alors que dans la première phase il comptait 0 tour de parole de reformulation contre 1 tour de parole d'actes subordonnés. Au total (toutes phases confondues), nous avons 121 tours de parole pour la reformulation (avec une moyenne de 3,18 tours de parole par segment) contre 106 pour les actes

subordonnés (avec une moyenne de 2,78 tours de parole par segment).

L'écart n'est pas très grand entre les deux mais il laisse fortement penser qu'un grand intérêt est accordé à l'acte principal de (re-)formulation- inscription lors la phase de prise de notes.

L'économie est manifeste lors du passage à la rédaction du texte définitif qui voit son coût réduit de moitié par rapport à celui de la prise de notes. Toute l'attention est alors focalisée sur le niveau de l'expression et de la langue. Les actes subordonnés sont quasi-inexistants et ce aussi bien lors de la rédaction que lors de la révision du texte : le coût moyen lors de la rédaction est de 0,13 et de 0,75 lors de la révision. L'acte principal, lui, compte 67 tours de parole lors de la rédaction ce qui fait un coût moyen par segment de 1,52 ; et il compte 33 tours de parole lors de la révision ce qui fait une moyenne de 0,75 par segment.

G2 semble attacher plus d'importance à la mise en mots qu'à la sélection, à l'explication ou à la planification, et ce soit lors de la prise en notes, à plus forte raison encore, lors de rédaction du texte final. En cela, il se différencie nettement de G1, qui nous le rappelons, accorde plus d'importance à la sélection et à l'explication qu'à la formulation- inscription.

### **2-1-3- Etude du travail du groupe 3**

Comportant 334 tours de parole, cette séance de travail présente les trois grands moments déjà cités (prise de notes, exposé et rédaction). Nous nous intéressons à deux d'entre eux : le premier et le deuxième - le troisième se déroulant de la même manière que lors de la première séquence rédactionnelle pour le groupe 2, à savoir par un traitement ponctuel des segments lors de la rédaction.

#### **2-1-3-1- PRÉSENTATION DE LA SÉANCE DE TRAVAIL**

##### ***a. La prise de notes***

La prise de notes va du tour de parole 1 au tour de parole 148 et se divise en trois séquences.

- *La première séquence* : les éléments (1) et (2) sont traités et notés l'un après l'autre dans les quatre premiers tours de l'interaction.
- *La deuxième séquence* : les éléments de (3) à (6) sont traités en deux phases. La première, allant du tour de parole -7- au tour de parole -28-, voit le traitement en bloc des trois éléments ; la deuxième, du tour de parole 28 au tour de parole 51, voit la reprise des éléments et leur inscription un à un.
- *La troisième séquence* : du tour 52 au tour 148 les participants procèdent à un traitement ponctuel des éléments et l'inscription des éléments (7) à (11).

Les participants n'optent pas pour une stratégie unique. Les trois groupes d'informations, correspondant à l'opposition MC/ MQ, au postulat de symétrisation et aux construction

des systèmes, voient un balancement entre un traitement ponctuel et un traitement en bloc avec une préférence pour le traitement ponctuel (huit éléments sur onze sont traités de manière ponctuelle).

### ***b. L'exposé***

L'exposé de ce groupe présente cette particularité de se faire sur deux temps. Le groupe 3 entame sa deuxième transaction, au tour 149, par une première séquence préparatoire qui reprend la planification et les différents moments que devra contenir l'exposé, suivie de la séquence de l'exposé proprement dit qui commence au tour 185 et se termine au tour 194.

Le début de la séance de travail est marqué par une reprise du titre qui sert de présentation à la leçon. Mais le changement dans les stratégies de traitement lors de la prise de notes n'est pas marqué ou signalé. Le début de la phase de planification de l'exposé, quant à lui, est introduit au tour 149 par « c'est-à-dire on parle ». La fin de l'exposé est encore une fois marquée par une coupure de l'enregistrement au cours de laquelle une mise au point rapide a été effectuée. Le début de la rédaction est marqué par la reprise des éléments de l'introduction.

### **2-1-3-2- GROUPE 3 : PARTAGE D'INTÉRÊT SANS ÉCONOMIE DE PASSAGE**

La prise de notes de ce groupe présente un coût socio-cognitif relativement élevé. Les 11 éléments annotés ont nécessité un peu plus de tours de parole que les 29 segments rédigés du texte final. Et pour cause, la majorité des éléments soulignés dans la première transaction de ce groupe n'ont pas été notés.

Les éléments se divisent en deux groupes selon la stratégie adoptée : des éléments notés un à un, et des éléments discutés en bloc dont quelques-uns seulement sont repris en vue de leur inscription. Mais tous en ceci en commun : leur coût ne présente pas de logique qui soit tributaire de la stratégie utilisée ou de la phase en cours comme dans les deux autres groupes. Ainsi, l'élément (6) - un des trois éléments traités en bloc - présente, lors de la première phase, 0 tour de parole d'acte principal contre 10 tours de parole d'actes subordonnés et, lors de la deuxième phase, il présente 3 tours de parole d'acte principal contre 7 tours de parole d'actes subordonnés. Seul un nombre nul tour de parole relative à la (re-)formulation- inscription des éléments (4), (5) et (6) est noté lors de la phase de négociation globale de ces éléments. La phase de reprise de ces éléments et leur retraitement voit, certes, une augmentation du nombre de ces tours de parole mais elle est accompagnée d'un nombre de tours pour les actes subordonnés tout aussi important que dans la première phase. Globalement, les tours de parole pour les actes subordonnés sont de 42 contre 25 pour l'acte principal<sup>46</sup>. Ce qui fait, pour chacun des onze éléments notés, un coût moyen en actes subordonnés de 3,81 et en acte principal de 2,27.

Le passage au texte définitif, lui, est souligné d'un intérêt plus net pour la (re-)formulation et l'inscription. Les tours de parole en rapport avec cet acte sont plus

<sup>46</sup> Nous ne comptons ici que les interventions en rapport avec les éléments notés.

nombreux. Le coût moyen des segments varie entre 4 et 5 (4,44) pour l'acte principal et entre 1 et 2 pour les actes subordonnés (1,55). Des pics sont notés pour certains segments comme le segment 16 qui compte 9 tours de parole de (re-)formulations/ inscription et 6 d'actes subordonnés ; ou encore pour le segment 20 qui compte 12 tours de parole de (re-)formulations- inscription pour 0 tour de parole d'actes subordonnés. Globalement, le rapport aux deux types d'actes est inversé : nous comptons 129 tours de parole pour l'acte principal contre 45 pour les actes subordonnés.

Les résultats que nous offre ce groupe permettent de confirmer les propos que nous avons avancés dans l'étude de la PDN dans le chapitre précédent, à savoir que la phase de prise de notes n'a pas été traitée comme une phase intermédiaire indispensable et constructive. L'intérêt y a été largement focalisé sur les actes subordonnés au point qu'elle a peu conduit à des actes de (re-)formulation- inscription malgré un nombre important d'éléments qui auraient pu être notés et qui sont traité par la suite lors de l'exposé oral et de la rédaction. En contre coup, l'exposé a été plus coûteux que pour les deux autres groupes : 45 tours ont été nécessaires à sa réalisation dont 36 rien que pour sa pré-planification. Toutefois, cette pré-planification a permis de réaliser l'exposé en 9 tours de parole. De même, la rédaction a été, globalement, presque tout aussi coûteuse que la prise de notes mais avec un rapport d'intérêt inversé : la priorité a été largement accordée à l'acte principal de (re-)formulation- inscription.

Le groupe 3 nous offre ainsi un troisième cas de figure : comme G1, il n'accorde pas d'importance à l'inscription- reformulation mais ce uniquement lors de la phase de prise de notes. L'acte principal retrouve, par la suite, une place primordiale lors de la phase finale de rédaction, à l'instar de ce qui s'est passé avec G2. Toutefois, contrairement à G2, le passage de la prise de notes à la rédaction, et avant, à l'exposé se fait sans économie de coût.

### **2-1-4- Etude du travail du groupe 4**

#### **2-1-4-1- PRÉSENTATION DE LA SÉANCE DE TRAVAIL**

Les 308 tours de parole de la séance de travail de ce groupe sont constitués de trois transactions correspondant à la prise de notes, l'exposé et enfin la rédaction. Ces étapes voient deux différences essentielles avec ce que nous avons rencontré dans les autres interactions :

- La première différence, lors de la prise de notes (du tour 1 au tour 244), consiste en un morcellement des blocs informationnels à traiter. En effet, les éléments, s'ils ne sont pas traités un à un - comme, par exemple, les éléments (18) à (24) du tour 133 au tour 218, sont traités en petits blocs de deux ou trois éléments. C'est le cas, par exemple, des treize premiers éléments traités entre les tours 1 et 110.
- La deuxième différence, lors de la phase de rédaction (du tour 272 au tour 308), consiste en un traitement en petits blocs de segments et non en une reprise/inscription un à un des segments comme pour les groupes 2 et 3.

Ce groupe n'opte pas pour une stratégie précise de même qu'il n'opte pas pour un

marquage net des frontières entre les transactions : l'arrêt du magnétophone semble être le moyen de prédilection à ce sujet.

#### **2-1-4-2- GROUPE 4 : PARTAGE D'INTÉRÊT SELON LA TÂCHE AVEC ÉCONOMIE DE PASSAGE**

Pour ce groupe, la première transaction relative à la prise de notes a été huit fois plus coûteuse que la transaction sur la rédaction : 244 tours de parole pour la première contre 37 tours pour la deuxième. En regardant de près les éléments, lors de la prise de notes ? nous constatons que l'attention est portée plus sur les actes subordonnés, et ce, lors de la phase de traitement global - pour les éléments traités en bloc-, et lors de la prise de notes ponctuelle - pour les éléments traités un à un ; alors qu'elle est portée plus sur la re-formulation- inscription, plus coûteuse en tours de parole, lors de la phase de reprise pour le traitement en bloc. Le coût des éléments ne voit pas de grand écart entre eux. Seul l'élément (21), par exemple, présente un coût en actes subordonnés très élevé, à savoir 25 tours de parole contre une moyenne de 4,68 tours de parole par élément pour ces actions. Et d'un autre côté, l'élément (26) compte le coût le plus important en (re-)formulation/ inscription : 15 tours de parole contre une moyenne de 3,62 tours de parole par éléments en acte principal. L'écart est toutefois plus important entre le total des tours de parole pour les actes subordonnés et celui pour l'acte principal : 136 contre 105 - le coût moyen, comme nous l'avons indiqué dans les exemples étant de 4,68 pour les premiers et de 3,62 pour le deuxième. Mais il reste vrai que les étudiants, quand ils effectuent un traitement en deux temps sur leurs données, accordent plus de place à l'acte principal que quand ils effectuent un traitement en un seul temps.

La rédaction du texte final présente, elle aussi, un équilibre entre les deux types d'acte, subordonné et principal, avec les mêmes conditions : un coût plus élevé pour les premiers lors des premiers moments de négociation globale et un coût plus élevé pour les seconds lors des moments de reprise-inscription. Le coût moyen des segments est moins élevé que celui des éléments : 2,35 en acte principal contre 1,65 en actes subordonnés. Certains ne nécessitent au total que 2 tours de parole comme les segments 15 et 16 (pourtant volumineux). Seul un segment présente un coût élevé par rapport à l'ensemble des segments du texte. Il s'agit du segment 12 qui présente un total de 10 tours de parole dont 5 de re-formulation- inscription et 5 d'actes subordonnés. Par contre, le rapport au total des types d'actes est inversé de même que la polarité des intérêts : ainsi, nous comptons 47 tours de parole pour l'acte principal contre 33 tours de parole pour les actes subordonnés.

Quant à l'exposé oral, il présente un coût relativement élevé : 28 tours de parole ont été nécessaires à sa réalisation. Mais comme nous l'avons vu lors de l'étude de cette épreuve dans le chapitre précédent, la raison en est surtout à lier au jeu de rôle auquel se sont livrés les participants et surtout les interventions et les incursions de H auxquelles K tentait de faire face quand il prenait la parole.

G4 semble ainsi atteindre un certain équilibre entre les différents coûts. Il se préoccupe autant - et par moment un peu plus - du volet langagier de sa tâche que des actes subordonnés de planification, sélection et explication, la phase en cours étant

déterminante quant aux choix effectués

### **2-1-5- Etude du travail du groupe 7**

Les 267 tours de parole de cette séance de travail se divisent en trois transactions. La troisième, du tour 233 au tour 267, correspondant à la rédaction du texte se déroulant selon un traitement ponctuel des segments, nous nous contentons de décrire les deux premières transactions correspondant à la prise de notes et à l'exposé.

#### **2-1-5-1- PRÉSENTATION DE LA SÉANCE DE TRAVAIL**

##### ***a. La prise de notes***

Du tour de parole 1 au tour 184, cette étape aboutit à une double prise de notes. En effet, chacun des deux participants procède à sa propre notation. Les participants semblent opter dans les neuf premiers tours pour une stratégie de négociation en bloc des éléments. Ainsi, les premières données du cours, dont les éléments (1) et (2) de chacune des prises de notes, sont amenés et discutés sans être notés. Mais cette stratégie, après la coupure dans le tour de parole 9, laisse vite la place à un traitement ponctuel des données. Les données du cours sont reprises dès le début et les éléments sont rediscutés et inscrits un à un.

##### ***b. L'exposé***

La transaction correspondant à l'exposé se divise en deux séquences :

- *La première séquence* : du tour 184 au tour 191, l'exposé est préparé en deux temps. Un premier échange (du tour 184 au tour 190) introduit le recours à la méthode des questions/ réponses pour préparer et présenter l'exposé. Un deuxième échange (au tour 190 et 191) sert à mettre en place et inscrire les questions.
- *La deuxième séquence* : du tour 192 au tour 232, l'exposé est présenté sous forme d'échange contenant la question et sa réponse. La première question est traitée entre les tours 192 et 196. La deuxième question est traitée en deux temps. La première moitié est traitée entre les tours 196 et 200 et la deuxième moitié de la question est traitée entre les tours 201 et 219. Au cours du traitement de cette deuxième moitié de la question deux, quelques éléments de réponse relatifs à la troisième question sont introduits, ce qui amène la mise en place d'une quatrième question et son traitement entre les tours 219 et 230. Un dernier échange de cette séquence sert à conclure l'exposé dans les tours de paroles 231 et 232.

Comme nous l'avons souligné plus haut, la coupure marque le changement de stratégie au tour 9, elle marque aussi la fin des prises de notes au tour 184, elle marque l'ajout de la quatrième question au tour 221, la fin de l'exposé, au tour 233, la rature d'éléments tour 242. Elle semble être le moyen privilégié par ces étudiants, entre autres, pour délimiter leurs tâches.

### **2-1-5-2- GROUPE 7 : STRATÉGIE UNIQUE ET ÉCONOMIE À TOUTES LES PHASES**

La double prise de notes est de loin la tâche la plus coûteuse pour ce groupe (185 tours), suivie de l'exposé (49 tours) et ensuite de la rédaction (35 tours).

Les deux prises de notes se faisant en parallèle et avec un certain décalage (les éléments notés par l'un des participants ne sont pas forcément notés par l'autre), ne provoque pas de surcoût des éléments qui restent même peu coûteux. La majorité des éléments est amenée en deux tours de parole, voire, directement inscrite en un seul tour. De plus, la priorité est donnée à la (re)-formulation/ inscription des éléments. Mais ceci n'exclut pas quelques exceptions où des éléments sont relativement plus coûteux, notamment en actes subordonnés. C'est le cas, par exemple, de l'élément (21) de la PDN de M, auquel correspond l'élément (25) de la PDN de K, qui, quoique formulé et inscrit en 2 tours, nécessite 7 tours d'actes subordonnés pour être mis en place. Ou encore les éléments (31), (70) et (78), notés uniquement par K, qui nécessitent respectivement 15, 14 et 13 tours d'actes subordonnés alors que le moment de la formulation et de l'inscription reste imperceptible, entre autres à cause d'une prise de notes peu claire. Le coût total en acte principal pour K est de 116 tours de parole : 1,46 en moyenne par élément, et pour M il est de 42 : en moyenne 1,16. Le coût total en actes subordonnés, pour K est de 173 : en moyenne 2,18 ; et pour M, il est de 41 : en moyenne 1,13.

La rédaction, elle aussi, est globalement peu coûteuse. Les 31 segments du texte définitifs sont rédigés en 34 tours de parole. Seules 4 interventions d'actes subordonnés sont notées, et ce, lors de la rature des segments 11', 12' et 13' et de la rédaction du segment 11- ce qui nous ramène à un coût de 0,12 par segment. Le coût de la majorité des segments est d'un tour. Quelques segments affichent un coût plus important variant entre 3 et 6 tours. Nous citons, par exemple, le cas des segments 7 et 20 qui nécessitent pour leur formulation/ inscription 6 tours de parole. Le coût moyen en acte principal reste toutefois moyen : 1,83.

Toutefois, l'exposé oral a nécessité 49 tours de parole entre mise en place des questions et présentation, ce qui rappelle le résultat obtenu avec G3 (45 tours pour préparer et présenter l'exposé). Mais contrairement à ce groupe, ce n'est pas le « peu de notes » qui serait à l'origine du besoin d'une étape préparatrice supplémentaire pour l'exposé mais ça serait entre autres le « trop de notes », surtout pour K. En effet, comme nous l'avons vu dans l'étude de la PDN dans le chapitre précédent, les notes de K se rapprochent plus de notes d'explication, à soi et à son co-équipier, plutôt qu'à des notes de préparation et de mise en place des données et des étapes de l'exposé. L'introduction de la méthode des questions et la mise en place des questions n'a nécessité que 8 tours, par contre la reprise/réponses des questions et surtout de la deuxième question, a été coûteuse surtout en actes subordonnés (demandes en rapport avec la matière scientifique).

Comme le groupe 4, le groupe 7 parvient, en gérant les différents actes, à créer un équilibre entre eux : les actes de sélection, d'explication et de planification ont la priorité lors de la prise de notes et, inversement, l'acte de formulation-inscription a la priorité lors de la rédaction. De plus, G7 parvient à cet équilibre avec un coût inférieur à celui de G4.

### **2-1-6- Données croisées et conclusions**

De manière générale, et pour tous les groupes, le début de la réalisation de l'une des trois productions attendue est signalé par l'introduction du premier élément du cours qui est généralement le titre de la leçon ou l'introduction. Le passage d'une production à une autre est marqué par l'introduction et la mise au point, orale ou écrite, du dernier élément à traiter dans le cours. Il correspond, généralement, aux diagrammes à T égale 0 des états des bosons et des fermions. Peu d'éléments explicites ou de propos méta sur la planification ou la procédure sont signalés. Malgré nos vives recommandations, les participants s'empressent d'arrêter le magnétophone chaque fois que la pression devient trop forte, qu'ils se sentent bloqués, qu'ils veulent discuter librement ou qu'ils veulent marquer une pose. La coupure de l'enregistrement marque souvent, dans ce dernier cas de figure, la fin d'une tâche.

Les stratégies adoptées par les groupes sont variées ainsi que les résultats. Les longueurs des séances de travail vont de 222 à 476 tours de paroles et, à l'intérieur de ces séances, le temps et les efforts consacrés à chacune des étapes varient aussi. L'attention qu'ils accordent à la réalisation de certaines phases de leur tâche et la priorité donnée à certains points varient entraînant la variation des coûts des différentes réalisations. En voici les résultats :

	Phase préparation/notes				Phase rédaction				Phase révision			
	Act Sub		Act Princ		Act Sub		Act Princ		Act Sub		Act Princ	
	C.tour	C.m	C.tour	C.m	C.tour	C.m	C.tour	C.m	C.tour	C.m	C.tour	C.m
G1	272	5,03	4	0,07	100	1,85	173	3,2	X	X	X	X
G2	106	2,78	121	3,18	6	0,13	67	1,82	33	0,75	33	0,75
G3	42	3,81	25	3,27	45	1,55	139	4,44	X	X	X	X
G4	136	4,68	105	3,63	31	1,65	47	2,35	X	X	X	X
M/G7	41	1,13	42	1,16	4	0,12	57	1,83	X	X	X	X
K/G7	173	2,18	116	1,46								

*Coût total en tours de parole (C. tour) et coût moyen (C. m) par types d'actions et par phases*

Par exemple, pour les groupes 1 et 3, la stratégie adoptée est le résultat d'une focalisation sur les actes subordonnés souvent au détriment des actes liés à la (re)-formulation- inscription. Ainsi, pour G1, toute une transaction de 266 tours de parole est consacrée au traitement des données du cours sans qu'aucune notation ne soit effectuée. Pour G3, 149 tours de parole n'ont abouti qu'à l'inscription sommaire et peu significative de 11 éléments alors que d'autres éléments ont été traités. Ceci nous pousse à avantager l'hypothèse d'un désintéressement voulu par rapport à la prise de notes. La mise en mots, pour les deux groupes en question est, semble-t-il, si elle n'est pas perçue comme secondaire aux différents actes de sélections, explication, organisation, elle n'est pas perçue comme la réalisation ultime, l'aboutissement logique et attendu de toute la tâche..

De plus, pour ces deux groupes, les coûts sont les plus élevés. Pour les deux, les premières phases de travail, qu'elles soient de discussion globale pour G1 ou de prise de

notes pour G3, n'ont pas permis de faire des économies lors des traitements des textes rédigés. Et pour cause. Les étudiants, devant l'absence d'un support propre à eux, sont amenés à reprendre les éléments de leur texte dans le cours, et aussi à retraiter les données autant par rapport à la tâche principale de (re-)formulation- inscription que par rapport aux autres niveaux de la tâche. En effet, les premières discussions se situent relativement loin par rapport au moment de la rédaction et n'ont de traces que dans leurs mémoires. La charge cognitive est plus lourde et la tâche en devient plus coûteuse. Le besoin de reprendre les différentes actions se fait alors sentir :

- pour G1, il se fait sentir au niveau des actes subordonnés qui restent importants malgré un intérêt accru pour l'acte principal, intérêt qui rééquilibre le coût, dans la phase de reprise, en faveur de ce dernier type d'acte. Et d'un autre côté, l'acte principal de (re-)formulation- inscription presque inexistante lors de la première phase présente un des coûts moyens en tours de parole par segment le plus élevé (le deuxième) lors de la deuxième phase (de notation/ rédaction).
- pour G3, il se fait sentir, lors de la rédaction, par le coût moyen en tours de parole relatifs à la (re-)formulation/ inscription le plus élevé de tous les groupes (4,44). De plus, nous sommes tentés de penser que l'absence d'une prise de notes, qui déterminerait les différentes étapes et les différents points qui seront traités dans l'exposé, a fortement contribué à la phase de pré-planification qui l'a précédé.

La prise de notes n'est pas perçue comme une étape préparatoire et peut-être facilitatrice des étapes suivantes. Elle est mal gérée et même mal vécue par les participants à cause de sa mauvaise gestion.

Les autres groupes, eux, font l'économie de ce double effort de mémorisation et de re-discussion en n'espaçant pas beaucoup les moments de discussion de ceux de la prise de notes et en travail sur des blocs informationnels réduits. Et même, pour certains éléments de la prise de notes de G4 ou des prises de notes de G7, les deux moments sont concomitants puisque le traitement se fait élément par élément. L'attention est tournée vers les actes subordonnés lors des phases de discussions qui précèdent la notation, certes, mais les participants accordent de l'attention et de l'importance à la mise en mots et l'inscription, si ce n'est plus, en tout cas autant qu'aux actes préparatoires et évaluatifs, et ce, lors des phases de notation. Le travail de prise de notes, pris au sérieux et reconnu comme objectif à réaliser, permet d'alléger la charge cognitive surtout relative aux actes subordonnés lors des rédactions. G2 et G4 réalisent même une économie sur l'acte principal lors de la rédaction. D'ailleurs, G2 présente la gestion de tâche la plus économique des cinq groupes.

Le coût des prises de notes varie d'un groupe à l'autre, mais nous ne pouvons attribuer ceci au recours à une stratégie plutôt qu'à une autre. Toutefois, ce que nous pouvons avancer plus sûrement est que la gestion plus ou moins réussie de la phase de prise de notes a permis à ces trois groupes de faire de grandes économies lors des rédactions des textes définitifs. De plus, le recours à une seule stratégie lors de cette phases a permis d'en réduire le coût moyen total par élément (rapport du nombre d'interventions pour PDN/ nombre d'éléments notés) comme pour la prise de notes de G2 et de G7. Nous ne cherchons pas à généraliser de tels résultats mais nous pouvons

toutefois occulter les rapports entre certains faits.

De plus, nous avons noté, à travers les différentes séances de travail, que certaines données sont plus coûteuses que d'autres. Les deux tableaux suivants résument, par groupes, les données sur le nombre d'éléments ou segments, le nombre de tours de parole nécessaires à leur mise en place, le coût moyen, et ce, pour la totalité de la PDN ou du TC, et pour chacune des parties (I, II, III et éventuellement IV pour G7).

	Total			I			II			III			IV		
	Nbr El	Nbr Tours	Coût M	Nbr El	Nbr Tours	Coût M	Nbr El	Nbr Tours	Coût M	Nbr El	Nbr Tours	Coût M	Nbr El	Nbr Tours	Coût M
G1	51	109	8,60	8	16	7	20	116	7,3	25	270	10,8	X	X	
G2	38	148	8,89	5	15	3	13	54	4,2	20	80	4	X	X	X
G3	11 <sup>46</sup>	145	13,15	2	7	3,5	4	44	11	5	50	10	11	7	X
G4	20	211	8,55	2	15	7,5	5	28	5,6	21	150	7,14	X	X	X
MCC7	56	184	3,31	4	15	3,75	18	17	0,94	14	154	11	X	X	X
KMG7	20	181	9,05	4	15	3,75	21	17	0,77	14	150	10,7	1	1	1

Prise de notes : éléments, tours de parole et coût moyen <sup>47</sup>

	Total			I			II			III			IV		
	Nbr Sg	Nbr Tours	Coût M	Nbr Sg	Nbr Tours	Coût M	Nbr Sg	Nbr Tours	Coût M	Nbr Sg	Nbr Tours	Coût M	Nbr Sg	Nbr Tours	Coût M
G1	54	466	8,62	8	56	7	20	146	7,3	26	270	10,38	14	X	X
G2	40	65	1,63	7	20	2,86	13	27	2,07	21	25	1,19	X	X	X
G3	29	146	5,03	5	20	4,0	10	34	3,4	14	87	6,21	X	X	X
G4	20	37	1,85	6	17	2,83	5	6	1,2	9	17	1,88	X	X	X
G7	31	33	1,06	10	8	0,8	10	21	2,1	9	4	0,44	2	1	0,5

Textes cibles : segments, tours de parole et coût moyen

Nous remarquons que pour trois groupes sur cinq, la troisième partie présente le coût moyen le plus élevé lors du traitement de la PDN. Toutefois, en passant au traitement du texte définitif, deux groupes (G1 et G3) présentent le même résultat - avec un coût moyen différent pour G3 ; alors que pour G2 et G4, l'introduction présente le coût moyen le plus élevé. Nous nous proposons, alors, de voir ce qui fait qu'une prise de notes ou une rédaction soit plus coûteuse qu'une autre. Ce que nous venons de voir concernant les coûts dans les différents groupes et dans les différentes parties nous permet d'avancer que la raison de cet écart ne serait pas tributaire du nombre d'éléments ou de segments mais plutôt de la nature de certaines informations plus ou moins difficiles à traiter et surtout du degré d'accord ou de désaccord lors de leurs traitements ainsi que des moyens utilisés afin de parvenir à réussir dans la tâche qui leur est assignée. Nous allons donc traiter et analyser les différents échanges, leurs natures, leurs combinaisons et leurs

<sup>47</sup> La partie la plus coûteuse est surlignée en couleur.

incidences sur les différents produits afin d'éclairer les résultats obtenus ici.

## **2-2- Les productions entre négociations et co-énonciations : <sup>48</sup>**

La nature des actes varie selon la phase de travail en cours. Il s'agit d'actes essentiellement en rapport avec la sélection, la scientificité des données et la planification - pour ce qui est des actes subordonnés - et avec la formulation, la reformulation et l'inscription pour l'acte principal. Nous avons alors des attentions portées sur des niveaux différents selon la préoccupation immédiate des co-producteurs. Nous allons, dans ce qui suit, déterminer de quels actes subordonnés il s'agit, comment, et dans quels types d'échanges elles se déroulent -co-énonciation ou négociation- afin de cibler les moments forts des interactions et aussi les moments problématiques du cours et des textes à produire. De même, pour l'acte de reformulation/ inscription, l'identification des moments plus ou moins problématiques sera effectuée, afin de cibler la difficulté liée au niveau de langue (vraie aisance, ou mauvaise certitude).

Le lien sera établi alors avec les productions qui en résultent et les différents points que nous avons soulignés dans les analyses RST et AH des textes (tels que l'origine des erreurs, des altérations, des explicitations etc .)

### **2-2-1- La sélection**

Lors de ce type d'actes, les participants opèrent des choix plus ou moins explicites quant aux informations à traiter et à transmettre lors des exposés et à rédiger par la suite. La sélection se fait au fur et à mesure de la lecture du cours et donc selon l'ordre dans lequel les éléments sont classés dans celui-ci et aussi selon ce qui est jugé ou perçu automatiquement comme devant faire partie des éléments à retenir. La sélection tend à véhiculer le schéma de la super-structure du cours : introduction, postulat de symétrie et fonctions des systèmes. Les rédacteurs ont effectué un travail de repérage des points les plus importants, ceux qui constituent la macro-structure du cours, les macro-thèmes essentiels à la compréhension des systèmes de particules identiques en mécanique quantique.

Mais avant cette phase commune de sélection, il y a une phase individuelle durant laquelle chacun des participants choisit dans le cours ce qu'il juge important à la construction des différents produits, avant de le soumettre à l'autre. En effet, tout ce qui figure dans les notes des étudiants n'a pas été sujet à débat, ce qui laisse supposer qu'il y a eu pré-sélection individuelle. L'existence de pauses plus ou moins longues soutient cette hypothèse.

#### **2-2-1-1- LA SÉLECTION : UN CHOIX**

Les différents choix effectués pourraient sembler arbitraires. Cet effet est appuyé par le

<sup>48</sup>

Dans ce qui va suivre, nous allons insérer des extraits des transcriptions des interactions. Pour ne pas encombrer les transcriptions, les traductions des propos en arabe seront insérées en bas de page.

déroulement de ces actions en co-énonciations plus qu'en négociation, l'accord et la validation des choix de l'un et de l'autre participant se faisant aussi de manière implicite, par l'absence même de l'expression d'un refus ou par le recours à un acquiescement rapide : « hum », « euhum ». Mais ceci n'exclut pas l'existence d'une règle élémentaire qui sous-tend toute la production, à savoir que n'est retenu que ce qui est communément admis, ce qui a sa place et sa raison d'être dans l'ordre des choses. Cette règle s'est installée dès le départ en partant du principe même de collaboration.

Les négociations lors de la sélection sont plutôt rares. Elles peuvent avoir pour objectif de susciter l'aide de l'autre quant au choix à effectuer ou son approbation comme pour ce bref échange entre les rédacteurs de G2 où N demande à Z s'il faut introduire un exemple :

57 N (...) [nektbu naħkiw ʔal]<sup>50</sup> exemple (?)  
 58 Z hum  
 59 N [neχðu] exemple (...)

Nous rencontrons les négociations de sélection surtout avec le groupe 1 et lors de la phase de reprise-notation. Elles peuvent se terminer par une acceptation (comme dans l'exemple précédent) ou encore par un rejet de la proposition faite par l'autre.

### a. Les types de rejet

Le rejet peut être :

- *Le rejet direct et explicite* : c'est le cas pour la proposition suivante, extraite de l'interaction de G7 :

13	K	psi r de t module . module de psi r de t au carré c'est la probabilité de trouver la particule <b>à une distance r dans un temps t</b> .. [ekteb] <sup>49</sup>
14	M	[le akahaw]

- *Le rejet indirect* : l'opposant choisit de modérer son refus. C'est le cas par exemple dans l'échange suivant, extrait de l'interaction de G3 :

62 K [haðeka elkol:u]<sup>51</sup> c'est des maths  
 63 L d'accord  
 64 K [net ʔadew] (.. ?)

- *Le rejet par report* : M-S, l'un des participants de G1, rejette la proposition de son

<sup>49</sup> 13-K : « écris » / 14-M : « non c'est tout »

co-rédacteur en 300 en l'ajournant :

299	B	(...) alors est ce que euh... je pense que c'est nécessaire de rappeler qu'on a même [et...] euh \
300	M-S	\ oralement
301	B	hein (?) on peut le dire oralement (?)
302	M-S	oui
303	B	d'accord
304	M-S	supposé connu
305	B	[hehi] c'est pas grave ( )

- *Le rejet par anticipation* : l'un des participants anticipe sur les propositions de l'autre et rejette un élément qui aurait pu être éventuellement proposé par lui. L'extrait suivant, de l'interaction de G1 représente ce cas de figure :

431	M-S	\ (.. ?) ...
432	B	d'accord
433	M-S	[heðija mo] lezem] <sup>53</sup> (.. ?)
434	B	(.. ?) . [wini be] na [mlu] quatrièmement (?)

- *Le rejet a posteriori* : un élément déjà écrit et validé est ensuite rejeté. C'est le cas, dans le texte de G1, de l'élément raturé (45)' inscrit puis raturé dans l'extrait suivant :

436	B	(.. ?)
437	M-S	(.. ?) <u>remarque</u>
438	B	<u>remarque</u> . hein (?)
439	M-S	<u>si si l'échange . de deux particules</u>
440	B	<u>si l'échange . (hein ?) .</u>
441	M-S	<u>de deux particules de deux</u> . ([ej misele] <sup>50</sup> ?)
442	B	(.. ?) d'accord (.. ?)

- Les passages inaudibles qui précèdent la formulation/ inscription de cet élément ne permettent pas d'affirmer que le choix effectué n'ait pas été sujet à des négociations entre les participants. Mais le fait est que nous assistons à un début de formulation et d'inscription qui signifie bien la validation de ce choix. Ceci n'empêche pas les participants de remettre en cause leur proposition et de la récuser après inscription. En effet, son acceptation semble définitive quand, revirement de situation, l'élément est enfin écarté et barré par B qui rejoindrait ainsi l'avis de son co-rédacteur. Le

<sup>50</sup> 441- M-S : « oui c'est pas grave »

passage difficilement audible ne permet pas de jurer des raisons de cette reconsidération soudaine, mais l'hypothèse de la difficulté scientifique liée à l'information en question n'est pas à écarter, difficulté ressentie lors de la négociation sur le même point dans la phase globale, entre le tour 196 et le tour 203.

Nous soulignons que si l'introduction ou l'inscription d'un point n'est pas toujours accompagnée d'explication ou de justification, le rejet d'une proposition, lui, est toujours accompagné d'une justification. Une justification qui n'est d'ailleurs pas toujours suffisante, ce qui aboutit à ce nous que appelons : le rejet récusé.

### ***b. Le rejet récusé***

Nous assistons dans certains cas à des négociations où, malgré tous les soins pris par l'un des participants pour rejeter des propositions qui ne lui semblent pas convenir à la bonne réalisation de tâche commune, le rejet n'est pas accepté par l'autre partie. Les arguments avancés par l'opposant peuvent alors ne pas être suffisamment convaincants, ce qui laisse pour le proposant l'occasion de réintroduire sa proposition en la renforçant par une argumentation. C'est le cas, par exemple, du groupe 1 dans l'échange suivant :

271	B	(...) .. si je prends à l'état initial une première particule \
272	M-S	\ c'est pas la peine ( \ ?)
273	B	\ c'est c'est pour (rap) euh c'est pour rappeler les euh la notion la la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique que euh le dans l'état de la mécanique classique euh on a la notion de indiscernabilité par opposition à la mécanique quantique que \ (... ?)
274	M-S	\ quand je parle euh sur la trajectoire \ plan
275	B	\ (mais ?)
276	M-S	secondaire si euh trajectoire d'une particule est donnée à partir des conditions initiales
276	B	oui mais c'est (... ?) je veux dire que que il faut parler euh tout d'abord de euh la (dis) la (nos) la la conclusion en mécanique classique deux particules identiques sont discernables par contre en mécanique euh quantique deux particules identiques sont indiscernables alors on fait l'introduction pour montrer pour clarifier la tâche pour euh lui m d'accord on va écrire euh à votre avis (? ) c'est pas euh obligatoire (? )
277	M-S	c'est pas intéressant . (...)

B tente en 271 d'enchaîner directement avec un nouvel élément mais le refus de M-S est explicite et rapide. L'un et l'autre tentent alors de justifier leur point de vue en ramenant l'élément, sujet de négociation, à son rôle dans l'économie globale du texte : nécessaire à la compréhension de ce qui suivra pour B, information secondaire pour M-S. Le doute, semé dans l'esprit de B, transparait à la fin du tour 276, ce qui donne à son interlocuteur l'occasion d'exprimer encore plus nettement son rejet avec une évaluation très négative « c'est pas intéressant ».

Rien n'est définitif lors d'une négociation, certains éléments rejetés sont repris et rediscutés et voire même imposés et inscrits. La suite de l'échange sur l'inscription de la conclusion sur les particules identiques discernables en mécanique classique le prouve. Cet élément, pourtant rejeté à plusieurs reprises par M-S, est imposé par B.

278	B	\ (... ?) je vais je vais mentionner juste la conclusion là . en mécanique classique deux particules identiques sont indiscernables
-----	---	--

En effet, B considère que le rejet est partiel et qu'il n'est valable que pour une partie de l'information proposée, à savoir la notion de trajectoire et décide de garder « la conclusion ». Mais malgré ce choix et la collaboration sur la formulation de cette conclusion, entre les tours 279 et 282, M-S persiste à vouloir justifier son rejet.

285	M-S	je veux dire que euh ici on doit mettre que [I] .. c'est une chose que: connue que: la différence entre la mécanique quantique et la:: . mécanique classique c'est euh au niveau de la trajectoire et .
-----	-----	---

L'argument qu'il avance est vite contrecarré par ce qui paraît être pour B l'évidence même :

286	B	(RIRE) bon il faut juste bon il faut le mentionner quand même [el::] euh la conclusion . \ c'est juste la mentionner c'est pour euh un petit rappel hein . pour nous nous mettre
287	M-S	\ oui
286	B	euh dans le cadre euh (.. ?) . alors . en mécanique classique deux particules

D'autres négociations se terminent aussi par une inscription. C'est le cas des exemples de fermions dans l'élément (27) de la prise de notes de G1 que M-S récuse, mais que B justifie en faisant appel à un argument de poids : la bonne organisation du produit.

367	B	Par ce que je dois parler (.. ?) je suppose quand même (plus ?) organisé . donc euh spin un demi . demi entier . donc exemple .
-----	---	---

Plus loin, dans la même interaction, une tentative de rejet par anticipation échoue. En effet, en 377, M-S anticipe sur d'éventuelles propositions, cette fois d'exemples de bosons, et tente d'avoir l'accord de B sur la suffisance des données sélectionnées et écrites. La réponse de B et son désaccord sont alors clairement exprimés à travers l'ajout d'un autre exemple. B impose son choix en passant directement à l'inscription, fort de sa position de scripteur mais aussi de la justification déjà fournie, en 367, en rapport avec l'organisation globale et qui reste toujours d'actualité s'agissant notamment d'un cas de figure similaire.

A la fin de l'étape de prise de notes, et quelle que soit la quantité de matière notée, les groupes ont abordé les différents points qui préfigurent la composition finale de leurs exposés et de leurs textes rédigés. À ce stade de la collaboration, les choix de la matière qui figureront dans le texte sont déjà faits surtout après l'oralisation de l'exposé ; toutefois, quelques écarts sont notés. En effet, cette composition première n'est pas définitive. Le passage d'une étape à une autre amène son lot de remaniements et de reconsidérations. Ils sont dus à une reconsidération de la logique du cours. Il arrive ainsi qu'un élément jugé non pertinent, ou du moins qui n'est pas annoté lors de la PDN, soit repris et intégré dans le texte rédigé et que tel autre élément soit enlevé parce qu'il n'est plus perçu comme important ou simplement parce qu'il est oublié. Cette re-sélection s'effectue sur la base

des connaissances scientifiques des participants et selon leur degré de maîtrise et de compréhension des données après les premières co-énonciations et négociations - surtout celles sur la matière scientifique comme nous le verrons dans ce qui suit. Ainsi, des éléments comme les exemples des particules (éléments (7) et (8)), l'expression de la fonction de bosons (15), ou la conclusion sur la possibilité pour deux bosons d'occuper un même état (17) sont tout simplement écartés lors de la rédaction du texte final du groupe 4 sans même être soulignés ou lus alors qu'ils étaient notés lors de la PDN et leur sélection s'est effectuée dans un élan d'accord total entre les deux participants. Nous pouvons supposer que c'est cette évidence même, qui les caractérise, qui a fait qu'ils soient automatiquement enlevés du texte final.

Mais ce sont surtout les conséquences de cette sélection opérée lors de la première transaction de PDN et poursuivie et non réorientée lors de la transaction de rédaction qui présente des conséquences sur la structure et l'économie du texte.

### **2-2-1-2- LA SÉLECTION : CONSÉQUENCE**

La sélection est, sinon l'acte le plus important, du moins l'un des plus importants. Sa présence dans les interactions varie selon les groupes. Les groupes 1 et 7 sont les groupes qui présentent le plus de recours à cet acte subordonné. Ils présentent, d'ailleurs, les prises de notes les plus volumineuses. Mais pour ces groupes, ce travail ne se fait pas sans l'expression de quelques divergences qui se traduisent de manière différente chez les deux. Pour le groupe 1, nous notons que la sélection est plus conflictuelle que dans les autres groupes. Souvent, l'un des participants, M-S, tente de freiner la prise de notes de son co-rédacteur, B, mais ce dernier ne se laisse pas facilement convaincre et finit par ignorer les objections de M-S. Nous aurions eu le même état de fait avec G7 si le conflit n'avait pas été évité par un choix crucial fait par les deux participants : celui de prendre des notes individuelles. Le rejet direct (exemple cité plus haut) de l'un des choix avancés par l'autre, en début de l'interaction, a marqué le ton de la collaboration et a permis de faire l'économie des négociations menées par les membres du premier groupe.

La sélection se passe lors de la première partie de chaque séquence, c'est-à-dire, la phase de traitement global, mais aussi lors des moments de reprises et dans les premiers moments des phases ponctuelles. Elle est alors plus problématique pour les uns (G1, G2 et G3 qui la reprennent au début de chaque phase) plus que pour les autres (G4 qui se contente de la sélection effectuée lors de la phase globale). Le groupe 1 présente même plus de négociation lors de la deuxième phase que lors de la première. Le besoin de re-déterminer les éléments- juste avant leur notation - semble plus pressant chez les uns que chez les autres. Toutefois, il n'a pas de conséquence directe sur la prise de notes puisque G3, par exemple, prend moins de notes que G4. Mais le lien est à établir avec le traitement des données scientifiques et avec la rédaction et l'absence de certaines informations importantes dans le texte de G4 : les altérations ou le flou qui entourent certains segments surtout relatifs aux fonctions sont en grande partie liées à un mauvais choix de sélection. En effet, nous notons que des informations et des données pertinentes, dont nous avons souligné l'absence dans l'étude des textes finaux, sont, bel et bien, traitées dans l'interaction au moment des prises de notes et aussi des exposés. Les participants sont conscients de leurs rôles dans l'économie du cours et en

manifestent même une certaine maîtrise. Mais il semblerait que par excès de confiance dans leurs connaissances et/ ou par excès de condensation, ils les « oublient » au final.

### **2-2-2- Le traitement scientifique (ou explication)**

Cette facette de la tâche est fortement liée à la sélection, et ce, dans les différents moments des interactions. La limite entre les échanges des deux actes subordonnés en devient difficilement perceptible, l'un ouvrant l'autre ou s'y mêlant. C'est ce qui fait que les taux de l'un et de l'autre sont, aussi, fortement liés.

Le traitement scientifique (ou l'explication) peut être présent à toutes les étapes ou phases du travail, globale et ponctuelle, mais nous notons qu'il est surtout présent lors des premiers traitements, c'est-à-dire dans les phases globales, et, souvent, avant l'inscription, lors des traitements ponctuels. L'importance de sa fréquence variant selon les groupes, nous remarquons, à ce propos, que ce sont les groupes 1, 7 et 4, dans l'ordre, qui en comptent les plus importantes récurrences, toutes phases confondues. Mais ce sont les groupes 1, 3 et 2 (dans l'ordre) qui comptent le plus d'explications en négociation.

#### **2-2-2-1- LA PRISE DE NOTES**

##### ***a. La co-énonciation scientifique***

Le traitement de la matière scientifique se fait, lui aussi, dans des échanges plutôt co-énonciatifs que conflictuels et négociatifs. Ce qui permet d'avancer que, dans sa majorité, les notions à traiter sont comprises, du moins qu'elles ne posent pas de problèmes au niveau de leur explication et réinvestissement dans l'interaction pour les deux co-rédacteurs. Nous avons alors de longs moments d'explications qui se construisent par l'un et sont acceptés et admis comme vrais par l'autre. Ce cas de figure est fréquent dans les échanges de G2 où N, le plus souvent et surtout au début de l'interaction, prend en charge le traitement des données scientifiques s'appuyant sur les acquiescements et les validations de Z. Et nous avons aussi d'autres moments où l'explication est prise en charge par les deux participants et où elle est amenée, une fois par l'un, une fois par l'autre, dans une complémentarité des propos et des informations avancées.

Ces moments co-énonciatifs de traitement scientifique servent surtout la sélection des points dont ils justifient l'utilité. Ils se détachent peu de ce qui est dit ou expliqué dans le cours. Toutefois, il arrive que les participants, rassurés par rapport à leur maîtrise de certaines données, prennent à même de souligner des faits existants dans le cours mais sous-entendus tels que les rapports d'opposition entre fermions et bosons soulignés par les membres de G2 :

90	N	(...) [ja fɪn kəs b̥ bəksjə] <sup>65</sup> deux fermions ne (peut) pas occuper le même état individuel \ c'est tout
91	Z	\ ([pɔstə fɪnu]?) le principe d'exclusion de Pauli ([lel:] ?) fermions
92	N	[lel:] fermion [bark] l'état correspond (équ) 1 jusqu'à N égal à 0 (.. ?) il occupe le même [ja fɪn] deux fermions occupent le même état (spat) égal à 0 . [bɛta] d'où le principe de Pauli dit . un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plusieurs
93	Z	[wɛl f̥akse lel:] boson
94	N	[ɔj el] (boson) normal . il peut [ja fɪn] euh [ f̥m̥a] deux [pa] plusieurs bosons ils (peut) euh occuper le même l'état individuel
95	Z	\ l'état individuel
96	N	Hum . (...)

Au tour 92, N insiste sur le fait que le principe de Pauli est valable « uniquement » ([bark]) pour les fermions, ce à quoi Z répond dans le tour suivant en mettant ce point du cours en rapport avec un autre et en soulignant qu'il s'agit du cas « opposé » ([wɛl f̥akse lel:]).

Plus rarement, la co-énonciation peut aussi appuyer, après coup, l'inscription d'un élément comme c'est le cas pour l'élément (16) de la prise de notes de G4 :

111	K	on va traiter un exemple . exemple trois bosons pouvant occuper trois états individuels alpha bêta oméga . on suppose que alpha différent de bêta différent de oméga . l'état du système . est égal . racine de psi . c'est égal 1 sur racine de 6 . 1 dans l'état alpha 2 dans l'état bêta 3 dans l'état oméga (+) 1 dans alpha 2 dans l'état oméga on a fait: ici la permutation . 3 dans l'état bêta (+) etcetera égale six terme
112	H	hum . on: regarde toutes les permutations possibles (.. ?)
113	K	hum . si alpha égale bêta <b>différent</b> de oméga .
114	H	donc <i>on prend . toutes les . permutations .. toutes les permutations . possibles</i>
115	K	possibles ... bon . si alpha égale bêta différent de oméga .
116	H	hum
117	K	psi égale 1 sur racine de 3 . 1 . dans l'état alpha . 2 dans l'état alpa 3 dans l'état oméga (+) 1 dans l'état alpha 2 dans l'état oméga 3 dans l'état alpha (+) 1 dans l'état oméga 2 dans l'état alpha 3 dans l'état alpha . bon . si alpha égale bêta égale oméga . psi égale 1 dans l'état alpha 2 dans l'état alpha 3 dans l'état alpha . donc un nombre quelconque de bosons identiques peuvent occuper un même état individuel . [hɛðija] conclusion \

L'élément étant sélectionné, partiellement traité et expliqué, il est inscrit en 114 mais K préfère continuer l'énoncé des exemples qui ont permis la re-formulation/ inscription de (16) afin d'en assurer une meilleure compréhension et d'en donner une idée plus complète.

La co-énonciation peut servir aussi à rétablir une certaine stabilité après des

moments d'hésitation ou de déséquilibre souvent pressentis lors des négociations sur les explications.

### ***b. La négociation et l'incertitude scientifique***

Les négociations, quant à elles, sont l'expression de l'incertitude ou même de l'incompréhension de quelques-unes des informations traitées. Les participants tentent alors de résoudre le problème afin de pouvoir avancer correctement dans leur tâche, le but étant de ré-expliquer ces données. L'enjeu est important et la contrainte de la résolution du problème est d'autant plus pressante qu'elle est déterminante pour la suite. Mais, aussi, les participants semblent profiter de cette occasion pour réaliser un objectif personnel, celui d'aller au-delà des difficultés de leur cours afin d'en optimiser l'appropriation.

Les échanges négociatifs sur la matière scientifique peuvent alors répondre aux besoins de compréhension d'un point, comme pour la demande d'explication sur les Ni occupations dans l'interaction de G3 (du tour 123 au tour 127). Aussi, peuvent-elles répondre au besoin d'être rassuré par rapport aux informations qui viennent d'être exposées ou expliquées et par rapport à sa compréhension de ces données. La réponse peut être :

- un acquiescement rapide et bref.
- une validation avec reprise de l'énoncé.
- un refus suivi de la correction de l'énoncé.

La négociation de l'information scientifique peut être amenée suite à la sélection et/ou l'inscription d'un élément, par exemple dans l'échange entre les tours 15 à 17 de G7 ou encore les échanges entre les tours 35 et 37 et les tours 85 et 90 de G2. Elle relève d'un besoin de justifier ce qui est écrit ou sélectionné et de se sécuriser par rapport à ses connaissances. Ceci montre que certaines notions qu'elles soient simples et familières telles que la définition et la mise en place du « *système de N particules* » ou encore qu'elles soient plus complexes telles que « *l'échange des particules* » dans un système de fermions, n'ont pas été bien assimilées ou, du moins, leur appropriation et leur réinvestissement dans leur discours pose problème pour l'un et /ou l'autre des deux étudiants. Un sentiment d'insécurité scientifique plane sur les traitements scientifiques et les explications. Les échanges de G3 en sont souvent l'expression. Ils abordent des difficultés ponctuelles et de manière brève comme dans l'échange entre les tours 38 et 40 sur la nature de la fonction liée aux fermions ou encore l'échange de 123 à 127 sur les « *Ni occupation égale 0 ou 1* » dans l'exemple cité suite à l'énoncé du principe de Pauli alors que l'énoncé lui-même et sa justification ne sont pas abordés.

L'explication peut être amenée suite à une erreur d'explication ou d'énonciation. L'autre participant intervient alors pour rectifier l'erreur. C'est le cas pour l'échange suivant entre les participants de G7 :

25	K	(...) aussi tous les particules composées d'un nombre impair de fermions telles que le <i>noyau . de . l'hélium</i> ... l'hélium le noyau de l'hélium est composé de 2 .
----	---	--

		<i>neutrons . et . 2 . protons . vu que chaque proton admet un spin un demi . donc . on aura . dans le noyau un spin . 2 . il est entier . donc le noyau de l'hélium est un fermion + (COUPURE)</i>
26	M	attendez monsieur euh Kamel vous avez fait une faute euh (RIRE) . le fermion et: l'hélium deux
27	K	hum
28	M	il y a contradiction \ (.. ?) hélium 3
29	K	\ ah oui oui oui c'est l'hélium 3 oui l'hélium 3 est composé de 2 <i>protons . plus 1 neutron</i> .. ce qui donne vu que le proton admet un spin un demi . <i>un demi fois 2 ça fait 1 plus un demi</i> . le spin un demi du: neutron . qui est un demi . un demi plus 1 ça fait 3 <i>demi</i> . le spin du noyau est un demi entier . donc . le noyau hélium 3 \

Toutes les négociations scientifiques ne se terminent pas par une résolution rapide du problème. Nous assistons, dans l'interaction de G7, entre les tours 64 et 109 à trois tentatives d'explication qui se soldent par un échec. La négociation est amenée par M

64	M	pourquoi on a fait 3 euh sur 3 ici ( ?)
65	K	vu que alpha est égale à bêta donc . nombre de permutations ça diminue euh .. dans le premier cas on a 3 factoriel . c'est pourquoi on a (s) nombre de permutation . c'est six . [óan:a] on a <b>trois</b> termes différents . et nombre de permutations c'est deux .

Mais cette première explication se solde par un échec et M réitère sa demande

70	M	je n'ai pas compris .
71	K	bon . on va refaire ... dans ce cas on a 3 <i>factoriel</i> . vu que nombre de permutation . est égale à six . c'est 3 factoriel vu que [óan:a] 1 sur racine de N factoriel .

Deuxième échec et troisième demande d'explication ([óawedli]= re-explique !)

86	K	(RIRE)
87	M	(RIRE) (... ?) [óawedli] (COUPURE)

Et, enfin, troisième échec, et là, c'est M, en s'appuyant toutefois sur quelques éléments des explications de K, qui explique enfin le point en question.

108	K	(RIRE) 3 <i>factoriel</i> . ça va donner 1 .
109	M	(RIRE) . bon . on peut le faire sans . sans combinaison . on non fixe <b>une</b> . état

L'explication est enfin validée par K qui la reprend pour poursuivre le traitement des autres éléments.

123	K	six états . voilà voilà . c'est aussi simple . (RIRE) dans le deuxième cas . (...)
-----	---	--

De même, toutes les négociations ne se terminent pas par une résolution du problème. Certains points restent flous pour les participants comme c'est le cas pour les exemples de particule de fermions traités par G1 entre 69 et 75 qui s'achève par un « accord » sur un point qui reste inexpliqué (« *bosons intermédiaires* ») ou encore entre 369 et 372 qui s'achève sur une forte note d'incertitude : « c'est pas vraiment sûr ». Le sujet de la négociation scientifique n'est pas annoté. Il est fortement discriminé, il n'est pas explicité dans le texte source et, à cause de son ambiguïté, il ne le sera pas dans le texte cible. L'effort d'explication cède la place à une reprise énumérative des différents exemples cités dans TS.

### **2-2-2-2- LA RÉDACTION**

Au passage à la rédaction, les éléments autour desquels tournaient les échanges explicatifs sont bien établis. G2 et G7 présentent même une quasi-absence de ces échanges lors de la rédaction. Seuls quelques éléments subsistent à cause de la difficulté rencontrée lors de la PDN ou lors des premiers traitements (pour G1). La reprise des explications au moment de leurs inscriptions définitives sert alors à conforter et à stabiliser les notions déjà traitées et expliquées. Dans certains cas, cette reprise peut marquer le retour sur un élément qui a été occulté ou qui n'a pas donné lieu à un traitement entièrement satisfaisant pour les deux participants. C'est le cas, par exemple, pour les éléments (27) et (28) de la production de G1, sur les définitions et la détermination des particules de bosons et de fermions : ces éléments sont traités et négociés longuement (de 33 à 88) lors de la première transaction de l'interaction et sont de nouveau repris et négociés aussi entre 358 et 378 avec toujours un doute subsistant à la fin de l'échange (371 et 372). Un doute qui, toutefois, n'empêche pas la validation des deux éléments par leurs inscriptions (même si, comme nous l'avons souligné plus haut, les participants ne font qu'énumérer les exemples sans aborder ce qui pose problème dans leurs explications).

### **2-2-2-3- LE TRAITEMENT SCIENTIFIQUE : CONSÉQUENCES**

La difficulté du traitement de la matière scientifique et les négociations plus ou moins réussies qui peuvent s'y rattacher peuvent avoir des retombées sur d'autres moments et actions de la collaboration comme la sélection. Ainsi, des éléments, dont la maîtrise peut être vécue ou perçue comme fragile peuvent être écartés, consciemment ou non, de la prise de notes et de la rédaction. C'est le cas par exemple pour G1, qui ne reprend pas dans « sa prise de note rédigée » des éléments comme la convention de lecture du déterminant de Slater (lignes *i* et colonnes *j*) et les conséquences de l'échange de 2 particules sur le déterminant, éléments négociés, respectivement, entre les tours 177 et 181 et entre 196 et 203. Le deuxième, nous le rappelons, a même été partiellement inscrit puis barré (entre 437 et 442). C'est le cas aussi, dans la rédaction de G3, de l'étude de « *l'exemple des trois bosons* » dans la fonction d'onde de ces particules. Le traitement plutôt conflictuel de cet élément, entre 77 et 94 amène le binôme à en faire l'économie lors de la rédaction et à passer directement de l'expression de la fonction (seg 14-15) à la conclusion sur la coexistence des bosons sur un même état (seg 16). Aussi, des éléments

perçus comme évidents et « faciles » - comme l'expression de la fonction des bosons dans le texte final de G4 - peuvent-ils aussi être écartés des productions finales. Les retombées se ressentent alors sur la composition notionnelle du texte et comme nous l'avons vu sur sa structure. En effet, écarter ces éléments du texte fragilise les propositions relationnelles qui le sous-tendent. Le vide notionnel et logique qui en résulte est difficile à combler. Ce phénomène est aggravé, comme nous allons le voir, par un travail sur (re-)formulation qui ne tient pas compte de ces faits.

Mais il peut arriver qu'un échange construit sur un accord total entre les participants cache une difficulté dont eux-mêmes ne semblent pas se rendre compte ou qu'ils veulent éluder. C'est le cas pour les échanges des membres de G2 sur le « *changement de signe de  $\psi$  sauf si  $\psi=0$*  » dans le déterminant de Slater et les conséquences sur la co-existence des particules dans un même état. Arrivé à ce point, G2 se contente presque de lire les notes du cours. La mauvaise compréhension amène la focalisation sur une partie de l'information au détriment d'une autre partie essentielle à la suite du cours :

- 85 N d'après les propriétés d'un déterminant l'échange de particules entre deux états individuels se traduit par L'ÉCHANGE de deux colonnes . selon eux cela conduit à un (échange) de signe de  $\psi$  sauf si  $\psi=0$  . d'où elle satisfait le postulat de symétrisation .  
 [ja f'm]<sup>36</sup> d'après ce cas là (pas ?) ( $\psi$ ) elle satisfait le postulat d'antisymétrisation . donc eux on a un fermion [ja f'm] on a trouvé fonction d'onde d'un fermion . (BAS) [flim] ?
- 86 Z [na f'm] l'échange . [ute f'el] particule ([elzeu]?) échange de deux colonnes . [yater neta f'm] déterminant de Slater [nbade] deux colonnes [nelka:] \ (...?)
- 87 N \ [efbade] el] signe  
 [efbade] el] signe eux \ [ex] normal [lezm] ( $\psi$ ) égal à moins ( $\psi$ )

<sup>36</sup> 85-N : « ... c'est-à-dire ... c'est-à-dire ... tu as compris » / 86-Z : « c'est-à-dire ici ... de la ... (il faut ?) ... par ce qu'on utilise ... je change ... je trouve » / 87-N : « il change ... il change ... il lui faut ... par exemple ... » / 90-N : « c'est-à-dire d'après ça ... après ... »

- 88 Z \ (...?)
- 89 N ( $\psi$ ) [mabalan] état = égal à moins ( $\psi$ )
- 89 Z (...?)
- 90 N ( $\psi$ ) sous forme d'un fermion [ja f'm] hab hake[ja] ( $\psi$ ) c'est un forme eux d'un fermion [mba f'ed] on va voir principe d'exclusion de Pauli .

Seule la vérification du changement de signe est perçue, mais le lien entre cet élément et le principe de Pauli est passé sous silence :

- 90 N (epsi) sous forme d'un fermion [ja (ni hasb hakteja) (epsi) c'est un forme cult d'un fermion [mba (ed) ou va voir principe d'exclusion de Pauli , soit un système de n fermions , le déterminant EST NUL: lorsque deux lignes sont identiques c'est-à-dire la même fonction d'onde individuelle utilisée deux fois , deux fois dans le produit c'est à dire lorsque deux fermions occupent le même état individuel - on a un [ja (ni hasb hakteja) deah deux fermions ne (peut) pas occuper le même état individuel > c'est tout.
- 91 Z \ ([nesta (enle)?) le principe d'exclusion de Pauli ([leL] ?) fermions
- 92 N [leL] fermion [bark] . l'état correspond . (epsi) 1 jusqu'à N (égal à) 0 . (...) il occupe le même [ja (ni) deux fermions occupent le même état (epsi) égal à 0 . [heñi] d'où le principe de Pauli dit : un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plusieurs.

Cette focalisation sur le changement de signe est reconduite dans l'exposé (du tour 150 au tour 152) et prend sa forme finale dans le texte définitif (seg 34, 35 et 36 formulés au tour 211).

Nous retrouvons cette focalisation sur le changement de signe et de colonnes dans les productions de G4 qui, lui aussi, n'établit pas explicitement le lien entre « changement de signe de  $\Delta$  sauf si  $\Delta=0$  » et le principe de Pauli. D'ailleurs, G4 ne note pas cette exception contraignante pour la suite du raisonnement malgré un traitement oral où H insiste sur le fait en question en ralentissant la lecture, en marquant des pauses et en appuyant sur les mots :

- 175 II [ueyõa] colonne [heõu] (...) [w] colonne [heõu] (...) . c'est un changement de signe de pai ... il peut il peut être pris en compte sauf si pai égal à 0 avec pai sous forme d'un déterminant de Slater donc on note que l'échange le changement de si est [heñja] l'échange de deux particules l'échange de deux particules se traduit par l'échange de deux colonnes . [heñi] on passe au principe d'exclusion de [pali] Pauli soit un système de N fermions le déterminant est nul lorsque deux lignes sont identiques donc Pauli d'après son principe concernant les fermions il a dit que le déterminant est nul lorsque deux lignes sont identiques donc [heñe] on écrit [el] principe de Pauli un déterminant est nul si

et aussi malgré une réflexion et une notation du cas où cette antisymétrie n'est pas vérifiée - c'est-à-dire quand le déterminant est nul.

D'une manière générale, qu'ils soient négociatifs ou co-énonciatifs, les échanges portant sur l'information scientifique ne sont pas une fin en soi mais constituent une étape dans la mise en accord sur un élément scientifique à mettre dans le texte écrit. Les groupes 1 et 3 comptent le plus de négociations sur les informations scientifiques, mais d'un binôme à un autre, certains points reviennent et sont plus négociés que d'autres : c'est le cas par exemple des expressions des fonctions, de la logique intrinsèque à leur mise en place et de leurs implications. La matière scientifique n'étant pas toujours facilement abordable pour les participants, la négociation offre l'occasion pour les deux intervenants d'éprouver leurs connaissances et de prouver qu'ils ont compris. Les

différents groupes arrivent à gérer les données scientifiques du cours avec plus d'aisance pour les uns (G7) que pour les autres (G3). Les échanges, en négociation ou en co-énonciation, sont des étapes intermédiaires nécessaires pour pouvoir passer à la tâche principale : la formulation et l'inscription.

### 2-2-3- La planification

Le travail sur le plan du texte et sur la manière d'organiser les données et de les structurer est un travail qui se voit accorder très peu d'attention de la part des participants. En effet, ces derniers se contentent à ce sujet de reprendre l'ordre des éléments du cours. D'ailleurs, les propos sur ce point semblent se limiter à une lecture des différentes marques de hiérarchisation rencontrées au fur et à mesure qu'ils avancent dans le texte ou tout au plus à des commentaires brefs comme dans le tour 17 de l'interaction de G1 ou 90 de G2 :

- 17 B (...) [neh] ça c'est juste l'introduction - alors grand deux postulat de symétrisation [neh] alors symétrisation de la fonction d'onde d'un système de particules identiques (en rapport à euh l'échange des états de deux particules) (...)
- 90 M (...) [aba [ce]] on va voir principe d'exclusion de Pauli . (...)

#### 2-2-3-1- LA PLANIFICATION « EXPLICITE »

Toutefois, en de rares moments, et quand ce niveau rejoint un autre niveau de la tâche comme la sélection, nous pouvons assister à des échanges négociatifs comme au tour 276 de l'interaction de G1 :

276	B	oui mais c'est (... ?) je veux dire que que il faut parler euh tout d'abord de euh la (dis) la (nos) la la conclusion en mécanique classique deux particules identiques sont discernables . par contre . en mécanique . euh quantique . deux particules identiques sont indiscernables . alors . on fait l'introduction pour montrer .. pour clarifier la tâche pour euh:: hu ::m d'accord . on va écrire euh .. à votre avis ( ?) c'est pas euh obligatoire ( ?)
277	M-S	c'est pas intéressant . mécanique \ classique

La sélection touche à ce niveau la pertinence de faire une introduction et le rôle de cette dernière dans l'économie du texte, ce qui amène B à en reprendre et à en clarifier le plan et le rôle qu'y jouent les éléments qu'il propose de garder. La structure de l'introduction du texte de départ est alors décrite et identifiée ainsi que le rapport d'opposition - entre MC et MQ- qui la sous-tend.

C'est le cas aussi pour l'échange suivant entre les membres de G2 :

52	Z	<u>symétrique bosons obéissent à la statistique de Bose-Einstein</u>
53	N	lum. <i>Bose-Einstein</i> . [we <sup>1</sup> ] <sup>53</sup> spin. euh [huwa <sup>1</sup> ] spin (?) spin demi (?) \
54	Z	\ ( ?)
55	N	[le mba [ed be] ne]ufaha ] antisymétrique c'est [el] <i>fermion</i> .

N avance, en 53 l'idée d'inscrire les données relatives aux bosons les unes à la suite des autres mais se rétracte en 55 et marque son refus « non, on la verra après » de ce qui semble être (en 54) une réponse positive à sa suggestion. N choisit ainsi de garder le schéma du cours.

La planification peut rejoindre aussi un autre niveau, celui de la formulation comme dans l'échange suivant de l'interaction de G1 :

351	B	deux types de particules <i>dans la nature</i> .
352	M-S	( ...[tabdcha <sup>52</sup> ] ?) deux types deux points
353	B	[e] c'est ça
354	M-S	alors pourquoi il y a deux types ( ?) si la fonction d'onde symétrique ces sont des bosons euh si antisymétrique sont des fermions et après on parle par détail si elles obéissent à la statistique de Bose- Einstein et Fermi- Dirac ..
355	B	(quand même ?) il vaut mieux euh il y a deux types de particules . bon ah euh tout d'abord on a (pa) euh parlé de la euh de système symétrique et antisymétrique \ d'accord . donc . et après il
356	M-S	\ oui
357	B	a dit par rapport à l'échange des états individuels deux particules quelconques dans la (na) dans dans ce qui est (s) c'est la nature c'est généralisé ( ?) d'abord il introduit la notion de symétrisation symétrique et antisymétrique . mais dans la nature il existe deux types de particules \ soit qu'elle est symétrique ou soit euh soit antisymétrique . y a pas autre chose dans
358	M-S	\ symétrique antisymétrique
359	B	( ?) donc . dans la nature . la nature . si existe . deux types . de particules . tel que (...)

M-S tente en 352 et 354 de convaincre B de changer sa formulation, mais encore une fois, B s'oppose à M-S en s'appuyant sur l'identification de la structure du TS, une structure qui, pour B, insiste sur l'introduction « d'abord (...) de système symétrique et antisymétrique » « et après » sur les deux types de particules.

D'autres moments de planifications, tout aussi rares, se passent en co-énonciation comme dans cet exemple extrait de l'interaction de (G1) :

441	B	on va passer maintenant à le (prin) ah ça c'est juste une introduction pour euh
445	M-S	\ idée générale
448	B	idée générale pour introduire à: le principe d'exclusion de Pauli donc généralement le principe d'exclusion de Pauli ( ?)

### 2-2-3-2- LA PLANIFICATION « IMPLICITE »

Mais la planification reste peu explicitée. Elle est surtout perceptible à travers des choix

implicites de mise en place des données. Elle se traduit alors par le déplacement des données et la mise en rapport direct de données du cours. Une des manifestations de ce travail de planification implicite concerne les définitions des systèmes et des éléments qui y correspondent. Les définitions du cours présentent en premier les deux types de systèmes, ensuite les reprennent en déterminant la particule qui correspond à chacun d'eux, et dans un troisième temps définissent chacune des particules. Cette structuration en trois temps est alors remplacée par :

- Une structuration qui rassemble les données autour d'une seule entrée : la particule, qu'elle soit bosons ou fermions. C'est le cas par exemple dans le texte de G4 (seg 8-9 et 10-11). Cette restructuration se fait sur des étapes : les différents points sont abordés dans l'ordre du cours entre les tours 33 et 54 les exemples de fermions sont même notés avant ceux de bosons comme ils le sont dans TS. En 254, à l'exposé oral, nous assistons à une première re-structuration :

253	K	pour les bosons . et: statistique de Bose-Einstein . les particules sont:: . symétriques . par rapport à l'échange des particules . (.. ?)
254	H	euh :: . dans ce::: . dans ce postulat on distingue deux particules . qui sont les bosons et les fermions . les bosons sont caractérisés par l'état plus . euh:: . ce sont des particules . qui ont . comme fonction d'onde . <b>symétrique</b> . d'où c'est la statistique de Bose-Einstein qui est (.. ?) ici . pour les fermions c'est le: . l'état moins . euh . et c'est la statistique de Fermi-Dirac . leur fonction d'onde est antisymétrique . [behi] . on peut dire que . les bosons . ont . un spin . (égal'à) un . exemple on peut:: . citer les photons . qui sont des particules de Jauge . pour les fermions c'est l'exemple euh . pour les fermions . ils ont un spin un demi . et c'est l'exemple des leptons . euh comme les électrons et les muons . euh:: . [kahaw] <sup>51</sup> . (...)

Les particules sont identifiées et établies comme une entrée possible, toutefois les exemples constituent encore à ce niveau une seconde entrée. La version finale qui établit les bosons et les fermions comme entrées uniques à l'ensemble des informations s'y rattachant - à savoir la nature de la fonction et de la statistique en question, la détermination du spin et des exemples - est donnée directement en 288 :

<sup>51</sup> 254-H : « ...c'est tout »

- 288 H (...) en fait, pour les deux pour l'énoncé du postulat de symétrisation, on veut qu'il y a deux branches, la branche des bosons et la branche des fermions, les bosons qui sont caractérisés, par, l'état plus, euh, ce sont des particules, qui ont, une fonction d'onde, symétrique, d'où, euh, c'est la statistique de Bose-Einstein qui est utilisée, et les fermions c'est l'état moins, euh on les, ils, ils ont une fonction d'onde, antisymétrique euh, et on utilise la statistique de Fermi Dirac, (COUPURE) donc on distingue, ce n'est pas la peine d'écrire des... les titres et, on distingue, deux types de particules... premier point, les bosons les bosons, ce sont, des particules...
- 289 K \ ou.s
- 290 K de spin entier
- 291 H euh [heh] de spin entier, caractérisés par une fonction d'onde symétrique, d'où l'utilisation de la statistique de Bose-Einstein de Bose-Einstein, euh, et le deuxième point ce sont les fermions, les fermions, euh qui sont des particules.
- 292 K de spin demi-entier
- 293 H des particules, de spin, demi-entier, caractérisés, par, une, fonction, d'onde, antisymétrique, euh, et, c'est la, statistique, statistique, de Fermi-Dirac, Fermi-Dirac, c'est la statistique de Fermi-Dirac.

La stabilisation de cette nouvelle organisation est marquée par l'utilisation de termes comme « branches » et « points » pour désigner et hiérarchiser l'ensemble des données relatives à chacune des deux particules. L'assemblage des deux blocs se fait en un seul mouvement, sans explicitation ni justification et dans un élan de co-énonciation entre les deux participants, la logique qui le soutient se passant de commentaire.

Une structuration qui rassemble les données autour de deux entrées : les deux états du système (+ et -) et la particule correspondant à chaque système. C'est le cas pour le texte de G3 (seg 9, 10-11 et 12-13) et de G7 (seg 16-17, 19 et 20). Lors des prises de notes des deux groupes, les données sont abordées dans l'ordre établi par le cours, et ce, malgré une tentative un peu floue de la part de L de G3 au tour 11 qui semble vouloir réorganiser les données. Les exposés oraux voient alors s'introduire, presque naturellement, l'assemblage des informations selon les deux entrées établies pour être stabilisé au moment de la rédaction. Toutefois, pour G3, ce travail de restructuration ne va de soi pour les deux participants :

- 237 K \ non si la fonction d'onde
- 238 L énoncé ?
- 239 K si la fonction d'onde est antisymétrique
- 240 L ah l'on n'a pas écrit les... il s'agit des fermions, des fermions qui sont de spin un demi entier de spin un demi entier
- 241 K \ obéissent à la statistique..
- 242 L c'est après on va écrire mais maintenant on écrit qu'ils sont de spin un demi entier, obéissent à le
- 243 K à la statistique de Fermion-Dirac

K est le garant et le défenseur de ce nouvel enchaînement des données et de leur complétude : L, absorbé par le travail sur les exemples de bosons et de nombre de types de ces particules, passe directement à la construction des états physiques (III). K rattrape cet oubli et fort de son rôle de scripteur, il ignore même la recommandation de L en 242 et maintient pour « les fermions » le même ordre que pour « les bosons ».

Autre cas de planification implicite, celui de l'introduction de G2. Comme nous l'avons vu dans l'étude des opérateurs et de la prise de notes (cf. chapitre III et IV) ce groupe effectue un travail important de reconstruction de l'introduction. Ce travail commence, au tour -13-, avec la phase de reprise du bloc de données ((1) à (18)) en vue de leur notation :

13	N	(voir impulsion) l'introduction ...
14	Z	on peut mettre en évidence la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique \
15	N	\ (pour les \ ?)
16	Z	\ pour les \ particules identiques
17	N	\ particules . mécanique classique deux particules identiques sont discernables . identiques sont .
18	Z	<u>discernables</u>
19	N	sont discernables . la mécanique quantique . les deux particules identiques sont indiscernables ... aussi en mécanique quantique (on ne peut pas savoir \
20	Z	\ on ne peut pas définir la notion de trajectoire dans la mécanique classique chaque particule est définie par sa vitesse et sa position +
21	N	par sa vitesse et (... ?) (?)
22	Z	<u>tra</u>
23	N	mécanique quantique
24	Z	la notion de trajectoire n'est pas valable n'a pas un sens physique + on peut définir un paquet d'onde caractérisé par ... module de p et dépend de x et de t le tout au carré +

En partant du principe que l'introduction est un point important du cours et qu'elle sert à mettre en évidence les bases de la mécanique quantique, les données qu'elle véhicule sont perçues sous un angle différent : elles sont traitées et analysées, pour être ensuite mises en rapport les unes avec les autres. La structure de l'introduction qui se construit sur l'opposition entre la mécanique classique et la mécanique quantique est ainsi mise à jour ainsi que l'identification de la « discernabilité » et « l'indiscernabilité » comme étant des informations de première importance. Une première version de cette structure est donnée lors de l'exposé oral :

148	Z	(...) introduction . on va: voir la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique concernant deux particules identiques . pour la mécanique classique deux particules identiques sont discernables . eu::h par contre pour la mécanique quantique les deux particules sont indiscernables .
-----	---	---

		eu::h puisque dans la mécanique classique chaque particule est définie par sa vitesse et sa trajectoire on peut définir la position de la: particule par contre pour la mécanique quantique la notion de trajectoire n'est pas valable et on définit par contre la notion de paquet d'ondes . et on les définit par le module au carré de psi qui dépend de la position x et de l'instant t . (...)
--	--	---

Les liens entre les quatre points soulignés lors de la PDN sont soulignés à travers le schéma « croisé » (MC, MQ, MC, MQ) sous la forme duquel ils continuent encore à apparaître. Ils sont enfin reclassés dans l'échange suivant :

155	N	<i>statistique des systèmes de particules identiques</i> <u>premièrement</u> dans l'introduction plutôt dans l'introduction on va voir la différence on dit on va voir la différence [wolta] <sup>61</sup> on va voir enfin (quelle est?) la différence entre [1] définition d'une particule identique en mécanique classique) et mécanique quantique (voilà) . la
156	Z	\ (. ?)
155	N	différence) pour l( ?)
157	Z	\ pour l( ?) <u>pour la notion de particules identiques</u>

<sup>61</sup> 155 N : « en » / 158 N : « behi on a » / 161 N : « c'est tout bon »

158	N	<i>identiques en mécanique classique et en mécanique quantique</i> . [behi] . [axa] euh . en mécanique classique deux particules identiques sont discernables <i>deux particules identiques sont discernables</i>
159	Z	<u>puisque à chaque particule on peut définir la trajectoire et la position</u>
160	N	<i>puisque pour chaque particule pour chaque particule on peut définir</i> .
161	Z	<u>la vitesse et la position et par conséquent la trajectoire</u>
162	N	<i>par contre par contre pour la mécanique quantique</i> \
163	Z	\ <u>la notion de trajectoire</u>
164	N	[le] deux particules identiques sont indiscernables par contre pour la mécanique quantique <i>deux particules identiques sont indiscernables</i> . sont indiscernables [howa Qolna] ? <i>puisque la</i>
165	Z	\ puisque (. ?)
164	N	<i>charge</i> . <i>puisque</i> . <i>la la notion de trajectoire n'a pas de sens physique</i> . et on parle donc donc de paquets d'ondes . [kaha behi] .

Ce travail de re-structuration se passe certes sous silence, mais de manière consciente : le parallélisme entre les informations est construit et soutenu par N en 164 qui refuse d'inscrire la notion de trajectoire avant d'établir l'indiscernabilité des particules.

### **2-2-3-3- LA PLANIFICATION : LES CONSÉQUENCES**

Une tentative similaire à celle effectuée par G2 sur son introduction est effectuée par G3 mais le résultat n'est pas aussi positif.

- 3 L (...) (RIRE) . on va parler à propos de deux particules identiques en mécanique classiques . en mécanique classique on a deux particules qui ont euh une position une vitesse euh euh par exemple à (sin) à l'instant T égale 0 on a les positions initiales  $x_0$  et  $v_0$  par contre euh à une euh à une euh à un temps ultérieur on a  $x$  de  $t$  et  $v$  de  $t$  c'est à dire ils dépendent de deux temps . on peut définir une trajectoire de d'une particule pour euh en mécanique classique ça c'est-à-dire en mécanique classique on a les deux particules sont discernables . on écrit qu'elles sont discernables \ en mécanique classique deux particules sont discernables par exemple en
- 4 K \ (...)
- 3 L mécanique quantique on ne parle pas de notion de trajectoire on parle seulement de euh du unique d'onde
- 3 K [ma f'neha]<sup>62</sup> . les les particules sont sont indiscernables \ . chacune est caractérisée par

<sup>62</sup> 3-K : « c'est-à-dire ... le sien (état) »

- 6 L \ euh
- 5 K euh par l'état individuel [ndc f'ha]
- 7 L bien sûr . euh pour euh pour [el] euh cette euh \ cette (...)
- 8 K \ la fonction d'onde euh psi de l'alpha l i alpha (etcetera)

L'opposition est certes soulignée par « par contre » à la fin du tour -3-, mais les deux termes de cette opposition ne sont mis en relief que par une mise en rapport direct comme cela a été le cas par exemple pour G2. Ils le seront lors de la préparation de l'exposé

- 155 K \ euh [be] na [ndc]<sup>63</sup> contradiction de la mécanique quantique par rapport [na f'neha el be] mécanique classique les deux particules sont euh discernables [oe] contraire mécanique quantique . \ sont indiscernables on définit . on définit euh . (L) la particule est est
- 156 L \ sont indiscernables
- 155 K caractérisée par un paquet d'onde
- 157 L [be] d'accord [be] \

<sup>63</sup> 155-K : « on va faire ... c'est-à-dire le on va démontrer qu'en ... » .

mais pas dans l'exposé oral :

185	L	(...) on va entamer le le leçon de la statistique des systèmes . de particules identiques et on va voir quelques généralités bon on va commencer par l'introduction euh en commençant par le avoir pour (ine) (RIRE) pour (ine) pour deux particules identiques euh on (éga) euh on a leurs propriétés sont: sont les mêmes . c'est-à-dire ils ont le même masse le même euh . le même charge etcetera . euh alors euh en mécanique classique on va on définit la notion de
-----	---	---

		trajectoire qui est par exemple on définit la position $r_0$ à un instant $t_0$ et euh à un à un instant ultérieur euh un (posi) une position euh $r$ de $T$ etcetera alors que: pour euh en mécanique quantique . a avant d'entamer le la mécanique quantique on a la (méca) pour la mécanique classique euh les les particules sont discernables . bon mais pour le en mécanique quantique on ne l'a notion de trajectoire n'a p n'a pas lieu on parle euh de paquet d'onde . [e] paquet d'onde: certainement on va avoir l:e principe d'indiscernabilité . que deux particules ne sont pas: discernables bon . (...)
--	--	---

Il semblerait qu'en l'absence de notes personnelles qui marqueraient les informations les plus importantes ainsi que leur nouvelle organisation dans l'introduction et surtout qui fixeraient les termes sur lesquels elle s'appuie, L n'a pas pu réorganiser les informations et construire l'opposition. Elle introduit la marque de cette opposition, « alors que », avant d'en établir le premier terme, ce qui l'amène à revenir sur ces propos. Elle finit donc par épouser le schéma des notes du cours - sur lesquelles elle s'appuie, d'ailleurs, pour réaliser son exposé. Ce manquement semble mal vécu : K rattrape la défaillance de L en rétablissant dans l'introduction l'ordre convenu et en établissant la « discernabilité » en MC au début de l'introduction :

195	K	+ on va parler de la mécanique classique comme <b>introduction</b>
196	L	hu:m d'accord
197	K	euh <i>en mécanique classique les particules identiques sont discernables</i> (RELIT) <i>c'est-à-dire\ ont l: la même masse . la même charge .. et le même la même spin</i>

Toutefois, K et L n'effectuent pas les changements qui s'imposent à la suite de ce pas :

198	L	(... ?)
197	K	euh une particule peut être définie par une par une trajectoire
199	L	hum trajectoire [ja fin] on peut définir par euh <u>une particule définie par . sa trajectoire</u>
200	K	<i> définie par . une trajectoire</i>
201	L	par sa trajectoire . (... ?)
202	K	au contraire de la mécanique\ on a (... ?)

Le reste des informations est introduit dans le même schéma que celui du cours. Une erreur sur la matière scientifique est même commise à cause de cette restructuration inachevée et non assumée : l'explication liée à la définition des particules identiques se retrouve alors liée au mauvais segment. L'action de G3 sur la structure de son introduction semble s'être limitée à la mauvaise substitution d'un segment à un autre.

Ces re-planifications restent quand même un fait rare. Elles correspondent à des éléments qui dans le cours présentent une certaine flexibilité. Mais cette possibilité a besoin d'être bien gérée, autrement nous aurons une restructuration incomplète et quelque peu boiteuse, comme pour l'introduction de G4, ou, encore, une restructuration qui fausse l'exactitude des informations, comme c'est le cas pour les informations

véhiculées par les premiers segments du texte de G3 et celles relatives au postulat de symétrisation pour G4.

L'identification de la logique qui soutient le plan du cours et l'identification de propositions relationnelles qui relient les macro-segments comme l'introduction et le postulat de symétrisation ne semble pas être une préoccupation première des participants : ils se contentent de lire les sous-titres comme dans l'exemple suivant de l'interaction de G1 :

17	B	(...) ça c'est juste l'introduction . alors grand deux postulat de symétrisation [behi] alors symétrisation de la fonction d'onde d'un système de particules identiques par rapport à euh l'échange des états de deux particules . (...)
----	---	--

ou de l'interaction de G7 :

53	K	petit deux . fonction d'onde du système de N bosons .
127	K	petit trois la fonction d'onde de <b>N fermions identiques</b> . déterminant de Slater

ou encore, de souligner, comme G3, le passage au point suivant par des marqueurs méta-discursifs dans des formules toutes faites comme « on va parler maintenant... », « on va passer... » etc. qui si elles marquent le passage ne définissent pas sa nature. D'ailleurs, ces marqueurs n'apparaissent pas dans le texte rédigé. D'autres groupes alternent les deux procédés comme G2 et G4.

#### 2-2-4- La re-formulation/ inscription

Elle est fortement liée à l'explication dont elle est l'outil mais aussi à la conséquence. En effet, le besoin d'expliquer, de justifier et de montrer sa compréhension, amènent les participants à partir à la recherche de la façon la plus claire pour dire les choses. Plus présente chez les uns que chez les autres, la reformulation semble considérée comme une tâche à part entière par les premiers et un mal nécessaire ou inévitable par les deuxièmes. Nous allons dans ce qui suit suivre les étapes reformulatives dans quelques exemples au fil de l'interaction. Pour cela, nous ne nous contenterons pas d'étudier des échanges essentiellement liés à l'acte principal de (re)-formulation-inscription, mais nous irons aussi chercher les traces des reformulations dans les différents actes surtout d'explication et de traitement de la matière scientifique qui contiennent souvent en eux les premières prémices des changements effectués sur la matière du texte de départ.

##### 2-2-4-1- LA REFORMULATION À VIDE OU LE VIDE REFORMULATIF

Nous avons souligné lors de l'étude des efforts consacrés aux différents actes lors de la phase de préparation pour G1 et de la notation pour G3, que les membres de ces groupes sont plus soucieux de la sélection et de l'explications des données que de leur mise en mots et leur inscription mais qu'un regain d'intérêt pour l'acte principal accompagne la phase de la rédaction et avant l'exposition orale des données. Toutefois, en regardant de près et en étudiant ces actes principaux, s'impose à nous le constat

d'une difficulté et même d'une réelle absence de reformulation.

Pour G1, de faibles traces d'un travail de reformulation ont été déjà soulignées lors de l'étude du passage du texte source au texte cible (cf. chapitre III). Cependant, l'interaction orale marque le recours à la reformulation lors des moments d'explication ou de sélection. C'est le cas, par exemple, pour les échanges entre les tours 35 et 88 où les définitions des spins des particules de bosons et de fermions et les exemples de ces types de particules sont lus et relus, et où des liens entre les exemples sont discutés et les comparaisons établies - ou du moins les participants tentent d'effectuer et d'établir ces liens malgré les difficultés de compréhension que nous avons soulignées plus haut. Le résultat en est peu convaincant pour eux, et aussi peu pertinent et parfois même flou du point de vue de la reformulation qui reste « hachée » et non achevée :

75	B	d'accord . les phonons messagers sont euh les mess euh \ messagers des ondes
76	M-S	\ phonons
76	B	élastiques dans les solides . quasi p euh :: (DAS) particules \ [lakela] <sup>64</sup> ( ?)
77	M-S	\ associées
78	B	associées au mode de vibrations dans les (cristals ?) s'égal à 1/2 hon [el fatQ ma bin el] phonon [we] boson \ [we] \ photon ( ?) dans [l'] messagers des ondes
79	M-S	\ ( ?)
78	B	électromagnétiques euh \ [we] euh (l'interm) l'intermédiaire . [be] les neutrons
80	M-S	\ ( ?)

<sup>64</sup> 75 B ou c'est pour / 78 B : la différence entre les ... et les ...

C'est aussi le cas pour les reformulations liées au déterminant de Slater. Nous avons au tour 175 (dans lequel nous découpons les différentes reformulations supposées expliquer le déterminant de Slater) :

175	B	a été donnée par Slater . la fonction d'onde .. est égale 1 sur racine déterminant (à [el] ?) euh ... (.. ?) première colonne (1 2 ?) + on doit chercher un une combinaison linéaire de: la fonction $\psi_1$ $\psi_N$ . qui soit <b>antisymétrique</b> une solution (pe) euh possible . a été donnée par Slater . alors la fonction d'onde .. il a fait une combinaison euh on associe à chaque particule. une fonction d'onde. il va euh (faire ?) la fonction d'onde (qui est associée à toutes ?) ces particules . alors l:: Slater il a fait une (comb) euh il a trouvé une solution . qui soit antisymétrique par:: le déterminant de:: (.. ?) +
-----	---	--

L'hésitation reformulative persiste en 180 :

180	B	(...) le but de de ce travail (déterminant ?) Slater c'est de déterminer la fonction d'onde qui soit antisymétrique qui et solution qui euh . qui soit possible . pour euh c'est une combinaison linéaire de cette fonction euh de cette fonction là .
-----	---	--

et même en 192 :

192	B	\ ah d'accord d'acco::rd Fermi-Dirac donc voilà c'est bien ça . donc la fonction d'onde elle est définie par le déterminant de Slater qui est soit euh (an) antisymétrique hein c'est ça ( ?)
193	M-S	hum

Même chose pour l'échange sur l'explication du principe de Pauli entre 207 et 218 où B se contente de reprendre, dans le désordre, les expressions utilisées dans le cours. Au-delà de la difficulté scientifique - surmontée notamment en ce qui concerne le principe de Pauli- c'est surtout la difficulté de construire une explication complète et entière qui est frappante au fil de ces tentatives répétées pour cerner le déterminant de Slater. Cette difficulté est couronnée par une tentative (ratée) de reformulation du principe (qui commence déjà en 224) :

226	B	(.. ?) le déterminant est nul lorsque deux lignes (iden) sont identiques c'est-à-dire lorsque la même fonction d'onde est (devenue ?) utilisée deux fois . donc le produit: c'est-à-dire les deux fermions occupent le même état individuel . l'état correspond à la fonction d:: la fonction d'onde est égale à zéro . donc la conclusion . un même état quantique individuel ne peut pas occuper simultanément deux euh par deux fermions identiques ou plusieurs . alors c'est ce euh c'est une introduction pour euh . démontrer le principe d'exclusion de Pauli . ce (qui.. ?) qui dit que deux particules ne peut (p) euh si ne (pe) (.. ?) par au moins un nombre quantique c'est-à-dire que . le le particule ne peut pas avoir le même euh état avec le même euh (iner) euh avec la même énergie
-----	---	--

Après avoir repris pour une énième fois les mêmes propos du cours sur l'explication du principe qu'il présente d'ailleurs comme une introduction, B tente de reformuler à deux reprises (« qui dit que... », « c'est-à-dire que ... ») l'énoncé lui-même : ses propos sont alors incohérents et incomplets.

Au passage aux notes rédigées, les deux participants sont face à la tâche première : rédiger. La question posée par B (en 307) résume le dilemme face auquel ils se sont retrouvés tout au long de la réalisation de la tâche : « donc comment on va définir ça (?) ». La réponse à cette question et l'attitude « rédactionnelle » adoptée pour le point dont il est question à ce niveau de l'interaction (traitement des seg 11, 12 et 13) seront reconduites pour le reste de la tâche. Il s'agit d'une reprise presque fidèle de TS. La difficulté scientifique doublée d'une difficulté linguistique place nos participants dans un état de surcharge cognitive et d'inconfort sur tous les niveaux de la tâche, ce qui les amène à faire le choix de « fidélité » au texte source. Nous assistons à un retour vers la formulation de départ, c'est-à-dire celle de TS, comme dans une sorte de boucle reformulative qui part et revient au même point. La machine reformulative tournerait à vide.

G3 rencontre la même difficulté de contrôle de la matière scientifique, ce qui amène aussi des difficultés de reformulation. Mais G3 semble plus enclin à faire des efforts que G1. Il est vrai que lors de sa prise de notes, le travail lié à l'acte principal de (re)-formulation- inscription est peu présent, mais la reformulation est présente dans le traitement scientifique par exemple. Elle se manifeste par des tentatives timides et limitées, même en quantité de parole, comme pour la mise en place de l'opposition entre la mécanique classique et la mécanique quantique et sa reformulation introduite au tour 5 par □ma□neha□ (c'est-à-dire) :

- 3 I ( ) on peut définir une trajectoire de d'une particule pour euh en mécanique classique ça c'est à dire en mécanique classique ou a les deux particules sont discernables / un état qu'elles sont discernables \ en mécanique classique deux particules sont
- 4 K ( )
- 3 I discernables par contre en mécanique quantique on ne parle pas de notion de trajectoire on parle seulement de euh du paquet d'onde
- 5 K [ma [neha] les les particules sont sont indiscernables \ chacune est caractérisée par
- 6 L ( ) oui
- 5 K euh par l'état individuel [note [ha]
- 7 L bien sûr euh pour euh pour [el] euh cette euh \ cette ( )
- 8 K ( ) la fonction d'onde euh psi de 1 alpha 1 i alpha (zetera)

Les échanges sur les informations scientifiques laissent transparaître des difficultés scientifiques fortement liés à l'expression comme l'inversion dans l'exemple de fermions :

- 22 K bon les: les fermions composés des particules d'un nombre impair
- 23 L [le el [aks]
- 24 K toutes les particules composées d'un nombre impair de fermions (.. ?) (RIRE)
- 25 L (RIRE) oui d'accord

ou dans la conclusion de la fonction des bosons :

- 82 L six quêtes / donc en conclusion un nombre quelconque de bosons identiques peut occuper un même état individuel
- 83 K [le] ne peut pas
- 84 I ils vont occuper un même état individuel / c'est euh /
- 85 K [ahaw kattek]<sup>85</sup> si alpha (égal à) beta (égal à) oméga

<sup>85</sup> 85 K [awwa il a dit w / 89 K / on prend / il (les) après (un) / après (un) /

- 86 L. euh hum on a pas trois cas c'est à dire pour les les alpha l'éta onéga différents et (égal) euh deux égales et une différente et l'autre euh \ qui sont égaux.
- 87 K. \ [eji] on a couché que un nombre quelconque de bosons identiques . peut occuper . un même état individuel.
- 88 L. bon c'est-à-dire qu'un euh qu'un nombre quelconque de bosons peut avoir \ un
- 89 K. \ non
- 88 L. (niveau d'énergie ?)
- 89 K. ( . ?) identiques [noy] deux deux bosons ils peuvent occuper un même état individuel . [oui] mais [andek] six termes [noy] [eul] [andek] trois [noy] [eul] [andek] un seul terme \
- 90 L. \ c'est-à-dire si \
- 91 K. \ si si les bosons [noy] identiques \ ( . ?) un état
- 92 L. \ [e] on parle
- 91 K. individuel
- 92 L. en en termes d'énergie en termes d'énergie c'est-à-dire que que si on a les trois identiques qu'ils peuvent avoir le même euh niveau d'énergie . ou non ?
- 93 K. ( . ?) (RIRI)
- 94 L. (RIRI)

Cette conclusion laisse K perplexe même après deux relectures du texte du cours et après s'être adonnée elle-même à une explication des « exemples de bosons », ce qui n'est pas sans rapport avec la conclusion relative aux particules de fermions où la formulation se construit sur le mode négatif « ne peut pas ». En effet, la confusion entre cette conclusion et le principe de Pauli est accentuée par les formulations et des constructions proches et à la fois opposées. Le rire complice à la fin de cette négociation vient souligner cette confusion.

Au fil de l'interaction, il apparaît que les participants tentent de dépasser les difficultés liées à la matière scientifique par une simplification de cette matière ainsi que de l'expression dans la mesure où les difficultés scientifiques sont aggravées par la non maîtrise de faits de langue simple en plus des définitions des notions comme, par exemple, la notion d' « état individuel » et de « niveau d'énergie » dans l'exemple ci-dessus, où la correspondance entre les deux termes n'est pas rapidement établie par K. La reformulation est liée alors à une simplification de l'expression comme pour, en retour, simplifier les notions dont il est question. C'est ce que tente de faire K et L en

traitant l'expression du déterminant de Slater réduite à une première expression :

109	K	la fonction d'onde égal'à 1 sur fois déterminant: de Slater . fonction d'onde
110	L	bon
111	K	(égal'à) 1 sur racine de N factoriel
112	L	déterminant de Slater
113	K	fois déterminant de Slater

Puis à une deuxième :

118	L	il a écrit sous forme de fermions fois \
119	K	\ fois le (dé) le déterminant \ de Slater

Cette nouvelle expression sera retenue dans l'exposé oral et dans le texte rédigé (seg 18).

Filtrer les expressions de TS devient une manière de procéder. Cette opération linguistique peut s'arrêter aussi sur de faux problèmes comme dans les échanges suivants :

202	k	au contraire de la mécanique \ on a (.. ?)
203	L	\ position est (contrastée ?)
204	K	non la position elle est (. ?) non (?)
205	L	[beh] le \
206	K	\ <i>au contraire</i> ...
207	L	<b>alors que</b> c'est pas au contraire. \ (.. ?) de contradiction
208	K	\ au contraire non c'est une contradiction parce que en mécanique quantique la notion de trajectoire n'a pas de sens [rahi]
209	L	<b>alors que</b> ... alors qu'en mécanique quantique . la notion de trajectoire n'a pas de sens

où L semble percevoir dans « au contraire » une dimension que le rapport entre les deux mécaniques ne sous-entend pas et que « alors que » rend mieux. Son explication est floue (même acoustiquement) ce qui ne l'empêche pas d'imposer « alors que » et de l'inscrire elle-même.

Aussi, dans l'échange sur la reformulation de l'expression du déterminant :

274	I	<u>(...) en effet la fonction d'onde s'écrit</u> → <u>en effet</u> \ la fonction d'onde s'écrit
275	K	\ la fonction d'onde sera sera (écrit) devient
276	T	[le mot] devient
277	K	la forme :
278	L	\ psi (s é s) s'écrit sous forme d'un fermion fois déterminant de \ Slater
279	K	\ la fonction d'onde s'écrit fois est :
280	I	( ?) [nahha]??
281	K	la fonction d'onde psi dans \ psi (sigale) sous forme d'un fermion sous forme
282	L	\ deux [waha behi] +
283	K	d'un fermions. ?)+
284	L	<u>sous déterminant de Slater</u> ++ principe d'exclusion de Pauli
285	K	(Slater?) +++ [nekrbu] \ ( ?)

où L, très soucieuse de maintenir une forme simple et codifiée, refuse le futur (« sera écrit »), la substitution du verbe (« devient ») et demande en 280 à K d'enlever la désignation de « spi » (« la fct » raturée au début du segment 18). La difficulté d'expression est contournée par un recours à une schématisation familière : X s'écrit sous la forme Y. la simplification touche même la syntaxe des phrases : plus loin, les segments 26 et 28 sont même formulés comme propositions nominales (le verbe du premier segment étant formulé à plusieurs reprises à l'oral en 322, 323 etc.).

G3 peut aussi faire preuve d'une créativité ou plutôt de « débrouillardise expressive » comme dans le cas du seg 6 (entre 216 et 220) qui est transformé, tout simplement, par ajout du groupe prépositionnel « par la formule suivante », pour introduire le segment 7 (la formule de « psi »), au lieu de présenter le seg 9 (l'énoncé du postulat). De même, entre 300 et 305, le choix de « dessiner » un diagramme est abandonné au profit d'un « texte » qui en explique les données.

À la lumière de ceci, il apparaît qu'entre le retour au « point de départ reformulatif » pour G1 et une simplification réductrice des formes linguistiques pour G3, les actes de formulations sont souvent d'inscription matérielle : cette inscription est prise en charge par les deux dans un mouvement double de dictée/ inscription fragmentaire des données, d'où son coût.

#### **2-2-4-2- LA REFORMULATION : UNE QUÊTE**

Nous avons vu avec les analyses des données offertes par les groupes 2, 4 et 7 que le travail reformulatif accompagne le passage du texte source vers le texte cible et l'exposé oral. Lors des phases de prise de notes, par exemple, même si une grande part de l'attention est accordée aux différents actes subordonnés, la reformulation et l'inscription des éléments ainsi sélectionnés et traités n'est jamais complètement écartée. Nous n'allons pas ici reprendre les différentes reformulations et les procédés paraphrastiques, mais nous allons insister sur les passages et les échanges qui traduisent ce que nous considérons comme une quête de la formulation adéquates et de l'explicitation des propositions relationnelles et de la structure textuelle.

Cette quête transparaît, à un premier niveau, dans les différents échanges consacrés à la sélection des données et à leurs explications scientifiques. Ce travail sur la matière scientifique s'accompagne d'un travail sur la matière linguistique, le tout traduisant la volonté de s'appropriier les données du cours. Reformulations explicatives, commentaires récapitulatifs et appréciations accompagnent les différentes phases rédactionnelles comme pour l'introduction du texte de G4, de G7 et de manière plus explicite et complète celle du texte de G2 :

3	N	(...) [behi] dans cette partie l'intéressant c'est en <b>mécanique</b> classique . on a des particules sont discernables . en mécanique quantique les particules sont indiscernables . c'es :t chose importante . (...)
14	Z	on peut mettre en évidence la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique \
15	N	\ (pour les \..?)
16	Z	\ pour le::s \ particules identiques

L'accent est mis sur l'opposition entre les deux mécaniques et sur ce qui fait la différence entre elle : une première ébauche de l'introduction est donnée dans la prise de notes. Lors de sa formulation, l'idée ou le commentaire qui a permis la restructuration des éléments (au tour 14) prend forme et donne naissance au segment introducteur (seg 2) :

155	N	(...) l'introduction plutôt <i>dans l'introduction</i> . <i>on va voir la différence</i> . o:n dit on va voir la différence □wal:a□ on va voir euh (quelle est?) la différence entre [l:] définition d'une particule identique en mécanique classique \ et mécanique quantique (voir?) .
156	Z	\ (.. ?)
155	N	la différence \ pour l'(. ?)
157	Z	\ pour l'(.. ?) . <u>pour la notion de particules identiques</u> ...
158	N	<i>identiques . en mécanique classique . et en mécanique quantique</i> . □behi□ . □□an:a□ euh . en mécanique classique deux particules identiques sont discernables .. <i>deux particules . identiques . sont discernables</i>

Un travail de remodelage, de sélection - linguistique cette fois - permet de transformer un commentaire de l'ordre du métadiscursif en un segment qui fera partie du texte et qui jouera un rôle dans sa structure. C'est aussi le cas pour le segment 11 et le segment 13 qui voient des commentaires comme « (alors) on peut écrire » - utilisé dans les tours 35 et 170, et « donc on va introduire » - utilisé dans le tour 170 pour expliquer des relations logiques entre les informations, se greffer à ses informations et contribuent ainsi à en expliciter la structure et les liens à la surface du texte rédigé.

Ce travail sur l'explication de la matière scientifique se traduit chez les groupes et dans leurs travaux par des degrés différents d'appropriation de la matière et de sa reformulation et par conséquent de son altération. Les membres de G4 et de G7 font preuve de plus d'aisance dans le traitement de la matière scientifique et aussi de sa forme linguistique. Ceci donne des productions intermédiaires, prises de notes et exposé, pour

le moins différentes de celles de G2 - qui restent plutôt conventionnelles dans sa manière de procéder et dans ces productions. Ces groupes prennent alors plus de liberté dans le maniement de la matière de base, ce qui se manifeste à l'écrit par des choix plus conséquents sur cette matière, et à l'oral par des échanges explicatifs importants qui font appel parfois à des informations non présentes dans le texte. Ces explications leur permettent d'identifier, d'extraire et de mettre en relief et remodeler les informations qu'ils jugent importantes.

Ainsi, G4 met l'accent sur la relation d'opposition entre la fonction des bosons et celle des fermions en 127

127	H	pour les fermions <b>on: procède pas</b> par la même euh \
128	K	\ (pas la même façons ?)
129	H	par la par la même méthode . ici on: on calcule la \ fonction d'onde à l'aide de
130	K	\ (déterm) . déterminant de Slater
129	H	Slater .

en soulignant que la différence de la nature ou du type du système entraîne des choix procéduraux ou mathématiques différent et aussi des conséquences opposées :

197	H	[behi]
198	K	<u>principe de Pauli</u>
199	H	euh:: . c'est le contraire du cas des des bosons \
200	K	\ bosons \
201	H	\ on a vu pour les bosons \ que:: un
202	K	\ on peut::
201	H	nombre quelconque de bosons identiques peuvent occuper un même état individuel .. et: pour ce cas . un même état quantique individuel ne peut . ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques

Les propriétés physiques des particules sont alors mises en rapport direct par une reformulation récapitulative des comportements physiques face à un même phénomène. L'opposition prend sa forme en 299 avec le recours à « alors que » pour expliciter ce lien :

299	H	<i>possibles . toutes les permutations .. possibles . <b>alors que</b> . pour . les fermions . <b>c'est le cas contraire</b> . on utilise le le déterminant de Slater . car la fonction d'onde est un peu . euh:: . difficile à traiter . \ euh::: . de la même façon que les</i>
-----	---	---

Ou encore, G4 met l'accent sur la possibilité de permuter des états à travers l'étude des exemples :

111	K	on va traiter un exemple . exemple trois bosons pouvant occuper trois états individuels alpha bêta oméga . on suppose que alpha différent de bêta différent de oméga . l'état du système . est égal . racine de psi . c'est égal 1 sur racine de
-----	---	--

		6 . 1 dans l'état alpha 2 dans l'état bêta 3 dans l'état oméga (+) 1 dans alpha 2 dans l'état oméga on a fait: ici la permutation . 3 dans l'état bêta (+) etcetera égale six termes
112	H	hum . on: regarde toutes les permutations possibles (.. ?)
113	K	hum . si alpha égale bêta <b>différent</b> de oméga .
114	H	donc <i>on prend . toutes les . permutations .. toutes les permutations . possibles</i>

Il résume ainsi le passage entre la combinaison linéaire et la possibilité pour plusieurs bosons d'occuper un même état en une seule formule au tour 114 et il insiste sur ce lien en 118. Il remplace l'étude mathématique et les calculs présents dans le texte source par l'identification du principe qui sous-tend la logique des exemples mathématiques, à savoir la possibilité de permutation. Il reprend cette formulation lors de l'exposé oral (en 258) et aussi lors de la rédaction (que nous traiterons dans l'étude des conséquences).

De même, G7 choisit de faire remonter à la surface du texte des relations non explicitées dans TS, et ce, après avoir « décortiqué » les données scientifiques lors de sa première transaction - transaction qui n'aboutit pas (comme nous l'avons souligné dans l'étude des PDN) à des notes classiques mais à des notes explicatives, des annotations qui accompagnent et schématisent les explications et les ré-explications des notions du cours. Des relations identifiées oralement sont alors explicitées lors de la rédaction comme dans l'introduction (les rapports d'opposition entre MC et MQ et les rapports de conséquences entre la trajectoire et la discernabilité). Mais aussi des rapports qui surgissent comme par effet de maturation de la réflexion et d'une conscience situationnelle. Ainsi, la symétrie de la fonction d'onde (II-1 de TS) est introduite par simple lecture du sous-titre en -15- :

15	K	(...) grand deux . postulat de . symétrisation .. petit un . symétrie de la définition d'onde d'un système de particules identiques . par rapport . à l'échange des états des deux particules . soit un système . <i>de N particules ...</i>
----	---	--

et est traitée sans que sa pertinence soit justifiée. Sont, ensuite, traités dans l'ordre de leurs apparitions dans le cours et avec minutie, les coordonnées de la particule, l'expression de la fonction, le principe de permutation, le rôle de l'opérateur  $P_{ij}$  et ses valeurs propres (que K se charge de re-démontrer). Une première reformulation à la fin du tour 23 permet de récapituler le lien entre les différents éléments :

23	K	(...) <i>donc lambda est égale à plus ou moins 1 . ce sont les valeurs propres de . <math>P_{ij}</math> . [behi] . donc . on aura ... qu'au cours d'une permutation . de deux états quantiques . on a . un changement de la fonction d'onde . soit qu'elle est positive ou négative vu que lambda est égale à plus ou moins 1 .</i>
24	M	hum .
25	K	et ceci dû à l' <b>indiscernabilité</b> des particules +

Au passage à l'énoncé du postulat, une nouvelle reformulation récapitulative et une nouvelle mise en rapport sont opérées cette fois pour déterminer les liens entre la valeur de lambda et l'état du système (en 25) et qui sera reformulée encore à l'exposé oral (en

200) :

25	K	et ceci dû à l' <b>indiscernabilité</b> des particules + petit deux . énoncé du <u>postulat de symétrisation</u> . les états physiques d'un système de particules identiques ne peuvent être <b>que</b> . <u>symétrique c'est-à-dire plus .. où <math>\lambda</math> est égale à 1</u> . ou . <u>antisymétrique . c'est-à-dire moins . où <math>\lambda</math> est égale 1 ...</u> et on parle de symétrisation c'est toujours par rapport . à l'échange des deux états des particules . lors d'une permutation des deux particules .. les fonctions d'onde ont une propriété <b>bien déterminée</b> lors d'une permutation . (...)
----	---	---

200	K	euhum .. bon . on sait bien que:: . chaque particule est définie par . euh quatre coordonnées dont trois . sont . des coordonnées . spatiaux . et . euh le quatrième coordonnée c'est . il indique . l'état de spin . du particule . bon euh . on va voir . que . est ce que l'état du système se perturbe . euh au cour d'une . vis-à-vis d'une (per) euh permutation des deux états ou pas . on définit ainsi un postulat de symétrisation . c'est-à-dire euh:: . le calcul nous amène euh le calcul euh qui est . que nous commençons par l'équation valeur propre . nous amène euh à définir deux . deux types de:: fonction d'onde . euh . dont la première est symétrique . et . la deuxième est antisymétrique vis-à-vis bien sûr d'un . euh d'une permutation de deux états . on définit (ains) ainsi l'opérateur euh permutation . $P_{ij}$ . qui donne deux valeurs propres différentes . euh $\lambda$ plus ou moins 1 . si $\lambda$ est égale à 1 c'est que . lors d'une permutation . euh . la fonction d'onde est symétrique . et si $\lambda$ est égale à moins 1 . lors d'une permutation . euh l::état ou la fonction d'onde . euh du système est antisymétrique . voilà ...
-----	---	--

Au moment de la rédaction et en enchaînant sur « grand deux grand un c'était introduction » (au tour 242, de K), un bref moment d'hésitation marque le retraitement de ces données : la reformulation et le restructuration des éléments de l'introduction et le travail cohésif qui ont été opérés entre les segments, semblent créer une sorte d'élan de reformulation qui lui-même crée une sorte de malaise face à l'inscription des sous-titres, perçus comme insuffisante pour assurer « (l')enchaînement entre grand I et grand II » (en 242). Il en résulte alors la création (au tour 244) du segment 11 qui permet d'enchaîner, à la suite de la notion d'indiscernabilité des particules (seg 10), la notion de permutation des états en la présentant comme la raison qui justifie le recours au postulat :

244	K	bon . on est arrêté . par conséquence en mécanique quantique <b>deux</b> particules identiques sont <b>deux</b> particules \ <b>indiscernables</b> . ok . [behi] .. pour ces
245	M	\ <b>indiscernables</b>
244	K	particules . pour . ces particules ... on définit .. ce qu'on appelle . postulat de symétrisation + qui . permet . de donner . des renseignements .. sur . l'état . d'un système .. vis-à-vis . d'une permutation .. des états de deux particules ... dont chacun . <u>particules dont chacun</u>
246	M	d o n t ( ?)
247	K	voilà . <u>dont chacun</u> . est défini par . quatre variables .. défini par . quatre variables . variables . telles que . x . x . y . z . et sigma et sigma . où sigma . nous indique nous indique l'état de spin . où sigma . nous indique ... bon . soit la fonction d'onde . fonction d'onde . psi . 1 alpha 1 . i alpha i . jusqu'à N alpha N
248	M	i alpha i . jusqu'à ( ?)
		N . alpha N . voilà ... (...)

Ce segment mis en place (et relié par la même occasion à la définition des variables des particules), et surtout, la notion de permutation installée, l'opérateur d'échange  $P_{ij}$  est introduit. Ses deux valeurs assurent, à leur tour, l'introduction des états du système qu'elles déterminent. Les membres de G7 ne manquent pas de souligner ce lien relationnel entre état, permutation et valeur de lambda :

249	K	(...) on introduit ainsi . l'opérateur . $P_{ij}$ .
250	M	on . introduit . ainsi
251	K	ainsi . l'opérateur $P_{ij}$ . c'est l'opérateur $P_{ij}$ c'est l'opérateur permutation ... permutation . qui assure . qui . assure . l'opération . de l'échange . l'opération . de l'échange . des états . de i et j . i et j + cet opérateur . cet opérateur .. cet opérateur . admet . deux valeurs propres ... plus ou moins . deux valeurs propres . qui sont plus ou moins . qui sont . \ deux valeurs propres
252	M	\ (. ?) lambda on peut le nommer
253	K	hum deux valeurs propres .
254	M	qui sont ..
255	K	lambda plus . est égale à 1 . et lambda moins . est égale à moins 1 . lambda moins . est égale à moins 1 ... ce qui fait . que . ce qui fait que . un état symétrique ... lors . d'une permutation .. permutation il (admit) . elle (admit) (. ?) valeur propre . plus 1 ... et un état antisymétrique ... elle admet le valeur propre . moins 1 + (...)

Au final, le travail de (re-) formulation effectué dans les différentes interactions étant en partie assumé par les actes subordonnés, l'acte principal de (re)-formulation/ inscription se fait avec des coûts moins élevés dans les transactions consacrées à la rédaction des textes finaux qui correspondent souvent à l'acte même d'inscription (appuyé par la dictée).

Aussi, distinguons-nous dans cette reformulation trois phénomènes importants qui lui sont liés : le transcodage, les (pré)-construits et le code switching (que nous reprenons

dans les compétences interactionnelles).

**a. Les transcodages**

Pourquoi traiter cette opération de traduction transcodique dans les reformulations ? Nous partons du fait que cette opération ne se réduit pas à une simple lecture ou traduction d'une suite de symboles. En effet, il s'agit d'une reconstruction du sens à partir d'une phrase écrite en symboles, de traduire des symboles en langage naturel en explicitant les relations que leurs formes symboliques prennent automatiquement en charge et expriment. Et donc, il s'agit de reformuler ses suites de symboles en suites de propos en langage naturel. Ce travail est plus ou moins assumé par nos participants. Certains effectuent des reformulations complètes et détaillées comme G7 qui reformule (entre autres) l'exemple de la fonction de deux fermions exprimée avec le déterminant de Slater en en définissant tous les termes entre les tours 137 et 160 ou G4 qui reformule les généralités sur l'hamiltonien (entre les tours 69 et 93) . Alors que d'autres réduisent les reformulations à leurs points essentiels, comme G3 qui reprend l'exemple des fermions en quelques mots (-132-) ou G2 qui sélectionne dans les généralités de l'hamiltonien « l'important », selon leur propos (tours 72 et 73) . G3 semble même éviter ces passages à cause de leur caractère trop mathématique.

Cette reformulation peut être à l'origine de la mise en mots d'éléments et segments comme c'est le cas pour l'élément (16) et seg 13 reformulés à partir du travail de transcodage effectué par G4 sur les exemples de bosons entre 114 et 117 (exemple traité plus haut). Mais le cas le plus important reste la reformulation et le transcodage des diagrammes énergétiques (à seul G1 n'effectue pas). A titre d'exemple, prenons les échanges de G7 sur la reformulation des deux schémas : dans un premier temps (160 et 161), les conditions qui entourent et préparent la lecture des diagrammes sont définies.

Une première lecture du diagramme des bosons installe l'idée du constat de la co-occupation de l'état fondamental par tous les bosons et établit le rapport avec la notion d'attraction quantique :

162	K	égale à 0 kelvin . pour . les bosons ... bon . on constate . que . <i>l'ensemble des des bosons . se trouve dans l'état fondamental . d'énergie epsilon 0 \ok . les N</i>
163	M	\ hum
162	K	bosons . dans l'état fondamental individuel .
164	M	car on a une attraction euh quantique

une suite d'exemples qui ne figurent pas dans le cours est introduite (en 165) pour appuyer cette particularité physique des bosons.

Un rappel de la condition initiale de validité du schéma (à savoir T=0K) permet d'enchaîner sur le comportement des fermions à la même condition :

169	K	résultat à T est égale à 0 kelvin . \ pour les fermions . cette répartition est
170	M	\ pour les fermions
169	K	fondée sur le principe de . Pauli . qui dit que . il est impossible d'avoir . deux particules sur le même . état quantique . donc . <i>pour chaque état individuel on trouve . une seule particule . ok ( ? )</i>

Le rôle du principe de Pauli dans l'explication du phénomène constaté est appuyé par une ré- explication de ce principe (cases quantiques) et par des exemples toujours puisés dans la mémoire des participants. Le phénomène de répulsion quantique est enfin identifié :

184	K	voilà voilà si si [behi] . bon . exemple . métal semi conducteur ou les étoiles . il y a un phénomène physique très important c'est . <b>la répulsion quantique</b> .. (...)
-----	---	--

L'exposé offre aux participants l'occasion de stabiliser le travail de transcoding effectué à partir des diagrammes et de reformuler les schémas en tenant compte de la création et de l'enchaînement du discours. Les relations liant les principaux segments sont explicités : la relation de justification reliant la nature de la particule au phénomène qui la régit est exprimée par « vu que.. », l'opposition entre les deux particules est soulignée par « mais » qui permet l'enchaînement entre les reformulations des deux diagrammes :

223	K	euhum . bon . pour pour les bosons . euh::: euh::: . on constate . au cour de::: . de l'exploitation des résultats (t'obte) obtenues . que . euh pratiquement <b>tous</b> les bosons se trouvent sur l'état énergétique fondamental ..
224	M	pourquoi cette euh accumulation sur l'état . fondamental ( ? )
225	K	oui . vu qu'on a euh un phénomène physique très important c'est . euh l'attraction quantique . les particules . exercent l'un sur l'autre une . euh attraction voilà . une attraction . ce qui fait euh::: . qu'ils tombent tous sur euh le niveau fondamental qui est le niveau le plus stable . ok ( ? ) et ceci qui caractérise euh quelques euh . euh ::: . quelques liquides tels que euh euh le::: le supra fluide ou les (métaux) pour les supra conducteurs . ok ( ? ) <b>mais</b> . pour euh::: . les fermions . c'est totalement différent . vu que . on trouve que chaque particule occupe un n::iveau énergétique bien déterminé . ok ( ? ) et ceci euh vu ce qu'on a dit davantage que . euh::: . la répartition des fermions . euh::: . obéit à deux contraintes nécessaires . euh . plutôt un contrainte . euh::: . d'après le principe de Pauli . que . deux particules ne doivent pas avoir le même état énergétique . et donc . et chaque état énergétique doit être <b>plein</b> . <b>ou</b> . euh::: plein [ja□ni] contient un::: . un seul fermion . ou il est vide . ok ( ? )
226	M	[ma□netha] on peut euh::: pour euh . fermion \ on a un phénomène de
227	K	\ euhum
226	M	répulsion quantique
228	K	voilà voilà .
229	M	il y a répartition de \ ::
230	K	\ voilà voilà ..

Cette seconde version (orale) permet alors d'introduire la version écrite et définitive de la lecture/reformulation des données en question :

263	K	(...) + et lors d'un étude . et lors . d'un étude .. des états . de fermions .. et des bosons à T est égale à 0 kelvin . T est égale à 0 kelvin . on constate . que pour les fermions .. pour les fermions .. les euh ces particules ces particules . chacun chacune chacune . occupe . un état .. (énergétique) individuel . (énergétique) individuel ... vu que cette répartition ... est fondée . sur le principe de Pauli . Pauli . on parle ainsi Pauli . on parle ainsi .. de la (répulsion) quantique
264	M	de la ( ? )
265	K	(répulsion) <b>ré pul sion</b> répulsion . répulsion . quantique .. pour les bosons . pour les bosons . point à la ligne . pour les bosons .. on constate . que les <b>N</b> bosons . on constate que les N bosons .. (sé sutu) . <b>se situe</b> . se situe . dans l'état fondamental . dans l'état fondamental . <b>dans</b> . l'état fondamental . l'état fondamental . individuel .. on parle ainsi . de l'attraction quantique . de l'attraction quantique .

La version orale a encore subi des reformulations : inversion de l'ordre d'introduction des particules (fermions puis bosons), mais surtout le changement de l'expression de la relation reliant les phénomènes de répulsion ou d'attraction aux particules en question. Nous ne pouvons écarter l'éventualité que les deux soient liés. En effet, en transcodant le diagramme des fermions en premier, les participants sont amenés à traduire une relation de plus - par rapport au diagramme des bosons - celle avec le segment « cette répartition est fondée sur le principe de Pauli ». Le poids notionnel plus important de ce segment et le lien direct qu'il établit avec la fonction des fermions traitée juste avant, semble l'imposer comme segment de justification. Il sera introduit par « vu que... » et suivi par la désignation du nom du phénomène en question « on parle ainsi de ... ». L'absence pour les bosons de notion équivalente au principe de Pauli amène une reformulation du diagramme qui se passe de cette étape de justification mais qui reprend celle de désignation introduite de la même manière. Le parallélisme entre les deux blocs de segments (25-27 et 28-29) ainsi créé et l'opposition entre les deux particules prise en charge par l'opposition attraction / répulsion permettent de combler ce vide.

Ce travail de transcodage, qui est à la fois travail de reformation, semble globalement maîtrisé par les participants. Mais ceci n'empêche que des irrégularités et des variations entre les groupes sont notées quelquefois de même que des difficultés de transcodage pour certains (pour B de G1 par exemple).

### **b. Le préconstruit**

Comme nous l'avons défini dans le cadre théorique, le préconstruit joue un rôle dans la construction et la mise en mots lors des rédactions. Qu'il soit intertexte ou interdiscours, nous en retrouvons les traces dans les productions de nos participants et leurs interactions. En effet, la nature de la tâche proposée implique le recours au texte du cours pour en extraire l'essentiel. Ces notes constituent un interdiscours important pour les

étudiants : mis à leur disposition, il est ré-exploité et même réintroduit dans leurs discours de manière plus ou moins intégrale et aussi automatique et inconsciente comme nous pouvons le voir au fil des exemples cités plus-haut. Leur formulation et re-formulation en sont fortement dépendantes du moins fortement inspirées. De même, l'intertexte est présent surtout dans les interactions : la dépendance ressentie face au texte source laisse chez certains la possibilité de faire appel à des données non présentes matériellement mais présentes dans la mémoire à long terme des participants. C'est le cas, par exemple, lors du retraitement des données scientifiques déjà abordées dans d'autres cours comme l'Hamiltonien ou encore le déterminant de Slater. G4, par exemple, n'attend pas de lire les notes du cours pour reformuler les termes de la fonction des fermions entre 140 et 167 : H et K s'appuient sur les informations gardées en mémoire sur le déterminant pour anticiper sur ces données, transcoder et expliquer les symboles constituant le déterminant et leurs rapports. G7, lui, est le groupe qui fait le plus appel à l'intertexte : alors que les autres s'appuient seulement sur le texte devant eux, les membres de ce groupes font appel à d'autres connaissances pour appuyer leur explication comme dans l'échange entre les tours 169 et 184 dans lequel K et M font appel à une opération qui n'est pas mentionnée dans ce cours, « le remplissage de cases quantiques », pour ré- expliquer le principe de Pauli.

Aussi, retrouvons-nous le préconstruit dans les re-formulations et les transcodages des symboles, dans la re-création des enchaînements entre eux, des correspondances entre les signes. ; ou encore dans la construction de formules qui correspondent aux modèles scientifiques, des formules toutes faites et familières aux domaines, des expressions utilisées par les spécialistes comme le seg 18 de du TC de G3 construit sur le modèle  $X =$  sous forme de  $Y \square Z$  (en 278). En effet, les étudiants font appel à des connaissances et à des manières de procéder déjà intériorisées, ils ne construisent pas ces re-formulations mais les re-construisent selon du déjà vu et du déjà connu.

Les étudiants font appel aussi à des préconstruits construits ou mis en place lors de la réalisation même de la tâche comme les notes qu'ils élaborent ensemble. Aussi, d'autres préconstruits restent-ils en suspens dans la mémoire de travail dans l'attente de leur réinvestissement et leur réintroduction dans la collaboration. Ainsi, G7 par exemple, malgré un travail explicatif et des reformulations très importantes et nombreuses, présente cette différence de ne pas noter des reformulations entières et complètes dans sa prise de notes, comme nous l'avons vu dans l'étude de ces dernières. Le travail reformulatif opéré lors des explications est pourtant repris lors de la rédaction. Le rôle que joue la mémoire de travail en cours pour ce groupe prend encore plus d'importance dans ces cas où elle devient un garant important de la complétude et une source de préconstruits momentanés.

Nous traitons ici ces deux points de la (re)-formulation, à savoir le transcodage et les pré-construits de manière plutôt sommaire mais nous pensons que vu les liens étroits que peuvent avoir ces deux phénomènes avec la (re)- formulation et plus particulièrement dans un texte spécialisé, il est certainement intéressant de leur consacrer plus d'attention dans des recherches ultérieures.

### **2-2-4-3- LA REFORMULATION : LES CONSÉQUENCES**

L'un des premiers reproches que nous pouvons faire à la reformulation est qu'elle ne corrige pas et ne comble pas les « trous » notionnels et les vides créés par la sélection parfois abusive des informations.

L'exemple le plus frappant est celui des constructions des fonctions d'ondes dans le texte de G4 et la condensation des informations qui y correspondent dans les derniers segments du texte. En effet, après avoir expliqué et noté de manière plutôt claire et complète les éléments les plus importants de la construction de la fonction des bosons entre 93 et 123 et après avoir traduit le passage de l'expression de cette fonction à la conclusion sur la co-occupation d'un état par plusieurs particules dans les trois éléments (15), (16) et (17) de la prise de notes, et après avoir reformulé une dernière fois oralement ces données (de 293 à 295), réduit (en 299) encore les informations relatives à ce point :

293	H	(...) nous passons à la construction des états physiques . des N particules identiques sans interaction mutuelle . qu'est-ce qu'on peut retenir de . ce grand trois .. on voit que les bosons .
294	K	caractérisés par une fonction d'onde \ (.. ?)
295	H	\ sont caractérisés par une fonction d'onde classique . c'est-à-dire . en utilisant le . facteur d'indiscernabilité et en permutant . les positions avec les . euh les particules . euh . c'est une fonction d'onde qui est définie ainsi . 1 sur racine de N factoriel fois la somme de . fi alpha 1 à la position 1 . jusqu'à . fi alpha N à la position N . on peut:: conclure . de ce paragraphe . que pour les bosons . ils ont un nombre . quelconque . pour un nombre de bosons . pour un nombre quelconque de bosons identiques . euh . ils peuvent . occuper . un même état individuel . un nombre de bosons identique <b>peut</b> occuper un <b>même</b> état individuel . donc .. \ on (.. ?) .. ce paragraphe +
296	K	\ (.. ?)
297	H	[behi] . <i>on indique que</i> .. [wal:a] <i>on précise</i> ( ?) . <i>que les bosons .. les bosons</i> euh
298	K	caractérisés \ par
299	H	\ sont caractérisés [ej] <i>sont caractérisés caractérisé .. par une fonction d'onde ..</i> donc . qui est: . qui est définie comme la permutation . ou comme euh . la somme de . de <b>toutes</b> les permutations possibles . fonction d'onde \ somme .. fonction
300	K	\ (.. ?)
299	H	d'onde . entre parenthèses . <i>toutes les . permutations possibles . toutes les permutations .. possibles . alors que . pour . les fermions</i> . c'est le cas contraire . on utilise le le déterminant de Slater . car la fonction d'onde est un peu . euh:: . difficile à traiter . \ euh:: . de la même façon que les

L'expression de la fonction est intégrée dans sa définition comme étant un ensemble de permutations, ce qui est jusque-là assez correct. Toutefois, G4 opte pour la traduction de ce lien par les parenthèses, ce qui le rend illisible. Ce travail de condensation n'est pas fortuit vu le temps consacré à la réflexion sur la reformulation du « paragraphe » en question à la fin de -295-. L'hésitation qui marque la reprise de la reformulation souligne les difficultés de G4 à s'exprimer : les deux verbes utilisés le traduisent. En effet, le verbe « indiquer » place le segment 12 en marge des informations importantes - ce qui est loin d'être son cas -, et le verbe « préciser » laisse supposer l'introduction de précisions que,

justement, les segments ne contiennent pas.

Le travail reformulatif se poursuit avec un enchaînement sur le rapport d'opposition (« alors que ») qui lie les bosons aux fermions et qui préfigure des propriétés physiques opposées :

299	H	(...) <i>alors que</i> . <i>pour</i> . <i>les fermions</i> . <i>c'est le cas contraire</i> . <i>on utilise le le déterminant de Slater</i> . <i>car la fonction d'onde est un peu</i> . euh:: . <i>difficile à traiter</i> . \ euh::: . <i>de la</i>
301	K	\ euhum
299	H	même façon que les bosons . <i>on utilise le déterminant de Slater</i> . euh . <i>qui est défini comme</i> . <i>ainsi</i> . <i>la ligne</i> . <i>est occupée</i> . <i>par</i> . <i>une seule</i> . <i>particule</i> . <i>qui</i> . <i>change de position</i> . <i>et</i> . <i>la:: colonne</i> . euh:: . <i>est</i> . <i>définie comme</i> . <i>un état donné avec une particule ([mathalan] ?)</i> . <i>une particule change</i> . <i>qui change</i> . <i>donc</i> . <i>on a dit alors que pour les fermions on utilise</i> . <i>le déterminant .. de Slater</i> . <i>le déterminant de Slater</i> . <i>on a dit que</i> . <i>la ligne</i> . <i>les lignes</i> . <i>sont occupées</i> . <i>par</i> . <i>des particules données .. et les colonnes</i> . <i>par les états</i> . <i>par les différents états</i> . <i>de ces particules .. [beh]</i> . euh . <i>on peut dire que</i> . <i>pour les fermions</i> . <i>l'échange de deux particules se traduit</i> . euh . <i>par l'échange de deux colonnes</i> . <i>donc</i> . <i>l'échange</i> . <i>on conclut</i> . <i>que pour les fermions .. l'échange</i> . <i>de deux particules .. se traduit</i> . <i>par l'échange de deux colonnes ...</i> <i>normalement</i> . <i>on peut citer ici</i> . <i>l'utilisation du principe de Pauli</i> . <i>principe d'exclusion de Pauli .. euh</i> . <i>c'est-à-dire un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions (...)</i>

Nous assistons au même phénomène que pour les bosons, à savoir que la formulation orale des segments 15 et 16 qui précède leur (re)- formulation/ inscription est plus explicite que cette dernière. Aussi, retrouvons-nous la même hésitation reformulative pour l'introduction du seg 17 : nous passons de « on peut dire que ... » à « donc » à « on conclut que ... », la répercussion d'un choix plutôt que l'autre sur la nature et le rôle de l'information n'étant pas perçue. L'introduction du principe est même présentée comme un élément que « normalement on peut citer ici » c'est-à-dire à ce niveau du texte et comme suite logique des segments installés et non pas par rapport à son rôle et son importance dans la construction du raisonnement et de la structure scientifique du texte. La rédaction serait perçue comme une suite de données à insérer et à relier sans tenir compte réellement de leur pertinence et de la manière de les relier. La lecture récapitulative qui suivra le confirme :

299	H	(...) <i>normalement</i> . <i>on peut citer ici</i> . <i>l'utilisation du principe de Pauli</i> . <i>principe d'exclusion de Pauli .. euh</i> . <i>c'est-à-dire un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions (COUPURE)</i> <i>donc si on peut récapituler ce qu'on a dit</i> . euh <i>pour les bosons</i> . <i>ce sont des particules de spin</i> . <i>entier caractérisées par une fonction d'onde symétrique d'où l'utilisation de la statistique de Bose-Einstein .. donc on peut dire que pour les bosons</i> . <i>pour les bosons</i> . euh .. <i>sont caractérisés par une fonction d'onde</i> . <i>qui présente toutes les permutations possibles</i> . euh .. <i>et que</i> . <i>un nombre quelconque</i> . <i>de bosons</i>
-----	---	---

		identiques <b>peut</b> occuper un même état individuel . dans ce cas . ce que on ce <b>qu'on peut</b> dire . c'est qu'il y a attraction quantique . c'est-à-dire que tous les bosons occupent le même état fondamental . alors que pour les fermions . \ euh . d'après le principe d'exclusion de Pauli . qui . nous dit que . un
302	K	\ répulsion
299	H	même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plus . d'où chaque fermions . prend . un . son (ét) euh prend son état (carac) caractéristique . et:: . le phénomène observer ici . c'est le phénomène de répulsion quantique . (.. ?) l'énergie . euh . observer ici c'est l'énergie de Fermi . correspondant à l'énergie E F .. (..?) [behi] . (.. ?)

Les vides notionnels ne sont pas perçus, et plus même : G4 cherche à cumuler les informations tout en condensant les formulations. Ainsi, sont introduits les phénomènes d'attraction et de répulsion, chacun à la suite des données sur la particule à laquelle il correspond, sans tenir compte du fait que ces phénomènes ont été constatés à une condition bien précise, T=0K. La (re)-formulation/ inscription reprend avec la juxtaposition du principe de Pauli et la placage « explicité » ( « c'est », « d'où c'est ») des deux phénomènes :

303	K	(.. ?)
304	H	bon . (BAS) [hne] . celui qu'on utilise (.. ?) . donc pour les fermions . <i>pour les fermions .. on utilise . le principe . d'exclusion .. de Pauli .. le: . [iQul] euh ( ?) . un même état .. quantique . individuel . ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions donc . ne peut pas .. être . occupé . simultanément .. par deux fermions identiques ... d'où . c'est le phénomène .. de répulsion quantique ...</i> [behi] . on revient à ce qu'on a dit pour les bosons et on précise que c'est le phénomène d'attraction quantique \
305	K	\ (.. ?) c'est le cas contraire de bosons::
306	H	(.. ?)
307	K	attraction quantique ( ?)
308	H	hum . (.. ?) (BAS) on précise que pour les bosons . caractérisés par une fonction d'onde . toutes les permutations possibles . alors que pour [le . lehne] . <i>c'est le phénomène . d'attraction quantique</i> + et c'est tout (FIN)

L'ensemble de ces opérations effectuées par G4 confirme globalement les difficultés d'expression (constatées lors de l'étude des textes cibles) et en particulier un rapport conflictuel à l'expression des relations entre les différents segments, surtout celle de conséquence, et à l'explicitation de ces relations par de bons connecteurs.

Les conséquences de cette sélection abusive et de la (non-re)-formulation des relations structurant le texte ne sont pas constatées seulement chez G4. G7 condense aussi les données relatives à la construction de chacune des fonctions alors qu'elles sont longuement traitées et reformulées tout au long de l'interaction. Ce groupe procède, entre autres, à une explicitation de la relation entre la nature du déterminant et le principe de Pauli en introduisant la justification à la fin de 133 :

132	M	hum
133	K	bon .. d'après les propriétés d'un déterminant . on a l'échange de deux particules conduit à la permutation de deux colonnes ce qui conduit à . un échange . de signe de psi . sauf que psi est égale à 0 bien sûr . donc . ce déterminant satisfait le postulat de symétrisation . bon . principe d'exclusion de Pauli .. soit un système de N fermions . <b>le déterminant . est nul . lorsqu'on a deux lignes identiques</b> . vu qu'au cours d'une permutation il faut avoir un signe moins .
134	M	euhum

Il reprend l'explication de ce principe lors de l'explication du diagramme énergétique des fermions à  $T=0$  (« les cases quantiques ») mais il ne la réintroduit pas dans son texte rédigé. Le recours au déterminant n'est lui-même pas justifié et la conséquence sur l'occupation des états énergétiques, c'est-à-dire le principe de Pauli, est remplacée par une conséquence liée directement à la nature du déterminant (matrice carrée) introduite dans les explications avant même que le principe ne soit abordé.

Chez G3, la sélection importante se combine, en plus, avec la quête de formes linguistiques simples. La simplification et « le filtrage » du texte, à la fois au niveau des données et de la mise en mots, sont à l'origine de l'introduction de l'expression mathématique du postulat (seg 7), pour la première fois dans l'interaction, lors de phase rédactionnelle et juste avant son inscription (en 218) ; et de la mise en jonction des segments 6-7 et 8-13 par simple coordination (en 222). Ce phénomène d'apparition subite est notée aussi avec le seg 20 : la justification du principe de Pauli n'a été traitée par G3 ni lors de la PDN, ni lors de l'exposé. Elle est passée sous silence jusqu'au moment de la rédaction du principe. Son inscription est tout aussi brusque que son introduction (en 287 et 290) et sa formulation brève reste elliptique sur son rôle.

Aussi, la reformulation finale s'accompagne-elle chez certains de l'altération des données : des relations sont expliquées et explicitées correctement lors d'échanges explicatifs et reformulatifs pour la PDN et l'exposé oral mais sont mal re-formulées lors de la rédaction. C'est le cas par exemple du seg 6 du texte TS de G4. Ce segment, quelques tours avant son inscription est encore reformulé correctement (en 284) pour être enfin déformé lors de sa (re)-formulation/ inscription (en 288) sans que cette déformation soit attendue. De même pour les seg 9 et 11 du même texte qui identifie la statistique appliquée à chacun des deux types de particules. Le retraitement et la restructuration des données relatives aux bosons et aux fermions (cf. exemple en 2-2-3-2-) ont permis une reformulation rapide des segments qui leur correspondent. Mais cette reformulation met en place des relations altérées entre les particules et les statistiques auxquelles elles se réfèrent (de 288 à 293) : le déplacement de ces identifications s'accompagne de la création de liages incorrects - « d'où » et « c'est » - introduits par consentement mutuel et sans que les participants ne s'aperçoivent de la non validité de ces nouvelles informations.

Le passage à la rédaction et la contrainte de cohésion qu'elle implique amène G7 à faire des choix linguistiques qui répondraient à cette attente :

242	K	(...) (COUPURE) bon . on va faire un enchaînement entre grand un et grand deux . euh .. à éliminer donc . grand deux . grand deux à éliminer
243	M	(ça y est ?) +

Les segments 11' et 12' sont raturés parce qu'ils ne correspondent pas à cette contrainte de la continuité. Toutefois, les choix faits par G7 ne s'appuient pas sur la détermination des liens logiques entre les segments, que G7 semble pourtant comprendre, mais sur le recours à des formes linguistiques connues, des préconstruits, comme pour la création du seg 11 et 18 :

244	K	bon . on est arrêté . par conséquence en mécanique quantique <b>deux</b> particules identiques sont <b>deux</b> particules \ <b>indiscernables</b> . ok . [beh] .. pour ces
245	M	\ <b>indiscernables</b>
244	K	particules . pour . ces particules ... on définit .. (...)

255	K	<u>+ et pour . mieux comprendre . mieux comprendre . la notion de symétrisation .. on va prendre deux types de particules ... particules . tel que les bosons .. et les fermions + les bosons . bosons . sont des particules . de spin .</u>
-----	---	--

Dans le premier cas, la stratégie de l'enchaînement thématique avec le seg 10 amène la construction (en 242) du seg 11 à partir de la reprise du thème « particules » : l'enchaînement ainsi créé entre I et II ne tient pas compte du rapport entre I-II et III. Dans le deuxième cas, la suite d'exemples définissant les particules fait ressurgir le cliché scolaire : « les exemples servent à comprendre », cliché qui inspire la création du seg 18 (en 255). Ce segment, ainsi formulé, crée un effet de subordination de l'ensemble des informations sur ses particules (y compris leur fonction et la différence entre eux à T=0K) à la notion de symétrisation. Cet effet est appuyé par les effets des jonctions entre les segments définissant les particules (seg 19 et 20), ceux déterminant leurs fonctions (seg 21 et 22) et ceux traitant de leur différence à T=0K (seg 24 à 29) :

263	K	<u>+ et pour . la construction . construction .. d'un état physique .. d'un système . constitué . de N .. de N bosons . (...) et pour un système . pour un système . constitué de N fermions .. (...) + et lors d'un étude . et lors . d'un étude .. des états . de fermions .. et des bosons à T est égale à 0 kelvin . T est égale à 0 kelvin . on constate . que pour les fermions .. pour les fermions .. (...)</u>
264	M	(...)
265	K	pour les bosons . pour les bosons (...)

des jonctions marquées notamment par les mêmes connecteurs « et pour/ lors », « pour » ce qui accentue l'effet d'enchaînement thématique.

G1 et G2 tombent aussi dans les pièges de la reformulation, et ce, malgré les précautions prises par l'un et l'autre et qui consistent à rester fidèle au texte source ou à s'en écarter au minimum. En effet, G1, à force de coller au texte du cours, finit par

commettre ce type d'erreur (segment 37). G2, en focalisant son attention sur la vérification de l'antisymétrie (exemple cité plus haut) reformule et déplace ce qui devient le seg 36 mais le but des seg 34 et 35 n'est pas perçu : les liens entre «  $\square$  change de signe sauf si  $\square = 0$  » et «  $\square = 0$  si déterminant  $= 0$  si deux particules occupent le même état » et « donc deux fermions ne peuvent pas occuper un même état » - pour que ne  $\square$  soit pas 0 est reste antisymétrique - n'a pas été perçu comme un lien plus pertinent et par conséquent n'a pas été traduit ce qui a laissé un vide logique important au passage au principe de Pauli.

Il est frappant de constater que malgré les difficultés expressives des participants, les échanges négociatifs soient peu présents et qu'ils soient peu conséquents comme pour G3. Il est tout aussi frappant que le seul groupe qui procède à une révision de sa rédaction soit G2 et que cette révision ne touche que des faits ponctuels (corriger un accord etc.).

La reformulation est peu conséquente lors de la première étape de la collaboration, la priorité étant accordée à la sélection et au traitement scientifique de la matière. Toutefois, nous voyons qu'elle est présente surtout lors des moments de traitement global des données et au moment de la reprise des blocs informationnels et de leurs inscriptions. Un intérêt plus important lui est accordé lors de la rédaction où elle devient au centre des préoccupations des participants. Mais elle s'accompagne peu de l'explicitation de certaines relations et de la création de ponts linguistiques entre des segments dont les rapports sont établis oralement et compris comme l'hypothèse de l'invariabilité de  $\psi$  et l'expression de  $\psi$  et l'état + et - du système. Aussi, l'opposition entre la fonction des bosons et celle des fermions n'est-elle pas toujours marquée malgré qu'elle soit perçue par les participants. La logique du texte scientifique est comme se suffisant à elle-même. Les participants ne semblent pas réaliser le vide que le non rétablissement de ce genre de relations peut créer.

La difficulté inhérente à la situation de rédaction est exprimée dans l'échange suivant marquant le début de la transaction de rédaction dans l'interaction de G4 :

272	H	(.. ?) qui est (.. ?) ici .. (COUPURE) donc on va essayer de rédiger . les idées et les points qu'on a cités précédemment . euh dans pour le cours de statistique des particules . système de particules identiques . euh précédemment . euh (rédi) euh . étudié . abordons . euh . les généralités . dans les généralités on voit bien . deux systèmes . qui sont la mécanique classique et la mécanique quantique . eu::h . donc . on peut dire .. que . pour la . mécanique classique .
273	K	(... ?) .. (COUPURE) bon il y a euh
274	H	qu'est-ce que tu proposes de faire (?)
275	K	dans le cas de la mécanique quantique cadre de la mécanique quantique flèche cadre de la mécanique quantique il y a les bosons flèche bosons \ euh flèche
276	H	\ [ble] flèche on doit rédiger . (.. ?) donc on doit rédiger . ce flèche [ma□neha] c'est \ une
277	K	\ [ma□neha] c'est plus:: . facile de mettre des:: . des (.. ?)
278	H	tu crois que c'est plus facile que rédiger (?)
279	K	hum.. (COUPURE)

Le choix auquel doivent faire face tous les étudiants est exprimé ici par les membres de G4 : faut-il ou non utiliser le langage symbolique en combinaison avec le langage naturel ? La difficulté de rédiger un texte sans recourir aux symboles et autres conventions tant chers aux discours scientifiques est avouée ici par K. Toutefois, les participants se plient à la contrainte de « la rédaction » telle qu'elle est souvent entendue en milieu scolaire, c'est-à-dire sans recourir aux flèches, aux abréviations etc. Mais ils ne semblent pas maîtriser toutes les facettes d'un tel travail.

### 2-2-5- Conclusion

Le tableau suivant résume le rapport des différents groupes aux différents actes selon le type de production en cours (rapports que nous avons détaillés plus haut).

		G1		G2		G3		G4		G7	
		PDN	Rédac								
sélect	co	++	++	++	-	++	-	++	-	+++	-
	négo	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
expli	co	54	4	4	-	4	-	144	3	144	-
	négo	54	4	4	-	-	-	-	-	3	-
plan	co	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-
	négo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
form	co	-	111	11	11	4	4	11	3	144	4
	négo	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0

Tableau des actions en co-énonciation et en négociation <sup>52</sup>

<sup>52</sup> Les signes de - à +++ désignent un recours pas important à très important au type d'échange en question.

La co-énonciation régit la collaboration chez les différents groupes alors que la négociation est presque inexistante sauf pour le traitement scientifique ou, de manière plus modérée, pour la sélection des informations. Les échanges co-énonciatifs de sélection du contenu, de traitement scientifique de la matière, de planification ou de re-formulation/ inscription, ne se construisent pas toujours par une acceptation manifestée et explicite. Elle est souvent sous-entendue. De même, les négociations ne sont pas toujours abordées directement. Elles présentent des moments de tension surtout qu'elles touchent la matière scientifique de manière directe, lors des explications, ou manière indirecte, lors de la sélection et de la reformulation. Différentes stratégies sont utilisées. Cette reconstruction ne se passe pas toujours sans heurts comme nous l'avons vu, il y a différentes stratégies pour faire accepter et inscrire les éléments, et différentes autres pour, au contraire, les rejeter. « L'inscription n'est pas simplement un acte individuel, relevant de l'inscripteur mais ne fonctionne dans l'économie globale de l'activité que quand elle est action collective, effectuée par M en coordination avec P. Ceci montre bien que la « réciprocité des perspectives » (Schütz 1967) n'est pas donnée par une communauté de « vues », un partage d' « idées » ou de « mémoire » mais se constitue à travers l'organisation interactionnelle de l'expérience, qui ne va pas de soi, n'est pas garantie par la co-présence, ni par le fait de s'entendre réciproquement parler, mais qui est un travail d'élaboration mutuelle des perspectives. » (Mondada, 2005 : 152).

Les actes subordonnés sont très importants pour les participants et, même s'ils se passent majoritairement en co-énonciation, ils présentent des coûts plus ou moins importants d'un groupe à un autre. La sélection ainsi que l'explication de la matière scientifique se font de manière quasi-linéaire, les éléments étant alors abordés dans l'ordre de leur apparition dans le cours, au fur et à mesure de la re-lecture de ce dernier. Le travail sur la planification en devient alors quasi inexistant. La concentration sur les deux premiers actes fait que les prises de notes de G1 et de G3 soient relativement plus coûteuses que celles des autres groupes notamment à cause des difficultés qui y sont liées, du type de notes qu'elles mettent en place (trop détaillée ou insuffisante) et de l'importance des négociations qui les accompagnent. D'un autre côté, ces difficultés sont accentuées par une difficulté d'effectuer des reformulations au moment de ces négociations et même des co-énonciations. Cette difficulté s'étend aussi aux moments de la réalisation de l'acte principal de (re)-formulation/ inscription et devient plus nette lors de la phase de rédaction. Nous assistons alors à deux réactions : G1, conscient du poids informationnel et scientifique du texte et par peur de l'erreur et de l'incomplétude, reproduit avec une grande fidélité le texte de départ. G3, conscient de l'enjeu de la tâche et de la situation d'énonciation, prend des risques et se lance dans la reformulation, encouragé par une compréhension quelque peu fragile.

La reformulation ainsi que la re-structuration des données sont fortement liées à l'explication et l'aisance ressentie face la matière scientifique et à l'importance accordée/ à la manière d'aborder le travail d'explication et de sélection. Ainsi, G2 peu confiant, ne se hasarde pas sur ce chemin (malgré qu'il ne semble pas avoir de problèmes de langue comme ceux de G3). Alors que G4 et G7, confiants et sûrs, se lancent dans un travail reformulatif plus ou moins important selon les données. Mais malgré une bonne compréhension des informations scientifiques traitées, malgré des échanges explicatifs

pertinents et la résolution des difficultés liées à la matière (quand elles se présentent), les textes de ces groupes présentent des altérations importantes des relations entre les segments : la raison en est directement liée à la mauvaise gestion des opérateurs de la paraphrase et surtout la mauvaise gestion de la sélection et mais surtout à l'incapacité de penser le texte dans sa totalité et en tant que discours. G4, par exemple, écarte à plusieurs reprises des informations essentielles parce qu'elles sont « supposées connues ». Il ne prend pas en considération la cohérence globale de son texte et c'est globalement le cas pour les autres participants. Ce sont les niveaux de structuration du texte, de portée pragmatique du discours et de sa perception par un lecteur X qui ne sont pas présents chez nos participants et dont l'absence affecte la qualité de leurs productions tout autant que des compétences ponctuelles et de bas niveau. Le travail d'explication effectué est important, le travail de sélection aussi mais les deux ne tiennent pas compte de la dimension discursive du texte lors de sa re-écriture et sa recréation. Ce sont ces compétences transversales qu'il faut développer.

L'étape de prise de notes joue aussi un rôle important dans cette aisance reformulative : plus les groupes font un réel travail sur les données du cours lors de la PDN comme c'est le cas pour G7 et G2 et plus ils arrivent à de meilleurs résultats. Mais il peut arriver que trop de confiance fasse perdre pied comme pour G4.

Il arrive aussi que des éléments reformulés en co-énonciation reflètent une maîtrise floue des connaissances scientifiques et qu'ils ont des répercussions sur l'exactitude des données. Il devient difficile de déterminer si c'est la reformulation qui est à l'origine de l'erreur ou si c'est l'incompréhension qui amène la mauvaise reformulation. La seule certitude reste les conséquences de l'un sur l'autre : plus on comprend, mieux on reformule, certes, mais aussi, rétroactivement nous sommes tentés de dire que plus on reformule mieux on comprend et mieux on manifeste cette compréhension.

### **2-3- les compétences (méta-) communicationnelle et (méta-) linguistique : la complétude dans l'interaction**

---

Nous avons dans ce qui précède les types d'échanges qui permettent aux différents collaborateurs de réaliser et de s'acquitter, au mieux, de la tâche demandée. Nous avons vu la signification et les conséquences de ces échanges (co-énonciatifs et négociatifs, action principale et actions subordonnées) sur les productions. Mais les différents types d'échanges peuvent être lus à un autre niveau : celui de l'interaction et de la complétude. Ainsi, qu'ils soient négociatifs ou co-énonciatifs, les échanges correspondent à un besoin de réussir la collaboration. Les objectifs immédiats déterminent alors si ce besoin sera satisfait dans l'entente totale ou par le moyen d'un désaccord - état intermédiaire et nécessaire au rétablissement de cette entente. Différents outils sont utilisés pour optimiser l'aboutissement et la réussite de la collaboration. Nous en reprenons quelques éléments afin de mieux cerner le profil linguistique de nos participants.

#### **2-3-1- Le métalangage et les connecteurs**

La présence d'un travail sur le métalangage n'est pas très importante dans les différentes

interactions et nous pouvons à peine parler d'échanges ou négociations métalinguistiques ou métasituationnelles. Nous citons pour les premières l'exemple de la négociation métalinguistique des membres de G2 sur « entre » (du tour 186 au tour 191). Pour les secondes, nous citons l'exemple de G4 (de 274 à 279) dans lequel se manifeste la prise en compte de la situation « on est pas dans un cours » et au cours duquel les participants tentent de répondre aux objectifs et aux contraintes de la situation de rédaction dans laquelle ils sont placés. Dans cet échange, d'ailleurs, c'est une négociation méta- sur le code (symbolique ou langage naturel) qui amène la prise en compte du niveau situationnel.

Les échanges métadiscursifs sont plus présents que les autres types de méta-, et surtout dans les négociations qu'elles soient sur la sélection ou sur la planification. Nous en avons abordé quelques cas dans les exemples cités plus haut (cf. 2-2-1-1 , 2-2-3-1) où les participants traitent de la pertinence des éléments abordés, de leur rôle dans l'économie du texte, de la place qu'ils doivent occuper etc.

La présence du métalangage se manifeste souvent au niveau de l'intervention par des commentaires ou des marqueurs métadiscursifs. Nous avons surtout des métadiscursifs sur la planification - qu'elle soit de la tâche (métaprocédural) ou du texte et du discours lui-même - tels que « on commence par (l'introduction) », « on passe maintenant », « on va parler maintenant de », « on va parler avant », « on va définir de nouveau » ; aussi des métadiscours comme « on va voir », « on va faire », « on va parler de », « on peut dire », « on peut insister » ou encore « il s'agit de » qui marquent les thèmes et les changements de thèmes etc.

Les participants ont recours à d'autres types de connecteurs pour organiser leur discours tels que : les connecteurs argumentatifs « donc », « alors », « d'où », « puisque », « car », « au contraire », « mais », « alors que » que nous retrouvons surtout chez G7, G4 ... ; les marqueurs de structuration tels que « alors », et parfois « donc » qui se vident de leur sens pour devenir des sortes de « tic » conversationnel notamment dans la bouche de B (de G1) ; les connecteurs de reformulations surtout et presque exclusivement « c'est-à-dire » (G7). Certains de ces connecteurs surtout d'organisation du discours, d'expression de lien logique et pragmatique (donc, alors, c'est-à-dire, mais) mais aussi des marqueurs « méta- » (comme nous l'avons vu pour G2 par exemple) sont reconduits dans les reformulations finales et dans les rédactions.

Les participants accordent plus d'importance au discours lui-même, surtout scientifique, qu'à en expliquer ou en justifier les mécanismes. Le besoin d'organiser la tâche et de guider l'autre par des méta sur le discours, la planification, le linguistique etc., de rendre compte et d'explicitier les raisonnements par les marqueurs discursifs et de connecteurs logiques, argumentatifs etc. n'est pas très pressant chez nos participants. Quand bien même il est quelque peu fréquent chez certains (nous pensons surtout aux marqueurs métadiscursifs pour G3), il n'est pas transféré à l'écrit et reste oral. Cette compétence communicationnelle n'est pas perçue comme une compétence transférable d'une production à une autre, d'un niveau à un autre, d'une situation de production à une autre. Ceci est peut être dû en partie à la nature de la tâche et surtout du texte : le texte scientifique et son organisation se tenant et se justifiant par eux-mêmes pour nos participants, il s'agit de se laisser guider par le texte déjà présent. Ce qui est moins le cas

avec une rédaction où les données de départ seraient moins lourdes et contraignantes et où les rédacteurs seraient plus amenés à créer et à faire des choix plus personnels. Aussi, n'est-il pas tout à fait à exclure, au vu des lacunes et des faiblesses d'expression et de langues de nos participants, que ces derniers se cachent derrière cette immunité du texte scientifique pour ne pas avoir à affronter les difficultés liées à un travail d'explicitation et de mise en mots.

### 2-3-2- La reformulation

Nous avons traité dans ce qui précède la (re-)formulation en ce qu'elle est directement liée à la production des textes, c'est-à-dire en ce qu'elle est manipulation linguistique des données qui vont être énoncées ou inscrites. Ici, nous traitons la reformulation en tant que moyen utilisé par les participants pour se comprendre, pour échanger des informations et avancer dans la tâche. Elle est tournée vers la reformulation des données scientifiques. Elle est alors ré-explicative comme nous l'avons plus haut (échanges de G7 ou de G4) .

Elle peut être aussi récapitulative. Elle assure le passage de moments d'explications et de négociation sur la matière scientifique à la reprise de la co-énonciation. Ainsi, après avoir négocié l'explication des diagrammes énergétiques entre 133 et 141, Z de G2 récapitule en 142 la différence entre les bosons et les fermions et leur rapport aux phénomènes de répulsion et d'attraction

La reformulation récapitulative assure aussi le passage à la mise en mots et l'inscription comme dans l'échange suivant de l'interaction de G4 :

299	H	bosons . on utilise le déterminant de Slater . euh . qui est défini comme . ainsi . la ligne . est occupée . par . une seule . particule . qui . change de position . et . la:: colonne . euh:: . est . définie comme . un état donné avec une particule ([mathalan] ?) . une particule change . qui change . donc . on a dit alors que pour les fermions <i>on utilise . le déterminant .. de Slater</i> . le déterminant de Slater . on a dit que . la ligne . <i>les lignes . sont occupées . par . des particules données .. et les colonnes . par les états . par les différents états . de ces particules ..</i> [behi] .(...)
-----	---	--

Dans ce cas, elle ne sert pas uniquement à stabiliser la forme linguistique de ce qui sera écrit mais aussi à rappeler ce qui a été dit, choisi, expliqué afin de s'assurer de l'acceptation et de l'accord de l'autre.

La reformulation récapitulative sert de tremplin sur lequel les deux interlocuteurs s'appuient pour annoncer la suite de la conversation. G2 y a recours souvent pour marquer les points les plus importants, ceux qu'il faut retenir (cf. 2-2-4-2). Elle sert aussi à faire une mise au point qui marque la fin de l'explication d'une donnée du cours et le début de l'explication d'une autre. C'est le cas dans l'exemple suivant extrait de l'interaction de G7 :

23	K	(...) donc . on aura ... qu'au cours d'une permutation . de deux états quantiques
----	---	---

		. on a . un changement de la fonction d'onde . soit qu'elle est positive ou négative vu que lambda est égale à plus ou moins 1 .
24	M	hum .
25	K	et ceci du à l'indiscernabilité des particules + petit deux . (...)

dans lequel K récapitule le principe de permutation et ses implications avant de passer au point suivant.

La présence de ces reformulations à objectifs interactionnels varie d'un groupe à l'autre, de même que les actes métalangagiers qui y sont liés. Elles sont plus en rapport (et presque exclusivement en rapport) avec les explications et le traitement scientifique des données - la sélection, la planification du texte ainsi que la planification globale de la tâche et la manière de procéder sont exprimés en une seule fois et de manière qui semble univoque pour les participants. Ces reformulations à objectifs interactionnels semblent dépendre d'une vision personnelle de la tâche et de la collaboration. Toutefois, nous remarquons qu'elles sont souvent présentes dans les interactions dans la langue première des interlocuteurs : l'arabe et plus précisément l'arabe dialectal.

### 2-3-3- Le code-switching

Le code-switching touche différentes facettes de l'interaction<sup>53</sup> :

- Le métalangage : qu'il soit métaprocédural (G3 : tours 27 et 28 ; G2 : tour 69) ; métaplanification (G2 : tours 55, 121), métadiscours (G1 : tours 6 et 7 ; G3 : tours 42, 54).
- Les explications, les reformulations explicatives et récapitulatives surtout dans les négociations, au moment des tensions, de surcharges cognitives. Le code-switching est alors un moyen d'assurer la complétude, de faire avancer la tâche avec un moindre coût cognitif. En effet, le recours à l'arabe, langue maternelle, permet de soulager la surcharge cognitive de la situation (G2 : de 86 à 90, de 136 à 142 ; G1 : de 51 à 60, de 133 à 135)
- Les connecteurs : marqueur discursif vide [behi] (=bon), marqueur de reformulation [ma□neha] (= c'est-à-dire).
- Les verbes : plus particulièrement certains verbes comme « avoir », « donner », « mettre », « faire » qui sont souvent utilisés dans les énumérations, la mise en place de données et de définitions, les explications, l'expression de rapport logique (de conséquence, résultats)
- Démonstratif et déictiques : [heḏija], [heḏa], [heḏuma](=celle/celui/ceux là, ceci) , [tawa] (=maintenant), [hna], [huni] (=ici)
- Régulation de l'activité et l'interactionnel : validation et demande de validation, ([behi] (=c'est bon), [dacurdu] (=d'accord), [fhemt(ni)] (=tu (m')as compris), [ej] (=oui)

Le code-switching est plus présent dans les interactions des uns que celles des autres.

<sup>53</sup> Nous utilisons ici la catégorisation établie dans le cadre du projet CMCU.

Ce sont G1 et G2 (dans l'ordre) y ont le plus recours. Pour G2, l'introduction du code-switching dans son interaction se fait de manière quasi progressive : plus nous avançons dans la tâche, plus les participants acquièrent de l'aisance et de la spontanéité dans leurs rapports, et plus ils font appel, spontanément, à leur langue maternelle. Mais aussi, plus la tâche devient problématique, plus ils recourent à l'arabe pour la résoudre. C'est le cas aussi pour G1 et G3 chez qui nous signalons le recours à l'arabe dès les premiers moments de l'interaction, mais ce recours reste plus ou moins modéré jusqu'aux moments de tension liés souvent à l'explication. Ainsi, nous pouvons avoir dans ces interactions des codes-switching ponctuels (marqueurs, validation, verbes) et dans d'autres cas, des échanges entiers en arabe, surtout explicatifs : les seules traces de la langue française s'y résument aux termes scientifiques alors que le raisonnement est pris en charge par l'arabe. Pour G4 et G7, cet outil communicationnel se limite à quelques connecteurs ou marques de validations.

Toutefois, pour tous les groupes, la présence du code-switching diminue lors de la rédaction et disparaît (quasiment) lors des exposés. Ces deux productions semblent perçues comme devant se faire exclusivement en français.

A la fin, il est difficile de ne pas penser que le recours à l'arabe vient pour combler une défaillance expressive, même momentanée ou occasionnelle. C'est d'ailleurs ce que exprime l'un des participants : K de G3 n'arrivant pas à trouver un mot en français en 293 et 295 avoue sa difficulté : [mo□i arbi], pour dire qu'elle raisonne et réfléchit en arabe.

### 2-3-4- L'oral miroir de l'écrit

Le bilan des problèmes de langue que rencontrent nos participants à l'oral vient confirmer celui fait à la fin de l'étude des textes écrits : lacunes de grammaire, de conjugaison, de lexique, de construction etc. sont tout aussi perceptibles à l'oral qu'ils l'étaient à l'écrit. Les exemples, qui nous ont permis d'illustrer les différents points de notre analyse, en témoignent.

La révision sur la langue est rare. Seule G2 y consacre une partie de son temps : des erreurs d'accord sont alors soulignées et corrigées, erreurs attribuées à l'inattention. Mais au cours de l'interaction, les erreurs commises ne sont pas relevées. Il est difficile de dire si cela est dû à la non-perception de ces erreurs ou la volonté de préserver le relationnel et les faces au cours de l'interaction. Aborder ces erreurs pourrait alors être perçu comme une menace pour la face de l'autre et donc pourrait menacer l'entente et la co-énonciation. Ainsi, même quand il s'agit de notes reprises comme la conclusion sur la coexistence des bosons et le principe de Pauli pour G1, l'erreur de « lecture » commise par B n'est pas soulignée par M-S, et ce, à deux reprises (226, 234 et 412). L'erreur n'est corrigée qu'en 456, c'est-à-dire au moment de l'inscription, moment où elle devient discriminante pour le travail rédactionnel.

Des problèmes de reformulations transcodiques apparaissent aussi : il s'agit de la non-stabilité des formes et des symboles et de leur lecture qui varient quelque peu d'un binôme à un autre (lectures de la fonction « psi », du déterminant de Slater, de l'exemple des permutations des états des bosons etc.). Cette difficulté atteint son paroxysme avec le participant B de G1 : ce dernier présente même des difficultés à reconnaître les codes

et les symboles ainsi que les abréviations usuelles du domaine. (Par exemple en 196, il traduit « prop » par « proposition » et « positions » alors qu'il s'agit de « propriétés » et en 35 il n'arrive pas à lire « <sup>3</sup>He » « atome noyau hélium 3 » etc.).

Aux problèmes de conjugaison, grammaire, lexique s'ajoutent, pour certains, des difficultés de prononciation. Ainsi, K de G7 semble avoir des difficultés à prononcer [y] ce qui fait que au lieu de dire « vi » au lieu de « vu » et « sé sutu » pour « **se situe** » même s'il fait des efforts pour rattraper son erreur comme en 265. Cette difficulté peut avoir des répercussions d'autant plus graves qu'elle peut dépasser l'ordre phonétique pour atteindre la morphosyntaxe comme c'est le cas pour le verbe admettre prononcé « admit » en -19- et écrit « admit » seg 15 de la rédaction.

## 2-6- conclusion

---

Dans ce chapitre, nous avons pu voir à travers l'étude des interactions qui ont permis la réalisation des différentes tâches, que les stratégies de production diffèrent d'un binôme à un autre, et par conséquence les résultats aussi.

L'une des premières conséquences concerne la prise de notes et son rôle dans l'amélioration du travail mais surtout des conditions du travail : la mauvaise gestion de cette étape peut se traduire par une charge cognitive de la tâche qui devient trop lourde en l'absence de support, un aide-mémoire qui permet de se décharger de la focalisation sur la mémorisation des éléments à garder, leur planification, et donc de soulager sa mémoire d'un ensemble d'actes effectués, en faveur de la tâche finale à faire qui est la rédaction -ce qui permettrait aux rédacteurs de se consacrer plus aisément à cette tâche et avec un minimum de coût.

Nous avons aussi souligné la prédominance de certains types d'échanges, à savoir les échanges co-énonciatifs, par rapport aux interactions et ce quelque soit la stratégie adoptée par le groupe. Nous avons aussi vu que la nature de certains échanges, ce sur quoi ils portent, varient selon la phase de travail en cours et selon le produit qui va en découler. De même, suivant ces deux derniers critères, une plus ou moins importante part des échanges peut se faire en négociation. Nous avons aussi établi le lien entre ces résultats et ceux auxquels a abouti l'étude RST. Faire le lien entre le type et la nature des échanges et entre les différents types de relations identifiées dans le deuxième chapitre de ce travail nous a permis de voir les incidences des premiers sur les deuxièmes, et de pouvoir identifier à quels moments et comment se (re-)construisent les relations, comment elles sont reprises ou altérées et pourquoi.

La mise en rapport des résultats de l'étude du processus et des interactions avec le résultats de l'analyse des différentes relations nous amène à établir le lien suivant entre le travail (re-)formulatif et le travail explicatif (surtout en co-énonciation) : la maîtrise (ou le sentiment de maîtrise) des données scientifiques s'accompagnant de restructurations et de reformulations (explicatives et récapitulatives) aboutit à des altérations importantes. Ces altérations ne sont pas plus dues à une mauvaise maîtrise des connaissances en question qu'à une mauvaise maîtrise des mécanismes de la (re)-formulation et de la (re)-construction de textes. Les étudiants souffrent de difficultés à traduire clairement et

même correctement leurs intentions et les intentions véhiculées dans le texte source. Un autre paramètre, d'ordre personnel, rentre aussi en ligne de compte : il s'agit du sentiment de sécurité par rapport à ces connaissances langagières et scientifiques qui incite ou non à la prise de risque reformulative. Et c'est bien là le problème pour nos participants : ils sont entre hésitants (G1 et G2) et peu compétents (G3, G4 et G7)

Nous ne cherchons pas à tracer un profil négatif de nos participants. Nous avons vu tout au long de cette recherche qu'ils ont, en plus des compétences scientifiques, certaines compétences communicationnelle et linguistique que nous n'avons pas manqué de souligner à travers l'études des reformulations, des stratégies rédactionnelles. Mais ces compétences ont besoin d'être remodelées et affinées afin qu'ils puissent faire face aux exigences des différentes situations qu'ils auraient à gérer.



# Chapitre VI- Les propositions didactiques

La situation mise en place, les différents objectifs que nous nous sommes fixés - à savoir les études des différentes compétences discursives - et les points que nous avons identifiés et étudiés tout au long de notre recherche, nous ont amenés à distinguer les quelques orientations suivantes pour d'éventuelles propositions didactiques. Le manque d'expériences pédagogiques directes - expériences dont s'inspireraient nos propositions et qui les (ré-) orienteraient en retour -, fait que les propositions que nous présentons sont souvent inspirées de nos recherches à ce sujet et des expériences décrites par différents chercheurs. Il n'en est pas moins que nos choix sont fortement guidés par nos propres constatations au vu des résultats obtenus à partir de l'analyse des données de cette recherche. En effet, nos propositions tiennent compte des résultats qui apparaissent lors des études des différents produits, oraux et écrits, mais qui tiennent compte, aussi, des différentes théories exposées tout au long de notre travail, non seulement en tant qu'outils théoriques et outils d'analyses, mais aussi en tant que points de départ pour la mise en place d'outils didactiques appropriés.

Nous avons, pour les besoins de notre recherche, été amenés à travailler sur un ensemble de points qui se situent sur plusieurs niveaux : la structure rhétorique, la composition en unités de hiérarchisation, la réécriture avec la paraphrase, la reformulation et le résumé, l'écrit scientifique. Nous avons travaillé aussi sur la rédaction conversationnelle, la prise de notes et l'exposé. C'est en partant de cette panoplie de

cadres théoriques et outils d'analyses que nous présentons quelques les quelques propositions suivantes. Ces propositions n'ont pas systématiquement de rapports directs entre elles. Toutefois, elles s'inscrivent toutes dans la continuité des différents résultats obtenus à l'issue des différentes analyses faites sur les corpus. Elles sont ancrées dans le cadre socio-linguistique décrit au départ, à savoir le cadre d'un français langue seconde en Tunisie, et tiennent donc compte des objectifs institutionnels mais, aussi, effectifs et réels décrits et identifiés ci-dessus. Bien sûr, toutes les théories ne sont pas adaptables à une exploitation didactique, mais elles peuvent en être l'inspiration, à certains niveaux.

Nous escomptons qu'il soit tenu compte de ces quelques orientations dans les cours dispensés en français dans les universités scientifiques. En effet, depuis 2002, des cours complémentaires sont dispensés dans plusieurs universités scientifiques et, entre autres, à l'université des sciences de Bizerte, pour essayer de palier le déficit langagier constaté chez les universitaires spécialisés en sciences. Toutefois, ces cours ne sont pas régulés par un programme précis et les choix des contenus sont laissés au bon sens et parfois au bon vouloir des enseignants. De même, ces cours sont dispensés par des enseignants recrutés parmi des enseignants de français au lycée et des vacataires. Loin de nous l'idée de sous-estimer les compétences des enseignants sélectionnés pour ces cours, mais le fait est qu'ils manquent souvent d'expérience dans le domaine de l'enseignement des langues de spécialité et que, à cause de cela, il serait plus recommandable de faire appel à des enseignants ayant reçu une formation dans ce sens. Comme le souligne M-C. Pollet, « (...) mettre en place des stratégies nécessite une infrastructure logistique satisfaisante, en termes de personnel et de locaux, mais aussi des travaux de recherche destinés à analyser les situations d'enseignement universitaires et à faire évoluer les pratiques » (2001 : 146). Ce sont là quelques unes des conclusions auxquelles a abouti un rapport d'évaluation de *l'enseignement du français et en français en Tunisie*, datant de juin 2004 et invitant à un renouvellement - dans le supérieur - de l'enseignement *du français et en français*.

Nous reprenons donc, un à un, les différents points qui nous semblent convenir à une mise en place de propositions didactiques où les profils et les besoins du public d'apprenants en question sont pris en compte.

## 1- La langue seconde

### 1-1- Au-delà de la grammaire : la compétence textuelle

---

Le rôle du français dans l'enseignement, son apprentissage précoce, sa cohabitation avec une ou plusieurs langues, et la variabilité de son statut social sont des critères qui impliquent des directions didactiques particulières. Dans le système scolaire, le français langue seconde est le moyen par lequel l'apprenant accède aux différents savoirs. En Tunisie, c'est la langue par laquelle l'enseignement scientifique s'effectue au lycée et à l'université. Elle devient « outil d'analyse, de raisonnement et de transmission

d'informations » (Miled, 1998 : 48). Un simple apprentissage des règles grammaticales et syntaxiques est alors insuffisant et nécessite d'être complété par un enseignement tourné vers l'acquisition de compétences discursives et de « structures transversales » telles que l'expression de la synthèse, la déduction, la comparaison, et ce, dans des discours variés comme les textes philosophiques, les comptes rendus d'expériences, les argumentations mathématiques... . L'acquisition de ces compétences transversales devient alors un objectif primordial qui va au-delà de l'acquisition souvent réductrice des simples faits linguistiques ponctuels.

Le contact avec la langue seconde se fait relativement tôt que ce soit dans l'école ou même avant dans la société. De part ce fait, l'enseignement du français ne peut être conçu comme une simple acquisition d'un autre système linguistique. En effet, « à côté du premier idiome acquis, le français assure une fonction de structuration liée au développement cognitif de l'élève ; c'est par ce moyen également que celui-ci acquiert d'autres savoirs et savoir-faire, qu'il accède à l'abstraction qu'il cultive ses capacités de raisonnement ; autant d'activités qui mobilisent des fonctions cognitives et langagières transférables dans d'autres domaines d'acquisition et d'utilisation des connaissances » (Miled, 1998 : 49). Une des implications didactiques qui pourraient accompagner cette « précocité » de l'enseignement des langues secondes pourrait être le développement d'une « conscience linguistique ». L'enseignement se proposerait d'expliquer, même très simplement, à l'élève les faits linguistiques et discursifs auxquels il a recours. Tôt, grâce à cette compétence « méta- », l'élève apprendrait à s'auto-évaluer et à mieux gérer les informations (grammaire, conjugaison, orthographe, construction...) qu'on lui donne. Il prendrait conscience dès le début de son apprentissage que maîtriser une langue n'est pas une simple histoire d'acquisition de faits linguistiques et dépasserait vite cette vision restrictive et simpliste des mécanismes de l'acquisition et de la maîtrise d'une langue.

### 1-2- Les didactiques convergentes

---

Quoique opérant aux premières années de l'enseignement d'une langue étrangère, la méthodologie convergente nous paraît importante à souligner dans le cadre de nos propositions même si elle ne répond pas directement aux besoins de notre public. En effet, « Des didactiques convergentes » de la langue maternelle et de la langue seconde semblent se présenter d'elles-mêmes pour répondre à des besoins pédagogiques aussi particuliers que ceux d'un public comme le public tunisien. Elle souligne des principes qu'il nous semble bon de rappeler parce que valables quel que soit le niveau des apprenants. Cette didactique part du fait que face aux langues, l'apprenant ne fait pas joindre deux systèmes linguistiques seulement mais aussi deux codes culturels. Deux attitudes peuvent se manifester : faire correspondre aux deux codes le modèle pédagogique de l'une des deux langues ; ou alors inversement opter pour deux stratégies d'appropriations différentes ce qui met l'apprenant souvent dans une situation où il y a une incompatibilité importante entre les deux approches d'apprentissages des deux langues par lesquelles il accède aux différentes informations et formations, ce qui affecte son rendement. M. Miled ajoute que « Ces divergences dans la façon de développer les connaissances ou les compétences chez l'apprenant se manifestent aussi lorsque les deux langues sont

utilisées dans le même système scolaire comme véhiculaire d'enseignement » (1998 : 50). Il cite alors l'exemple d'un enseignement qui s'opère sur la base d'un passage d'une langue maternelle à une langue étrangère pour dispenser certains enseignements, ce qui est le cas de l'enseignement des sciences en Tunisie. Dans ce cas, il faut souligner les différences inhérentes aux particularités conceptuelles et métalinguistiques de chacune des langues.

M. Miled souligne qu'il n'est pas question dans une perspective de didactiques convergentes d'assujettir une méthodologie à l'autre ou de les uniformiser, mais l'objectif, tel qu'il le définit, « est d'harmoniser des approches pédagogiques portant sur le même objet (la langue), ayant des finalités identiques (l'appropriation de cette langue) et se situant dans un contexte bilingue ou multilingue » (1998 : 50). « La langue maternelle est non seulement développée pour elle-même mais aussi développée en propédeutique à la langue seconde » (Cuq & Gruca, 2002 : 312). Cette méthodologie valorise la langue maternelle - et à travers elle la culture maternelle - et la ré- exploite dans l'acquisition d'une langue seconde par le réinvestissement de procédés et d'activités ayant servi pour l'apprentissage de la première langue. Cette méthodologie s'appuie ainsi sur le « développement de capacités cognitives transférables plutôt que d'hypothétiques correspondances linguistiques » (Cuq & Gruca, 2002 : 313) capacités qui représentent pour nous un point d'appui et un atout majeur dans l'enseignement que nous préconisons. Toutefois, selon J-P. Cuq et I. Gruca, la réussite de cette méthodologie ne va pas sans quelques exigences notamment des maîtres bilingues formés à cette méthodologie, un matériel pédagogique adéquat, des classes peu chargées afin d'assurer la bonne communication et d'optimiser la participation etc.

Le développement d'une compétence métalinguistique acquiert de l'intérêt dans cette perspective des didactiques convergentes. La convergence didactique peut permettre aux apprenants de mieux connaître les systèmes linguistiques en question, à travers l'observation des langues et la comparaison entre elles. Elle peut les amener aussi à identifier par eux -mêmes des points de convergences ou de divergences susceptibles de favoriser leur apprentissage.

Par ailleurs, le principe de la « convergence » rejoint aussi les propos de A-C. Berthoud et B. Py (1993) qui prônent un enseignement de L2 s'appuyant sur la réactivation des « différentes stratégies - pragmatiques, sémantiques et syntaxiques - que nous avons progressivement mises en œuvre dans le développement de notre L1 » (Berthoud & Py, 1993 : 105). Ce sont donc les « opérations généralisables » qui sont ciblées et non les opérations spécifiques, opérations, qu' ils faudrait, comme ils le disent, identifier et mettre en avant par des études comparatives entre les deux langues, et ce, à différents niveaux.

Pour aller plus loin dans cette approche convergente et coller à l'esprit général que met en place l'adoption d'une telle didactique, il serait bénéfique à l'intérieur des institutions d'avoir des contacts inter-départements pour que les étudiants aient une plus grande habitude du bilinguisme, voire du plurilinguisme, et des contacts entre les langues arabe, française, et anglaise. Casser l'image du cloisonnement de chaque langue dans son propre et unique département en favorisant les échanges et la création d'espaces communs ne peut qu'aider à mieux servir l'esprit de cette didactique et veiller à

ce qu'elle soit non seulement l'affaire d'une classe de langues mais des différents départements et institutions.

### **1-3- L'hétérogénéité dans la variabilité**

---

Comme nous l'avons déjà exposé dans la présentation sociolinguiste, la société tunisienne et le milieu scolaire en particulier offrent une « variabilité » d'usages langagiers. Les apprenants doivent faire face aux exigences et aux difficultés qu'implique une telle situation. Ils doivent savoir quand utiliser ou s'abstenir d'utiliser l'arabe, avec ces deux variantes dialectale et littéraire, ainsi que le français. De plus, dans cette « variabilité » à gérer, les apprenants doivent faire face à l'hétérogénéité de leurs connaissances et de leurs rapports aux différentes langues en question. Ainsi, ils ne se situent pas tous sur la même ligne par rapport au français, alors que le curriculum présuppose une homogénéité du public dans une même classe et plus largement dans toutes les classes du même niveau dans tout coin du pays. C'est au professeur qu'incombe alors la tâche de faire face aux conditions réelles de sa classe, de gérer et d'aider les apprenants à gérer la variabilité des langues en guidant et en clarifiant les normes de leurs utilisations, et d'essayer de réduire le décalage qui peut exister entre le niveau réel de son public et le niveau présupposé par les programmes. Ce décalage peut être d'autant plus important au fil de leurs progressions scolaires et arrivés à l'université, qu'il risque de s'amplifier ne serait-ce qu'à cause de la diversité des origines et des cursus des différents étudiants. Nous nous joignons à M. Miled pour dire que des tests d'évaluation peuvent s'avérer nécessaires et utiles pour évaluer les compétences des apprenants et aussi pour identifier les réticences que certains peuvent avoir face à la langue. Ces tests, et les apprenants doivent bien le comprendre, ne sont pas des outils de sanction ou de notation et encore moins des épreuves de certification, mais des outils d'évaluation de connaissances afin d'homogénéiser au mieux les classes et d'adapter les programmes au niveau réel de la classe. Ces tests peuvent constituer aussi une étape importante dans la formation. Lors de cette étape, les apprenants peuvent identifier leurs lacunes, ce qui leur permettra par la suite de comprendre les motivations des enseignements dispensés et de pouvoir en fin de cursus se rendre compte des progrès réalisés.

Ces tests se feraient en première année. Ils auraient pour fonction d'évaluer, d'un côté, les compétences de compréhension écrite et orale, de grammaire, de syntaxe, au moyen de questions à choix multiples ; et, d'un autre côté, d'évaluer les compétences d'expression écrite au moyen de questions ouvertes qui nécessiteraient de courtes rédactions à visées argumentative, descriptive, énumérative ou comparative. L'expression orale, quant à elle, nous paraît difficile à évaluer vu le nombre important d'étudiants (surtout en première année à l'université) et le coût élevé (en heures) que cette épreuve nécessiterait. Par ailleurs, un test de suivi pourrait, éventuellement, être envisageable au début du cycle de spécialisation (troisième année). Le choix des textes, écrits ou oraux, se fera sur des sujets qui a priori sont significatifs pour les apprenants et qui sont liés à leur spécialités sans pour autant présenter de difficultés scientifiques majeures (par exemple de vulgarisation ou de semi- vulgarisation).

## 2- L'enseignant et l'interaction

### 2-1- Les fautes révélatrices de besoins

---

A-C. Berthoud (Berthoud & Py, 1993) distingue deux types de fautes : « des erreurs de compétences » qui relèvent de « lacune(s) au plan du savoir linguistique », et « des erreurs de performances (...) situées au niveau de la mise en œuvre du savoir linguistique » (Berthoud & Py. 1993 : 59). Les premières fautes, ou erreurs, sont alors la manifestation d'un manque de compétence, d'un vide notionnel. Les connaissances en questions n'ont pas été enseignées ou encore elles n'ont pas été retenues par l'apprenant. Alors que pour le deuxième type de fautes, il s'agit de ce que nous appelons souvent les fautes d'inattention en rapport avec des notions et des savoirs par ailleurs souvent bien assimilés et maîtrisés, des fautes que l'apprenant aurait été en mesure d'éviter avec un peu de recul par rapport à la situation d'énonciation. Cette situation peut être plus ou moins stressante comme lors d'un examen où il ne prendrait pas le temps, ou n'en aurait pas, de se relire ; ou lors d'une interrogation orale où la pression exercée par la contrainte de la bonne réponse et l'attente de la validation positive par l'enseignant peuvent déstabiliser les esprits un peu fragiles, ajoutée à cela la présence d'un auditoire qui peut s'avérer assez sévère : la classe. Nous parlons de lapsus et de ratés qui ne sont pas si révélateurs, sauf de tensions psychologiques ou de moments de dispersion.

### 2-2- Les attentes

---

Le rôle de l'enseignant dans ce genre de situation et sa manière de réagir à ces situations et plus généralement sa manière d'interagir avec les apprenants jouent un rôle important. Se placer en stimulant, en cultivant l'interaction en classe est la méthode la plus préconisée par les didacticiens. Comme le souligne J-F. Halté « l'activité langagière et l'activité interactionnelle sont décisives : elles constituent la base (et non seulement le support) de l'activité cognitive de l'apprenant » (1995 : 67). L'erreur identifiée, l'enseignant tentera d'amener les apprenants à réfléchir de manière objective et à des fins d'analyse - et non de critique ou de moquerie - aux raisons de cette erreur, comment et pourquoi elle est commise. L'interaction avec le professeur et avec les autres étudiants permettra de mieux comprendre l'origine de l'erreur ou de la faute, et les corrections proposées. D'ailleurs, ces dernières peuvent être saisies par les étudiants eux-mêmes dans des conditions optimales d'apprentissage - ce qui n'est pas à exclure puisque nous avons affaire à un public d'initiés et non de débutants.

Pour A-C. Berthoud et B. Py il s'agit, en plus, de se mettre à l'écoute des demandes de l'apprenant : demandes de reformulations, demandes de clarifications etc. Selon ses recherches, l'enfant est plus sensible aux interventions qui répondent à ces propres demandes. Il « (...) n'est perméable aux efforts métalinguistiques de ses interlocuteurs

que lorsque son système est apte à intégrer l'élément négocié. » (1993 : 72). A priori, ces résultats peuvent être généralisables à d'autres publics plus âgés. L'interaction est alors un moyen de répondre aux besoins et aux attentes de ces apprenants.

La question qui se pose, selon A-C. Berthoud et B. Py, est de savoir comment l'interaction peut déclencher le besoin d'acquisition et comment elle peut y répondre. Apprendre à communiquer dépasse le simple fait de véhiculer et de faire appel à certaines connaissances pour répondre à une situation donnée dans un certain modèle de communication connu ; mais plus encore, il s'agit de savoir reconnaître et analyser les situations afin de faire appel aux bons outils. Il ne s'agit pas seulement d'apprendre quoi dire dans telle ou telle autre situation de communication, comment poser des questions, comment y répondre etc. Il ne s'agit pas d'apprendre à réagir aux situations mais plutôt d'apprendre à les analyser, à les remettre en cause, à s'interroger sur leurs mécanismes, en prenant appui sur l'interaction. L'apprenant ne sera pas placé dans une attitude passive devant une situation problématique qu'il abordera de l'extérieur, l'action active étant assumée par l'enseignant ; bien au contraire, l'apprenant sera placé au centre d'une situation problématique qui l'interpelle, qui présente un intérêt pour lui et dont la résolution présente une motivation essentielle. Il partira alors en quête de l'information suscitant l'intervention de son enseignant. Cette interaction sera le lieu où se résolvent des problématiques relatives, par exemple, à certains types d'échanges comme les échanges explicatifs ou expositifs, aux éléments de coordinations, de justifications etc.

L'arbitraire des choix des problèmes et des situations d'apprentissages est souvent un obstacle dans l'acquisition. Et pour dépasser cet obstacle, A-C. Berthoud suggère vivement de faire des choix qui répondent aux besoins effectifs des apprenants, besoins « métalinguistiques » ou « métacommunicatifs ». Le rôle de l'enseignant, dans cette « conception cognitive et interactive » est celui d'un « subtil négociateur. Il doit à la fois proposer le matériel qui appelle le questionnement et assumer celui-ci, en articulant les hypothèses et représentations originales ou partielles des apprenants et ses propres références théoriques. Il effectue, ici, une intense activité de contrôle sur les mécanismes d'apprentissages » (Berthoud & Py, 1993: 78). Il n'est pas question de laisser l'apprenant seul face à toutes ces hypothèses et tous ces mécanismes au risque de le voir s'y perdre et se méprendre sur les objectifs à atteindre et les hypothèses à retenir.

### **3- La RST et les propositions didactiques : constructions de schémas rhétoriques**

Comme nous avons essayé de le souligner et de le montrer dans l'étude de textes écrits, source et cibles, aborder un texte scientifique n'obéit pas aux mêmes contraintes qu'un texte littéraire, philosophique ou autre. Là où pour ces derniers types de textes et les types de discours qu'ils impliquent, l'analyse thématique, la grammaire de texte ou la linguistique textuelle donneraient des résultats plus que satisfaisants, ces outils d'analyses appliqués à nos textes scientifiques ne permettraient pas de faire ressortir les

dimensions que nous voulions cibler. Elles ne permettaient pas de mettre sous la loupe de l'étude les phénomènes de structuration rhétorique qui sous-tendent la construction des textes et plus particulièrement les textes scientifiques. En effet, à notre avis, c'est cette dimension là qui est importante à voir et à analyser dans les données recueillies. Et c'est cette dimension là, nous semble-t-il, qu'il serait intéressant de développer et de cultiver chez les apprenants. Il est important de donner aux étudiants les outils nécessaires pour se rendre compte de l'existence d'une structure logique sur laquelle s'appuient leurs productions et de leur donner les moyens pour la (re-)créer dans ces productions, nous parlons notamment de comptes rendus d'expériences, d'examens, de mémoires de recherches dans le cadre de leurs études et de cours et de rapports dans le cadre de leur futur travail d'enseignant.

Toutefois, nous n'oublions pas que nous avons affaire à un public particulier, un public non avisé, un public dont les notions sur le domaine de la linguistique, du discours, de la rhétorique sont très élémentaires pour ne pas dire très limitées. Il ne s'agira pas pour ces apprenants d'utiliser la RST comme un outil d'analyse - une telle utilisation nécessiterait une formation préalable dont ils n'ont aucunement besoin. Et à vrai dire, une telle compétence d'analyse ne présente aucun intérêt pour ce type de public, leur but n'étant pas de faire un travail d'analyse pour identifier les structures et les différentes relations qui les supportent mais plutôt de savoir construire ces relations. L'utilisation que nous préconisons de cet outil se place du côté de la création, en amont de la production et à l'opposé de l'analyse. C'est donc sous un angle différent que nous nous proposons, ici, de présenter la RST même si nous réservons la possibilité de faire une démonstration de l'utilisation de l'outil d'analyse sur un texte modèle afin de présenter la théorie en question et de démontrer, par le travail de décomposition, le résultat de la chaîne de production..

Cette possibilité d'aborder la structuration rhétorique sous cet angle a été évoquée par M-P. Péry-Woodley (2001). Cette dernière se pose la question d'une possibilité d'associer - pour l'analyse RST et plus généralement pour les analyses liées aux modèles de cohérences - l'analyse montante (des unités minimales vers le texte) à la création et l'analyse descendante (du texte vers les unités minimales) à la réception. Les créateurs de la RST, W. Mann et S. Thompson (2001), quant à eux, même s'ils exposent cette possibilité, ne revendiquent pas cette utilisation de leur théorie comme une utilisation première. Bien au contraire, leur modèle est en premier lieu un outil d'analyse ou selon leurs propres termes « une méthode pour constituer des données » (2001 : 14). La dimension de cette théorie liée à la « création » de texte peut être considérée dans une théorie de texte dont elle serait une petite partie mais elle ne peut aucunement être considérée comme un modèle à part entière. Pour justifier cette restriction dans l'utilisation de ce qu'ils appellent le « Composant Théorique », W. Mann et S. Thompson font l'esquisse d'un « Modèle Conforme » (2001 : 24) dont ils présentent quelques présupposés comme le fait que ce modèle de création serait « descendant, hiérarchique et récursif » (2001 : 24), qu'il répondrait chez le scripteur à la réalisation d'un but, qu'il correspondrait, chez lui, à des structures de connaissances, que ces dernières seraient mises en rapport avec des choix portant sur ce qui sera dit (lexique, syntaxe, sémantique) etc. Mais ils ne manquent pas de souligner les limites inévitables qui sont liées à ces

présupposés et qui sont inhérentes aux implications qui en découlent. Ils n'hésitent pas à qualifier les présupposés d'« exagérément optimistes et rigides » (2001 : 25) surtout que la RST ne présente pas « le niveau de détail et de régularité espéré » (2001 : 25) par les constructeurs de modèles de création. Ceci dit, selon W. Mann et S. Thompson, les lacunes qu'on reproche à la RST présentent des atouts, et le manque de précision, de régularité, d'organisation, de taxinomie laisse les portes ouvertes à la créativité et aux différents apports des différentes disciplines. Concrètement, des activités pédagogiques liées à la RST ne sont pas proposées. C'est, donc, avec beaucoup de prudence que nous avançons nos propositions.

L'outil de création devra tenir compte du profil des apprenants scientifiques. Il ne devrait pas nécessiter des connaissances particulières. La formation en langue, reçue au lycée devrait pouvoir suffire pour créer un point de départ. Seront alors réexploitées les différentes connaissances sur la planification et les éléments de la cohésion et autres articulateurs logiques. Le but est de faire prendre conscience de l'existence du schéma de la structure rhétorique en amenant les apprenants à le créer. De la même manière qu'ils auraient mis en place un plan pour rédiger leurs textes, ils vont choisir les différents segments de leur structure en tenant compte des rapports qui existent entre eux et de leurs apports aux segments auxquels ils sont liés - tout en explicitant ces différents rapports.

Pour commencer, nous proposons une activité qui s'inspire largement des méthodes classiques, à savoir une activité qui porterait sur l'assemblage de morceaux ou de segments décomposés afin de leur faire reprendre une forme textuelle d'origine. La tâche des apprenants serait de justifier leur assemblage en identifiant les relations utilisées et en les explicitant par les bons outils linguistiques. Il s'agira de la recomposition du schéma de la RST. Une fois le mécanisme identifié, une certaine familiarité établie avec les différentes relations et leur combinaison, nous proposons un autre type d'activité, par exemple, une épreuve de rédaction. La consigne soulignerait bien la nécessité d'identifier les grandes lignes à traiter. En décomposant les grands points ou les segments en segments constituants : données, applications, démonstrations, justifications, conséquences, résultats, exemples, les participants identifient les schémas.

Ne disposant pas de modèles de schéma, il serait bénéfique de pouvoir en proposer. Pour cela, il faudrait procéder à des séries d'analyses (en quantité) sur des comptes rendus, des exposés etc. , produits par des experts afin de déceler les constantes et de pouvoir les présenter comme modèles sur lesquels les apprenants pourraient prendre appui. Cela va sans dire qu'une collaboration étroite avec les spécialistes dans les domaines scientifiques est nécessaire, et ce, à deux niveaux : celui, général et à une échelle importante, de la mise en place des modèles ; et celui, plus en rapport avec les publics en question, de la mise en place d'une série de sujets qui soient en rapport avec la formation des apprenants, et qui correspondent au type d'activité proposée - c'est-à-dire des sujets qui permettent de faire appel à différentes relations combinées à différents niveaux de la structure.

## 4- Les prises de notes et l'exposé

Comme nous l'avons souligné dans le chapitre IV sur les prises de notes et sur l'exposé, les activités liées à ces deux productions constituent des points sensibles pour nos participants. De manière générale, nous notons un certain degré de connaissance de ces activités et de leurs implications méthodologiques et linguistiques. Sont véhiculées des compétences liées au quoi faire, comment faire, quoi dire et comment le dire. Toutefois, elles sont utilisées de manières machinales et inconscientes, sans réflexions constructives (à vérifier dans les discussions orales). Encore une fois, une réflexion « méta » nous paraît importante à mettre en place. Faire en sorte que les participants aient conscience de ce qu'ils font des différents outils auxquels ils font appel tant dans la prise de notes que pour l'exposé, donc faire en sorte qu'ils dépassent l'imitation, leur permettrait de mieux gérer ces différents outils et d'optimiser au mieux leurs exploitations. Prendre conscience des différents moyens mis à leur disposition, de l'utilité de chacun d'eux par rapport aux autres et par rapport à la tâche à accomplir, ne peut que les guider dans les différents choix qu'ils sont amenés à faire et leur faciliter l'identification des besoins, linguistiques et communicatives, et les outils qui permettent de répondre à ces besoins.

Pour ces propositions, nous abordons les prises de notes et l'un des deux types d'oral que nous avons traités dans notre recherche, à savoir l'exposé scolaire (l'exposé enseignant sera traité séparément).

### 4-1- Les prises de notes

---

Dans une didactique du français langue étrangère, R. Bouchard (1996) note que les difficultés liées à l'expression orale et plus particulièrement au discours du professeur résident, pour les apprenants étrangers, dans les écarts propres à ce discours. Les étudiants trouvent quelques difficultés à suivre les différentes reformulations et à s'orienter à travers les répétitions auxquelles le professeur a souvent recours pour construire son discours, pour le rendre plus intelligible et plus accessible. Ce qui, pour les avertis, est considéré comme autant de points de repères qui signalent entre autres les informations à noter et à retenir, est perçue par les non-avertis comme des obstacles et des leurres qui peuvent fausser leurs perceptions et les induire en erreur. La réaction qui peut en découler est une prise de notes qui se veut la plus fidèle possible au discours tenu par le professeur, et ce, jusqu'aux moindres reformulations afin de prévenir d'éventuelles méprises sur ce qui est oui ou non à retenir. Certes, nos étudiants ne peuvent pas être mis au même niveau de rapport au discours professoral que ces étudiants étrangers. Ils ont de par le statut de la langue française en Tunisie et de par le fait qu'elle soit la langue officielle de l'enseignement des matières scientifiques, une certaine habitude de ce discours du moins à l'écoute. Mais leur comportement ne diffère pas beaucoup de celui des étudiants FLE. En effet, nos résultats ainsi que les différents propos tenus par les

enseignants auxquels nous avons parlé, tendent à confirmer le penchant prononcé de nos participants à noter scrupuleusement les propos de leurs professeurs. En partant de ce constat, la mise en place d'un enseignement visant à les sensibiliser plus et de manière plus consciente aux spécificités du discours tenu par leurs professeurs ainsi que la mise en place d'un enseignement visant à les sensibiliser à leur prise de notes deviennent des étapes importantes dans leur apprentissage. Il ne s'agit pas de leur prescrire ou imposer un modèle de prise de notes à suivre, mais de les amener à réfléchir sur le contenu du texte à partir duquel se fera la prise de notes, à réfléchir sur la situation de la prise de notes, sur l'utilisation escomptée à partir de ces notes : reconstruction de la cohérence du texte, mise en rapport des différents contenus informationnels déjà acquis et ceux à acquérir et retransmission en temps voulu de ces connaissances. Il s'agit donc de les amener à choisir la méthode adéquate, celle qui répondrait le mieux à leurs besoins.

Nombreuses recherches citées et décrites par A. Piolat (2001) insistent sur le rôle plus efficace de la méthode de prise de notes préplanifiée en plan ou en matrice de contenu et de la méthode des mots clés par rapport à celle libre et habituelle des noteurs qui est souvent linéaire et de mots à mots. Le résultat est senti au niveau de la quantité d'informations retenues et au niveau de leur compréhension, leur intégration et leur mémorisation/ rappel lors des examens. La raison en est expliquée par le traitement en profondeur fait, avec ces méthodes, sur les informations au moment de l'écoute ou de la lecture, et ce, en comparaison avec un travail plus centré sur la notation à laquelle ont recours habituellement les étudiants. Toutefois, l'étudiant n'a pas les moyens de connaître et de préparer d'avance sa prise de notes en aménageant l'espace de la feuille selon le plan du cours si le professeur ne le lui donne pas. Certes il peut relever le plan au fur et à mesure mais ne pourra pas organiser ses notes en matrices. Proposer aux enseignants de mettre à la disposition des étudiants le plan par le moyen de photocopiés pourrait être une solution envisageable.

Enfin, il faudrait insister sur l'utilité d'un retour sur les notes après coup et sur l'influence qu'une telle « habitude » peut avoir sur la consolidation de la compréhension et le stockage des informations. Amener, donc, les étudiants à automatiser une telle activité, même si elle n'est pas accompagnée d'une activité de réécriture immédiate, devient un premier objectif à atteindre. L'idéal serait, bien sûr de les convaincre, en plus, de revoir leurs notes pour les modifier et les réorganiser en plan ou en matrices de contenu, mais l'activité de réécriture n'étant pas toujours attrayante pour nos étudiants, il ne faudrait pas à notre avis la relier automatiquement et impérativement à la première au risque de les voir se détourner des deux.

Le rôle de la prise de notes dans l'amélioration de l'apprentissage est attesté par différentes recherches effectuées sur la question. La raison en est attribuée au fait qu'au moment de la prise de notes, celui qui prend des notes (« le noteur ») fait appel à plusieurs de ces connaissances et de ces compétences (de structuration, d'écriture etc.) qu'il met en rapport avec ce qu'il est en train d'écouter ou de lire, ce qui accroît l'activité de compréhension.

Quant à l'enseignant, encore une fois, il sera placé au centre des propositions didactiques : il sera le guide de la prise de notes. C'est sur lui que repose la charge de garantir ou du moins d'assurer la meilleure prise de notes possible. Pour cela, il aura à

adapter sa manière d'exposer son cours au type d'auditeurs qu'il aura en face de lui et à leurs niveaux. Garantir une prise de notes complète en procédant à une dictée de ses propres notes part, certes, d'intensions louables mais cette manière de procéder s'avère très coûteuse en effort de dictée et en temps. De plus, elle aliène l'apprenant et l'enchaîne à la parole du professeur ce qui ne permet d'amener l'apprenant à cette autonomie que l'enseignement est censé développer chez lui. Elle peut donc constituer un frein à une prise en charge par ses apprenants d'une part importante de leur apprentissage, de la même manière qu'elle peut être s'avérer fatigante et lassante pour l'enseignant ainsi que préjudiciable à la qualité de son cours. En effet, en assurant une dictée minutieuse, le professeur peut avoir la certitude que ces étudiants seront en possession d'un cours complet. Mais ce qui est gagné en certitude de transmission quantitative d'informations risque d'être perdu en transmission qualitative de ces informations. Le discours tenu par l'enseignant perd en spontanéité et en « fraîcheur » ce qui, au bout d'un moment, risque d'altérer l'intérêt et l'attention portés à la compréhension, l'auditoire se préoccupant plus de ne rien « rater », de tout transcrire ou recopier plutôt que de prendre le temps de comprendre. Il s'agit donc de travailler sur le discours de l'enseignant et de le préparer en lui suggérant les procédés à éviter et ceux à ré-exploiter.

**Projet INCA :** C'est en partant du constat de la difficulté pour des étudiants étrangers de prendre des notes à partir du discours du professeur lors d'un cours magistral que le projet INCA a été mis en place sous la direction de C. Parpette (Université Lumière , Lyon2). Nous avons eu la possibilité d'y participer tout au début, d'effectuer et de voir quelques analyses effectuées par les autres membres participants sur les discours des enseignants. Le projet vise à mettre en place une aide informatique, un logiciel, destinée aux étudiants étrangers afin de les familiariser à la prise de notes lors des cours magistraux qu'ils doivent suivre. Ainsi, en partant d'études des discours d'enseignants en Sciences économie à Lyon2, cours enregistrés, transcrits et analysés, et en s'appuyant sur les spécificités de ces discours, une suite d'exercices est proposée afin d'amener, progressivement, les apprenants vers une certaine maîtrise de cet outil primordial qu'est pour eux la prise de notes. Pour réaliser cet objectif, des activités de compréhensions sont proposées. Les apprenants auront à répondre à des questions sur le contenu et sur la langue, ils seront amenés à faire des résumés, mais aussi - grâce à la possibilité d'écouter des extraits de quelques cours - les apprenants travailleront sur les attitudes de l'enseignant afin de pouvoir reconnaître quelques-uns des points qui vont faciliter leur travail dans des situations réelles de cours magistraux. Ces différents exercices sont proposés avec des corrigés et un travail avec un professeur est prévu pour un exercice de synthèse qui projette une réutilisation de ce qu'ils ont compris dans un autre contexte. Des outils de compréhension ou d'aide à la compréhension sont aussi mis à la disposition des apprenants tels que la transcription, le lexique, les cartes, les graphiques liés au cours ou à l'extrait du cours traité.

Cette initiative nous paraît intéressante à voir de plus près et peut-être à adapter dans les situations qui nous concernent. Avoir recours à un logiciel ou un outil informatique pour dispenser des enseignements ciblés reste peut-être pour le moment un rêve plutôt difficile à réaliser mais la possibilité de le faire dans un futur - proche, nous l'espérons - est plus qu'envisageable vu les orientations nouvelles tant au niveau

international que national.

## 4-2- L'exposé scolaire

---

J. Dolz et B. Schneuwly (1998) déplorent la quasi-absence de travaux didactiques qui orienteraient le recours à l'exposé dans les activités de classes ainsi que ses procédures d'évaluation. « L'exposé reste de ce point de vue une activité largement traditionnelle dans laquelle, pour toute pédagogie, les acquis antérieurs des élèves, voire leurs *dons*, quand ce n'est pas tout simplement l'aide des parents au moment de la préparation, viennent s'exposer devant la classe ... » (Dolz & Schneuwly, 1998 : 141). Ceci est tout aussi valable dans le cas qui nous intéresse ici, à savoir l'enseignement scientifique. Nous ne l'avons que trop dit mais nous le redisons quand même : les étudiants n'ont pas l'habitude dans leur spécialité de préparer des exposés et de prendre la parole afin d'exposer leurs idées, de les soumettre à la classe ainsi qu'à leur enseignant et à leurs remarques ou critiques, de défendre ce qu'ils ont présenté. Le genre « exposé » reste peu ou pas du tout exploité dans l'enseignement des sciences à l'université alors qu'il est assez fréquent dans les enseignements antérieurs (primaires et secondaires). Pourtant, un retour à l'enseignement de cet oral nous paraît revêtir de l'importance dans ce que ces apprenants auront à en faire. En effet, l'exposé est une épreuve de prise de parole qui pourrait devenir un bon entraînement pour ces apprenants. Elle les préparerait à leur future tâche d'enseignant, mais aussi, pour ceux qui choisiront de poursuivre leurs études, à la réalisation de mémoires et de travaux de fin d'études qu'ils seront amenés à faire à la fin de leur cycle d'apprentissage et qui comportent une épreuve d'exposition orale. C'est dans cette perspective que s'inscrit l'expérience suivante menée par G. Delenze. Nous allons donc la présenter en établissant des liens avec le profil des apprenants dans il est question dans notre propre recherche (les étudiants en sciences) et ce afin de proposer une séquence didactique sur l'exposé oral.

*Etat de lieu d'une expérience et adaptation* : G. Delenze (2005) a mis en place, dans le cadre d'un enseignement pour des formateurs, un cours de Techniques d'Expressions Orale et Ecrite qui complète un cours de Maîtrise de la Langue Orale et Ecrite. Ce premier cours vise à donner aux futurs formateurs des éléments les aidant à mieux gérer et générer leurs exposés. Le fait qui nous interpelle et nous pousse à réfléchir à cette expérience, en vue de la transposer et de l'adapter à notre situation et à nos objectifs, est que ce cours s'inscrit dans la perspective générale d'une prise de conscience des différents paramètres et niveaux de l'exposé, et dans la perspective d'une mise à la disposition des apprenants des moyens permettant de répondre aux différentes exigences de ce type d'exercice oral. Un apprentissage sur étapes est alors préconisé : une étape de conceptualisation générale et une autre de structuration. Pour cela, les apprenants sont familiarisés avec certaines notions telles que la notion de genre, le schéma de communication<sup>54</sup> et la situation de communication, ses récepteurs et ses émetteurs en plus de ses codes, les notions de motivations psychologiques, de contraintes de l'univers

---

<sup>54</sup> G. Delenze fait référence au schéma de communication de Kerbrat-Orecchioni, C. (1999) in *l'énonciation*, Paris, Armand Colin, p.22.

etc.

G. Delenze a constaté que les étudiants, grâce notamment à ce schéma, arrivent plus facilement à prendre conscience du fait qu'il ne suffit pas d'appartenir à la même communauté pour se comprendre et qu'il faut aussi recourir à certains outils tels que la reformulation, la définition, la paraphrase pour y arriver. Aboutir à un tel résultat serait bénéfique aussi pour nos étudiants d'autant plus que dans la situation de communication fictive que nous avons créée pour les besoins de notre étude, et dans celle plus réelle de la situation de classe, le décalage entre récepteur et émetteur, entre le (futur) enseignant et ces (présupposés) élèves pose un problème de connaissances, de niveau de savoir, de transposition didactique. Pour les apprenants auxquels G. Delenze a eu affaire, la situation de communication impose de tenir compte d'un décalage de nature presque opposée : un décalage entre eux et un jury plus compétent, situation à laquelle il n'est pas exclu que certains de nos étudiants soient amenés à faire face en cas de poursuite d'études poussées.

De même, cet apprentissage amènerait les étudiants à se rendre compte des enjeux psychologiques (selon que l'on se positionne du côté du récepteur-jury ou du côté de l'émetteur-examiné qui, lui, subit la pression de l'examen), ainsi que des « conditions concrètes de la communication et les contraintes stylistico-thématiques liées au genre » (Delenze, 2005 : 62). Ils se rendraient compte qu'il faut « (...) tenir compte du niveau des interlocuteurs, de l'espace où cette défense se déroule » (Delenze, 2005 : 63). Ils se rendraient compte aussi qu'il faut prouver leur aptitude à entrer dans la communauté scientifique et discursive dont les représentants sont en face d'eux. Ces phénomènes revêtant une dimension générale, nous pensons pouvoir attendre une telle prise de conscience chez nos étudiants lors du traitement de l'exposé en tant qu'épreuve certificative ou en tant qu'exercice en classe - la formation scientifique ne constituant pas d'obstacle. Nous pouvons aussi escompter un tel résultat chez les futurs enseignants avec en plus une prise de conscience du fait que dans l'univers de la classe, ils sont les représentants de la communauté scientifique et discursive en question et qu'en tant que tels il leur incombe d'en être les dignes représentants aux yeux de leurs élèves. Le schéma de communication s'inscrit alors dans une perspective didactique : comment défendre, persuader, structurer, expliquer, argumenter oralement ? Quelles capacités mobiliser lors de la réalisation du schéma de communication pour aboutir aux finalités souhaitées ?

« Les trois ordres de capacités langagières » décrits et définis par J. Dolz et B. Schneuwly (1998) sont au centre de l'étape de conceptualisation proposée. Les apprenants sont amenés à prendre conscience par eux-mêmes de ces trois ordres, à savoir celui des « capacités d'action » - ou comme les reprend aussi G. Delenze « les capacités communicationnelles » -, celui des « capacités discursives » et celui des « capacités linguistico-discursives » (Dolz & Schneuwly, 1998). Pour cela, ils sont amenés à faire un exposé improvisé et rapide en rapport avec l'épreuve orale qu'ils vont subir : proposer une séquence didactique et défendre leurs choix et leurs points de vue. Des observations sur les facilités et les difficultés constatées sont collectées et répertoriées dans les trois ordres de capacités citées. Les apprenants sont ensuite invités à réfléchir, par eux-mêmes, sur les éléments qui pourraient compléter ces données et répondre aux

besoins et aux capacités spécifiques nécessaires à la bonne réalisations de la tâche : pour un certain nombre de nos étudiants, il pourrait s'agir de la défense orale de leur travail de fin d'études comme c'est le cas pour les apprenants de G. Delenze. Pour d'autres, il s'agit d'une prise de parole en tant qu'enseignant. En fonction de quoi, certains éléments ou critères seront alors définis notamment des critères relatifs aux récepteurs (jurys /apprenants), au contenu du discours et à son organisation (directement liés au programme officiel), aux registres de langue (soutenus/ variés) et aux opérations de facilitation d'accès aux informations etc. Cette étape de prise de conscience et de la détermination des composantes des différentes capacités n'est pas difficile à transposer dans le cadre d'un enseignement destiné à des étudiants scientifiques, les difficultés et les facilités étant identifiées et traduites par les apprenants eux-mêmes et dans leurs propres termes et complétées par eux pour répondre à leurs attentes et leurs besoins, sous le regard vigilant bien entendu de l'enseignant.

L'étape de contextualisation effectuée, les apprenants passent alors à la phase de structuration. Il s'agit d'apprendre aux étudiants « à planifier leur exposé de manière à la fois cohérente et explicitée » (Delenze, 2005 : 66). Ils prennent connaissance des différentes phases de l'organisation d'un exposé <sup>55</sup> telles qu'elles sont déterminées par J. Dolz et B. Schneuwly (1998 : 144-145) et reprises par G. Delenze <sup>56</sup> (2005 : 66-67), à savoir :

· *La phase d'ouverture* : phase de prise de contact avec l'auditoire, de salutation et d'exposition de la légitimité de la prise de parole. L'étudiant prend le statut d'exposant. Face à ces camarades, il joue le rôle d'un « expert » du sujet sur lequel il est supposé avoir effectué des recherches sérieuses et qu'il est supposé maîtriser à un certain degré. Face à son professeur ou à son jury (dans la cas d'une épreuve certificative), il se définit en tant qu'expert s'adressant à des experts. Face à ses élèves, il se définit en tant qu'expert s'adressant à des non-experts dont il a la charge éducative et dont il doit s'assurer de l'attention et de l'écoute. Dans le cas d'une épreuve certificative ou d'un exposé en classe, cette phase est souvent assurée par un médiateur, le directeur de recherche ou l'enseignant. J. Dolz et B. Schneuwly regrettent le fait qu'en classe, cette étape soit peu marquée sauf par l'invitation de « monter au tableau » malgré le rôle important qu'elle joue dans la mise en place des différents paramètres : situation, rôles et buts.

· *La phase d'introduction du thème* : pendant laquelle l'exposant présente, délimite son sujet, et surtout légitime « les raisons de ses choix, du point de vue adopté, de ses motivations, etc. » (Dolz & Chneuwly, 1998 : 145). Elle est perçue comme une phase cruciale pour capter et s'assurer de l'intérêt et de l'attention de ses auditeurs, jury ou camarades de classe.

<sup>55</sup> Ces phases s'appliquant à un exposé oral, c'est seulement dans ce cadre que nous les présentons. Nous nous réservons toutefois le droit de faire un parallèle avec la situation d'enseignement si possible.

<sup>56</sup> G. Delenze se réfère pour la description et la terminologie des phases à Dolz, J. & Chneuwly, B. (1998) : *Pour un enseignement de l'oral*, Paris, ESF et à Mairal, Ch. et Blochet, P. (1998) : *Maîtriser l'oral*, Paris, Magnard. Pour notre part, nous utilisons uniquement la terminologie de Dolz & Chneuwly.

- *La présentation du plan de l'exposé* : les auteurs accordent à cette étape une « fonction métadiscursive » (op.cit, p.145). Il s'agit grâce à elle de rendre clairs et accessibles le plan du texte et le procédé de planification du texte et de la présentation.
- *Le développement et l'enchaînement des différents thèmes* : préalablement présentés et attendus. Ce qui implique, dans le cadre d'un exposé scolaire ou d'une épreuve certificative, d'éviter d'introduire des thèmes « surprises » ou de ne pas aborder tous les thèmes annoncés, ce qui sanctionnerait la qualité du travail effectué et présenté.
- *Une phase de récapitulation / synthèse* : « importante non seulement parce qu'elle permet de reprendre les principaux points de l'exposé, mais aussi parce qu'elle constitue une phase de transition entre l'exposé proprement dit et les deux étapes de conclusion. » (op.cit, p 145).
- *La conclusion* : « qui porte un message final » (op.cit, p.145) et dans laquelle l'exposant peut introduire un nouveau problème en guise d'ouverture, ou ouvrir le débat.
- *La clôture* : ritualisée, les auteurs placent cette étape à la symétrie de celle de l'ouverture. Elle consiste à faire des remerciements à l'auditoire. Le médiateur, professeur ou directeur de recherche, et le public y prennent la parole pour interroger l'orateur qui doit alors défendre son travail.

Pour reprendre un peu ce que nous venons de présenter, nous proposons, à la suite de G. Delenze et de J. Dolz et B. Schneuwly, une séquence didactique construisant comme suit :

- Dans un premier temps, demander aux étudiants de préparer et de présenter un exposé sur un sujet notamment lié à leur spécialité. Ceci permettra d'établir avec eux, un bilan de leurs connaissances en matière de contextualisation et de structuration.
- Dans un deuxième temps, reprendre les connaissances et les outils qu'ils semblent maîtriser, ensuite les compléter avec les connaissances qui leurs font défaut.
- Ces deux premières phases permettront, dans un troisième temps, de reprendre leurs travaux à la lumière de ce qui a été souligné concernant la manière de préparer et de présenter un exposé.

Il s'agira d'amener les apprenants à se rendre compte par eux même des défaillances dans leurs exposés par des critiques portées sur leur propre travail et sur celui des autres. Aussi, il faudrait les amener à prendre conscience du travail de contextualisation et de structuration qui se fait en amont de la présentation et à réfléchir là-dessus afin d'évaluer les efforts fournis pour ces deux niveaux.

Les étudiants sont donc invités à tenir compte des différentes étapes d'un exposé dans leurs travaux. Et pour les aider à mieux gérer ces travaux, J. Dolz et B. Schneuwly ainsi que G. Delenze (op. cit) proposent de faire accompagner et de compléter ces enseignements, de contextualisation et de structuration, par un enseignement « de(s) formes qui permettent (et nécessitent) de construire des opérations linguistiques (plus ou moins) spécifiques à ce genre de texte. » (Dolz & Scheuwly, 1998 : 145). Les opérations

les plus importantes pour la construction d'un exposé sont alors présentées appuyées par des exemples. Ce qui, d'un côté, en favorise une meilleure compréhension et, de l'autre, permet de souligner les nuances qui peuvent exister selon les différents contextes et de faire prendre conscience aux étudiants que les expressions ne sont pas équivalentes même si elles assurent les mêmes rôles<sup>57</sup>. Ces rôles sont les suivants :

- Articuler les enchaînements thématiques.
- Baliser le texte en distinguant les idées principales de celles secondaires, les explications des descriptions, en signalant les moments de résumés et de synthèses dans ou après des moments développements grâce aux marqueurs de structuration du discours, des organisateurs temporelles et des temps de verbe (présent, futur pour planifier les étapes de l'exposé, impératif et périphrase pour signaler les enchaînements entre les étapes).
- Introduire des exemples explicatifs ou illustratifs.
- Reformuler ou définir.

L'accent est alors mis sur l'importance des notes ou du canevas dans la préparation de l'exposé. Cet objet essentiel, et outil d'appui, qui véhicule les différentes étapes et les différents éléments de l'exposé, devra alors faire l'objet d'une attention particulière de la part des apprenants. Différentes sortes de notes peuvent constituer cet objet et peuvent varier entre des textes entièrement rédigés et des notes sommaires. De manière générale, différents didacticiens du genre sont d'accord sur le fait qu'il n'existe pas de méthodes ou de notes meilleures que d'autres, et par conséquent pas de type de lecture ou d'oralisation meilleur qu'un autre. Mais ils se rejoignent aussi pour dire qu'un enseignement des différents modes d'exposition est utile. Dans ce sens, des ateliers de poésie et de théâtre sont souvent proposés, par exemple, pour un travail sur la mémorisation. Ce travail serait certes intéressant pour des élèves de lycées par exemple, mais vu les objectifs professionnels immédiats des universitaires, il serait, à notre avis, plus avantageux de cibler, dans ce cas, des textes qui soient plus en rapport avec les spécialités telles que des faits historiques liés à des découvertes scientifiques, passages importants de la vie de grands chercheurs etc. et qui soient directement associés à leurs cours. Ces mêmes sujets pourraient alors faire l'objet de discussions suscitant la parole spontanée. Seront mis en avant quelques éléments - qui vont favoriser la compréhension par les auditeurs et susciter et mobiliser leur intérêt ainsi que leur attention - notamment : le rôle de la voix (forte et claire), de la bonne articulation, du débit de la parole (ni trop rapide ni trop lent), des pauses (afin de laisser un temps pour l'assimilation), de la variation des tons de la voix, des suspens ménagés, de la gestuelle, de la posture etc.

Il est important de noter aussi le rôle important que jouent certains supports tels que les schémas, les graphiques et, de plus en plus, certains outils et supports techniques tels que les rétroprojecteurs, les transparents, le PowerPoint etc. la plupart de nos étudiants n'ont jamais eu à utiliser ces différents outils. S'exercer à les manipuler, à les intégrer dans leurs travaux, à en tenir compte dans leurs présentations et les considérer non

---

<sup>57</sup> G. Delenze a préparé pour ces étudiants une fiche de recensement des expressions de restructurations utiles en réponse à leur propre demande et à leur sentiment d'être « démunis » à ce niveau.

comme des faits décoratifs ou fétiches mais comme supports dans la construction de discours et donc apprendre à tirer profit de leur utilisation, tout ceci nous semble être des objets d'études indispensables qu'il faudrait intégrer dans les cours.

Les objectifs à atteindre sont ainsi déterminés par J. Dolz et B. Schneuwly (1998 : 148) comme suit :

- prendre conscience de la situation de communication qui entoure l'exposé (but, destinataire, etc. ) ;
- exploiter les sources d'information, les documents, les graphiques, les outils informatiques de manière optimale
- savoir structurer, hiérarchiser ses idées et élaborer un plan suivant des stratégies discursives ;
- développer des capacités d'exemplification, d'illustration et d'explication ;
- anticiper les difficultés de compréhension et savoir utiliser la reformulation ;
- développer la compétence métadiscursive et, en particulier, les capacités d'explicitation la structuration de l'exposé, de marquer les changements de niveau et d'étapes dans le discours ;
- prendre conscience de l'importance de la gestuelle, de la posture, de la voix ;
- prendre conscience de l'importance de préparer ces notes et de s'exercer sur l'oralisation.

Dans la séquence didactique que nous proposons, ces objectifs à atteindre serviront de points d'appui pour l'évaluation des travaux des apprenants selon qu'ils en tiennent compte ou non, que leurs exposés les réalisent en non. Ainsi, certains problèmes seront identifiés et ciblés par la suite. Bien entendu, l'évaluation peut être de l'auto-évaluation, l'orateur réfléchissant sur son propre travail et le critiquant ; ou alors l'évaluation de l'enseignant et même des autres camarades de classe. L'intervention de ces derniers devra alors se faire dans une perspective objective d'aide et d'appréciation du travail de l'exposant et non d'une critique négative et non constructive.

J. Dolz et B. Schneuwly (1998) proposent un enseignement diversifié de différents regroupements de genres<sup>58</sup>. Le regroupement de genres qui s'inscrit sous l'intitulé « *Exposer* » comporte « *l'exposé oral, la conférence, l'interview d'expert, le dialogue explicatif, etc.* » (Dolz. J & Schneuwly. B, 1998 : 86). L'enseignement préconisé par les auteurs abordera un genre ou plus par cycle d'apprentissage ce qui présente des avantages pour les apprenants. Ces derniers ne voient plus l'oral comme un bloc unique dont on maîtrise tout ou rien, mais comme un ensemble de sous-domaines (argumenter, narrer, exposer, relater, régler les comportements) qui font appel à des capacités dont on peut maîtriser les unes plus que les autres et qui présentent autant de voies d'accès à la réalisation de la tâche globale, *Exposer*<sup>59</sup>. Cet enseignement présente aussi un avantage

<sup>58</sup> Pour une description des regroupements, voir Dolz, J. & Schneuwly, B. (1998), p.86.

<sup>59</sup> Les auteurs parlent de « principe *pédagogique* de différenciation ». (p.87)

didactique, celui de favoriser l'apprentissage par une comparaison entre les genres dans les regroupements et entre les regroupements. Il en découle aussi un avantage psychologique lié au transfert des opérations langagières maîtrisées dans un genre à un autre et à l'ensemble de la langue. Ceci, toutefois, dans la mesure où un apprentissage de tous les genres est dispensé à tous les niveaux - les auteurs soulignant que le transfert seul ne peut pas être le garant du bon développement des capacités nécessaires à la maîtrise d'un genre et que « il paraît très peu probable que travailler dans l'un permette de développer efficacement les capacités pour maîtriser l'autre » ( *op. cit.* : 87).

## **5- les spécificités du discours de l'enseignant : le discours spécialisé, le discours universitaire**

Le discours de l'enseignant, comme nous l'avons souligné plus haut, présente des particularités formelles et une structuration qui font sa spécificité. Nos étudiants semblent avoir noté quelques-uns des outils utilisés par leurs enseignants tels que les ancrages énonciatifs, les bribes, les reformulations etc. Familiarisés avec ce genre de procédés, les apprenants les ré-exploitent mais de manière imitative vu qu'ils n'ont pas reçu d'enseignement spécifique sur la construction de ce type de discours oral. C'est donc un tel enseignement que nous préconisons. Un enseignement qui ferait passer les intuitions des étudiants du stade d'intuition à un niveau plus théorisé et scientifique (au sens général du terme). Des étiquettes seront alors mises sur les phénomènes langagiers utilisés. Stabilisées, ces connaissances permettraient à court terme, c'est-à-dire dans leur cursus scolaire et dans une perspective de réception, de mieux comprendre et appréhender le discours de leur enseignant ; et à long terme, c'est-à-dire dans leur vie professionnelle et dans une perspective de production, de mieux organiser leur discours oral. R. Bouchard (1996) cite entre autres, l'exemple des « faux » balisages et des modalisateurs. Pour les faux balisages, comme « alors » ou « donc », dans la mesure où ils interfèrent au niveau de la réception des informations et où les orateurs y ont souvent recours de manière automatique et vide de sens, apprendre aux étudiants à les reconnaître leur éviterait de faire des erreurs d'interprétations et d'inférer des rapports de conséquences et de causes à effet là où il n'y en a pas. Des erreurs d'interprétations d'autant plus graves que dans un discours scientifique des implications scientifiques importantes peuvent en être sérieusement faussées. L'autre exemple, celui des modalisateurs, s'ils traduisent une certaine hésitation ou alors permettent de « mettre en valeur l'élément en suspens » (Bouchard, 1996 : 7), sont aussi des moyens de construction par expansion du discours et forment des points d'appui pour les reformulations. Leur intégration dans le discours oral permet de mieux gérer et générer les longues séquences et de marquer leur dynamique de construction. Connaître ces outils, leurs utilités, leurs utilisations serait alors des objectifs importants à atteindre. Ils sauraient donner à leurs utilisateurs quelques-uns des moyens assurant la bonne réalisation de leur discours « enseignant ».

D'un autre côté, les pratiques langagières du discours de l'enseignant contiennent en

elles les pratiques langagières du discours spécialisé oral et écrit. L'enseignement des caractéristiques de ce discours reviendra alors sur des phénomènes rencontrés dans la bouche (et sous la plume) des enseignants : la prise en compte du contexte, de l'intention communicationnelle, de l'organisation thématique, de l'organisation séquentielle, des marqueurs de discours, des connecteurs, des discours rapportés et de l'intégration des discours d'autrui dans son propre discours, de l'intertextualité, des marqueurs énonciatifs, des modalisations. Mais aussi sur des phénomènes spécifiques en rapport étroit avec la spécialité telle que la récurrence de certains thèmes, cités par J-P. Cuq (2002 : 327), comme l'observation, le repérage, le classement, la présentation, l'exposition, l'explication, la justification, la comparaison etc. Les méthodes d'enseignement du français destiné à des publics spécifiques ont abordé ce volet en traitant et en dressant des listes de mots spécifiques à certains thèmes, en abordant les articulateurs logiques servant à exprimer les différentes opérations logiques telles que la démonstration, l'hypothèse, les relations de cause à effet (ou à conséquence), d'opposition, de restriction, de but etc.

Autres spécificités du discours scientifique : l'oralisation ou l'inscription de formules symboliques, leur introduction dans le discours, l'enchaînement entre elles et le reste du discours en langage naturel. Nous proposons d'insister sur ces phénomènes et sur les outils langagiers assurant la coordination et la continuité entre les codes symbolique et naturel. Il serait bénéfique pour les apprenants de voir cette formation contenir un enseignement qui cible un fait précis très significatif dans leur spécialité, à savoir l'enseignement de différentes expressions pouvant assurer ces rôles d'enchaînements et introduire des équations, des schémas, des données mathématiques, des exemples et, au contraire, des expressions qui permettent de quitter le langage schématique et de revenir au langage naturel. Nous avons noté aussi dans l'analyse des corpus écrits un recours important aux éléments de hiérarchisation (titres, sous-titres, tirets, astérisques, retraits etc.). Toutefois, ces éléments ne sont pas toujours exploités au mieux. Ils ne sont pas toujours le reflet de la structure et du plan du texte et parfois même, ils peuvent accentuer l'effet de manque de structuration noté dans les productions de certains. Aussi, pour palier à ce déficit, nous préconisons un retour sur ces indices en tant qu'outils dont l'utilité dépasse, dans le texte, le simple fait de schématisation en surface et la décoration mais touche plutôt sa structuration et son intelligibilité. En outre, les étudiants auraient besoin d'un enseignement pour stabiliser les codes du langage symbolique qu'ils manipulent, la simple imprégnation par une exposition massive et de longue durée ne portant pas toujours ses fruits. En effet, un des faits que nous notons chez nos participants est une sorte de flottement dans la réalisation, à l'oral ou à l'écrit, de ces formules et autres signes symboliques. Nous avons même noté chez un des participants une incapacité à relire les symboles et les formules. Sur ce point, l'aide d'un enseignant spécialiste sera certainement à envisager afin de déterminer et de mettre en place les codes adéquats.

Au travers et en parallèle de l'apprentissage de ce discours oral, un apprentissage de l'écrit spécialisé est préconisé en retour. Les étudiants ayant appris à reconnaître les spécificités du discours oral, leur rôle et leurs utilisations, ayant appris à définir les finalités de leur discours, à analyser la situation de production et de réception de leur texte, il est

escompté qu'ils soient capables de reconnaître à chaque discours ces particularités et ces composantes et de ne pas véhiculer dans l'un des traces de l'autre.

Enfin, le discours enseignant pose une autre problématique : celle du discours scientifique en mouvance, du savoir muable, en continuel renouvellement et remise en question. Au-delà de la notion de la vérité, c'est aussi cet état d'esprit et ce rapport au savoir qu'il faut cultiver chez les apprenants afin qu'ils puissent avoir une vision plus critique et plus constructive, une vision de chercheurs.

## 6- (Ré)écriture : (re)formulations et résumés

Le développement méthodologique a bénéficié, à une certaine époque, plus à la compréhension et à l'oral même si les différents domaines de la didactique des langues sont explorés. Toutefois, ces dernières années, un plus grand intérêt est accordé à la didactique de l'écrit. Mais comme le souligne J-P. Cuq, le matériel pédagogique ne suit pas toujours le mouvement et, par exemple, « (...) il est encore trop rare dans les méthodes que l'on fasse écrire les apprenants dans le but de développer une véritable compétence textuelle. » (Cuq, 2002 : 178). Nous nous inscrivons dans cette optique - faire acquérir une compétence textuelle - et c'est dans le sens de l'apprentissage d'une telle compétence textuelle que nous avons traité, plus haut, la Rhetorical Structure Theory. Ceci a été notre objectif premier que de travailler sur la structure et la structuration des textes et d'essayer d'identifier les compétences des apprenants à ce niveau en vue de les consolider, développer ou réorienter selon les cas. Nous proposons, en même temps, de faire accompagner cette dimension structurante par un travail sur la réécriture « reformulante » et « résumante ».

### 6-1- la réécriture : exercice d'écriture, de reformulation

---

Le travail de réécriture occupe une place importante dans les situations d'apprentissage de l'écrit. Il permet de focaliser l'attention de l'apprenant non pas sur la création d'idées ou de thèmes mais plutôt sur la manière de les présenter au moyen de suppression, d'ajout, de déplacement et de remplacement. Il se rend compte, au mieux, par lui-même, sinon aidé par l'enseignant, des difficultés de ce re-travail textuel. Impliqué dans ce travail par ses propres besoins, il est plus motivé par la résolution de ces problèmes. Et comme le souligne S-E. Ransdell et C-M. Levy (1994 : 5) « La construction et la résolution des problèmes d'écriture constituent donc des moments essentiels pour construire de nouveaux savoir et savoir-faire. ». Cette réécriture est envisagée à la suite d'un premier travail de production. Elle peut être combinée avec un travail collaboratif de rédaction, à l'instar de celui utilisé dans les protocoles verbaux concomitants et les rédactions conversationnelles. La réécriture pourra se faire de manière individuelle, chacun des deux membres du binôme évaluant et régulant le texte commun de son côté pour ensuite confronter son analyse avec celle de son co-rédacteur et aboutir à un unique produit. Certes, ces différentes étapes peuvent être d'autant plus coûteuses que le texte demandé

est long. De petites séquences seront donc travaillées en cours. Toutefois, un travail basé sur ce protocole sera inséré et demandé pour la préparation, à deux, de comptes rendus, de résumé etc. à rendre pour l'un et/ ou l'autre des enseignants (de langue et de spécialité) et dont une partie pourra être entamée dans les cours de langue (en accord avec l'enseignant spécialiste). Ceci présentera l'avantage de travailler en situation, le travail d'écriture/ réécriture se revêtant d'un objectif communicationnel précis, et aussi, comme le soulignent S-E. Ransdell et C-M. Levy (1994) d'alterner apprentissage (par l'identification et le résolution d'obstacles) et enseignement (par un travail sur les outils de langues : grammaire, vocabulaire, orthographe).

## 6-2- la réécriture : une activité « résumante »

---

Il s'agit essentiellement de voir et de montrer cette activité sous un angle différent et plus complet. Il s'agit de parler du résumé, non pas en tant que finalité et exercice à réussir pour lui-même, mais en tant que tâche située dans un contexte permettant de réaliser des objectifs précis (fiche de lecture etc. ). A l'université, par exemple, « il ne s'agit plus de résumer pour résumer, mais d'utiliser des capacités à résumer dans différents contextes » (Pollet, 2001 : 45) là encore, donner à l'apprenant le moyen d'identifier les différentes situations, d'utiliser les bons procédés par la mise en place d'exercices qui tiennent compte de ces variables. Il faudrait que les étudiants puissent sélectionner le contenu en tenant compte de la finalité du texte, en fonction du but fixé par eux-mêmes ou par la consigne, et en fonction de la cohérence du texte à produire. Il faudrait les amener à prendre conscience de l'importance de certaines informations, a priori secondaires comme les exemples, les reprises explicatifs et autres expansions, dont la suppression massive pourrait nuire à la qualité de leur production.

Selon Pollet (2001), les étudiants tombent souvent dans l'un des deux excès :

- produire un texte sans cohésion et sans cohérence où les phrases s'enchaînent les unes aux autres produisant un effet de placage d'informations. Les étudiants sont alors plus préoccupés par le retransmission matérielle des données que par le reconstruction et leur réorganisation.
- produire un texte hyperstructuré où abondent les connecteurs, les organisateurs temporels, les marqueurs d'énumération et de hiérarchisation etc. imitant ainsi les discours auxquels ils sont exposés : argumentatifs, narratifs, explicatifs etc.

Nous retrouvons ces deux cas de figure dans les productions de nos étudiants mais surtout, dans la même production. C'est le cas, par exemple, de la production finale du groupe 4. En effet, certains passages du texte (comme l'introduction) sont construits avec une abondance d'outils de cohésion alors que d'autres (comme les données sur la fonction des bosons : segments 12, 13 et 14) semblent tenir par un simple effet de juxtaposition. De plus, nous avons noté que le recours aux connecteurs et aux organisateurs n'est pas toujours approprié. Il amène des erreurs sur le plan des informations scientifiques qui ne sont pas liées à la compréhension de ces informations mais à leur mode de retransmission. Les étudiants, n'arrivant pas à percevoir la structure du texte, ne parvenant pas à l'exprimer et quand même ils arrivent à identifier les rapports

entre les segments du texte, ils n'arrivent pas toujours à les reproduire correctement. Une reprise des enseignements des différents modes de structuration et d'enchaînement s'impose.

Pour finir, le rapport entre « le lire » et « l'écrire » et l'influence de l'un sur l'autre n'est plus à établir ni à remettre en question. En effet, cette hypothèse a été avancée par plusieurs spécialistes, dont J-F. Halté et Y. Reuter. J-P. Cuq en dit : « Comprendre aide à s'exprimer et ce postulat, qui n'a pas de véritable assise théorique, perd son caractère hypothétique face à l'expérience de la classe » (2002 : 172). Lire aide à améliorer nos compétences en écriture et réciproquement écrire aide à améliorer nos compétences en lecture. Mieux comprendre et recevoir aide à mieux produire et mieux écouter aide à mieux parler et réciproquement. Ménager dans cette perspective des espaces pour favoriser l'interaction entre les deux serait intéressant pour nos étudiants. On proposerait, par exemple, des activités où les uns liraient leurs productions aux autres. Les étudiants se placeraient à tour de rôle en scripteurs et en lecteurs en réfléchissant aux intentions communicationnelles, comment transmettre le message et comment le recevoir etc. De plus, l'articulation lecture -écriture permet, comme le souligne J-P. Cuq, de créer une « connivence entre le texte source, le scripteur et le texte à produire » (2002 : 183). La production est vécue comme une réécriture et non comme une création à part entière. L'activité est alors mieux gérée et moins angoissante. De plus, lire (à haute voix entre autres) ne sera pas associé à une simple compétence d'oralisation ou de prononciation qui, comme le souligne O. Challe (2002), pourrait être vécue comme une expérience humiliante ou dévalorisante en cas de difficultés d'articulation, surtout pour un public d'adultes dont le français est une langue seconde. Cette activité sera motivée et soutenue par une l'activité scientifique, rassurante pour le spécialiste. Il faudrait l'amener, dans un premier temps, à focaliser son attention sur d'autres facettes de son discours telles que le contenu, la structuration, la situation etc. afin de l'encourager à prendre la parole. Un travail sur l'oralisation sera réintroduit ultérieurement et peut-être même progressivement pour ne pas déclencher des résistances face à cet apprentissage. De plus, selon J-P. Cuq, articulée à une sensibilisation aux différents types de textes, la lecture-écriture permet de mettre en place un espace où la compréhension (étape vers la production) prime et où l'accent est plus mis sur la visée discursive des textes que sur les formes linguistiques. Par extension, cet apprentissage de la compréhension et de la réception ne se limite pas uniquement aux textes ou documents écrits mais il concerne aussi ceux oraux. Cet apprentissage vise à aider les apprenants à mieux suivre les cours magistraux, les conférences mais aussi des reportages, des interviews, des débats et autres documents sonores dont ils pourraient avoir besoin dans la préparation de notes, d'exposés, de résumés etc. et qui présentent, selon G. Kahn (2002), une variété de situations dont il faut tenir compte puisqu'elles peuvent être rencontrées par les apprenants et s'avérer problématiques (débats houleux, rythme et débit rapides de la parole, accents particuliers etc.).

## 7- Conclusion

En définitive, les mots clés des propositions didactiques résident pour les didacticiens dans le développement chez l'apprenant, en plus pratique discursive réelle, d'une prise de conscience sur la langue par le développement d'une conscience « méta » : métalinguistique, métadiscursive, métacommunicatif. Dans l'apprentissage d'une L2, le développement de cette conscience s'accompagne du réinvestissement des stratégies ayant permis la construction des compétences en L1. Les compétences ciblées sont la compréhension et la production orales et écrites. L'objectif global est de faire acquérir aux étudiants une certaine autonomie dans leur apprentissage, de les « armer cognitivement, les former à certaines conduites qui permettent la (re)production et l'appropriation de contenus ». (Halté, 1994 : 22).

Plus spécifiquement, nous ciblons certaines tâches étroitement en rapport avec les besoins immédiats et à long terme de nos étudiants - futurs enseignants et futurs chercheurs. Mais ces enseignements ne doivent pas être étanches et dissociés. En effet, selon E. Nonnon (2002) travailler sur l'oral à partir de l'écrit, c'est-à-dire sur la base de prise de notes par exemple, peut de manière rétro-active amener un travail sur l'écrit à partir de l'oral. Apprendre à gérer et manipuler des éléments purement oraux comme les pauses, le rythme, les intonations etc. amène une réflexion sur les phénomènes de structuration, de hiérarchisation des différents énoncés et actes de discours et sur leur mise en relation. « Revenir sur cette structuration (qui n'est pas tout à fait celle du plan) à partir de l'expression orale peut aider à penser l'écriture en tant qu'articulation d'actes de discours, en faisant mieux prendre conscience du statut des différents éléments (...) ». (2002 : 81)

Les enseignements proposés ne sont pas des enseignements spécifiques à une « autre langue » française, une langue nouvelle, avec des règles grammaticales et discursives inconnues et à découvrir. La langue enseignée est toujours le français, mais les enseignements proposés sont adaptés à d'autres besoins. Des besoins particuliers, spécifiques à un public donné, des scientifiques, des spécialistes pour qui la langue n'est pas un objet d'étude mais un moyen d'accès aux objets d'études, un outil de travail. Comme le résume G. Painchaud (...) enseigner une langue est directement lié à la volonté de faire acquérir une compétence de travail - en plus d'une compétence de communication. Il s'agit de développer chez l'apprenant une compétence de compréhension et de transmission des informations, « le rendre capable de comprendre et utiliser un texte de référence, le lexique spécifique et les stratégies spécifiées privilégiées des matières enseignées, en particulier des mathématiques et des sciences, le rendre capable d'utiliser les formes de la langue écrite requises par son travail (prendre des notes, faire des résumés, de constituer des dossiers). Le rendre capable de participer à la vie de la classe qui reste bien, quoiqu'on dise, un processus de communication, outre qu'il est affectif, essentiellement oral, à partir duquel se construisent des savoirs et des comportements. »<sup>60</sup> (p.43).

Déterminer la ou les finalité(s) des différents enseignements semble être un élément important dont les apprenants doivent prendre conscience. « Les fins justifient les moyens » disent J. Downing et J. Fijalkow (p. 25), *lire et raisonner*, Toulouse, Privat, 1984

---

<sup>60</sup> Cette citation est un extrait du *Colloque sur le bilinguisme*, Madrid (1985), p.23.

---

(rééd. 1990), cités par M-C. Pollet (2001 : 133). Selon ces auteurs, cerner le but de la tâche (qu'elle soit d'écriture ou de lecture), la pertinence du choix du document, ce qu'on y cherche, ce qu'on y met, son utilité, son destinataire etc. sont autant de paramètres que les apprenants doivent apprendre à gérer et à prendre en considération dans la réalisation des tâches à effectuer.



## Conclusion

L'étude de l'utilisation de la langue française dans les domaines scientifiques est un des champs de recherche les plus traités de ces dernières années même si les résultats restent, à notre avis peu complets, les recherches se préoccupant plus particulièrement du lexique, de la description de caractéristiques situationnelles et institutionnelles des enseignements dispensés en langue de spécialité, et de la description des particularités syntaxiques et des formes linguistiques récurrentes spécifiques à cette langue. L'approche des discours scientifiques, de leur organisation et de leur structuration ne semble pas avoir bénéficié d'autant d'attention que les autres domaines. Ceci a constitué pour nous un obstacle théorique et méthodologique important. Il a fallu donc chercher dans le champ plus global de l'analyse du discours un modèle adaptable à notre type d'étude. De même, nous sommes partis dans cette recherche d'un constat opéré à l'occasion de notre DEA, celui de la non pertinence, pour nous et dans la perspective de nos objectifs, d'une analyse basée sur une étude thématique ou sur la linguistique textuelle. En effet, ces deux modèles ne permettent pas d'analyser la structure rhétorique et le processus de structuration d'un texte, les liens relationnels qui peuvent exister entre les différents groupes d'unités textuelles et les différents niveaux organisant le texte. Nous avons donc eu recours au modèle de la Rhetorical Structure Theory (RST) comme modèle principal d'analyse des textes écrits produits par nos participants. Nous l'avons complété par un modèle descriptif, celui de l'analyse hiérarchique. En cela, nous faisons notre, les propos de M-P. Péry-Woodley « Mon recours à la RST, dans ma recherche de « prises » sur la cohérence des textes du corpus Etudiants, était motivé par la conscience de l'incapacité des modèles axés sur la structure thématique à rendre compte de la

structuration du texte à un niveau autre que celui de la phrase ou du groupe de phrases. » (2000 : 44).

A la fin de notre analyse et au vu des résultats obtenus, quelques questions - essentiellement deux - se posent concernant la méthodologie utilisée. La première, qui revient à celle que posait déjà M-P. Péry-Woodley en 2000 (p. 44), est : « Peut-on faire le lien entre genre discursif et fréquence relative de certains types de relations ? ». La deuxième concerne le rapport entre statut de satellite et statut de noyau : le satellite est-il, comme son nom l'indique, hiérarchiquement subordonné au noyau ?

Au terme de cette étude, en ce qui concerne la première question, l'hypothèse d'une telle corrélation entre genre et type de relations nous semble pouvoir être avancée. Cette corrélation devrait elle-même être mise en rapport avec le type de relations déterminant les liens entre les segments dans les premiers niveaux. Le genre serait déterminé à partir des macro-segments. Toutefois, notre thèse ne permet pas de répondre définitivement à cette question qui nécessiterait - et nous le suggérons - des travaux portant sur un plus grand nombre de textes d'une part mais surtout portant sur des textes produits par des experts et non pas uniquement sur des textes d'étudiants.

Concernant la deuxième question, nous avons eu l'occasion de constater à plusieurs reprises que le satellite peut donner sa légitimité au noyau, le valider ou non. C'est le cas, par exemple, d'un satellite où est développée une démonstration ou une explication. L'identification entre noyau et « segment-plus-important » d'une part, et satellite et « segment-moins-important » d'autre part, nous semble moins pertinente dans ces cas de figure. En travaillant sur des textes argumentatifs et en analysant les circonstancielles satellites qui signalent les macro-segments de premier niveau dans ces textes, M-P. Péry-Woodley souligne « cette question du paradoxe entre statut de satellite et (son) importance dans la structure thématique (...) » (2000 : 48). Si nous devons faire un reproche à la RST ça serait celui de considérer que le segment noyau est plus essentiel que le segment satellite. En effet, lorsqu'il s'agit de données scientifiques, de la démonstration d'un théorème, de l'explication d'une notion, de la justification d'une notion ou d'un phénomène, il est difficile de pouvoir affirmer que le résultat de la démonstration est plus important que la suite d'étapes amenant ce résultat, ou que l'expression de la conséquence d'un phénomène est plus essentielle que le phénomène lui-même. Ceci est d'autant plus vrai que dans le cas d'un discours didactique, les deux pôles de la relation sont importants pour que le discours se tienne scientifiquement.

Nous rappelons que l'étude de la structure rhétorique n'est pas une simple schématisation d'une combinaison possible de relations. Il s'agit de choisir parmi les différentes possibilités celle qui convient le mieux à l'objectif/vision globale du texte et qui servirait le mieux ses objectifs rhétoriques/discursifs.

Dans notre recherche, l'étude des productions a souvent cherché à repérer le degré de fidélité du texte cible (TC) au texte source (TS). Il faut rappeler ce que nous entendons par degré de fidélité au texte source dans le cas précis de notre analyse et pour nos données. En ce qui concerne l'analyse hiérarchique, il s'agit d'une fidélité de TC à la composition en unités de TS, qui présente un équilibre semblable entre les UB et les SUB, et qui marque un recours net à ce que nous avons appelé les UH (cf. chapitre II). En

ce qui concerne l'analyse RST, il s'agit d'une fidélité de TC à la structure de TS, qui, souvent, n'était pas visible en surface, par l'explicitation des rapports qui la soutiennent ou par leur reprise implicite. En nous appuyant sur ces deux paramètres, le degré de fidélité ou de détachement, est donc lié au degré de recomposition des unités et au degré de mise en surface du lien de fond. Les différents classements effectués n'avaient pas pour but de hiérarchiser les différents textes par rapport à une qualité de production : bon, moyen ou mauvais texte. Le but était plutôt de mettre en lumière les différents degrés d'écart qui existent entre le texte de départ, celui du cours magistral, et ceux d'arrivée en même temps que les implications, rhétoriques et linguistiques, de ces écarts. Le but était de voir, donc, le rapport entre le degré de fidélité au texte source, et la composition en unités, le schéma des propositions relationnelles, et les différentes opérations linguistiques qui accompagnent la réécriture. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Le texte de départ présente une variété de relations : conséquence, justification, exemple et jonction en sont les plus emblématiques et les plus problématiques aussi. Le passage à leurs propres productions écrites s'accompagne alors chez les participants de phénomènes d'explicitation, de suppression, de création mais surtout de reprise et d'altération de ces relations. Plusieurs des relations existant dans le TS se retrouvent dans le TC transformées en simples « jonctions », par exemple. L'étude des productions orales nous a révélé que certains étudiants ont du mal à identifier les relations de départ (cf. Groupe 3 par exemple. D'autres groupes par contre, manifestent une compréhension de ces relations mais ont du mal à les conserver dans leur TC, du fait d'une maîtrise linguistique insuffisante, constatable à l'occasion du travail de reformulation par exemple (cf. Groupe 4 et 7). Cette reformulation peut être d'autant plus coûteuse que les différentes étapes rédactionnelles sont plus ou moins bien gérées. A la surface des TC, c'est en particulier une mauvaise utilisation des articulateurs logiques qui aggrave la situation.

Une des conclusions que nous tirons de notre étude concerne le recours très marqué dans les textes scientifiques aux formules et aux marqueurs de hiérarchisation ainsi qu'aux propositions nominales. Un excès de simplification des formes linguistiques, une mise en avant essentiellement paralinguistique (tirets, empilements, flèches...) de la structure logique du discours s'opérant au détriment des structures linguistiques peut constituer à long terme pour des apprenants un handicap dans leur capacité à produire des discours (scientifiques) continus. Pour eux, souvent, le cours magistral est « le » discours scientifique et donc le modèle à suivre. Souvent d'ailleurs ce cours est leur seul contact avec le texte scientifique. Or le modèle assez particulier du discours didactique « oral-noté au tableau », avec ses indispensables raccourcis, ses procédés de visualisation de l'information... n'est pas suffisant pour construire une culture ou une vision complète des types de modèles de textes oraux - et encore moins écrits - circulant dans l'univers des productions et des discours scientifiques.

D'un autre côté, la tâche demandée obligeait les apprenants à verbaliser ces formes nominales hiérarchisées (titres, sous-titres...) et ainsi ils se retrouvaient face à une situation aux difficultés multiples.

Tout d'abord, ils doivent affronter la difficulté de concilier un modèle du texte « ordinaire », rédigé, qui ne voit pas d'un très bon œil les manifestations paradiscursives

de hiérarchisation (cf. le modèle de la dissertation en France), et un usage scientifique - en particulier lors des cours magistraux - qui y a fréquemment recours. Cette difficulté se fait sentir chez de nombreux étudiants. Les étudiants en arrivent à oublier les différentes possibilités linguistiques que la langue française met à leurs dispositions... .

D'autre part, ils ont des difficultés à traduire les liens rhétoriques sous-jacents en langage naturel. Si la simple oralisation de la langue symbolique est intériorisée - les étudiants y sont familiarisés -, par contre la verbalisation développée des énoncés sources en langue symbolique (formules, démonstrations par exemple) dans un énoncé-cible, en langue naturelle, en français comme en arabe, leur est souvent difficile. Elle semble d'ailleurs leur être peu familière. En particulier un manque de maîtrise linguistique les empêche d'explicitier en français les relations qui sous-tendent la structure. Certaines de ces relations sont même parfois mal perçues et mal identifiées avant d'être en plus mal réintroduites. Une des propositions que nous pouvons avancer serait de permettre aux étudiants de redécouvrir les possibilités et les plaisirs d'une langue plus expressive, plus riche lexicalement et syntaxiquement, par des Travaux Pratiques de langue française. Rappelons que cette maîtrise linguistique et discursive leur sera nécessaire en tant que futurs enseignants du secondaire ou en tant que futurs chercheurs. Ceci va d'ailleurs dans le sens des buts que s'est fixés la réforme de l'enseignement du Français depuis 1993.

En définitive nous pourrions proposer une typologie des étudiants à partir de nos groupes participants. En effet, même si le nombre des participants dans notre expérience est peu important par rapport au nombre réel des étudiants, il nous a permis de distinguer quatre types de textes et donc, hypothétiquement, quatre types d'étudiants-rédacteurs. Nous aurions donc :

- Premier type MS-/ML-: Ces étudiants ont aussi un manque de maîtrise scientifique mais celui-ci est aggravé par un manque de maîtrise linguistique, surtout à l'oral. C'est le cas du groupe 3 qui a des difficultés dans le traitement de quelques notions et par ailleurs des difficultés d'expressions qui affectent la qualité de « mise en mots » de ce qu'ils parviennent à comprendre.
- Deuxième type MS-/ML+: Ces étudiants manifestent un manque de maîtrise scientifique (MS) que cache cependant une certaine maîtrise linguistique (ML). Peu sûrs de leurs connaissances, les participants d'un groupe (G1) s'approprient les expressions du cours et y collent au plus près. L'écoute et l'analyse du corpus oral ont toutefois montré des difficultés aussi au niveau de la langue et même au niveau du langage symbolique et scientifique pour l'un des deux.
- Troisième type MS+ML- : Les étudiants font preuve à l'oral d'une bonne maîtrise scientifique (compréhension du texte), mais leurs difficultés au niveau de la langue écrite les pénalisent en les empêchant de rendre manifeste cette maîtrise scientifique dans leurs textes. C'est le cas des groupes 4 et 7.
- Quatrième type MS+/ML± : Cette fois-ci, les étudiants montrent une bonne maîtrise des notions scientifiques mais simultanément une relative insécurité linguistique se manifestant localement, par une (trop) grande fidélité au texte de base. Ainsi, le

---

groupe 2 comprend le texte scientifique. Mais, s'il se permet de s'écarter du texte source dans les moments de certitude linguistique, par contre dans les moments de doute, il « colle » à la forme linguistique du texte.

Dans les quatre types, la compétence linguistique de ces étudiants est un élément déterminant de leur profil pédagogique, global, scientifique et linguistique, dans le cadre d'un enseignement des sciences en Français langue seconde. L'inventaire des erreurs de langue, de grammaire, de lexique, de conjugaison, de prononciation et de structuration identifiées à la fin des études des différents textes, oraux et écrits, l'atteste. Il ne s'agit pas seulement de difficultés liées à des compétences linguistiques de surface. Mais plus que cela, il s'agit de difficultés liées à la compétence discursive et communicationnelle, liées à la compétence de structuration et de construction d'un discours cohérent au moyen de différentes pratiques cohésives telles que l'anaphorisation, la construction de chaînes thématiques, l'intégration de connecteurs et de marqueurs de structuration etc. Toutefois, soulignons que ces étudiants maîtrisent certains outils caractéristiques des discours scientifiques, tels que la construction de subordonnées, l'utilisation de périphrases verbales, le recours au sujet indéfini « on » comme à la voix passive etc... Il serait certes nécessaire de renforcer ces capacités « ponctuelles » mais c'est surtout au niveau de leur combinaison avec des compétences discursives portant sur des segments plus développés des textes (argumentation, raisonnement...) que le travail reste à faire.

Caractéristique centrale de ce profil pédagogique et bientôt professionnelle (ce sont de futurs enseignants!), les capacités ou le manque de capacités linguistiques et communicationnelles, de fait, n'apparaissent pourtant pas au centre des préoccupations et des négociations des étudiants au cours de leur travail collectif.

Cependant, les textes officiels et les programmes d'enseignements en Tunisie insistent, dès l'enseignement secondaire, sur le développement chez les apprenants de compétences de réflexion, d'un sens critique vis-à-vis des objets d'apprentissages. Il n'existe aucune raison de ne pas continuer dans cette même direction dans l'enseignement supérieur scientifique. Or dans ce dessein une compétence communicative suffisante dans la langue de travail est indispensable. Donc, dans les cours de langue destinés à ce public, se fixer des objectifs liés aux opérations linguistiques de bas niveaux est une chose, certes, nécessaire au vu des résultats des analyses et de l'inventaire des erreurs liées à ces niveaux et souvent commises par les participants. Mais il est tout aussi nécessaire de permettre à ces apprenants particuliers, adultes, spécialisés, futurs enseignants... d'accéder de manière réfléchie et responsable, et non de manière imitative, aux fonctionnements langagiers de haut niveau et en particulier à ceux correspondant à la rhétorique scientifique.



## Bibliographie

### Bibliographie

ABASSI, A. (1995), « Démythifier l'enseignement du français », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.

ADAM, J.M. (1987), « Types de séquences textuelles élémentaires », *PRATIQUES*, N°56.

ADAM, J.M. (1990), *Éléments de linguistique textuelle : Théorie et pratique de l'analyse textuelle*, Liège, Mardaga, Philosophie et Langage.

ADAM, J.M. (1990), *Linguistique textuelle des genres de discours aux textes*, Paris, Fac.

ADAM, J.M. (1992), *Textes, types et prototypes*, Paris, Nathan, Fac.

AMARGUI, L. (1994), « Le français du Maroc et l'emprunt à l'Arabe » dans QUEFFELEC, A., BENZAKOUR, F. & CHERRARD-BENCHEFRA, Y., *Le français au Maghreb, Actes du colloque d'Aix-en-Provence*, Aix-en-Provence, Publications de l'Université de Provence.

ARC (1989), *Quels concepts pour la science cognitive : architecture, processus*,

*structure ?*, Bonas, ARC.

ARDITTY, J. & VASSAN, M-T. (1999), « Interaction et langue étrangère : présentation », *LANGAGE*, N° 134

AUCLIN, A. (1995), « Le bonheur conversationnel : fondements, enjeux et domaines », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°16 .

BAKER, M. (1996), « Argumentation et co-construction des connaissances », *INTERACTION ET COGNITIONS*, VOL 1(2-3).

BALEGH, H. (1995), « langue d'enseignement et enseignement des langues », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.

BANGE, P. (1992), *Analyse conversationnelle et théorie de l'action*, Paris, Langue et apprentissage de langues.

BARCENILLA, J. & BRANGIER, E. (1981), « Typologie des erreurs de compréhension des écrits professionnels par les opérateurs à compétence lettrée réduite », *LANGAGES*, N°61.

BARTHELEMY, F. & HOUSSA, C. (2000), *Le DELF-DALF : Unités A6-B4 : Compréhension et Expression en français de spécialité - compte rendu - exposé*, Paris, Didier.

BEACCO, J.C. (1990), « L'intervention didactique et les variables culturelles » dans LEHMANN, D. & BEACCO, J.C., *Publics spécifiques et communication spécialisée, LE FRANÇAIS DANS LE MONDE*, N° spécial Août-Septembre.

BEACCO, J.C (1995), « A propos de la structuration des communautés discursives : Beaux-arts et Appréciatifs », dans BEACCO, J.C & MOIRAND, S., *Les enjeux des discours spécialisés*, Paris, Presses de la Sorbonne Nouvelle.

BEN FATMA, M. (1995), « Analyse du comportement pédagogique des professeurs de langue et de littérature françaises », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.

BENICHOUX, R. (1988), *Guide pratique de la communication scientifique*, Paris, G. Lachurié.

BENZAKOUR, F. (1994), « Le français au Maroc, Processus néologique et problèmes d'intégration » dans QUEFFELEC, A., BENZAKOUR, F. & CHERRARD-BENCHEFRA, Y., *Le français au Maghreb, Actes du colloque d'Aix-en-provence*, Aix-en-Provence, Publications de l'Université de Provence.

BEREITER, C. & SCARDAMALIA, M. (1991), « L'expertise en lecture-rédaction » dans PIOLET, A. & PELISSER, A. (1998), *La rédaction des textes : Approche cognitive*, Paris, Delachaux et Niestlé.

BERNIÉ, J.P. (1993), *Raisonnement pour résumer : une approche systémique du texte*, Berne, P. Lang.

BERNIÉ, J.P. (2001), « Problèmes posés par la construction d'un texte commun aux partenaires d'une activité rédactionnelle » dans de GAULMYN, M-M. , BOUCHARD, R. & RABATEL, A. (éds), *le Processus rédactionnel : écrire à plusieurs voix*, Paris, L'Harmattan.

BERRENDONNER, A. & PARRET, H.(1990), *L'interaction communicative*, Berne, P. Lang.

- BERRENDONNER, A. (1997), *Logique, discours et pensée : mélanges offerts à Jean-Blaise GRIZE*, Berlin, P.Lang, Coll. Sciences pour la communication.
- BERTHOUD, A.C. & PY, B. (1993), *Des linguistes et des enseignants : maîtrise et acquisition des langue secondes*. Berne, P. Lang, coll : Exploration.
- BERTHOUD, A.C. & GAJO, L. (2001), « négociier des faits de langue pour les discours » dans de GAULMYN, M-M. , BOUCHARD, R. & RABATEL, A. (éds), *le Processus rédactionnel : écrire à plusieurs voix*, Paris, L'Harmattan.
- BIARNES, J. (1981), « Place de l'oral et de l'écrit dans le processus d'insertion : éducation formelle, éducation informelle », *LANGAGES*, N°61.
- BILLIEZ, J. ( 1998) « L'alternance des langues en chantant », *LIDIL*, N°18.
- BOCH, F. (1998), « Les pratiques de réécriture dans l'enseignement supérieur. Profils groupaux », *LIDIL*, N° 17
- BOCH, F. & GROSSMANN, F. (2002), « Se référer au discours d'autrui : comparaison entre experts et néophytes », *ENJEUX*, N°54.
- BOCH, F. (2000), « Prises de notes et écriture conceptuelle à l'université », *PRATIQUES*, N° 105-106.
- BOCH, F. ; TUTIN, A. & GROSSMANN, F. (2003) « Analyse de textes réécrits à partir de prise de notes. Intérêts de la méthode RST (Rhetorical Structure Theory) » *Arob@se* 1-2/7
- BOECK UNIVERSITE (1999), *Lire comprendre écrire le français scientifique avec exercices et corrigés*, Bruxelles, Boeck Université.
- BOUCHARD, R. (1988), « Reformulation et énonciation : lire pour réécrire les discours mathématiques en classe », *E.L.A*, N°71.
- BOUCHARD, R. (1990), *Interaction exolingues et production écrite : « trifocalisation » de la conversation et potentialités acquisitionnelles*, Didier Erudition.
- BOUCHARD, R. (1993a), « Interaction et processus de production écrite » dans HALTE, J .F., *Inter-actions : l'interaction, actualités de la recherche et enjeux didactiques*, Metz, Université de Metz, didactique des textes.
- BOUCHARD, R. (1993b), *Sciences du langage et didactiques des langues maternelles et étrangères : processus rédactionnel et interaction*, Lyon, Université Lyon 2.
- BOUCHARD, R. (1995), « Des praxéogrammes aux discours écrits : Analyse des interactions, analyse de discours et pertinence », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°16
- BOUCHARD, R. (1996), « L'interaction comme outil d'analyse : L'étude du processus rédactionnel en langue étrangère », *INTERACTION ET COGNITIONS*, Vol. 1(2-3).
- BOUCHARD, R. (1999), « la réalisation orale des discours spécialisés », *Bidul* 2, Cief, Université Lumière – Lyon2.
- BOUCHARD, R. & de GAULMYN, M-M. (1997), « Médiation verbale et processus rédactionnel : parler pour écrire ensemble », dans GROSSEN, M. & PY, B. (éds), *Pratiques sociales et médiations symboliques*, Berne, Peter Lang.
- BOUCHARD, R. (2001), « Production écrite et contrôle de la production en « fin » d'apprentissage de l'écrit en L2 : les conflits entre usage et emploi, préconstruits et

- syntaxe », dans de GAULMYN, M-M. , BOUCHARD, R. & RABATEL, A. (éds), *le Processus rédactionnel : écrire à plusieurs voix*, Paris, L'Harmattan.
- BOUCHARD, R. (2005), « Sources et ressources du discours (académique) : Eléments préconstruits et processus de préconstruction en L2 », dans BOUCHARD, R. & MONDADA, L., *Les processus de la rédaction collaborative*, Paris, L'Harmattan, Coll. Sémantiques
- BRAHIM, A. (1995), « Nos étudiants, la grammaire et nous : notes (auto-)critiques », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.
- BRASSAC, C. (2001), « Rédaction coopérative : un phénomène de cognition située et distribuée » dans de GAULMYN, M-M. , BOUCHARD, R. & RABATEL, A. (éds), *le Processus rédactionnel : écrire à plusieurs voix*, Paris, L'Harmattan.
- BRASSART, D-G. (1998), « Enseigner/ apprendre à lire-écrire des textes épistémiques », *LIDIL* N°17.
- BREY, C. (1984), « Les travaux pratiques de reformulations », *LANGUE FRANÇAISE*, N°64
- BRONCKART, J. P. et al. (1995), *Le fonctionnement des discours*, Neuchâtel-Paris, Delachaux-Niestlé.
- BRUNEAUX, M. (1984), « La thermodynamique, une science à reformuler », *LANGUE FRANÇAISE*, N°64
- BUCHETON, D. (1995) « Au carrefour des métiers d'enseignant, de formateur, de chercheur », dans CHISS, J.L., DAVID, J. & REUTER, Y., *Didactique du français : état d'une discipline*, Paris, Nathan, Coll. Perspectives didactiques.
- BUSQUETS, J., VIEU, L. & ASHER, N. (2001), « La SDRT : une approche de la cohérence du discours dans la tradition de la sémantique dynamique », *Verbum*, N°XXIII.
- CAMOUN, A. (1992), *Etudes de psycho-systématique française et arabe*, Tunis, Faculté des lettres de la Manouba.
- CAMPS, A., GUASCH, O., MILIAN, M., RIBAS, T. (2001), « L'écrit dans l'oral : le texte proposé » dans de GAULMYN, M-M. , BOUCHARD, R. & RABATEL, A. (éds), *le Processus rédactionnel : écrire à plusieurs voix*, Paris, L'Harmattan.
- CANDEL, D. (1984), « Une approche de la langue des physiciens », *LANGUE FRANÇAISE*, N°64
- CANDEL, D. (1994), *Français scientifique et technique et dictionnaire de langue*, Paris, Didier érudition.
- CARTON, F., CEMBALO, M., DUDA, R. (1989), « Le français langue d'enseignement universitaire en Tunisie et en Madagascar : compte rendu de deux actions de formation » dans BAILLY, S. & TOLLE, I. (1989), *Bilan d'une expérience de sensibilisation interculturelle pour enseignants*, Nancy, Mélanges pédagogique, CRAPEL, Université de Nancy II.
- CASTELLOTI, V. (1997) « Langue étrangère et français en milieu scolaire : didactiser l'alternance ? », *E.L.A.*, N°108.
- CASTELLOTI, V. & MOORE, D. (1997), « Alternier pour apprendre, alternier pour enseigner, de nouveaux enjeux pour la classe de langue », *E.L.A.*, N°108.

- 
- CEMBALO, S. M. (1990), « Du problème à l'action » dans LEHMANN, D. J. & BEACCO, J.C. (1990), *Publics spécifiques et communication spécialisée*, Paris, Hachette, Le français dans le monde.
- CHABCHOUB, A. (1998), « L'éducation scientifique des élèves : quels obstacles faut-il dépasser ? », dans *Obstacles à l'apprentissage des sciences*, Actes du 4<sup>ème</sup> colloque national de didactiques des sciences - Sfax, Avril 1998, Dir. CHABCHOUB, A., Tunis.
- CHALLE, O. (2002), *Enseigner le français de spécialité*, Paris, Economica.
- CHALLE, O. (2004), « La place du FOS dans la formation tout au long de la vie », *LE FRANÇAIS DANS LE MONDE*, N° spécial, Janvier 2004.
- CHARLOT, B. (2001), *Les jeunes et le savoir : perspectives interactionnelles*, Paris, Economica, coll. Education.
- CHAROLLES, M. (1991), « Le résumé de texte scolaire, fonctions et principes d'élaboration », *PRATIQUES*, N°72.
- CHAROLLES, M. PETITJEAN, A. (1992), *L'activité résumante : le résumé du texte, aspects didactiques*, Metz, Centre d'Analyse Syntaxique de l'Université de Metz, Coll. Didactiques des textes.
- CHARTRAND, S.G. & PARET, M.C. (1995), « Langues maternelle, étrangère, seconde : une didactique unifiée ? », dans CHISS, J.L., DAVID, J. & REUTER, Y., *Didactique du français : état d'une discipline*, Paris, Nathan, Coll. Perspectives didactiques.
- CHERKAOUI, M. (2004), *Sociologie de l'éducation*, Paris, Presse Universitaire de France.
- CHISS, J.L. (1995), « Sciences du langage : le retour », dans CHISS, J.L., DAVID, J. & REUTER, Y., *Didactique du français : état d'une discipline*, Paris, Nathan, Coll. Perspectives didactiques.
- COIRIER, P., GAONAC'H, D. & PASSERAULT, J-M. (1996), *Psycholinguistique textuelle : Une approche cognitive de la compréhension et de la production des textes*, Paris, A. Colin.
- COIRIER, P. & ANDRIESSEN, J. (2001), « Une approche fonctionnelle de la production des textes argumentatifs élaborés : une activités "coopérante" » dans de GAULMYN, M-M., BOUCHARD, R. & RABATEL, A. (éds), *le Processus rédactionnel : écrire à plusieurs voix*, Paris, L'Harmattan.
- COLLET, G. (2000), *Langage et modélisation scientifique : le verbe, levier de l'apprentissage*, Paris, CNRS.
- COMBETTES, B., FRESSON, B. & TOMASSONE, R. (1980), *De la phrase au texte*, Paris, Delagrave.
- COMBETTES, B. (1983), *Pour une grammaire textuelle : progression textuelle*, Paris, Duculot.
- COMBETTES, B. & TOMASSONE, R. (1994), *Le texte informatif, aspects linguistiques*, Bruxelles, De Boeck
- COMBETTES, B. (1995), *Ecrire - Réécrire*, Paris, Duculot.

- CORNAIRE, C.M. & RAYMOND, P.M. (1994), *Le point sur la production écrite en didactique des langues*, Anjou, CEC, Coll. Le point sur ...
- COSTE, D. (1997), « Alternances didactiques », *E.L.A*, N°108.
- CUQ, J.P. (1991), *Le français langue seconde : origines d'une notion et implications didactiques*, Pris, Hachette FLE, coll. F. Référence.
- CUQ, J.P. (1992), « Français langue seconde », *ETUDES DE LINGUISTIQUE APPLIQUEE*, N°88.
- CUQ, J.P. & GRUCA. E (2002), *Cours de didactique du français langue étrangère et seconde*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, Coll. FLE.
- DABENE, L. (1994), *Repères socio-linguistiques pour l'enseignement des langues : les situations plurilingues*, Paris, Hachette FLE, Coll. F. Référence.
- DABENE, M. (1987), *L'adulte et l'écriture : contribution à une didactique de l'écrit en langue maternelle*, Bruxelles, Boeck université.
- DABENE, M. (1994), « L'évaluation de la lecture : approches didactiques et enjeux sociaux », *LIDIL*, N°10.
- DABENE, M. (1995), « Quelques étapes dans la construction des modèles » dans CHISS, J.L., DAVID, J. & REUTER, Y., *Didactique du français : état d'une discipline*, Paris, Nathan, Coll. Perspectives didactiques.
- DARRAS, F., DAUNAY, B., DELCAMBRE, I. & VANSEVEREN, M.P. (1994), *Apprentissages de la dissertation 3<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup>*, Lille, C.R.D.P.
- DEBOV, V. (1994), « Les éléments arabes du français écrit en Tunisie (contribution à une réflexion sur l'unité/ la diversité du français maghrébin) » dans QUEFFELEC, A., BENZAKOUR, F. & CHERRARD-BENCHEFRA, Y., *Le français au Maghreb, Actes du colloque d'Aix-en-provence*, Aix-en-Provence, Publications de l'Université de Provence.
- DELAMOTTE- LEGRAND, R. (2002), « Faire savoir son savoir. Polyphonie et mise en débat d'idée dans des copies d'étudiants », *ENJEUX*, N°54.
- DELCAMBRE. I, (1998), « De différentes formes d'interaction autour du faire : analyse d'une intervention didactique sur des stratégies de lecture », *LIDIL* N°17
- DELENZE, G. (2005), « Etayer l'apprentissage d'un genre formel oral : la défense d'un travail de fin d'études », *ENJEUX*, N° 63.
- DELFORCE, B. (1994), « De l'expérience de lecteur à la compétence de scripteur d'écrits professionnels : obstacles et exigences », dans *Les interactions lecture-écriture*, Actes du colloque Théodile- Crel (Lille, novembre 1993), réunis et prés. Par YVES REUTER, Paris, Peter Lang, Coll. Exploration.
- DERIVE, M.J & FINTZ, C. (1998), « Quelles pratiques implicites de l'écrit à l'université ? Quelques réflexions à partir de l'analyse d'un corpus de sujets de partiels et d'examens en DEUG de psychologie », *LIDIL*, N°17 DIDIER ERUDITION (1994), *Français scientifique et technique et dictionnaire de langue*, Paris, Etudes de sémantique lexicale.
- DOLZ, J. (1994), « Produire des textes pour mieux comprendre : l'enseignement du discours argumentatif », dans *Les interactions lecture-écriture*, Actes du colloque Théodile- Crel (Lille, novembre 1993), réunis et prés. Par YVES REUTER, Paris,

- Peter Lang, Coll. Exploration.
- DOLZ, J. & SCHNEUWLY, B. (1998), *Pour un enseignement de l'oral : Initiation aux genres formels à l'école*, Paris, ESF, coll. Didactique du Français.
- DRISSA, M.A. (1995), « Quelques réflexions sur l'enseignement des lettres dans le premier cycle », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.
- DUVERGER, J. & MAILLARD, J-P.(1996), *L'enseignement bilingue aujourd'hui*, Paris, A. Michel, Coll. Bibliothèque Richaudeau.
- ESMILI, H. (1994), « Statut, usage et rôle du français au Maroc », dans ABOU, S. & HADDAD, K., *Une francophonie différentielle*, Paris, L'Harmattan.
- EURIN BALMET, S. & HENAO DE LEGGE, M. (1992), *Pratiques du français scientifique: L'enseignement du français à des fins de communication scientifique*, Paris, Hachette.
- FAYOL, M. (1984) : « L'approche cognitive de la rédaction : une perspective nouvelle », *REPERES*, N° 63
- FAYOL, M. (1997), *Des idées au texte. Psychologie cognitive de la production verbale, orale et écrite*, Paris, PUF.
- FAYOL, M. , GAONAC'H, D. & MOUCHON, S. (1994), « Connecteurs et ponctuation : comparaison production- compréhension », dans *Les interactions lecture-écriture*, Actes du colloque Théodile- Crel (Lille, novembre 1993), réunis et prés. Par YVES REUTER, Paris, Peter Lang, Coll. Exploration.
- FRAENKEL, B. (1981), « Que savons nous des pratiques d'écriture dans le travail ? », *LANGAGES*, N°61.
- FRANCIS-SAAD, M. (1992), « Caractère social du français en Egypte, bilinguisme et interférences », *ETUDES DE LINGUISTIQUE APPLIQUEE*, N°88.
- FRIER, C. (1998), « profils de lecteurs et modalités d'approche des textes de spécialité à l'université », *LIDIL*, N° 17
- FUCHS, C. (1994) : *Paraphrases et Enonciations*, Paris, Gap, Coll. L'homme dans la langue.
- GAUCHOLA, R., LE BESNEARAI, M., LEVAILLANT, M., MURILLO, J., OLIVA, M. & TOST, M. (1993) « Ruptures discursives et polyphonie : dans un discours institutionnel sur les langues en Europe » dans MOIRAND, S., BOUACHA, A.A., BEACCO, A. & COLLINOT, A., *Parcours linguistiques de discours spécialisés*, Actes de colloque, Sorbonne, 23-24-25 septembre 1992 .
- GAULTIER, M-T. (1970), « L'enseignement des langues de spécialités. Eléments d'une méthodologie », dans *Les langues de spécialité. Analyse linguistique et recherche pédagogique*, actes du stage de St-Cloud, 23-30 Novembre 1967, Strasbourg, A.I.D.E.L.A. (Association internationale d'éditeurs de linguistique appliquée)
- GARDY, P. & LAFONT, R. (1981), « La diglossie comme conflit : l'exemple occitan », *LANGAGES*, N°61.
- GAULMYN, M-M. (2001) « Recherches lyonnaise sur la rédaction conversationnelle » dans de GAULMYN, M-M. , BOUCHARD, R. & RABATEL, A. (éds), *le Processus rédactionnel : écrire à plusieurs voix*, Paris, L'Harmattan.
- GENTILHOMME, Y. (1984), « Les faces cachées du discours scientifique : Réponse à

- Jean Peytard », *LANGUE FRANÇAISE*, N°64
- GRANDGUILLAUME, G. (1983), *Arabisation et politique linguistique au Maghreb*, Paris, G.-P. Maisonneuve et Larose.
- GROSSEN M. & PY, B. (1997), « Introduction générale. Interactions, médiations et pratiques sociales » dans GROSSEN M. & PY, B. (éds), *Pratiques sociales et médiations symboliques*, Berne, Peter Lang.
- GROSSMANN, F., FRIER, C. & SIMON, J.P. (1994), « Lecture et construction du sens : l'évaluation de la compréhension de textes spécialisés par des étudiants de première année de DEUG », *LIDIL*, N°10.
- GÜLICH, E. & KRAFFT, U. (1997), « Le rôle du "Préfabriqué" dans les processus de production discursive », dans MARTINS-BALTAR, M (Hg.). *La locution entre langue et usages*, Fontenay/Saint-Cloud, ENS Editions.
- HALTE, J.F. (1994), « Interactions et apprentissage », *CAHIERS PEDAGOGIQUES*, N°326.
- HALTE, J.F. (1995), « Interaction : une problématique à la frontière », dans CHISS, J.L., DAVID, J. & REUTER, Y., *Didactique du français : état d'une discipline*, Paris, Nathan, Coll. Perspectives didactiques.
- HALTE, J.F. (1996), « Pratiques intégrées de lecture et d'écriture », *PRATIQUES*, N°90.
- HAMMAMI, M. (1992) « "Interférences ?" dites-vous ? à propos de l'acquisition de la relative », *ETUDES DE LINGUISTIQUE APPLIQUEE*, N°88.
- HAMMAMI, M. (1995), « Objectifs fonctionnels ou objectifs culturels ? », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.
- HAYES, J. R. (1998), « un nouveau cadre pour intégrer cognition et affect dans la rédaction » dans PIOLAT, A. & PELISSIER, A., *La rédaction de textes : approche cognitive*, Paris, Delachaux et Niestlé.
- HILGERT, M. (1995), « Pour une formation actualisée des professeurs de français », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.
- JEANNERET, T. (1991), « Fabrication du texte conversationnel et conversation pluri-locuteurs », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°12.
- JACOBI, D. (1984), « Du discours scientifique, de sa reformulation et de quelques usages sociaux de la science », *LANGUE FRANÇAISE*, N°64.
- JIZZA, H. (1999), *Oral et écrit*, Conférence à l'I.U.F.M, Lyon.
- JORRO, A. (1994), « L'apprentissage d'une stratégie de compréhension de texte au cycle 3 de l'école primaire », *LIDIL*, N°10
- KAHN, G. (2002) « Choix de documents et approches didactiques en français de spécialités », dans *les langues de spécialités : états de la question et enjeux*. Acte du colloque de novembre 2000, Tunis, ISLT.
- KARA-ABBES, A.Y. (1994), « La créativité linguistique dans les productions écrites des lycéens algériens » dans QUEFFELEC, A., BENZAKOUR, F. & CHERRARD-BENCHEFRA, Y., *Le français au Maghreb, Actes du colloque d'Aix-en-provence*, Aix-en-Provence, Publications de l'Université de Provence.

- 
- KERBRAT-ORECCHIONI, C. (1990), *Les interactions verbales*, Paris, Armand Colin.
- KERBRAT-ORECCHIONI, C. (1995), « La construction de la relation interpersonnelle : quelques remarques sur cette dimension du dialogue », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°16.
- KLIBI, H. (1998), « Apprentissage des sciences : des conceptions aux obstacles », dans *Obstacles à l'apprentissage des sciences*, Actes du 4<sup>ème</sup> colloque national de didactiques des sciences - Sfax, Avril 1998, Dir. CHABCHOUB, A., Tunis.
- KOTSCHI, T. (1986), « Procédés d'évaluation et de commentaires métadiscursifs comme stratégies interactives », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°7.
- KRAFFT, U. & DAUSENDSCHÖEN-GAY, U. (1997), « les rédactions conversationnelles : construire ensemble un modèle de texte », dans M. GROSSEN et B. PY (éds), *Pratiques sociales et médiations symboliques*, Berne, Peter Lang.
- KRAFFT, U. & DAUSENDSCHÖEN-GAY, U. (1999), « Système écrivant et processus de mises en mots dans les rédactions conversationnelles », *LANGAGES*, N°134
- KRAFFT, U. (2005), « La matérialité de la production écrite : les objets intermédiaires dans la rédaction coopérative de Paulo et Maïté », dans BOUCHARD, R. & MONDADA, L., *Les processus de la rédaction collaborative*, Paris, L'Harmattan, Coll. Sémantiques
- KREMnitz, G. (1981), « Du « Bilinguisme » au « conflit linguistique » cheminement de termes et de concepts », *LANGAGES*, N°61.
- LEBRE, M. (1995), « Hétérogénéité et cohérence : remarques sur les échanges oraux entre pairs », dans BEACCO, J.C & MOIRAND, S., *Les enjeux des discours spécialisés*, Paris, Presses de la Sorbonne Nouvelle.
- LECLERQ, V. (1994), « Procédures et fonctions des relectures- révisions de textes produits par des apprenants de l'éducation de base », dans *Les interactions lecture-écriture*, Actes du colloque Théodile- Crel (Lille, novembre 1993), réunis et prés. Par YVES REUTER, Paris, Peter Lang, Coll. Exploration.
- LEHMANN, D. (1990), « Avons-nous toujours besoin des besoins langagiers ? », dans LEHMANN, D. & BEACCO, J.C., *Publics spécifiques et communication spécialisée, LE FRANÇAIS DANS LE MONDE*, N° spécial Août- Septembre.
- LEHMANN, D. (1993), *Objectifs spécifiques en langue étrangère, Les programmes en question*, Vanves, Références.
- LERAT, P. (1995), *Les langues spécialisées*, Paris, Presse Universitaire de France.
- LERAT, P. (2002), « Fondements de l'étude des langues de spécialités » dans *les langues de spécialités : états de la question et enjeux*. Acte du colloque de novembre 2000, Tunis, ISLT.
- LUNDQUIST, L. (1980), *La cohérence textuelle : syntaxe Sémantique et pragmatique*, Kobenhavn , A.Busck
- LOFFLER-LAURIAN, A.M. (1984), « Vulgarisation scientifique : formulation, reformulation, traduction », *LANGUE FRANÇAISE*, N°64 .
- LUC, C. & VIRBEL, J. (2001), « Le modèle d'architecture textuelle fondements et expérimentation », *Verbum*, N°XXIII.

- MAHJOUB, H (2002), « Ecrire en "français" pour des étudiants scientifiques tunisiens », Enjeux N°53.
- MANN, W.C. & THOMPSON, S.A. (2001), « Deux perspectives sur la théorie de la structure rhétorique (RST) », *Verbum*, N°XXIII.
- MARTINEZ, P. (2002), *La didactique des langues étrangères*, Paris, presses Universitaires de France, Coll. Que sais-je ?
- MARTORY, B. (1978), *Technique de l'exposé oral : sciences économiques et sociales*. Paris, Editions Cujas.
- MARZOUKI, S. (1994), « Statut, usage, et rôle du français en Tunisie » dans ABOU, S. & HADDAD, K., *Une francophonie différentielle*, Paris, L'Harmattan.
- MATHER, P. A. (1997), « Transfert et fossilisation : une perspective diachronique », *Revue de l'ALCA*, Vol. 19, N° 1-2.
- MAURER, B. (1997), « Apprendre en alternant les langues : stratégies énonciatives en classe "bilingue" », *E.L.A.*, N°108
- MIECZNIKOWSKI-FÜNFSCILLING, J. & MONDADA, L. « Les pratiques d'écriture dans la recherche scientifique : planifier et rédiger collaborativement des arguments » dans de GAULMYN, M-M. , BOUCHARD, R. & RABATEL, A. (éds), *le Processus rédactionnel : écrire à plusieurs voix*, Paris, L'Harmattan.
- MIEVILLE, D., BERRENDONNER, A. & TRIPET, C. (1997), *Logique, discours et pensée*, Berne, Lang.
- MILED, M. (1995), « Français langue seconde, français langue étrangère : éléments de différenciation et quelques implications didactiques », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.
- MILED, M. (1998), *La didactique de la production écrite en français langue seconde*, Paris, Didier Erudition.
- MILED, M. (2005), « Vers une didactique intégrée : arabe langue maternelle et français langue seconde », *LE FRANÇAIS DANS LE MONDE*, N° Spécial Janvier 2005.
- MOIRAND, S. (1990a), *Une grammaire des textes et des dialogues*, Paris, Hachette.
- MOIRAND, S. (1990b), « Décrire des discours produits dans les situations professionnelles » dans LEHMANN, D. & BEACCO, J.C., *Publics spécifiques et communication spécialisée*, *LE FRANÇAIS DANS LE MONDE*, N° spécial Août-septembre.
- MOIRAND, S. (1995), « L'évaluation dans les discours scientifiques et professionnels », dans BEACCO, J.C & MOIRAND, S., *Les enjeux des discours spécialisés*, Paris, Presses de la Sorbonne Nouvelle.
- MOIRAND, S. (1992), *Enseigner à communiquer en langue étrangère*, Paris, Hachette.
- MOIRAND, S. (2004), « Le texte et ses contextes », dans ADAM, J.M., GRIZE, J-B., BOUACHA, M.A., *Textes et discours, catégories pour l'analyse*, Dijon, Editions Universitaires de Dijon, Coll. Langages
- MONDADA, L. (2005), « " il faut d'abord xxx 0 ramasser les les arguments" la coordination de la parole-en-interaction et de l'inscription dans l'élaboration collective des topics », dans BOUCHARD, R. & MONDADA, L., *Les processus de la rédaction*

*collaborative*, Paris, L'Harmattan, Coll. Sémantiques

- MONTACER, M. (1993), « Importance de la maîtrise de l'outil « linguistique » par l'Etudiant pour la qualité de l'enseignement scientifique. Cas d'étude : enseignement des Sciences de la Terre », dans *Méthodologie de l'enseignement des sciences fondamentales au secondaire et au supérieur*, Actes du colloque organisé à la Faculté des Sciences- Sfax, 9-10 Mai 1992, Dir. CHARFI, M. & MILED, M., Sfax, Institut National des Sciences de l'Education.
- MORTUREUX, M.F. (1993), « Comment peut-on définir la propriété d'un mot ? », dans MOIRAND, S., BOUACHA, A.A. & COLLINOT, A., *Parcours linguistiques de discours spécialisés*, Actes de colloque, Sorbonne, 23-24-25 septembre 1992 .
- MORTUREUX, M.F. (1995), « les vocabulaires scientifiques et techniques », dans BEACCO, J.C & MOIRAND, S. , *Les enjeux des discours spécialisés*, Paris, Presses de la Sorbonne Nouvelle.
- MUCCHIELLI, A. (1998), *Théorie des processus de la communication*, Paris, Coll.U.
- NAFFATI, H. (2000), *Le français en Tunisie. Etude sociolinguistique et lexicale*. Dir. Par QUEFFELEC, A. , Université Aix-Marseille I.
- NAFFATI, H., QUEFFELEC, A. (2004), *Le français en Tunisie*, Nice, Institut de linguistique française.
- NGALASSO, M.M. (1992), « Le concept de français langue seconde », *ETUDES DE LINGUISTIQUE APPLIQUEE*, N°88.
- NONNON, E. (2002), « Des interactions entre oral et écrit : notes, canevas, traces écrites et leurs usages dans la pratique orale », *PRATIQUES*, N°115/116 .
- NUSSBAUM, L. (1999), « Emergence de la conscience langagière en travail de groupe entre apprenants de langue étrangère », *LANGAGES*, N°134
- OMER, D. (2001), *Les activités d'emprunt à l'école. Génération de textes scolaires en contexte roumain : études de cas*, Paris, L'Harmattan.
- OMER, D. (2002), « Les prises de notes pour les étudiants étrangers », *ENJEUX*, N°53.
- ODART, A.C. (2002), « Manuels scolaires et écrits professionnels. Quelle didactique ? », *PRATIQUES*, N°115/116
- PAINCHAUD, G. (1992), « " littératie" et didactique de l'écrit en L2 », *ETUDES DE LINGUISTIQUE APPLIQUEE*, N°88.
- PARPETTE, C. (1990), « Formation linguistique et formation scientifique intégrée » dans LEHMANN, D. & BEACCO, J.C., *Publics spécifiques et communication spécialisée*, *LE FRANÇAIS DANS LE MONDE*, N° spécial Août- septembre,
- PASSELECQ, K. (2002), « La formation linguistique de professeurs de sciences de lycées bilingues », dans *les langues de spécialités : états de la question et enjeux*. Acte du colloque de novembre 2000, Tunis, ISLT.
- PERY-WOODLEY, M.P. (1985), « Grammaire de texte et apprentissage de l'écrit », *LE FRANÇAIS DANS LE MONDE*, N° 192.
- PERY-WOODLEY, M.P. (1993), *Les écrits dans l'apprentissage : clés pour analyser les productions des apprenants*, Vanves, Hachette FLE, F.
- PERY-WOODLEY, M-P. (2000), *Note de synthèse de l'HDR*.

- PERY-WOODLEY, M-P. (2001), « Présentation » *Verbum*, N°XXIII.
- PETROFF, A.J. (1984), « Sémiologie de la reformulation dans le discours scientifique et technique », *LANGUE FRANÇAISE*, N°64,
- PEYTARD, J. (1984), « Problématique de l'altération des discours : reformulation et transcodage », *LANGUE FRANÇAISE*, N°64,
- PEYTARD, J. (1993), « De l'altération et de l'évaluation des discours », dans MOIRAND, S., BOUACHA, A.A., BEACCO, A. & COLLINOT, A., *Parcours linguistiques de discours spécialisés*, Actes de colloque, Sorbonne, 23-24-25 septembre 1992.
- PHAL, M.A., (1970), « Le vocabulaire général d'orientation scientifique : essai de définition et méthode d'enquête », dans *Les langues de spécialités. Analyse linguistique et recherche pédagogique*, actes du stage de St-Cloud, 23-30 Novembre 1967. (vr p^lus haut)
- PIOLAT, A. (2001), *La prise de notes*, Paris, Presse Universitaire de France, Coll. Que sais-je.
- POCHARD, J-C. (1997), « Une classe d'anglais en France : Quelle(s) Langue(s) y parle-t-on ? », *E.L.A.*, N°108.
- POLLET, M-C (2001), *Pour une didactique des discours universitaires : Etudiants et système de communication à l'université*, Bruxelles, DeBoeck Université, Coll. Pratiques Pédagogiques.
- PORTINE, H. (1990), « Les "langues de spécialité" comme enjeux de représentations » dans LEHMANN, D. & BEACCO, J.C., *Publics spécifiques et communication spécialisée*, *LE FRANÇAIS DANS LE MONDE*, N° spécial Août- septembre.
- PREVOST, P. (1992) « Pour une pédagogie du français langue seconde : l'enquête de la CONFEMEN », *ETUDES DE LINGUISTIQUE APPLIQUEE*, N°88.
- PRIVAT, J.M. (1995), « Socio-logiques des didactiques de la lecture », dans CHISS, J.L., DAVID, J. & REUTER, Y., *Didactique du français : état d'une discipline*, Paris, Nathan, Coll. Perspectives didactiques.
- PY, B. (1995), « Quelques remarques sur les notions d'exolinguisme et de bilinguisme », *CAHIERS DE PRAXEMATIQUE*, N°25
- PY, B. (1997), « Pour une perspective bilingue sur l'enseignement et l'apprentissage des langues », *E.L.A.*, N°108.
- RAGANO, S., FIJALKOW, Y. & FIJALKOW, J. (1981), « Vers un didacticiel d'entrée dans l'écrit », *LANGAGES*, N°61.
- REGENT, O. (1989), « Apprendre à apprendre en grand groupe », dans BAILLY, S. & TOLLE, I. , *Bilan d'une expérience de sensibilisation interculturelle pour enseignants*, Nancy, Mélanges pédagogique, CRAPEL, Université de Nancy II.
- REICHLER-BEGUELIN, M-J. (2000), *Ecrire en français : cohésion textuelle et apprentissage de l'expression écrite*, Paris, Delachaux et Niestlé.
- REUTER, Y. (1996a), *Enseigner et apprendre à écrire*, Paris, ESF éditeur.
- REUTER, Y. (1996b), « Problématique des interactions lecture-écriture », dans *Les interactions lecture-écriture*, Actes du colloque Théodile- Crel (Lille, novembre 1993),

- réunis et prés. Par YVES REUTER, Paris, Peter Lang, Coll. Exploration.
- RHIMI, M-N. (1998), « Obstacles linguistiques et apprentissage des sciences physiques », dans *Obstacles à l'apprentissage des sciences*, Actes du 4<sup>ème</sup> colloque national de didactiques des sciences - Sfax, Avril 1998, Dir. CHABCHOUB, A., Tunis.
- ROPE, F. (1994), « Synthèse des recherches en didactique portant sur les interactions lecture-écriture », dans *Les interactions lecture-écriture*, Actes du colloque Théodile-Crel (Lille, novembre 1993), réunis et prés. Par YVES REUTER, Paris, Peter Lang, Coll. Exploration.
- ROSSARI, C. (1996), « Identification d'unités discursives : les actes et les connecteurs », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°18.
- ROSSARI, C. (2001), « Les relations de discours : Approches rhétoriques, approches pragmatiques et approches sémantiques », *Verbum*, N°XXII ,
- ROULET, E. (1972), *Théories grammaticales, description et enseignement des langues*, Paris, Nathan.
- ROULET, E. (1983), *Connecteurs pragmatiques et structure du discours actes*, Genève, Université de Genève.
- ROULET, E. (1986), « Complétude interactive et mouvement discursif », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°7.
- ROULET, E. et al (1987), *L'articulation des discours en français contemporain*, Berne, Lang.
- ROULET, E. (1987), « Complétude interactive et connecteurs reformulateurs », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°8.
- ROULET, E. (1988), « Variations sur la structure de l'échange langagier dans différentes situations d'interactions », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°9.
- ROULET, E. (1991), « vers une approche modulaire de l'analyse du discours », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°12.
- ROULET, E. (1997), « une description modulaire de l'organisation topicale d'un fragment d'entretien », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°18.
- ROULET, E. (1999), *La description de l'organisation du discours*, Paris, Didier.
- SALHA, H. (1995), « Le complexe de la faute », *REVUE TUNISIENNE DES LANGUES VIVANTES*, N°8.
- SCHEPPING, M.H. (1970), « Les études spécialisées et l'enseignement de l'allemand à l'université technique d'Aix-la-chapelle. Structure de la langue spécialisée », dans *Les langues de spécialités. Analyse linguistique et recherche pédagogique*, actes du stage de St-Cloud, 23-30 Novembre 1967.
- SCHNEUWLY, B. (1995), « De l'utilité de la « transposition didactique » », dans CHISS, J.L., DAVID, J. & REUTER, Y., *Didactique du français : état d'une discipline*, Paris, Nathan, Coll. Perspectives didactiques.
- SERHANI, L. (1991), « Introduction à la grammaire textuelle » dans *HORIZONS PEDAGOGIQUES*, la revue pédagogique et culturelle de l'association des enseignants de français de l'Académie de Tétouan N°2.

- SIMON, D-L. (1997), « Alternance codique en classe de langue : rupture de contrat ou survie ? », *E.L.A.*, N°108.
- SIMONIN-GRUMBACH, J. ( 1975), « Pour une typologie des discours » dans KRISLEVA, J. , MILNER, J-C. & RUWET, N., *Langue, discours, société. Pour Emile Benveniste*, Paris, Ed. du Seuil, Coll. Travaux linguistiques.
- SOUCHON, M. (2002) « L'analyse de productions écrites d'étudiants de première années à l'université », *ENJEUX*, N°54.
- SPENGER CHAROLLES, L. (1980), « Le résumé de texte », *PRATIQUES*, N°26.
- VARRO, G. (1998), « Le rire de Charlotte ou le bilinguisme virtuel », *LIDIL*, N°18.
- VIENNOT, L. (1993), « Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique », *DIDASKALIA*, N°1.
- VIGNER, G. (1982), *Ecrire : éléments pour une pédagogie de la production écrite*, Paris, Didactique des langues étrangères.
- VIGNER, G. (1987), « Français langue seconde, une didactique spécifique », *DIAGONALES*, N°4.
- VIGNER, G. (1991), « Réduction de l'information et généralisation : aspects cognitifs et linguistiques de l'activité de résumé », *PRATIQUES*, N°72.
- VIGNER, G. (1992), « Le français langue de scolarisation », *ETUDES DE LINGUISTIQUE APPLIQUÉE*, N°88.
- VIGNER, G. (1994), « Les formations à l'enseignement du F.L.E.S. au Maghreb et dans les pays d'Afrique francophone », *E.L.A.*, N°95 spécial Juillet-Septembre.
- VIGNER, G. (2001), *Enseigner le français comme langue seconde*, Paris, CLE international, Coll. Didactique des langues étrangères.
- VINCENT, D. (1995), « Du dialogue au soliloque : des interactions plus ou moins conversationnelles », *CAHIERS DE LINGUISTIQUE FRANÇAISE*, N°16.
- WEINRICH, H. (1989), *Grammaire textuelle du français*, Paris, Didier/Hatier.
- ZARATE, G. (1998) « D'une culture à d'autres : critères pour évaluer la structure d'un capital pluriculturel », *LIDIL*, N°18.
- ZGHAL, R. (1993), « Les défis de la Pédagogie Universitaire », dans *Méthodologie de l'enseignement des sciences fondamentales au secondaire et au supérieur*, Actes du colloque organisé à la Faculté des Sciences- Sfax, 9-10 Mai 1992, Dir. CHARFI, M. & MILED, M., Sfax, Institut National des Sciences de l'Education.

## Sitographie

<http://gric.univ-lyon2.fr/Equipe2/Adis-langues/> : BOUCHARD, R., *la rédaction conversationnelle ou la production coopérative de textes*.

[http://www.unifr.ch/ipg/these/A\\_quoi\\_pensent/introduction/structure\\_introduction.htm](http://www.unifr.ch/ipg/these/A_quoi_pensent/introduction/structure_introduction.htm)

[http://www.unifr.ch/ipg/these/A quoi pensent/theorie/ecriture/modele Hayes Flower/structure hayes](http://www.unifr.ch/ipg/these/A_quoi_pensent/theorie/ecriture/modele_Hayes_Flower/structure_hayes)  
:

COEN, P-F., *A quoi pensent les enfants quand ils écrivent ? Analyse des processus cognitifs et métacognitifs en jeu dans une tâche d'écriture assistée par le logiciel AutoéVal*, thèse en ligne, publiée sous la direction de GURTNER, J-L., Département des Sciences de l'éducation Université de Fribourg (Suisse),

[http://alsic.u-strasbg.fr/Num10/dejean/alsic\\_n10-rec8.htm#ref1](http://alsic.u-strasbg.fr/Num10/dejean/alsic_n10-rec8.htm#ref1) : DEJEAN, C. (2003), « Rédactions conversationnelles sur papier et sur ordinateur : une étude de cas », ALSIC, Vol.6, N°1.

<http://www.etab.ac-caen.fr/cdn/medias.htm>

<http://www.etab.ac-caen.fr/cdn/sources/demarche.htm> :

FROGER, N. , *Extrait de : Norbert Froger, 50 activités pour créer des productions multimédias*, CRDP de Basse-Normandie, CRDP Midi-Pyrénées, 2000.

[www.sil.org/linguistics/RST](http://www.sil.org/linguistics/RST) : MANN, W.C. (2005a), *Introduction à la théorie de la structure rhétorique (Rhetorical structure Theory : RST)*,

[www.sil.org/linguistics/RST](http://www.sil.org/linguistics/RST) : MANN, W.C. (2005b), *Les définitions des relations de la RST*,

<http://tecfa.unige.ch/staf/staf9698/shubber/stafs/staf15/fichelect.htm> : RANSELL, S-E. & LEVY, C-M. (1994), « L'écriture en tant que processus et produit : l'impact de l'outil, du type de texte, de la connaissance se rapportant au destinataire, et du niveau d'expertise de l'écrivain.

<http://www.cs.utep.edu/novick/papers/ace.ergoia98.html> : TAZI, S. & D.G. NOVICK, *Actes de la communication écrite*.

<http://tecfa.unige.ch/~tognotti/staf2x/memoire/garde.html> ,:

<http://tecfa.unige.ch/~tognotti/staf2x/memoire/theories.html> :

TOGNOTTI, S. (1997), *Etude d'un dispositif de coopération rédacteur - lecteur pour l'apprentissage de la rédaction technique*. Problèmes théoriques et pratiques liés à la révision de textes.

## Programmes et documents officiels

- BELAJOUZA, M (1999) : *Les étudiants : leurs études et leur vie*, Tunis, Centre de Publication Universitaire
- FRANTZ, P. , HARMEGNIES, B. , KHEMIRI, M. , KSOURI, M. , MARTINEZ, P. & MILED, M. (2004), *l'enseignement du français et en français dans l'enseignement supérieur tunisien. Etats des lieux et perspectives*, Centre international d'études pédagogiques.
- Journal Officiel de la République Tunisienne, *Le Système Educatif, La loi du 29 juillet 1991 et les textes d'application*.

- Ministère de l'Education, Direction des Programmes : *Programmes officiels de l'Enseignement Secondaire*. Décret n°98- 1280 du 15 juin 1998. Annexes II, Français.
- Ministère de l'Education, *Les compétences de base et les objectifs terminaux d'intégration dans l'enseignement de base. 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> années : arabe et mathématiques. 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> années : français*. Publication de l'Institut National des Sciences de l'Education. Tunis 1995.
- Ministère de l'Education, *Les compétences de base et les objectifs terminaux d'intégration dans l'enseignement de base. 3<sup>ère</sup> et 4<sup>ème</sup> années : arabe et mathématiques. 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> années : français*. Publication de l'Institut National des Sciences de l'Education. Tunis 1996.

# Annexes

## Descriptif des Annexes

*Les annexes contiennent six éléments ; d'une part le Texte Source (annexe TS) et d'autre part l'ensemble des documents recueillis à propos de chacun des cinq groupes d'étudiants (annexes G1, G2....)*

Dans l'annexe TS, nous trouvons le texte source manuscrit et sa transcription marquée (unités hiérarchiques surlignées en rose et sous-unités de base surlignées en turquoise)

Dans chaque annexe G1 etc... ( le numéro réfère au groupe d'étudiants) nous trouvons respectivement :

- La transcription orale de la conversation qui a accompagné les productions
- Le texte du brouillon manuscrit et transcrit
- Le texte cible manuscrit et transcrit avec une indication :
  - des unités (délimités par des slashes /... /)
  - des unités hiérarchiques (surlignées en rose) et des sous-unités de base

(surlignées en turquoise).

- des plus petits segments identifiés (numérotés)

## Notion de transcription

Trois données :

Numéros d'interventions

Locuteurs

Transcription

- . : une pause d'une seconde environ
- .. : une pose de trois secondes environ
- ... : une pause d'environ cinq secondes
- +++ : une pause d'environ dix secondes
- +++ etc.
- .XXXX \ XX
- \ XXXXX : chavement de paroles .
- gras : mots ou syllabes accentués.
- (?) : question
- (!) : exclamation
- (.) : affirmation
- (x), (x'), (x'') : prolongement plus ou moins long de syllabes ou de lettres
- (... ?) : paroles inaudibles
- (xxx ?) : séquence dont l'interprétation est incertaine
- xxx' ou [xxx]' : dernière lettre muette
- xxx : propos écrits et auto-dictés en même temps
- xxx : propos dictés
- (RIRE) : moments de rire
- (RAPIDE) xxx : propos énoncés rapidement
- (BAS) xxx : propos énoncés à voix basse
- (HAUT) xxx : propos énoncés à haute voix
- (xxx) : propos en français transcrits tels qu'ils sont prononcés
- [xxx] : transcription phonétique de propos en arabe.

Transcription de quelques phonèmes arabes

---

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

---

[ʔ] : ء	[tʰ] : ت
[ʒ] : ج	[h] : ح
[χ] : خ	[ð] : ذ
[ʃ] : ش	[dʰ] : ض
[ʕ] : ع	[Q] : ق
[h] : ه [w] : و	[j] : ي

## Annexes TS

### *TS Scan*

---



2

$P_1(x) = \dots$   
 $P_2(x) = \dots$   
 $P_3(x) = \dots$   
 $P_4(x) = \dots$   
 $P_5(x) = \dots$   
 $P_6(x) = \dots$   
 $P_7(x) = \dots$   
 $P_8(x) = \dots$   
 $P_9(x) = \dots$   
 $P_{10}(x) = \dots$

2. 2.1. Propriétés de la suite de Chebyshev  
 Les polynômes de Chebyshev de première espèce sont définis par :  
 $T_0(x) = 1$   
 $T_1(x) = x$   
 $T_{n+1}(x) = 2xT_n(x) - T_{n-1}(x)$

Les propriétés de la suite de Chebyshev sont :  
 - Ils sont orthogonaux sur l'intervalle  $[-1, 1]$  avec le poids  $w(x) = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$ .  
 - Ils ont des racines réelles dans l'intervalle  $[-1, 1]$ .  
 - Ils sont liés à la fonction arccos :  $T_n(\cos \theta) = \cos(n\theta)$ .  
 - Ils ont des coefficients entiers.



14.

$T = \{ \omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n \}$

2 - Fonction d'énergie d'un système statistique  
 - soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.  
 - soit on fait le produit de la fonction de partition.

$f(x, y) = f(x, y) = \dots = f(x, y)$

$P(x, y) = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^N \omega_i(x, y) = \dots = \omega_i(x, y)$

- soit on fait le produit de la fonction de partition  
 - soit on fait le produit de la fonction de partition.

Exemple - soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.

$P(x, y) = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^N \omega_i(x, y) = \dots = \omega_i(x, y)$

soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.

$P(x, y) = \frac{1}{Z} \sum_{i=1}^N \omega_i(x, y) = \dots = \omega_i(x, y)$

soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.

soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.

soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.

2 - Fonction d'énergie d'un système statistique d'un système statistique  
 - soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.

soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.

soit on fait le produit de la fonction de partition - soit on, soit on  
 se réfère par ce produit.





Statistiques des systèmes de particules identiques - Généralités

I- Introduction

- (1) 2 partic sont dites identiques,
- (2) si toutes leur propriétés intrinsèque sont les mêmes
- (3) (m, masse, charge et spin)
- (4) les e<sup>-</sup>, les protons, atomes d'hydrogène
- (5) En mécanique classique
- (6)  $\dot{\mathbf{q}}(t) = 0$        $(\mathbf{q}(t) = \dot{\mathbf{q}}(t) = 0$
- $(t_0, \mathbf{v}_0)$        $(t_0, \mathbf{v}(t_0))$
- $(\mathbf{r}_0^*, \mathbf{p}_0^*)$        $(\mathbf{r}(t_0), \mathbf{p}(t_0))$
- (7) On peut définir la trajectoire d'une partic à partir des condit° initiales
- (8)

conclusion : En MC, 2 partic identiques sont discernables.

En mécanique quantique

- (9) La notion de trajectoire n'a pas de sens
- (10) on ne peut définir qu'un paquet d'onde caractérisé par  $|\Psi(x,t)|^2$
- (11) Principe d'indiscernabilité : 2 particules identiques sont indiscernables

II- Le Postulat de symétrisation

1) symétrie de la fonction d'onde d'un syst de particules identiques par rapport à l'échange des états de 2 partic :

soit un syst de N partic identiques // Désignons par  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$  l'un des états individuel

on peut dire  $\alpha_2 = x, y, z, \dots, \sigma_1$  //  $t_0, \sigma_1 \rightarrow$  état de spin

Soit fct d'onde

$$\psi(x_1, \alpha_1, \dots, x_N, \alpha_N)$$

considérons 2 partic qlq i et j // La permutat° des états de ces 2 partic laissent invariant  $|\psi(x)|^2$

$$|\psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_i, j, \alpha_j, \dots, N, \alpha_N)|^2 = |\psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_j, j, \alpha_i, \dots, N, \alpha_N)|^2$$

$$\psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_j, j, \alpha_i, \dots, N, \alpha_N) = \lambda \psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_i, j, \alpha_j, \dots, N, \alpha_N)$$

avec  $|\lambda|^2 = 1$

soit  $P_{ij}$  - l'opérateur d'échange des états i et j

$$P_{ij} \psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_j, j, \alpha_i, \dots, N, \alpha_N) = \psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_i, j, \alpha_j, \dots, N, \alpha_N)$$

avec  $P_{ij}^2 = P_{ij}$  et  $P_{ij}^2 = \mathbb{1}$

ses valeurs propres sont  $\lambda = \pm 1$  donc

$$\psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_j, j, \alpha_i, \dots, N, \alpha_N) = \pm \psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_i, j, \alpha_j, \dots, N, \alpha_N)$$

2) Énoncé du postulat de symétrisation

Les états physi d'un syst de particules identiques ne peuvent être que

$$\begin{cases} \text{sym} \rightarrow + \\ \text{ou} \\ \text{antisym} \rightarrow - \end{cases}$$

par rapport à l'état indiv des 2 partic q1q2 /

/ Dans la nature il y a 2 types de particule tq : /

/ - si la fon d'onde du sys est sym, il s'agit de boson, // c à d obéissant à la statis de Bose – Einstein /

/ - si  $\Psi$  est antisym : ce sont des fermions // alors obéissant à la stat de Fermi – Dirac. /

/ a – Fermions / Les MQ relat montre que tous les fermions ont un spin  $\frac{1}{2}$  entier, // Ex /

/ - Les leptons : électrons, muons, neutrinos de spin  $\frac{1}{2} = s$  /

/ - Les baryons : protons, neutrons  $\rightarrow S = \frac{3}{2}$  // /

/ Toutes les partic composées d'un nbre impair de fermions élément, comme le noyau de  $^3\text{He}$  (3 partic : 2 proton + neutron) ou l'atome  $^3\text{He}$  (noyau  $^3\text{He} + 2e$ ) //

/ b – Boson // de spin entier  $s = 0, 1, 2 \dots$  //

/ \* Les partic de Jauge : photon ( $s = 1$ ) /

ce sont les messagers des o.e.m, // les bosons intermédiaires  $w^+, w^-, z^0 \dots$  //

/ \* les phonons : messagers des ondes élastiques (dans les sd quasi particule associé aux modes de vibrat° dans les cristaux ( $s=1$ ) //

/ - Les mesons  $\pi$  ou  $k$  ( $s=0$ ) //

/ Toutes les particules composées d'un nbre pair de fermion comme le noyau de  $^4\text{He}$ ,

(2p + 2n) et l'atome de  $^4\text{He}$  (noyau  $^4\text{He} + 2e$ ) //

/ NB :  $^4\text{He}$  (= 100%)

$^3\text{He}$  (=  $1,3 \cdot 10^{-5}$  %) //

/ III- construction des états phys d'un syst à N partic (élem) ident sans interact mutuelle //

/ 1- Généralité //

/ L'ham du sys

$$H_{(1..N)} = \sum_{i=1}^N h(i)$$

hamlt individ /

/ dans  $\xi$ : espace des états d' lpartic. /

/  $h|\rho_\alpha\rangle = \epsilon|\rho_\alpha\rangle$  /

/ où  $\epsilon = \epsilon_0, \epsilon_1 \dots$  /

$\epsilon_0 < \epsilon_1 < \dots$  /

/  $\epsilon$  : niv d' éner indiv /

/  $|\rho_\alpha\rangle$  : états indivi /

/  $\xi : \xi_{(1)} \otimes \xi_{(2)} \dots \otimes \xi_{(N)}$  /

/ l'état particulier de sys

$|\rho_{\alpha_1} \dots \rho_{\alpha_N}\rangle$  /

/  $E = \epsilon_{(1)} + \epsilon_{(2)} \dots + \epsilon_{(N)}$  /

## 2 - Fonction d'onde d'un sys. de N bosons

doit satisfaire le postulat de symétrisation // doit être // cette fois ne vérifie pas ce postulat

considérons alors la combinaison linéaire :

fonct d'O :  $p_{\alpha_1}(1) \times \dots \times p_{\alpha_N}(N)$

$$\psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N! P}} \sum_{P} p_{\alpha_1}(1) \dots p_{\alpha_N}(N)$$

$\sum_P$  : somme de toutes les permutat<sup>o</sup> possibles dont le nbre =  $N!$

P

Exple : 3 bosons peuvent occuper 3 états individuel  $\alpha, \beta, \omega$

on suppose que  $\alpha \neq \beta \neq \omega$

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{6}} \left\{ |1:\alpha; 2:\beta; 3:\omega\rangle + |1:\alpha; 2:\omega; 3:\beta\rangle + \dots \right.$$

6 termes

si  $\alpha = \beta \neq \omega =$

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}} \left\{ |1:\alpha; 2:\alpha; 3:\omega\rangle + |1:\alpha; 2:\omega; 3:\alpha\rangle + |1:\omega; 2:\alpha; 3:\alpha\rangle \right.$$

si  $\alpha = \beta = \omega$

$$|\psi\rangle = |1:\alpha; 2:\alpha; 3:\alpha\rangle$$

// donc :

un nbre qiq de bosons ident  
peut occuper un sm état  
individuel

//

**3. Fonction d'O d'un sys de fermion ident : Déterminant de Slater.**

// on doit chercher une combin linéaire des  $\rho_{a_1}(1) \times \dots \times \rho_{a_N}(N)$  qui soit antisym //

// une solution possible a été donné par Slater : //

$$\psi(1 \dots N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \rho_{a_1}(1) & \rho_{a_1}(N) \\ \rho_{a_2}(1) & \rho_{a_2}(N) \\ \vdots & \vdots \\ \rho_{a_N}(1) & \rho_{a_N}(N) \end{vmatrix} //$$

// convention //  $\left\{ \begin{array}{l} \text{1 colonne } i \text{ désignons } \rightarrow \text{ la partic } (i) \\ \text{1 ligne } j \text{ } \longrightarrow \text{ l'état individuel } (a_j) \end{array} \right. //$

// D'après la propriété d'un déterminant, l'échange de 2 partic se traduit par l'échange de 2 colonnes //  $\longrightarrow$  changement de signe de  $\Psi$  sauf si  $\Psi = 0$  //

$\Psi$  : sous forme d'un fermion  
 déterminant de Slater  
 (4) Principe d'exclusion de Pauli  
 soit un système de  $N$  fermions  
 Le déterminant est nul // lorsque 2 lignes sont identiques // c-à-d lorsque la  $i$ -ième fonction d'onde individuelle est utilisée 2 fois dans le produit // c-à-d lorsque 2 fermions occupent le  $i$ -ième état individuel.  
 $\implies$  l'état correspondant  $\Psi(1, \dots, N) = 0$

$\Rightarrow$  /

un état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par 2 fermions identiques ou plus

/ Le principe d'exclusion de Pauli : /

/ si  $n_i$  : occupation d'un état individuel  $i \Rightarrow$

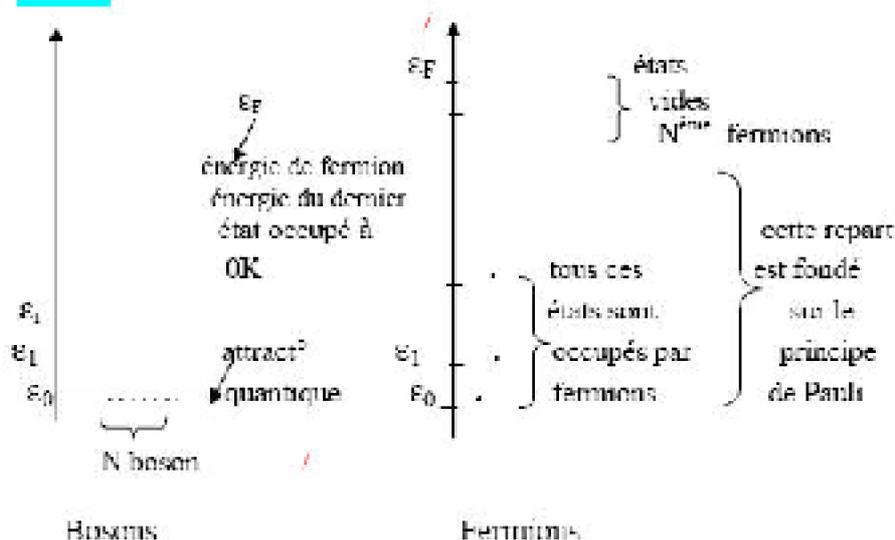
$$n_i \begin{cases} 1 \\ \text{ou} \\ 2 \end{cases} /$$

/ ex : cas de 2 fermions pouvant occuper 2 états individuels  $\alpha$  et  $\beta$

$$\Psi(1, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} \rho_\alpha(1) & \rho_\alpha(2) \\ \rho_\beta(1) & \rho_\beta(2) \end{vmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ \rho_\alpha(1) \cdot \rho_\beta(2) - \rho_\beta(1) \cdot \rho_\alpha(2) \right\} /$$

! b) Etat fondamental d'un sys de partic identic : différence entre états de fermions et états de bosons : à  $T=0K$  !

! Les énergies des états indiv sont rangées  $\epsilon_0 < \epsilon_1 < \dots$  !  
à  $T=0K$  !



! on a affaire en général à des sys thermod dont  $N \gg 1$  !  $\rightarrow$  on peut les étudier dans n'importe quel ensemble statistique !

### Transcription G1

1	B	statistique des systèmes de particules identiques : généralités . introduction deux deux parti euh . . . particules dites (indaté ?) identiques si toutes leurs prop .
2	M-S	propriétés
3	B	propriétés intrinsèques sont les mêmes . même masse charge et spin . les électrons les protons atomes d'hydrogènes . en mécanique classique \ à t
4	M-S	\ ( ?)
5	B	[le math] juste [ (tat el) définition [mte ( f hkejet) (indés) indiscernabilités des (. ?) alors on va reprendre . deux particules dites identiques si toutes leurs propriétés intrinsèques [ma (metha) sont les mêmes \
6	M-S	\ (. ?) math [nañkalek ana]
		l'électrons [ahxi (a)] \ statistique (. ?)
7	B	\ ( ce n's ?) euh ce sont des exemples ( ?) [gater (an a)] presque la même \ ( ?)
8	M-S	\ [ej ej] (. ?) d'accord d'accord
9	B	donc en mécanique classique . c'est pas la même chose hein . par exemple à t égale à 0 . une particule de . euh . de position r euh \ 0 et de vitesse v 0 . à
10	M-S	\ 0
9	B	l'instant t . euh \ (HAUT) ultérieur . on aura la position . euh définie par le
11	M-S	\ (. ?)
9	B	vecteur . position r et vitesse v de t . une deuxième particule qui a . la même euh .
12	M-S	position r prime
13	B	oui la même posi euh position R prime 0 avec une vitesse V prime 0 un instant ultérieur avec une euh position r prime euh de t et v prime de t . alors on peut définir le trajet d'une particule à partir des conditions initiales . alors conclusion . en mécanique classique deux parties euh deux particules identiques sont discernables . c'est pas comme la m euh . c'est pas la même chose avec euh . \
14	M-S	\ discernables [ma (metha) majma] ou (mlu) distinction [binethon]
15	B	hein voilà . alors par contre en mécanique quantique . la notion de trajet n'est pas n'a pas de sens . \ puisqu'on parle de
16	M-S	\ (. ?)
17	B	oui on ne peut pas définir un un paquet d'on euh: on ne peut définir qu'un paquet d'onde caractérisé par . l'euh: module de la au carré \ de la fonction
18	M-S	- - - - - \ psi psi
17	B	d'onde . qui est: la probabilité de présence . d'accord . alors principe d'in discernabilité deux particules identiques sont indiscernables . [betañ] . ça c'est juste l'introduction . alors grand deux postulat de symétrisation [betañ] alors symétrisation de la fonction d'onde d'un système de particules identiques par rapport à euh l'échange des états de deux particules . soit un système N euh soit un système de N particules identiques désignons par alpha 1 alpha 2 alpha N . l'ensemble des états individuels . on peut dire que .
18	M-S	alpha i

19	B	alpha $i x i y i z j$ . s :
20	M-S	\sigma <sub>i</sub> état de spin
21	B	Etat de spin [he δuana]( ?) . d'accord . sa fonction d'onde . psi . la particule 1 . \
22	M-S	alpha 1 [hata] \
23	B	\ [ʔun a] ( ?) position ( ?)
24	M-S	1 l'état de spin [eɪ]
25	B	hein ( ?)
26	M-S	Ensemble des états individuels [we kol] état [ʔandha] coordonnées . trois coordonnées [we] trois euh \ (... ?) trois (... ?) [we] trois (... ?)
27	B	\ [meδ ak eɪ eɪ heδh abt eɪ heδh abt] alpha 1 position euh pre euh fonction d'onde [mte ʔ el] système [elkol] bon première particule dans la position alpha 1 . pos particule i dans la position alpha i particule N dans la position alpha N . considérons . deux parties quelconque i et j . la perturbation des ces états : (... ?) ces états de ces deux permutations laissent invariant le module au carré \
28	M-S	\ [heδi taQriδ maʔueha .. yater] indiscernables [maʔueha .. maʔmaʔ maʔmaʔ uδistingiw ki ubadha] l'état \ [θunum] ( ?) [roQ ʔod heɟa biδha]
29	B	\ hum hum [yater el:] ce qui explique [el:] propriété de l :
30	M-S	\ l'indiscernabilité
31	B	hum d'accord donc si on change les positions euh (... ?) + alors énoncé du postulat de symétrisation . les états physiques (e ?) d'un système de particules identiques ne peuvent être que symétrique + ou antisymétrique par rapport à l'échange des états individuels de deux particules quelconques dans la nature il existe deux types de particules tel que : si la fonction d'onde d'un système de euh de est symétrique il s'agit il s'agit de bosons c'est à dire obéissant à la sta euh statistique de Bose Einstein . si la fonction psi est antisymétrique euh antisymétrique ce sont des fermions obéissent à la (statique) de Fermi Dirac
32	M-S	(.. exemple ?)
33	B	alors les fermions . la mécanique quantique montre que tous les fermions ont un spin un demi .
34	M-S	hum \ (... ?)
35	B	\ demi entier exemple les (pr) euh . les . leptons . électrons . muons [we] euh : neutrinos de spin un demi . les . baryons . protons neutrons de spin un demi . alors : tous les particules composées d'un nombre important de fermions élément comme le noyau de : \ l'hélium . deux protons + un neutron .
36	M-S	\ hélium
35	B	ou l'atome ( ?) .
37	M-S	hélium trois
38	B	l'hélium trois ( ?)
39	M-S	noyau atome hélium trois .
40	B	+ deux euh deux électrons ( ?)
41	M-S	( ?)
42	B	[behi] . les bosons . de spin entier s est égal à 0 1 ou 2 [heδija] euh c'est pas

		comme les fermions . [behi] les particules de Jauge . photons s est égal à 1 ce sont des les euh messagers des ondes électromagnétiques . les bosons . ([nija heōja] ?)
43	M-S	intermédiaires
44	B	[weli mba (dha) les ondes électromagnétiques [nija] ( ?)
45	M-S	les bosons intermédiaires
46	B	les bosons intermédiaires d'accord . les (bo) bosons intermédiaires . w+ w- et Z0 . les phonons messagers des ondes . élastiques dans les solides quasi par euh . quasi \ particules
47	M-S	\ particules \ particules ( ?)
48	B	\ associées .
49	M-S	au mode \ de
50	B	\ au mode de vibration dans les euh dans les (cristales) s est égal à 1 . les m euh les mesons \
51	M-S	\ [tawa heōom (andhom nefis el] s
52	B	[ej heōom tawa [uf] les fermions [ (andhom) ce ce (particul) particularité que le spin est égal à un \ demi
53	M-S	\ demi entier
54	B	voula \ demi entier [we] les bosons [ (andhom) (particulité) \
55	M-S	\   (ala heōa [andhom heōa] spin 1 [we heōa] spin 1 . [hamtu] ( ?) \ [nafis el] spin
56	B	\ [ej maha el kol [andhom nafis el] spin [el] bosons [ (ahenti (andhom kolhom el] même spin
57	M-S	[alaf howa Qalek] spin entier s 0 1 (demi ?) \ [oRzor heōija law] photons [we
58	B	\ euhum .
57	M-S	heōija] \ phonons [na (neba huma biōhom] s 1 [we ber:arū men heōeka
59	B	\ phonons phonons [ (ana]
57	M-S	hat kol waha waha [na ma (af) gater e] gater heōa] messager des ondes électro\ magnétiques
60	B	\ [stana n (awduha] ( ?)
61	M-S	oui . (..?) les photons [we] les phonons [lewla wel (..?)
62	B	[behi] les particules de Jauge . phonons s égal à (.. ?) sont les messagers des ondes électromagnétiques les bosons intermédiaires W+ W- et Z0
63	M-S	(.. ?)
64	B	bon ou verra après . les phonons messagers des ondes élastiques . dans les solides . [ah heōika el farQ ma binetom] \ bon c'est dans un (.. ?) ondes
65	M-S	\ hum
64	B	électromagnétique \
66	M-S	( ?) [heōi]
67	B	[ej] hum
68	M-S	[loyra] \ (.. ?)
69	B	[ (ala gater heōa] les phonons [ ken maw \ udu] dans les cristaux [ekel i hka [ (ihom heōija [nija] bosons intermédiaires ( ?) intermédiaires [bin [nawa we [nawa]
70	M-S	(.. ?) W+ W- \ (.. ?)

71	B	\ [ej tawa Qal ck] intermédiaires intermédiaires [ħaħa bin ħaħa w ħaħa]
72	M-S	ħun
73	D	[ej bin ħowa we ħowa maħ waħħa] c'est pas indiqué [ħun]
74	M-S	ħun +
75	B	d'accord . les phonons messagers sont euh les mess euh \ messagers des ondes
76	M-S	\ phonons
75	B	élastiques dans les solides . quasi p euh ... (BAS) particules \ [ħakka] (?)
77	M-S	\ associées
78	D	associées au mode de vibrations dans les (cristals ?) s égal à 1/2 bon [el farQ ma bin el] phonon [we] boson \ [weħ:] photon (... ?) dans [l'] messagers des
79	M-S	\ (... ?)
78	D	ondes électromagnétiques euh \ [we] euh (l'interna) l'intermédiaire . [beħi] les
80	M-S	\ (... ?)
78	B	mésos p ou K s est égal à 0 [ħeħja we] toutes les particules imposant \
81	M-S	composés \
82	B	(comp ?) composés ( ?)
83	M-S	d'un nombre pair
84	D	d'un nombre pair de fermions comme le noyau de l'hélium 4 . deux protons + deux neutrons et l'atome d'hélium 2 . noyau 4..
85	M-S	hélium 4 +deux électrons
86	B	1 + deux électrons . notez bien que l'hélium 4 existe en . \ 100% et que l'hél
87	M-S	\ 100%
88	B	L'hélium 3 existe en 1,9 dix moins 4 % . bon : [ħawa] troisément construction des états physique d'un système de N particules identiques sans interaction mutuelle généralité . l'hamiltonien H du système c'est la somme des i des hamiltoniens individuels . donc dans un espace E . espace des états d'une particule . l'opérateur h appliqué au au vecteur euh fi alpha . est égale E euh epsilon epsilon énergie du vecteur euh . fi alpha où epsilon est égal à . epsilon 0 epsilon i se sont les niveaux d'énergie d'un état individuel . le vecteur \
89	M-S	\ [(... ħeħja ?) taw kol] particule \ [ħandħa] énergie
90	D	\ [ħandħa] énergie voilà . alors fi alpha état individuel . dans l'espace euh . (... ?) tensoriel des espaces individuels de chaque euh de particules . alors l'espace E est définie comme le produit (d'one ?) tensoriel des des des espaces euh (ind) de chaque particule . état particule d'accord . et on définit la fonction le vecteur associé à la fonction d'onde psi est . fi alpha 1 fi alpha N associé à chaque particule . \
91	M-S	\ [ej kol ma ħħa] particule [ħandħa] vecteur
92	B	[ħeħħħħ]
93	M-S	[ħe] neyħħħħ (... ?) espace
94	B	\ ħun (... ?) on va on va définir le vecteur euh on va travailler dans l'espace E [ħeħja] qui est défini comme étant le produit euh tensoriel de chaque euh \

- 95 M-S \ ( ?) chaque état
- 96 B d'accord chaque particule . et chaque particule a un vecteur qui lui est propre  
( ?) espace [nte f'ha]
- 97 M-S ( ?) espace [nte f'ha]
- 98 B on va définir [f'] le vecteur total qui est (constant ?) à l'espace E . donc  
fonction d'onde d'un . d'un système de N bosons . doit satisfaire \ le postulat
- 99 M-S \ fonction  
fonction d'onde
- 100 B de la fonction d'onde . la fonction d'onde . doit satisfaire le postulat de  
symétrisation . [el] symétrisation [eli hkina f'liha gbilika]
- 101 M-S [yelzem] symétrique voilà
- 102 B euh doit satisfaire le postulat de symétrisation doit être \
- 103 M-S \ [mja heðija ] ( ?)
- 104 B cette forme ( )
- 105 M-S hein( ?)
- 106 B doit être doit être
- 107 M-S symétrique
- 108 B symétrique .
- 109 M-S heuhum
- 110 B cette fonction d'onde n'est pas fonction d'onde euh ne vérifie pas ce postulat
- 111 M-S [heðija ma f'neha ] fonction d'onde [heðija]
- 112 B ([mo ... f'al?]) particules bosons ( ?)
- 113 M-S hum
- 114 B [ma f'neha] il va définir la fonction d'onde [m'te f'ha] . donc (s) doit être (.. ?)  
doit être symétrique . bon les bosons on a dit que sont des particules euh
- 115 M-S symétrique plus [n'homom ... e] spin est égale à zéro [haka wala le] postulat  
de symétrisation
- 116 B postulat de symétrisation n'est p n'est p ne vérifie pas . ce postulat . [haka] ( ?)
- 117 M-S [aha] fonction de la fonction d'onde (.. ?)
- 118 B euhum
- 119 M-S [ahna Qsanneh] l'espace \ de particules . fonction d'onde [heði jahki f'liha
- 120 B \ euhum .
- 119 M-S ma [ate] symétrique
- 121 B ah::: d'accord
- 122 M-S [hakeja ma f'neha] symétrique [heði] égale [mo] symétrique
- 123 B hum hum hum . (conclusion ?)
- 124 M-S et ne vérifie pas [el] critère [heða]
- 125 B hum [ma f'neh] cette fonction ne vérifie pas donc ce postulat . considérons  
alors la combinaison linéaire .
- 126 M-S (.. ?)
- 127 B \ (.. ?) [leha] symétrique [le] antisymétrique
- 128 M-S euhum
- 129 B donc il va définir la fonction d'onde comme étant . la combinaison linéaire de  
chaque euh
- 130 M-S état \ (.. ?)
- 131 B \ de chaque [le] de chaque fonction d'onde

- 132 M-S hum
- 133 B [l'] fonction d'onde [rote f'] ([el] plus [rote fna] ?) [el kol - be] je [mhulek el] somme de de chaque euh [bahôa kol] particule | [andha] fonction d'onde on va faire la somme
- 134 M-S [jehob jewas:alaha je]: euh jera:ha [ha ma f'neha \ jero:ha ]
- 135 B \ [shâh] symétrique
- 136 M-S d'accord
- 137 B exemple . trois bosons . peut occuper trois états individuels alpha bêta et [ujja lojra] ( ?)
- 138 M-S w
- 139 B w [behi]
- 140 M-S ( ?)
- 141 B hum . donc on suppose que alpha différent de bêta différent de w . la fonction psi . elle est égale à 1 sur racine de 6 . 1 sur racine de 6 c'est . fonction de fonction) de normalisation
- 142 M-S \ six c'est factoriel N . N égal à 3 donc factoriel 6
- 143 B hum bon alors [heôija] la définition [rote f' el ]
- 144 M-S [heôija lekol] état [loul'aha na' mlu] permutation [menniR - ma l'ad el ] fonction [el ] euh principe d'indiscernabilité ( ?) [ô] mécanique quantique (.. ?)
- 145 B (.. ?)
- 146 M-S deux deux [be] teyoô blaset el] 3 [el] 3
- 147 B euhum
- 148 M-S [ala xaterhom] indiscernables
- 149 B euhum . . donc si alpha égal à bêta et différent de w . alors .
- 150 M-S (.. ?) [lehac] ( ?)
- 151 B euhum
- 152 M-S (.. ?) [xate] | différents euh (.. ?) (combinaité ?) [sata ] six termes | [humu] euh kol wal'aha be] teyo euh [teyo] euh
- 153 B combinaison
- 154 M-S [el] 1 [teyoô] alpha [w] bêta [w] gamma [wel] 2 [ki'ki'] alpha bêta ( ?)
- 155 B donc si [tawa el] condition alpha égale à bêta égale à \ . w gamma
- 156 M-S \ différent de w
- 157 B gamma euh oméga [usamiyha] (.. ?) [hija el] oméga d'accord
- 158 M-S [j'jenQsu el] termes [tawa j'jenQsu]
- 158 M-S [j'jenQsu el] termes [tawa j'jenQsu]
- 159 B euhum
- 160 M-S [j'jewaliw tletha xater] alpha [w] bêta [hija bidha]
- 161 B voilà . donc cas: (.. ?) fonction d'onde . \ psi
- 162 M-S \ psi [ej]
- 163 B alors si alpha est égal à bêta est égal à gamma on définit un seul vecteur qui est égal à 1 de alpha 2 de alpha et 3 de alpha .
- 164 M-S [kaent ma f'neha nafa el euh nafa el] système [wa nafa el] état [el kol]
- 165 B euhum donc ([hasih] ?) donc [el] conclusion donc un nombre quelconque de bosons identiques pour occuper le même état individuel
- 166 M-S (.. ?)
- 167 B (.. ?)

168	M-S	( ?) [el] principe [hefika nta ( ?) el] symétrisation ( ?) [[ na ( ?) toQ (od hani biha flimbi]
169	B	euhun . d'accord . bon troisième fonction d'onde d'un système de fermions identiques . détermin euh détermin)
170	M-S	minimisation de Slater
171	B	détermination de Slater . on doit chercher une : une combinaison linéaire d'une fonction . \ fi alpha 1 fi alpha N qui soit qui soit symétrique . une solution
172	M-S	\ fi alpha
173	B	possible .
174	M-S	soit antisymétrique . ( . ?) soit antisymétrique . une solution euh possible a été donnée par Slater .
175	B	a été donnée par Slater . la fonction d'onde . est égale 1 sur racine déterminant (à [el] ?) euh ... ( . ?) première colonne (1 2 ?) + on doit chercher une combinaison linéaire de la fonction fi alpha 1 fi alpha N . qui soit antisymétrique une solution (pe) euh possible a été donnée par Slater . alors la fonction d'onde . il a fait une combinaison euh on associe à chaque particule . une fonction d'onde . il va euh (faire ?) la fonction d'onde (qui est associée à toutes ?) ces particules . alors l: Slater il a fait une (comb) euh il a trouvé une solution . qui soit antisymétrique par: le déterminant de: ( . ?) +
176	M-S	première colonne premier degré)
177	B	\ [nowa] ( ?)
178	M-S	première colonne . qui désigne la particule i . \ ( . ?) désigne l'état individuel
179	B	\ ( . ?)
178	M-S	ham ( ?) [ka hoos] désigne [el] particule \ (a/1 ?)
180	B	\ [el] (a/1 ?) [boha el] \ ( . ?) chaque
181	M-S	\ [el] i égale à 1
180	B	colonne désigne particule bien ( ?) et chaque euh ligne . désigne l'état individuel par exemple [i] particule 1 dans l'état individuel alpha 1 . la particule 1 dans l'état individuel alpha 2 . la particule 1 dans l'état individuel alpha 1 etcetera la particule N dans l'état alpha 1 la particule N dans l'état alpha 2 la particule N dans l'état alpha N . le but de ce travail (déterminant ?) Slater c'est de déterminer la fonction d'onde qui soit antisymétrique qui et solution qui euh . qui soit possible . pour euh c'est une combinaison linéaire de cette fonction euh de cette fonction là .
182	M-S	( . ?) fermion [howa:] ( . ?)
183	B	\ ( . ?) symétrique fermion on a dit que fermion c'est que c'est que ( ?) d'abord fermion c'est a un spin est égal a un demi
184	M-S	antisymétrique
185	B	d'accord . et les états . physiques d'un . du système de particules identiques peut être symétrique ou antisymétrique c'est pas indiqué que le fermion c'est un . a un état symétrique
186	M-S	comment c'est pas dit ( ?)
187	B	ham . fonction d'onde d'un système de fermions identiques déterminant de Slater \ ( . ?)
188	M-S	\ [ahaja ahaja]
189	B	[wini] ( ?)

- 190 M-S dans la nature existent deux types de particules si la fonction d'onde du système est symétrique il s'agit de bosons \ et si  $\psi$  est anti antisymétrique ce
- 191 D \ oui
- 190 M-S ce sont des fermions \ obéissent à la statistique de Fermi-Dirac
- 192 D \ ah d'accord d'accord Fermi-Dirac donc voilà c'est bien ça . donc la fonction d'onde elle est définie par le déterminant de Slater qui est soit euh (an) antisymétrique hem c'est ça ( ?)
- 193 M S hem
- 194 R d'accord donc d'après [1] proposition d'un déterminant l'échange de deux particules se traduit par l'échange de deux colonnes donc ce qui implique changement de signe de  $\psi$  sauf pour  $\psi$  est égal à zéro la fonction ( . ?)
- 195 M S d'accord lorsqu'elle est directe ( . ?)
- 196 R \ d'après euh d'après les propose les positions euh les propositions d'un déterminant donc le déterminant de Slater d'après ses propositions . l'échange de deux particules . c'est pas indiqué [yateR] c'est pas ( . ?) ici comment il a fait l'échange de deux particules c'est pas indiqué si par exemple on va changer ( . ?) dans la première colonne . on a dit que . la fonction .  $\psi$  la particule 1 dans l'état 1 la particule 1 dans l'état 2 . si on va faire changement: . euh ( . ?) d'après les propose les propose les propositions d'un d'un d'un déterminant l'échange de deux particules se traduit par l'échange de deux \ colonnes
- 197 M S \ [taQRib taQRib ma [neha jahki] l'échange [ma [neha el] colonne [beða el] particule [ma Qolna huma] indiscernables [el] particule [tebda fil] colonne \ [heði] ( . ?) faire l'échange de
- 198 B \ ( . . ?)
- 197 M S la particule N \

- 199 B  $\psi(\dots) \psi(c_i)$  particule N moins 1
- 200 M-S [men riR majetbadet] [aj] [ala yaterhom] indiscernables
- 201 B donc d'après les proportions d'un déterminant l'échange de deux particules se traduit par l'échange de deux colonnes . donc change . de signe . si la fonction  $\psi$  est égale à zéro .  $\psi$  sous forme d'un fermion déterminant de Slater
- 202 M-S c'est pas (...) change de signe .  $\psi$  sauf si  $\psi$
- 203 B hum oui (...) connaît pas : y'a pas des des moyens de: d'expliciter (...) quatrième principe d'exclusion de (P) euh de Pauli soit un système de N fermions . le déterminant est nul lorsque deux lignes sont identiques . (BAS) on va reprendre . le déterminant est nul . lorsque deux lignes sont identiques c'est-à-dire . la même fonction d'onde individuel utilisée deux fois dans . le produit . c'est-à-dire lorsque deux . fermions c'est ça (?)
- 204 M-S ou
- 205 B lorsque deux fermions occupent le même état individuel . l'état correspondant . à la fonction  $\psi$  . définie par euh . l'état euh la particule 1 jusqu'à et égal à (...)
- 206 M-S [hne] c'est comme euh [el] particule 1 [wel] particule 2 se trouve sur la même état . par exemple alpha 1 . toute la ligne euh . est égale zéro \ (... )
- 207 B  $\psi$  le le (HAU1) le déterminant est nul . le déterminant le le je reprends . sont un système de N

- 205 M-S fermions \ d'accord ça c'est un système de N fermions . le déterminant est nul  
 \ [ej]
- 207 B lorsque deux lignes sont identiques . donc si je prends \ (... ?) déterminant . si je
- 209 M-S prends (lignes ?) hein (... ?)
- 207 B prends (lignes ?) hein (... ?)
- 210 M-S hum
- 211 B le déterminant est nul ... deux donc le déterminant est nul lorsque deux lignes  
 sont identiques c'est-à-dire lorsque la même fonction d'onde . individuelle .  
 utilisée deux fois . si (les deux ... ?) sont identiques . c'est que la fonction est  
 donc utilisée deux fois \ [ffimt] dans la (p) dans la dans le produit
- 212 M-S \ hum
- 213 M-S c'est à dire lorsque \ [ma f'ueha] (... ?)
- 214 B \ dans le produit (... ?) déterminant [behi]
- 215 M-S [ma f'ueha malQaw] euh (... ?)
- 216 B (... ?) [ejh] donc
- 217 M-S ce ligne euh ligne se répète \ ce ce ce ce (... ?)
- 218 B \ donc deux particules (... ?) deux lignes se répètent  
 [e] colonne (... ?) lorsque . la même fonction individuelle utilisée deux fois  
 dans le produit c'est-à-dire (lor) lorsque deux fer: euh fermions occupent le  
 même état individuel . \ (... ?)
- 219 M-S \ (... ?) comme si on a euh état euh (... ?)
- 220 B c'est pas le le l'indiscernabilité parce que c'est la même particule \ (... ?)
- 221 M-S \ on ne peut  
 les distinguer
- 222 B on peut pas les distinguer (RAPIDE) (dans ... déterminant est égale à zéro ?)  
 je suppose que c'est (ça l'idée ?) hein (... ?)

- 223 M-S peut être euh, parce qu'ils ont le même fonction d'onde .
- 224 D (...?) puisque c'est (un ?) fonction d'onde , donc c'est la même on dirait que c'est la même particule , ce que et, le déterminant est nul lorsque euh lorsque deux lignes sont identiques donc si si deux lignes sont identiques et et et (les ?) ligne(s ?) est définie par la (pose de ?) la particule (est de ?) son état , donc si on: il s'agit de la même chose considérée la même chose , ce sont deux particules identiques , on définit la ligne euh pour une ligne on définit , l'état hum ( ?) et , l'autre particule , donc si elle a une particule a dans l'état alpha 1 et une autre particule qui est sur euh une (pa) une (par) qu'on appelle particule a dans l'état alpha 1 , ce sont deux particules identiques donc le déterminant va être est égal à zéro , hum ( ?) donc
- 225 M-S normalement : (...?)
- 226 B (...?) le déterminant est nul lorsque deux lignes (iden) sont identiques c'est-à-dire lorsque la même fonction d'onde est (devenue ?) utilisée deux fois , donc le produit , c'est-à-dire les deux fermions occupent le même état individuel , l'état correspond à la fonction d: la fonction d'onde est égale à zéro , donc la conclusion , un même état quantique individuel ne peut pas occuper simultanément deux euh par deux fermions identiques ou plusieurs , alors c'est ce euh c'est une introduction pour euh , démontrer le principe d'exclusion de Pauli , ce (qui ?) qui dit que deux particules ne peut (p) euh si ne (pe) (...?)

- par au moins un nombre quantique c'est-à-dire que . le le particule ne peut pas avoir le même euh état avec le même euh (mer) euh avec la même énergie (.. ?) chaque particule \ (.. ?)
- 227 M-S
- 228 B \ (.. ?) d'accord c'est ça . alors si n i occupe euh (.. ?) si . n i occupation d'un état (ind) individuel: n i est égal à  $(a/1 ?)$  ou zéro . exemple cas de deux fermions pouvant occuper deux états individuels \ alpha et beta .
- 229 M-S \ c'est pas (.. ?)
- 240 B attends c'est euh . on va expliquer (.. ?) je crois . c'est individuel [e]th
- 231 M-S (.. ?) spin .
- 232 B le fermion on a dit que c'est le spin est égal à \ (.. ?)
- 233 M-S \ (.. ?) équation (.. ?) . qu'est ce que ça veut dire si n i égale à: n i égale à (.. ?) .
- 234 B alors on on reprend \ ou a dit . dans la conclusion même état quantique (indiv)
- 235 M-S \ n i égale à (z ?)
- 234 B individuel ne peut pas occuper simultanément deux . deux fermions identiques ou plusieurs (.. ?) même état quantique (indiv) individuel . ne peut pas occuper simultanément . par deux . deux fermions . si on a un état quantique . si cette état quantique doit être occupé par un seul fermion on (n) peut pas avoir les deux fermions qui occupent le même état \ (.. ?) ça c'est le (princi) \ individuel
- 236 M-S
- 234 B c'est le principe de: d'exclusion de: Pauli . donc . même état quantique individuel ne peut pas occuper simultanément par deux (me) par deux fermions identiques ou plusieurs . principe d'exclusion de . Pauli . alors si n i occupation d'un état individuel i .. j... je crois qu'il veut dire si euh . si n i occupation d'un état individuel . si i n i c'est un si i est un état individuel . si les deux fermions sont identiques je suppose que n i est égal à zéro parce que d'après le (pe) le principe d'exclusion de Pauli on peut pas avoir de: \ de fermions
- 237 M-S \ (.. ?)

- 231 B identiques dans le même euh état donc pas ( ? ) donc c'est égale à (a/1) je suppose que ça l'explication c'est une interprétation personnelle hein donc (deux) exemple . cas deux fermions pouvant occuper deux états (individuels) alpha et bêta . alors la fonction d'onde associée à ces deux états elle est définie par 1 sur racine de 2 qui un facteur de norme de normalisation . le déterminant de . chaque euh... fonction d'onde . donc la (plu) la première euh la fonction d'onde associée à la première particule dans l'état alpha . la même particule dans le (s) (as) associée à la première particule (a/1) dans l'état b \ euh bêta . la particule 2 dans le (s... ?) dans l'état alpha et la
- 238 M-S \ bêta
- 239 B particule bêta euh \ la particule deux deux dans l'état bêta et on fait le produit
- 239 M-S \ deux ( ? )
- 234 B de . euh:: \ déterminant et on détermine la fonction
- 240 M-S \ déterminant (.. ?) [yater] chaque fermion a:: sa propre état
- 241 D d'accord c'est ça explique euh c'est un exemple c'est euh c'est ce (contexte ?) de... d'exclusion de Pauli . d'accord ( ? )
- 242 M-S ou
- 243 B alors cinquièmement . état fondamental d'un système de particules identiques

- différence entre l'état de fermions et état de (?)
- 244 M-S bosons
- 245 B de bosons à T est égale à 0 (K) . les énergies des états individuels sont rangées  
 \ epsilon 2 inférieur à epsilon 1 (énergie ça ?)
- 246 M-S c'est le niveau énergétique
- 247 B euhm . ça c'est . les énergies des états individuels sont rangées donc . [el el]  
 euh les niveaux de euh [el] euh d'énergie sont euh classés par ordre \ croissant
- 248 M-S
- 247 B d'accord . donc l'énergie euh :
- 248 M-S \ (... ?)
- 249 B \ à zéro K hein (?) c'est ça (?)
- 250 M-S (... ?)
- 251 B donc à 0 (K) l'état fondamental les bosons occupent tous les N bosons  
 occupent tous le l'état fondamental \ l'énergie E0 hein . donc l'énergie de F  
 \ le même état
- 252 M-S
- 251 B Fermi . l'énergie de de euh de dernier état occupé \ euh
- 253 M-S \ pour un fermion euh .  
 chaque euh chaque fermion occupe euh . un seul état .
- 254 B alors au contraire \ (... ?)
- 255 M-S \ tous les bosons se trouvent euh sur le même état
- 256 B heinm c'est ça (... ?)
- 257 M-S oui c'est ça
- 258 B [le] la répulsion électronique oui parce que (se) les deux sont sont en fait 111  
 (... ?) d'énergie sont en fait sur la même euh ah la même température \ donc
- 259 M-S
- différence des fermions \ euh
- 260 B \ donc (supp) les bosons on a dit que (ils o) pour les  
 bosons donc ils occupent dans le le même état fondamental énergie E0 . alors  
 que les fermions on a dit que \ le le ne peuvent pas occuper le même état donc
- 261 M-S \ (... ?)
- 260 B c'est (c'est/ce) explique encore le le principe d'exclusion de Pauli . le fait que  
 l'énergie euh des (ch) euh le fait que . chaque particule elle va occuper un état  
 individuel avec l euh l'énergie . en a affaire en général à des états de euh  
 thermodynamique c'est ça (... ?)

- 261 M-S \ (.. ?)
- 260 D c'est (c'est/ce) explique encore le le principe d'exclusion de Pauli . le fait que l'énergie euh des (ch) euh le fait que . chaque particule elle va occuper un état individuel avec l' euh l'énergie . on a affaire en général à des états de euh thermodynamique c'est ça ( ?)
- 262 M S hum
- 263 B pour N euh nombre de particules très . supérieur à 1 on peut . les étudier dans n'importe quel . (BAS) ( ?)
- 264 M-S limite thermodynamique tous les lois \
- 265 B \ attends (je vois ici ?) alors nous ces ces états sont occupés par des fermions donc cette répartition est fondée sur le principe de: \
- 266 M-S \ (.. ?) Pauli (.. ?)
- 267 B (.. ?) .. le chapitre . statistique stique. des systèmes .. de particules . identiques . généralités généra li té . grand l introduction . intro . duction . voilà . 2 particules sont dures \
- 268 M-S \ ( ?)

- 269 B alors introduction : deux particules dites identiques si toutes leurs propriétés intrinsèques sont les mêmes donc je suppose que: c'est euh c'est clair : donc deux particules \
- 270 M-S (doit mettre ?) euh particules deux points par exemple électrons protons
- 271 B euhun deux particules : à l'opposition de la mécanique classique le euh la mécanique (quam) quantique euh stipule que deux particules identiques ont le même ( ?) intrinsèque même masse même charge et même spin : deux particules sont dites : sont dites identiques si toutes leurs propriétés intrinsèques sont les mêmes c'est-à-dire même masse même charge et spin : d'accord : les électrons exemple les électrons les protons : exemple : les électrons : les protons : protons : en mécanique classique : en mécanique : mécanique : classique : si je prend à l'état initial une première particule \
- 272 M-S \ c'est pas la peine ( \ ?)
- 273 B \ c'est c'est pour (rap) euh c'est pour rappeler les : euh la notion la la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique que euh le dans l'état de la mécanique classique : euh on a la notion de indiscernabilité par opposition à la mécanique quantique que ( ?)
- 274 M-S \ quand je parle euh sur la trajectoire : \ plan secondaire si euh trajectoire d'une
- 275 B \ (mais ?)
- 274 M-S particule est donnée à partir des conditions initiales
- 276 B oui mais c'est (.. ?) je veux dire que que il faut parler euh tout d'abord de euh la (dis) la (nos) la la conclusion en mécanique classique deux particules identiques sont discernables : par contre : en mécanique : euh quantique : deux particules identiques sont indiscernables : alors : on fait l'introduction pour montrer : pour clarifier la tâche pour euh : hu mm d'accord on va écrire euh : à votre avis ( ?) c'est pas euh obligatoire ( ?)
- 277 M-S c'est pas intéressant : mécanique \ classique
- 278 B \ (.. ?) je vais je vais mentionner juste la conclusion là : en mécanique classique deux particules identiques sont indiscernables
- .....
- 279 M-S sont discernables
- 280 B [haka] ( ?)
- 281 M-S oui
- 282 B donc : en mécanique classique je vais mettre la conclusion : en mécanique classique : donc : deux particules
- 283 M-S c'est même c'est pas parce que euh parce qu'on sait la trajectoire euh position et le temps exacte où se trouve euh [el el] euh [el] système (.. ?) c'est c'est la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique : mécanique (q) quantique euh \ la notion de ..
- 284 B \ (.. ?) [na [netha] on p on peut avoir (mettre ?) euh pour deux particules (eux ?) par exemple sont envoyées avec la même vitesse : dans le même pos euh dans le même position initiale : on peut avoir la même trajectoire : avec le même énergie : oui mais ça ne veut pas dire que: euh les deux particules sont euh identiques :
- 285 M-S je veux dire que euh ici on doit mettre que [I] .. c'est une chose que: connue

- que: la différence entre la mécanique quantique et la: . mécanique classique  
c'est euh au niveau de la trajectoire et .
- 286 B (RIRE) bon il faut juste bon il faut le mentionner quand même [el.] euh la  
conclusion . \ c'est juste la mentionner c'est pour euh un petit rappel hein .
- 287 M-S \ euh
- 288 B pour nous nous mettre euh dans le cadre euh ( ? ) . alors . en mécanique  
classique deux particules
- 288 M-S identiques
- 289 B identiques
- 290 M-S sont discernables
- 291 B deux particules . identiques . iques . sont . discernables . soer nables . [hak.a]  
( ? ) . alors . en mécanique quantique
- 292 M-S la notion de trajet n'a pas de sens . on ne peut pas définir euh on on ne peut  
définir qu'un paquet d'onde caractérisé par le module au carré de la fonction  
psi qui représente euh la probabilité de présence . \ ( . ? )
- 293 H \ on va euh le mentionner  
( ? ) hum ( ? ) c'est la mécanique en mécanique classique on a dit que les  
particules sont euh indiscernables . en mécanique quantique
- 294 M-S [twalzi] deux deux particules identiques identiques sont indiscernables tout à  
fait le contraire .
- 295 B [behi] en mécanique . quantique . mécanique quantique . euhain
- 296 M-S deux particules identiques sont indiscernables
- 297 B deux . particules . identiques ... sont .
- 298 M-S indiscernables
- 299 B in dis cernables . discer nables . ([hak.a] ? ) ( ? ) . alors est ce que euh je pense  
que c'est nécessaire de rappeler quand même [el.] euh \
- 300 M-S \ totalement
- 301 H hein ( ? ) on peut le dire oralement ( ? )
- 302 M-S oui
- 303 B d'accord
- 304 M-S supposé connu
- 305 B [bela] c'est pas grave . grand deux . postulat de symétrisation . postulat . de .  
symétrisation . symétrie de la fonction d'onde d'un système de particules  
identiques par rapport à l'échange des états de 2 particules . alors . symétrie de  
la fon symétrie . symétrie de la fonction . symétrie . de la . fonction . d'onde .  
d'un système . de particules . identiques . par rapport . par rapport à l'échange  
.. par rapport à l'échange des états .. de deux particules .. alors . soit un  
système N de particules identiques . désigner par alpha 1 alpha alpha N  
l'ensemble des états individuels peut être . on peut écrire ( . ? ) c'est .. il y a  
trop de calcul mathématique euh je suppose qu'on va ( ' ) de prendre juste  
l'essentiel hein ( ? )
- 306 M-S hum
- 307 B donc comment on va définir ça ( ? ) ..
- 308 M-S alors . c'est un système . constitué ( . ? ) particules identiques
- 309 H euhum
- 310 M-S soit alpha 1 alpha i alpha n . les états individuels . de chaque particule .

- 311 B la la euh la position définit par les coordonnées euh (de l'espace ?)  $x$   $y$  et  $z$
- 312 M-S sigma i
- 313 B sigma i c'est euh l'état de spin ... ([lezem] ?) les particules sont euh alpha 1  
 $\backslash$  alpha i ce sont les particules . l'ensemble des états individuels peut être défini
- 314 M-S  $\backslash$  alpha 1 alpha i
- 315 H par
- 315 M-S on peut écrire alpha i : euh fonction des coordonnées (  $\backslash$  ?)
- 316 B  $\backslash$  voilà . ça veut dire  
 que chaque pour la les particules alpha i . elle est définie par (s) le euh ces  
 coordonnées d'espace  $\backslash$  et sont:: euh son état de spin ... donc . on prend cette  
 $\backslash$  (cartésien ?) et état de spin
- 317 M-S
- 316 B euh: ( ?)
- 318 M-S euhum
- 319 B soit un système  $N$  . soit . un système .  $N$  .
- 320 M-S constitué de  $N$  (.. ?)
- 321 H un système de  $N$  particules . par ticules . identiques . (disignons) . (disignons) .  
 par alpha 1 . alpha i . alpha  $N$  . c'est ([reda] ?) c'est des particules . alors .  
 l'ensemble . des états . individuels . individu els . on peut . dire . pour la  
 particules alpha i désignée par ces vecteurs d'espaces  $x_i$   $y_i$  .  $z_i$  .  $y_i$   $z_i$  .
- 322 M-S sigma
- 323 B et sigma i qui dési qui désigne sont état de spin . état . de . spin . ça c'était juste  
 une introduction générale . alors . la fonction d'onde associe à ces états . de ...  
 à ces particules . alors de la fonc . sa fonction d'onde . fonction d'onde . la  
 fonction psi . pour la première particule . ah . la particule 1 alpha 1 . particule i  
 alpha i . particule  $N$  alpha  $N$  . considérons . deux particules . ticules .  
 quelconque  $i$  et  $j$  . la permutation . on va permuter la particule  $i$  et  $j$  . le module  
 au carré . (... ?) le module au carré c'est:: de la fonction d'onde . c'est (... ?)  $\backslash$   
 c'est la même chose ( ?)
- 324 M-S  $\backslash$  (... ?) hum
- 325 B donc c'est indiscernable
- 326 M-S hum ..  $\backslash$  (... ?)
- 327 B  $\backslash$  (... ?) principe d'indiscernabilité euh la permutation laisse invariant euh  
 donc c'est ça donc donc . considérons
- 328 M-S deux particules
- 329 B considérons si dérons . deux particules . (idem) . quelconques  $i$  et  $j$  . la  
 permutation . des états . de . ces deux particules laisse invariant  
 invariant . le module au carré de la fonction d'onde psi . qui représente la  
 probabilité de présence . c'est que la fonction d'onde psi n'a pas de sens  
 physique . donc . le module au carré de . la fonction d'onde de la particule 1  
 alpha 1 . i alpha i . j alpha j .  $N$  alpha  $N$  au carré . si euh je change les deux  
 termes c'est la même chose . 1 alpha 1 . i alpha j . ( ça change ici ?) . et j alpha  
 i
- 330 M-S hum hum .
- 331 B c'est la même chose . le module au carré c'est euh resté invariant ... donc ça  
 c'est euh . (ça sert à rien ?)
- 332 M-S hum +

- 333 B alors on doit ( ? ) ces (va) les valeurs propres . juste euh (ess) essentiel hein ( ? )
- 334 M-S (.. ?)
- 335 B hum ( ? ) (.. ?) + donc (l'opérat) soit je vais définir l'opérateur des échanges des états  $i$  et  $j$  tel que . soit .  $P_{ij}$  . l'opérateur .
- 336 M-S d'échange
- 337 B d'échange .. des états ..  $i$  et  $j$  tel que . ces valeurs propres . sont lambda plus ou moins alors les valeurs propres de ce:: de:: cet opérateur lambda . égala à plus ou moins hein ( ? )
- 338 M S mettre directement euh ligne [haieja kemla] avec plus ou moins (.. ?)
- 339 B parce que si je vais définir le plus ou moins alpha euh \ le plus ou moins (.. ?)
- 340 M-S \ (.. ?)
- 341 B tel que . ses valeurs propres . ses valeurs .. propres . sont . est égale plus ou moins 1 . donc . la fonction d'onde psi qui est définie par la fonction  $i$  alpha 1 1 alpha 1 .. j alpha j i alpha j alpha i .. alpha j .. N alpha N est égale à . plus ou moins \ 1 alpha 1 . i alpha i . j alpha j . N alpha N .. deuxièmement énoncé
- 342 M-S \ psi
- 341 B du postulat de (sym) euh symétrie . bon . hum ( ? ) . deuxièmement . énoncé . de postulat . de symétrie .. les états physiques d'un système de particules identiques ne peuvent être que symétrique plus ou antisymétrique [akahaw] ( ? )
- 342 M-S hum
- 343 B donc les états . physiques . d'un système . de particules .. identiques . ne peuvent être . (être) . que . symétrique . plus ou \ au
- 344 M S \ c'est pas la peine d'écrire ça
- 345 B hum oui \ (.. ?)
- 346 M-S \ (on l'explique ?)

- 347 B oui d'accord . pour antisymétrique . au ti symétrique .. exemple . exemple . alors on va essayer de formuler euh petit peu exemple . la fonction d'onde  $\psi$  . dans la cas de symétre . exemple cas de symétre . cas de sym . cas symétrique . symétrique . fonction  $\psi$  de la particule 1 euh particule 1  $\alpha 1 \dots j \alpha j \dots i \alpha i \dots j \alpha j \dots N \alpha N$  est (égal'à) à la fonction d'onde de la particule 1  $\alpha 1 \dots i \alpha i \dots j \alpha j \dots N \alpha N$  . cas antisymétrique . symétrique ..
- 348 M-S signe moins
- 349 B oui on va mettre signe moins 1  $\alpha 1 \dots i \alpha i \dots j \alpha j \dots N \alpha N$  est (égal'à) moins . c'est: antisymétrique . c'est pas pareil . 1  $\alpha 1 \dots i \alpha i \dots j \alpha j \dots N \alpha N$  .. donc . par rapport à l'échange des zzz des . euh par rapport à l'échange des états individuels de deux particules (conque ?) dans la nature il existe deux types de particules tel que . si la fonction d'onde est symétrique .
- 350 M-S bosons
- 351 B il s'agit des bosons . c'est-à-dire obéissant à la: à la statistique de Bose-Einstein . si la fonction .  $\psi$  . est antisymétrique ce sont des fermions obéissant à la statistique de Fermi-Dirac donc dans la nature on peut dire qu'il est euh il tous les particules obéissent à deux luns . soit symétrique . \ bosons Bose
- 352 M S \ bosons Bose

- 351 B Einstein soit antisymétrique (F: Fermi-Dirac) donc .. dans la nature il existe
- 352 M-S Einstein
- 351 R deux types de particules .. dans la nature
- 352 M-S (... [abdeha] ?) deux types deux points
- 353 B [ej] c'est ça
- 354 M-S alors pourquoi il y a deux types ( ?) si la fonction d'onde symétrique ces sont des bosons euh si antisymétrique sont des fermions et après on parle par détail si elles obéissent à la statistique de Bose- Einstein et Fermi- Dirac
- 355 B (quand même ?) il vaut mieux euh il y a deux types de particules .. bon ah euh tout d'abord on a (pa) euh parlé de la euh de système symétrique et antisymétrique \ d'accord .. donc .. et après il a dit par rapport à l'échange des
- 356 M S \ oui
- 357 R états individuels deux particules quelconques dans la (pa) dans dans .. ce qui est (s) c'est la nature c'est généralisé (...?) d'abord il introduit la notion de symétrisation symétrique et antisymétrique .. mais dans la nature il existe deux types de .. particules \ sont qu'elle est symétrique ou sont euh sont
- 357 M S \ symétrique antisymétrique
- 355 B antisymétrique .. y a pas autre chose hum ( ?) donc .. dans la nature .. la nature .. il existe .. deux types .. de particules .. tel que .. si la fonction .. d'onde .. du système .. est sy système .. est .. symétrique .. on parle de bosons il s'agit de bosons .. c'est à dire obéit (s s) bon euh ces bosons obéissent à la statistique de Bose- Einstein .. d'accord .. c'est-à-dire obéissant .. à la statistique .. (COUPURE) si la fonction d'onde d'un système est symétrique alors il s'agit de bosons c'est-à-dire obéissent à la statistique de .. Bose- Einstein .. Bose .. Einstein .. bon .. si .. la fonction d'onde est .. antisymétrique .. symétrique .. ce sont des fermions .. des fermions .. qui obéissent à la loi de .. Fermi-Dirac
- 358 M-S ( ?) en deux lignes
- 359 B hum hein ( ?)
- 360 M-S ces (... ?)
- 361 R [ej ej] juste euh ( ?) alors .. le premier cas .. qui est H que sont les fermions .. on a dit que sont sont des particules ..
- 362 M-S qui ont un spin
- 363 B (H .. ?) oui .. alors les fermions .. donc les fermions .. euh sont des particules de spin un demi ..
- 364 M S non .. demi entier ..
- 365 B ah oui spin demi entier .. spin .. demi .. entier .. par exemple (... ?) spin .. un demi entier c'est par exemple ce je prends (... ?) la notion de (... ?) si je suis (... ?) je suppose que a un demi en dans ce sens là c'est un demi c'est pour rappeler H l'électrons qui tourne autour de: noyau .. il a deux sens .. il tourne il a un axe de rotation qui est son propre axe .. alors si dans un sens .. on va: \ un demi euh
- 366 M-S \ (... ?)
- 367 B Par ce que je dois parler (... ?) je suppose quand même (plus ?) organisé .. donc euh spin un demi .. demi entier .. donc exemple
- 368 M-S leptons
- 369 B exemple .. les leptons .. (l'élé) les b les (bary) les les leptons de façon générale sont les électrons les muons les neutrinos: spin égale à un demi .. les baryons

- protons et neutrons . donc c'est quoi la différence entre les deux justement ici . alors les leptons . exemple l'électron muon neutrino de spin un demi les baryons la même chose proton et neutron .
- 370 M-S ( ?) [tehe [el] noyau [logRin] ( ?) [tehe [ ] composantes du noyau ( ?)
- 371 B composés (.. ?) . hein ( ?) c'est ça (peut être ?) ( ?)
- 372 M-S je pense c'est pas . (vraiment sûr ?)
- 373 D alors . spin entier exemple les leptons les leptons . qui sont l'élect les électrons . par exemple les électrons [we] les muons . neutrinos . ou . les baryons . baryons protons euh qui sont par exemple les protons . les neutrons . bon . alors toutes les particules qui possèdent un même nombre euh un nombre euh ( ?) alors on a parlé de des fermions on a dit que ce sont des particules qui (.. ?) est symétrique . qui obéissent à la statistique de Bose- Einstein . maintenant c'est . les . bosons . les bosons . spin . entier . bon caractéristique de ces bosons en plus de le caractère de symétrique antisymétrique . pour les fermions les spin sont un: demi entier et pour les bosons c'est :: \ entier \ entier
- 374 M-S
- 375 B d'accord . un spin entier s égale 0 1 etc . 2 . les particules de Jauge ce sont les photons spin égal à 1 . ce sont les messagers des ondes électromagnétiques . (tu m'as parlé ?) tout à l'heure . ça c'est très clair . bon . les particules . de Jauge . pho tons . s est égale à 1 . alors ce sont des ondes euh: électromagnétiques . ce sont . les messagers . des ondes électromagnétiques . électro . magnétiques . et les photons . les photons . bon il s'agit des ondes élastiques dans les solides . messagers \
- 376 M S \ spin 1
- 376 B ou s a spin de c'est égale à 1 ou spin égale à 1 ce sont les messagers . des ondes élastiques dans les solides dans les: solides
- 377 M-S ( ?) c'est bon là ( ?)
- 378 B ou les mesons .  $\pi$  . sont des aussi que: dont le spin égale 1 . les mesons mesons  $\pi$  ou K . leur spin est égale à 0 . donc c'est bon hein ( ?) . donc euh . troisièmement alors je vais rappeler juste euh l'hamiltonien l'hamiltonien du système . et rappeler le vecteur euh: l'opérateur . d'accord ( ?)
- 379 M-S hum .
- 380 B troisièmement . construction des états physiques d'un système de N particules identiques sans interaction mutuelle construction des états physiques d'un système de N particules identiques sans interactions mutuelle sans interaction mutuelle . premièrement . généralité . généralité . on rappelle le leçon de l'hamiltonien H . qui représente l'opérateur . euh . associé à: . à ces euh à ces: . particules . bon l'hamiltonien (a) l'hamiltonien du système . l'hamiltonien . H du système . qui est la somme . des hamiltoniens individuels de chaque particule . h a . l'hamiltonien individuel . hamiltonien .
- 381 M S de chaque particule
- 382 B on disait individuel . qui est associé à chaque euh .
- 383 M S particule euh [ma [neha] identique [ma [ueha] (.. ?)
- 384 B bon (c'est pas grave ?) . construction des états physiques d'un système de N particules (.. ?) bon (..on va revenir .. ?)
- 385 M-S hum

- 386 B bon . on rappelle que . l'hamiltonien de chaque état (..?) égale énergie (..?)  
alpha . alors deuxièmement fonction d'onde d'un système de N bosons . alors .  
on a dit que les bosons ce sont des particules qui sont . ont . qui sont euh:  
symétriques . la fonction d'onde de ces bosons elle est symétrique . et ces  
bosons ont un spin qui est égale à un entier d'accord (?) .
- 387 M-S hum
- 388 B (..?)
- 389 M-S oui
- 390 B deuxièmement fonction d'onde d'un système de N bosons . fonction . d'onde .  
d'un système . de N . bosons . donc la . la fonction d'onde d'un système de N  
bosons doit (satisfaire) euh doit satisfaire le postulat de symétrisation puisqu'on  
a dit que l'état (..?) c'est symétrique . donc . doit être symétrique cette  
fonction (pev) euh ne (pe) ne vérifie pas ne vérifie pas le postulat .
- 391 M-S on doit dire (..?)
- 392 B (..?) alors la fonction d'onde satisfait le postulat de symétrisation est  
symétrique . la fonction d'onde doit satisfaire . satisfaire le postulat . mlut  
. de symétrisation . symé trisation . doit être symétrique . cette fonction d'onde  
. être . symétrique . . cette fonction ne (..?) doit être symétrique parce qu'on va  
parler dès le départ . alors cette fonction d'onde ne peut \
- 393 M-S (..?)
- 394 B hein (?)
- 395 M-S (écrire/écrit ?)
- 396 B beuh euh cette fonction d'onde . ne vérifie euh ne vérifie pas . ce postulat .
- 397 M-S cette fonction ...
- 398 B d'accord . on a parlé dès le départ que les bosons sont des p euh particules dont  
la fonction d'onde est symétrique c'est en hein (?)
- 399 M-S hum
- 400 B donc la fonction d'onde doit e doit satisfaire le postulat de symétrisation doit  
être symétrique cette fonction ne vérifie pas ce postulat
- 401 M-S hum
- 402 B [heñeja] on va euh . alors comment ça se fait . (..?) + (..?) cette fonction  
d'onde (..?) \ (..?) (HAUT) associé à: associé à tout
- 403 M-S \ (..?) ne vérifie pas euh le postulat de symétrisation . pour  
qu'elle vérifie euh on doit attribuer une combinaison linéaire
- 404 B d'accord . symétrique . cette fonction . fonction . ne vérifie ne vérifie . pas .  
ce postulat . considère . considérons . alors . la combinaison linéaire . naison .  
linéaire . fonction d'onde psi . 1 . N . est égale comme étant la combinaison  
linéaire de ces . de chaque euh la fonction d'onde de chaque particule .  
(particule . particule ?) N dans l'état alpha N . d'accord (?) c'est bon hein (?)  
bon troisièmement fonction d'onde d'un d'un système de . l'exemple des  
(..?) je dois le mentionner (?)
- 405 M-S (..?) !
- 406 B on va écrire quelque chose de : ! donc exemple on prend l'exemple (d') trois  
bosons . peut occuper trois états individuels . les états alpha bêta et oméga . ou  
(sou) dans le premier cas on suppose que les e trois . ces trois états sont  
différents . alors la fonction d'onde doit être combinaison linéaire de ces trois

- états . bon premièrement exemple . trois bosons . peut occuper peuvent . occuper . occuper . trois états . individuels . alpha bêta oméga . on suppose que dans premier cas on suppose que alpha dans un premier cas alpha ( ? ) ces trois états sont différents . alors la fonction d'onde . associée . à ces trois états . psi va être une combinaison linéaire . de ces trois états . 1 particule 1 dans l'état alpha 1 . particule 2 dans l' . dans l'état bêta . la particule 3 dans l'état oméga plus la particule 1 dans l'état alpha maintenant je vais changer la particule d euh 2 dans l'état oméga et la particule 3 dans l'état bêta . la particule 2 dans l'état oméga . la particule 3 dans l'état bêta . etc . on va avoir six termes . ( . ? ) combinaison de chaque ( . ? ) on va intervenir les états de chaque particule . donc . si maintenant la euh les états alpha est (t) est identique à l' euh l'état bêta différent de bêta oméga . alors la fonction . (ou va ?) associée à cette particule va être 1 sur racine de 3 . combinaison linéaire 1 alpha 1 . 2 alpha 2 . 3 particule 3 dans l'état oméga . plus particule 1 . dans ce cas juste on va permuter euh [k: l:] oméga hein ( ? )
- 407 M-S euhana
- 408 R 1 . particule 1 dans l'état alpha . la particule 2 . dans l'état oméga . la particule 3 dans l'état alpha . plus la particule 1 . dans l'état oméga . puisque les trois particules peuvent occuper \
- 409 M-S \ l'état alpha bêta et oméga . si l'état alpha et l'état bêta sont identiques . on va per euh changer avec euh l'état oméga .
- 410 R donc 1 dans l'état oméga 2 dans l'état alpha 3 dans l'état alpha . alors si ces états sont identiques lors . on aura une seule . la fonction d'onde . psi associée ( ? ) alpha est égale à bêta est égale à oméga fonction d'onde psi égale première particule dans l'état alpha . deuxième particule dans l'état alpha . particule trois . dans l'état alpha . hein ( ? )
- 411 M S ( . ? )
- 412 R donc en conclusion donc un nombre quelconque de bosons identiques peuvent occuper le même état \ individuel c'est très important parce que euh
- 413 M-S \ individuel
- 412 B après on va voir que l'état des . \ fermions n'est pas c'est pas la même chose .
- 414 M S \ fermions
- 412 R donc en conclusion donc un nombre quelconque de bosons identiques peuvent occuper occuper un même état ( ? ) état individuel in di viduel d'accord ça c'est très important on va voir la suite la différence avec les fermions alors ( ? ) troisième(ment ?) fonction d'onde d'un système de fermions identiques déterminant de Slater on a vu (dans/ donc ?) premier cas de bosons . on va voir (passer) donc on va voir les \ fermions . donc
- 415 M-S \ fermions
- 412 B troisième(ment ?) fonction d'onde d'un système de fermions identiques déterminant de Slater . d'accord . (RIRE) . troisième(ment ?) fonction d'onde . d'onde . d'un système . \ d'un système . de fermions . identiques . fermions .
- 416 M S \ fermions identiques
- 412 R identiques déterminant de Slater \ déterminant
- 417 M S \ pour que la fonction d'onde soit antisymétrique on fait appel à méthode de Slater

- 418 H donc qu'est ce qu'on va écrire ( ? )
- 419 M-S pour rendre la fonction d'onde antisymétrique . on fait appel euh à à la méthode proposée par Slater ( ? ) .
- 420 B ( .. ? )
- 421 M-S pour que la fonction d'onde
- 422 H pour que la fonction
- 423 M-S d'onde . vérifie . postulat d'antisymétrisation .
- 424 B le postulat pos tu lat . d'an ti . sy mé trisation
- 425 M-S on va chercher
- 426 B ( .. ? )
- 427 M-S [wal a] on fait appel à la méthode euh . on fait appel . à la méthode donnée par
- 428 H appel
- 429 M-S à la méthode donnée par Slater
- 430 B à la méthode . de Slater . ( .. ? ) . donc la fonction d'onde associée à ce à ces particules . 1 sur racine de N . déterminant de Slater . alpha 1 1 alpha 2 2 . . . alpha N N . ( \ ( ? )
- 431 M-S \ ( ? )
- 432 B d'accord
- 433 M-S [beŋja mo/ lezent] ( .. ? )
- 434 H ( .. ? ) . [wini be/ na /ndu] quatrième ment ( ? )
- 435 M-S [absja] ( .. ? )
- 436 B ( .. ? )
- 437 M-S ( .. ? ) remarque
- 438 H remarque . hein ( ? )
- 439 M-S si si l'échange . de deux particules
- 440 B si l'échange . (hein ? ) .
- 441 M-S de deux particules de deux . ([ej misele] ? )
- 442 B ( .. ? ) d'accord ( .. ? )
- 443 M-S principe d'exclusion de Pauli
- 444 H on va passer maintenant à . le (prin) ah ça c'est juste une introduction pour
- 445 M-S \ idée générale
- 446 B idée générale pour . introduire à : . le principe d'exclusion de Pauli . donc quatrième ment . le principe d'exclusion de Pauli . principe . d'exclusion . de . Pauli . soit un système de N fermions . le déterminant est nul lorsque deux lignes sont identiques .
- 447 M-S ( .. ? )
- 448 B ( .. ? ) soit un système . un système . de . N . fermions .
- 449 M-S ( .. ? )
- 450 B le déterminant .
- 451 M-S est nul
- 452 B est . nul . lorsque . \ deux lignes . sont identiques . iques . donc . \ psi ( .. ? )
- 453 M-S \ ( ? )
- 454 B donc psi . psi . va être euh fonction d'onde . égale à zéro . donc le principe d'ex d'exclusion de Pauli : . d'où . le principe . d'exclusion . d'ex clusion . de . Pauli . pour un même état .
- 454 M-S quantique

- 455 B un même . état . quantique . individuel . ne peut . pas . occuper  $\Delta$
- 456 M-S  $\Delta$  être occupé
- 457 D être . occupé . simultanément . par deux . fermions .
- 458 M S identiques
- 459 D identiques ou plusieurs . identiques . ou . plusieurs . ( . ? ) (RIRE) . si par exemple . exemple . cas de fermions pouvant occuper deux états . individuels . alpha et . beta donc la fonction d'onde associée à ces deux (p) euh fermions . va être euh 1 sur racine de 2 le déterminant . première particule dans l'état alpha 1 . première particule dans l'état (mais en ?) . euh colonne . alpha . deuxième particule dans l'état alpha . deuxième particule dans l'état . beta . donc . ce qui va donner . 1 sur racine de 2 . fonction des : donc associé 1 . fi . alpha . 1 . fi . beta . 2 . ( . ? ) beta . 1 . fi . alpha 2 . ( . ? ) c'est bon hein . je vais juste je rappelle le schéma ( . ? ) . état . fondamental . d'un système . de particules . identiques . différences . différen diffé rencées . entre . états de . fermions ... et . et les Bosons . et états de Bosons . à T est égale à 0 K . bon . j'ai défini l'échelle . à T est égale à 0 (plutôt ?) D Kévyne alors dans l'état fondamental . état fondamental . donc . les . bosons . peuvent occup . occupent . tous le même état . d'énergie
- 460 M-S le même état .
- 461 H lui-même par contre . pour les fermions . on a dit que d'après le principe d'exclusion de Pauli  $\Delta$  ( . ? ) il y a une répulsion électronique . donc chaque
- 462 M S  $\Delta$  ( . ? )
- 461 B chaque niveau d'énergie . chaque niveau d'énergie  $\Delta$  est occupé par
- 463 M-S  $\Delta$  ( . ? )
- 464 H rien ( ? )
- 465 M-S ( . ? ) particule
- 466 B voilà . répulsion alors répulsion électronique . é lec tronique . donc je vais avoir que . chaque état est : occupé par un fermion . tous les états .
- 467 M-S tous ces états
- 468 B sont occupés . occupés . par : un fermion . on peut pas avoir les : fermions occuper le même état . c'est bon ( ? ) .
- 
- 469 M S ( . ? )
- 470 H ( . ? ) statistique de système de particules identiques généralisés introduction . (sait ?) que deux particules sont dites identiques si toutes les propriétés intrinsèques sont les mêmes . c'est-à-dire la masse la charge et le spin exemple . les électrons et les protons . en mécanique euh on sait que : en mécanique classique deux particules identiques sont discernables c'est-à-dire qu'on peut les distinguer entre eux . or . en mécanique quantique deux particules identiques sont indiscernables on peut pas les distinguer entre eux . postulat de symé : euh de symétrisation . symétrie de la fonction d'onde d'un système de particules identiques par rapport à l'échange des états . de deux particules . (COUPURE)
- 471 M S postulat de symé : euh de symétrisation . symétrie de la fonction d'onde d'un système de particules identiques par rapport à l'échange . des états de deux particules . soit un système N euh . soit un système de N particules N nombre de particules identiques . soit les états alpha 1 alpha i alpha N . l'ensemble de

ces états . on peut dire que les états  $\alpha_i$  (.. ?) des données cartésiennes .  $x_i$   $y_i$  et  $z_i$  . et  $\sigma_i$  son état de spin .. sa fonction d'onde  $\psi_i$  . [el] particule  $i$  état dans l'état  $\alpha_i$  . la particule la particule  $i$  dans l'état  $\alpha_i$  . la particule  $N$  dans l'état  $\alpha_N$  . soit deux particules quelconques .  $i$  et  $j$  . dans deux états  $\alpha_i$  et  $\alpha_j$  . on peut faire une per euh une permutation entre deux deux euh entre euh les deux états de ces deux particules . qui laisse invariant  $\psi$  euh module de  $\psi$  au carré . euh la probabilité de présence des deux (.. ?) . donc  $\psi$  euh .  $|\alpha_i\rangle$  à l'état  $\alpha_i$  .  $|\alpha_j\rangle$  à l'état  $\alpha_j$  .  $N$  à l'état  $\alpha_N$  . module au carré . est égale . la fonction d'onde .  $|\alpha_i\rangle$  de l'état  $\alpha_i$  et on fait la permutation  $i$  à l'état  $\alpha_j$  .  $j$  à l'état  $\alpha_i$  .  $N$  à l'état  $\alpha_N$  au carré (ça sera/ ce sont ?) égale . module au carré . soit euh  $P_{ij}$  l'opérateur d'échange des états  $i$  et  $j$  tel que euh c'est égale (à deux réalités ?) c'est-à-dire [el] valeur (conjuguée ?)  $P_{ij}^*$  égale  $P_{ij}$  . et qui a des valeurs propres euh  $\lambda$  plus ou moins 1 . c'est à dire que .  $\psi$  . égale à . plus ou moins  $\psi$  .. énoncé du postulat de symétrie . (c'est ?) les états physiques d'un système de particules identiques ne peuvent être . que soit symétrique . soit antisymétrique . dans la nature il existe euh deux types de particules . si la fonction d'onde du système est symétri(c)que ? il s'agit de bosons c'est-à-dire obéissent à la statistique de Bose- Einstein . si  $\psi$  est antisymétrique ce sont des fermions qui obéissent à la statistique de Fermi-Dirac . fermions ce sont des particules qui ont un spin un demi exemple les leptons électrons muons . et les baryons protons neutrons qui ont un spin égale à un demi .. les bosons ce sont des particules qui ont . un spin entier .  $s$  égale 0 1 2 . telles que les particules de Jauge les photons qui sont les messagers des ondes électromagnétiques . et les phonons qui ont un spin aussi  $s$  égale 1 . ce sont les messagers des ondes élastiques dans les solides . les mésons  $\pi$  ou  $K$  qui ont un spin égale à 0 .

- 472 B troisièrement . la construction des états physiques d'un système de  $N$  particules identiques sans interaction mutuelle . alors . (généra) premièrement généralité . c'est tous ces (zè) tous ces particules . je vais définir le hamiltonien  $H$  qui correspond à la somme des (zè) de chaque état de euh des hamiltoniens de chaque état individuel . bon . chaque état individuel qui reprend euh représente un hamiltonien  $H_i$  multiplié par le vecteur  $|i\rangle$  est égale à euh l'énergie  $E_i$  associée à euh le vecteur  $|i\rangle$  . bon . la fonction de d'onde d'un système de  $N$  bosons . alors . on a dit que les bosons ce sont des particules . de spin est égal à euh de spin euh est égal à un entier . alors . pour ces particules là je vais définir la fonction d'onde . cette fonction d'onde doit satisfaire . le le postulat de symétrisation qu'on a déjà parlé . donc la fonction d'onde . cette fonction d'onde doit être (écrit) sous forme d'une combinaison linéaire . de chaque euh fonction d'onde associée à chaque particule . donc si de alpha la la fonction d'onde  $\psi$  et toutes ces (part) la particule 1 à jusqu'à  $N$  . est égale à 1 sur racine de  $N$  factoriel . somme des chaque euh chaque euh fonction d'onde associée à chaque particule . (exa) euh je donne un exemple . soit trois bosons occupés par trois états individuels . l'état alpha l'état bêta et l'état oméga . donc je suppose dans un premier cas que . l'état alpha . est différent de l'état bêta . est différent de l'état . oméga .

donc, la fonction d'onde associée, à ces trois bosons va être une combinaison comme on l'a déjà dit euh trois combinaisons linéaires, sous forme d'une combinaison linéaire euh associée à chaque euh (ce) (cha) euh chaque fonction d'onde à chaque particule, donc la fonction d'onde psi va être écrit sous la forme 1 sur racine de 6 le vecteur 1, la particule 1 dans l'état alpha 1, la particule 2 dans l'état euh bêta, la troisième particule dans l'état oméga, puis plus la somme, plus euh 1 la particule 1 dans l'état alpha, maintenant je vais changer la la particule euh les(?) dans l'état bêta (ou ?) ça devient la particule 2 dans l'état oméga, puis (?) la particule 3 dans la euh dans l'état bêta etc, donc ça c'est pour le la fonction d'onde, du système, lorsque les trois états sont différents, maintenant si les trois euh je prends deux états identiques l'état alpha et l'état bêta, (ditte) si je le (z) euh ces deux états sont différents de l'état oméga, donc la fonction notre fonction d'onde qui associe à ces trois, particules, les bosons, va être écrit sous la forme 1 sur racine de 3 puisque les deux euh les deux états alpha et bêta sont identiques, donc 1 la la particule 1 dans l'état, dans l'état alpha la particule 2 dans l'état alpha, la troisième particule dans l'état alpha euh dans l' dans l'état oméga plus la particule 1 dans l'état alpha, la particule 2 dans l'état oméga et la particule 3 dans l'état, alpha plus la particule 1 dans l'état oméga, la particule 2 dans l'état alpha et la particule trois dans l'état alpha, c'est à dire que, la psi c'est les trois particules vont (norm) vont occuper à chaque fois, un même état, soit l'état alpha soit l'état bêta, soit l'état o oméga puisque l'état alpha et bêta sont identiques c'est ça en réduit euh l'expression, donc si, les trois états, sont identiques, ces trois c'est-à-dire que l'état alpha l'état bêta et oméga sont égaux, donc notre fonction d'onde, va être écrit sous la forme de, 1, dans l'état l' la particule 1 dans l'état alpha 1, la particule 2 dans l'état alpha 2 la particule 3 dans l'état alpha 3, donc, conclusion, on peut dire donc un nombre quelconque de bosons identiques peut occuper un même état individuel, ça c'est très important, parce que dans la suite on va voir que dans le cas des fermions, c'est pas la même chose, donc troisièmement, fonction d'onde d'un système de fermions identiques déterminant de Slater, donc, les fermions qu'on a d euh on a dit que ce sont des particules, dont la fonction d'onde est, euh euh antisymétrique, et ce(s ?) fermion(s ?) a un spin un demi, donc la fonction la fonction d'onde associée à ces euh, fermions doit être comme étant on va va le déterminer, par [L:] la méthode de Slater, on écrit

(ce) (un) la fonction psi, associée à ces euh, fermions, 1 sur racine de 2 (BAS) c'est ça (?)

473 M-S

474 B

(... ?) euh donc, le déterminant de Slater qui que euh on va mettre 1, colonne, l'état de euh de la première euh la première particule dans ces différents états, et en ligne, c'est correspond à à à, les différents états, donc, quatrièmement, principe d'exclusion de Pauli, soit un système de N fermions, le déterminant est nul lorsque deux lignes sont identiques, sont on refait le calcul, on va euh on va bien voir que, le déterminant si je prends euh deux particules qui sont identiques, (... ?) je vais avoir que mon déterminant est égale à, 0, d'où le principe d'exclusion de Pauli qui dit que, dans un même quantique, euh dans

un même état euh: quantique individuel ne peut pas (a) être occupé simultanément par deux . fermions identiques . d'où l'le. c'est ça le principe d'exclusion de Pauli . en fait c'est que euh . en gros . (dans/ donc ?). on va voir que les . pour les bosons . deux particules de bosons peuvent occuper un même état . mais les fermions . c'est pas euh c'est (ta) euh tout à fait différent parce que . deux: euh (fer) euh deux fermions doit occuper deux états différents . alors . si je p je prends l'exemple euh en mathématique . cas de deux fermions pouvant occuper deux états individuels alpha et bêta . la fonction d'onde . l' associée à ces deux euh particules . va être écrit sous la forme 1 sur racine de 2 le déterminant de la première fonction . euh la particule 1 dans l'état alpha 1 . la particule . 1 dans l'état euh bêta . la particule 2 dans l'état alpha et dans la particule 2 dans l'état bêta . (ça va être une ?) combinaison . linéaire sous forme 1 sur racine de 2 . la fonction psi est alpha 1 fois fois l'état la (ta) la particule 1 dans l'état alpha 1 fois la particule 2 dans le l'état bêta . moins la particule 1 dans l'état bêta fois la (part) fois la fonction d'onde de la particule 2 dans l: l'état . bêta . donc .

- 475 M-S et en comparaison avec euh à l'échelle . énergétique . avec euh de façon énergétique . si je prends . à (zéro) euh à zéro à zéro K à zéro K . donc . si . une sur une échelle énergétique . les bosons peuvent occuper tous le même état fondamental d'énergie .  $E_0$  . on a dit parce que puisqu'on a dit que c'est . les bosons peuvent occuper le même état quantique . mais par contre les fermions . on a dit qu'elles ne peuvent pas occuper . le même état euh état quantique . donc on vérifie bien que euh que chaque euh pour euh . chaque particule . va occuper un état de l'énergie bien euh bien défini .
- 476 B (donc: expliquera ?) la répulsion quantique . (FIN)

13

**II. Statistiques des systèmes de particules identiques: Électronique**

**I. Introduction**

2 partic. ont des états identiques, et traités par principes statistiques soit

de  $\beta$  coût (cf. masse, temps de spin) excepté les électrons, les <sup>positrons</sup> particules.

Principes statistiques

$\sigma = \pm 1/2$  2 particules identiques ont des spins.

État en mécanique quantique : 2 particules identiques ont des états identiques.

**II. Symétrie de symétrisation**

a) symétrie de la fonction d'onde d'un syst. de particules identiques qui occupent  $n$  états dans un état de 2 particules.

soit un syst. de 2 particules identiques de spins  $s_1 = \dots = s_2 = s$

Pour des états individuels occupés par  $s_1 = m_1, s_2 = m_2, s_3 = m_3$  etc.

la fonction d'onde  $\Psi(x_1, x_2, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_n)$  est <sup>composée</sup> l'équivalent aux  $n!$  permutations des états de  $n$  2 particules. (soient  $n!$  permutations)  $(n!)^2$

$$|\Psi(x_1, x_2, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_n)|^2 = |\Psi(x_1, x_2, \dots, x_n, s_2, s_1, \dots, s_n)|^2$$

soit  $\Psi_{ij}$  la permutation d'échange des états  $i$  et  $j$  (soit  $i, j = 1, 2, \dots, n$ )

$$\Psi(x_1, x_2, \dots, x_i, x_j, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_i, s_j, \dots, s_n) = \Psi(x_1, x_2, \dots, x_j, x_i, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_j, s_i, \dots, s_n)$$

b) Grandeurs possibles de symétrie.

Soit des particules d'un syst. de particules identiques en permutation que

- symétrique  $(+)$
- antisymétrique  $(-)$

ex. exemple  $\Psi(x_1, x_2, \dots, x_i, x_j, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_i, s_j, \dots, s_n)$

cas symétrique  $\Psi(x_1, x_2, \dots, x_i, x_j, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_i, s_j, \dots, s_n) = \Psi(x_1, x_2, \dots, x_j, x_i, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_j, s_i, \dots, s_n)$

cas antisymétrique  $\Psi(x_1, x_2, \dots, x_i, x_j, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_i, s_j, \dots, s_n) = -\Psi(x_1, x_2, \dots, x_j, x_i, \dots, x_n, s_1, s_2, \dots, s_j, s_i, \dots, s_n)$

Dans ce cadre, il y a 2 types de particules bosoniques :

- la fonction d'onde du système est symétrique... et il s'agit de Bosons (ex : photons) et la statistique de Bose-Einstein
- si  $N$  est un nombre pair : il y a des fermions (ex : électrons) et la statistique de Fermi-Dirac.

a. Fermions :

- spin  $\frac{1}{2}$  entier impair : les électrons, neutrons, protons
- les neutrons, protons, électrons.

b. Boson :

- un spin entier pair, 0, 1, 2
- les particules de spin 0 : photons ( $g=2$ ) les pions les mésons les neutrons électro magnétiques.
- les photons :  $g=2$  ( $g=2$ ) les mésons les autres électrostatiques les  $\pi^0$
- les neutrons Fermi (1/2 spin)

$\mathcal{H}^B$  - Coefficient des états physiques d'un système de  $N$  particules identiques sans interaction mutuelle

1) Coefficient

si Hamiltonien  $H = \sum_{i=1}^N \epsilon_i(i)$  Les Hamiltoniens indépendants

$$\mathcal{H}^B(N, \epsilon) = \mathcal{E}^B(N, \epsilon)$$

2) Fonction d'onde d'un système de  $N$  bosons

de spin entier, état satisfaisant à particules identiques par symétrisation : est des symétrique. cette fonction respecte pas le principe d'exclusion de Pauli

donc  $\psi(r_1, \dots, r_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_{\{n_i\}} \psi_{n_1}(r_1) \dots \psi_{n_N}(r_N)$



## G1- TC marqué

### Page 1

- (1) / Statistiques des systèmes de particules identiques : Généralités /
- (2) / I- Introduction /
- (3) / 2 partic sont dites identiques /
- (4) / si toutes leur propriétés intrinsèque sont les mêmes /
- (5) / cad (m, masse, charge et spin) /
- (6) / exple les électrons, les protons /
- (7) / En mécanique classique /
- (8) /  $\Rightarrow$  2 particules identiques sont discernables /
- (9) / 1 part en mécanique quantique / / 2 particules identiques sont indiscernables /
- (10) / II- Le Postulat de symétrisation /
- (11) / 1) symétrie de la fonction d'onde d'un syst de particule identique par rapport à l'échange des états de 2 particules /
- (12) / soit un syst de N particules identiques /
- (13) / désignons par  $\alpha_1, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_N$  l'ens des états individual /
- (14) / on peut dire  $\alpha_i = (x_i, y_i, z_i, \sigma_i)$  état de spin /
- (15) / Sa fonction d'onde  $\Psi(x) = \Psi(\alpha_1, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_N, \sigma_N)$  /
- (16) /  $\Rightarrow$  2 particule qq  $i$  et  $j$  /
- (17) / La permutat des états de ces 2 particules laissent invariant  $|\Psi(x)|^2$  /
- (18) /  $|\Psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_i, j, \alpha_j, \dots, N, \alpha_N)|^2 = |\Psi(1, \alpha_1, \dots, j, \alpha_j, i, \alpha_i, \dots, N, \alpha_N)|^2$  /
- (19) / soit  $P_{ij}$  l'opérateur d'échange des états  $i$  et  $j$  / / ses valeur propre sont  $\lambda = \pm 1$  /
- (20) / donc  $\Psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_i, j, \alpha_j, \dots, N, \alpha_N) = \pm \Psi(1, \alpha_1, \dots, j, \alpha_j, i, \alpha_i, \dots, N, \alpha_N)$  /
- (21) / 2) Énonces de postulat de symétries /
- (22) / les états physiques d'un syst de particule identique ne peuvent être que  
 - symétrique +  
 ou  
 - antisymétrique /
- (23) / exple  $\Psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_i, j, \alpha_j, \dots, N, \alpha_N) = \Psi(1, \alpha_1, \dots, j, \alpha_j, i, \alpha_i, \dots, N, \alpha_N)$  /  
 cas symétrique
- (23) / cas antisymétrique  $\Psi(1, \alpha_1, \dots, i, \alpha_i, j, \alpha_j, \dots, N, \alpha_N) = -\Psi(1, \alpha_1, \dots, j, \alpha_j, i, \alpha_i, \dots, N, \alpha_N)$  /

### Page 2

- (24) / Dans la nature il  $\exists$  2 types de particule tq : /
- (25) / si la fonction d'onde du systeme est symetrique : il s'agit de Boson : / / c a d obéissant à la statistique de Bose - Einstein /
- (26) / si  $\psi$  est antisymetrique : ce sont des fermions / / obéissent de la statistique de Fermi - Dirac /
- (27) / a - Fermion /  
 / \* spin = 1/2 entier / / exple : - les lepton : electrons , muons , neutrino /  
 / - les baryons : proton , neutron //
- (28) / b - Boson /  
 un spin entier : s= 0, 1, 2.
- / \* les particules de Jauge : photon (s =1)  $\otimes$  e sont les messages des ondes electromagnetiques /
- / \* les phonons : me (s =1) les messagers des ondes elastiques (dans les sd) /
- / \* les mesons  $\pi$  ou k (s=0) /
- (29) / III- construction des etats physique d'un systeme de N particule identique sans Interaction mutuelle /
- (30) / 1) Generalites /
- (31) / l'hamiltonien 
$$H = \sum_{i=1}^N h(i)$$
 /  
 /  $\downarrow$  hamiltonien individuel /
- (32) /  $\langle h | p_a \rangle = 0 | p_a \rangle$  /
- (33) / 2) Fonction d'onde d'un systeme de N bosons /
- (34) / La fonction d'onde doit satisfaire le ~~petite~~ postulat de symetrisation /
- (35) / doit être symetrique /
- (36) / cette fonction ne verifie pas ce postulat /
- (37) / considerons alors La combinaison lineaire /
- (38) / 
$$\psi (1, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum p_{a1}(1) \dots p_{aN}(N)$$
 /

(39) / Exemple : 3 bosons peuvent occuper 3 états individuels  $\alpha, \beta, \omega$   
 on suppose que  $\alpha \neq \beta \neq \omega$

$$\rightarrow |\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{6}} \left\{ |1:\alpha; 2:\beta; 3:\omega\rangle + |1:\alpha; 2:\omega; 3:\beta\rangle + \dots \right.$$

si  $\alpha \neq \beta \neq \omega$

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{3}} \left\{ |1:\alpha; 2:\alpha; 3:\omega\rangle + |1:\alpha; 2:\omega; 3:\alpha\rangle + |1:\omega; 2:\alpha; 3:\alpha\rangle \right.$$

si  $\alpha = \beta = \omega$   $|\psi\rangle = |1:\alpha; 2:\alpha; 3:\alpha\rangle$  /

(40) /

donc un nombre quel que de bosons identiques peuvent occuper un état individuel

(41) / 3) Fonction d'onde d'un système de fermions identiques : Déterminant de Slater

(42) / pour que la fonction d'onde vérifie le postulat d'antisymétrisation /

(43) / on fait appel à la méthode de Slater /

$$(44) / \quad \psi(1 \dots N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \rho_{\alpha 1}(1) & \rho_{\alpha 1}(N) \\ \rho_{\alpha 2}(1) & \rho_{\alpha 2}(N) \\ \vdots & \vdots \\ \rho_{\alpha N}(1) & \rho_{\alpha N}(N) \end{vmatrix} /$$

(45) / Rq : si l'échange de 2 pa /

(45) / 4) Principe d'exclusion de Pauli /

(46) / soit un système de N fermions /

(47) / Le déterminant est nul lorsque 2 lignes sont identiques /

(48) /  $\psi(1 \dots N) = 0$  /

(49) / D'où le principe d'exclusion de Pauli : / être

(50) / un état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par 2 fermions identiques ou plusieurs /

(51) / exemple : ces 2 fermions peuvent occuper 2 états individuels  $\alpha$  et  $\beta$

$$\psi(1 \dots N) = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{vmatrix} \rho_{\alpha}(1) & \rho_{\alpha}(2) \\ \rho_{\beta}(1) & \rho_{\beta}(2) \end{vmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left\{ \rho_{\alpha}(1) \rho_{\beta}(2) - \rho_{\beta}(1) \rho_{\alpha}(2) \right\} /$$

1. N ( ? ) généralisé dans l'introduction : deux particules sont dites identiques : si toutes les propriétés : intrinsèques sont les mêmes elles jouent le même rôle : même masse même charge et même spin : tous les électrons les protons atomes hydrogènes : de tout l'univers sont identiques. en mécanique classique : on a vu ( ? ) = 0 [avant] une particule elle a une position  $r(t)$  et une vitesse  $v(t)$  à  $t$  égale à : supérieur à 0 : cette particule a une position  $r$  en fonction de  $t$  et une vitesse  $v$  à une autre vitesse : on a pris deux particules : euh M1 et M2 : en mécanique classique on ne peut pas définir la trajectoire d'une particule à partir des conditions initiales : conclusions :
2. Z on peut
3. N (.. ?) en mécanique classique on peut définir la trajectoire d'une particule à partir des fonctions initiales conclusion en mécanique (cla) classique deux particules identiques sont discernables : en mécanique quantique la notion de trajectoire d'une particule n'a pas de sens physique on ne peut pas définir qu'un paquet d'ondes caractérisé par  $|\psi\rangle$  au carré : principes de : d'indiscernabilité : deux particules identiques en mécanique quantique sont indiscernables (coupure)  
[beh] dans cette partie l'intéressant c'est en Mécanique classique : on a des particules sont discernables : en mécanique quantique les particules sont indiscernables : c'est chose importante : [beh] deuxièmement postulat de symétrisation : symétrie de la fonction d'onde de système de particules identiques par rapport à l'échange de l'état individuel de deux particules ... soit un système de  $n$  particules identiques désignons par  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$  jusqu'à  $\alpha_n$  l'ensemble des états individuels : on peut dire que les : **ALPHA**  $i$  représente les  $x_i$  et les  $\sigma_i$  avec les  $\sigma_i$  états du spin : sa fonction d'onde  $\psi$  : c'est égal à :  $\psi(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$  jusqu'à  $\alpha_n$  : considérons deux particules tel que : euh quelconques  $i$  et  $j$  la permutation des états de ces deux particules ne change pas laissant invariants  $|\psi|^2$  : c'est important ça .
4. Z Oui

## Annexe G2

### Transcription G2

- 5 N c'est à dire  $\psi$  au carré ne change pas si on change euh la position des deux particules  $i$  et  $j$ . on'a aucune permutation. euh encore:  $\psi$  au carré euh si on fait la permutation c'est la même aussi elle peut s' écrire  $\psi(\alpha_i, \alpha_j)$  ou  $\psi(\alpha_j, \alpha_i)$  on a fait la permutation c'est égale lambda fois  $\psi$  où on n'a pas fait la permutation. euh: des particules. c'est important. avec euh  $\lambda$  module de  $\alpha$  au carré égal à 1. sont  $P_{ij}$  opérateur d'échange des états de  $i$  et  $j$  tel que  $P_{ij} \psi(\alpha_i, \alpha_j) = \lambda \psi(\alpha_j, \alpha_i)$ .  $[j \alpha_i] P_{ij}$  c'est un opérateur d'échange des états  $i$  et  $j$  [behi].
- 6 Z avec  $P_{ij}$  est un: unitaire est un opérateur unitaire
- 7 N ok énoncé de postulat de symétrisation. les états physiques d'un système de particules identiques ne peuvent être que symétriques c'est + ou anti-symétriques. c'est important. par rapport à l'échange des états individuels de deux particules quelconques. dans la nature il existe deux types de particules tel que si les fonctions d'ondes du système est symétrique il s'agit de bosons c'est à dire obéissant à la statique de Bose Einstein.
- 8 Z c'est important.
- 9 N Si la fonction d'onde est anti-symétrique ce sont des fermions obéissant à la statique de Fermi-Dirac [ja [ni] d'après cette partie. on. u. si la fonction d'onde elle est. symétrique c'est Bose-Einstein et [ja [ni] les particules [huma] les bosons [wu] si la fonction d'onde est anti symétrique on a Fermi Dirac euh les particules sont des fermions. puis on va définir qu'est ce que c'est fermions et qu'est ce que c'est bosons. fermions. la mécanique quantique relativiste montre que tous les fermions ont un spin un demi entier
- 10 Z ou
- 11 N on a les fermions c'est à dire spin demi entier. on a pris des exemples de fermions. fermions élémentaires les leptons électrons neutrons. euh sont tous des spins s égale un demi et les baryons les protons neutrons de spin un demi. toutes les particules composées de nombre impair de fermions élémentaires. c'est à dire pour. les fermions. euh: les particules qui ont un nombre impair de. un nombre impair de fermions euh sont dits des fermions un nombre impair de fermions. parce qu'on a des fermions et des bosons. [behi]. Comme le noyau de He. 3 deux protons plus un neutron aussi l'atome de He 3. c'est. il est composé d'un noyau de He 3 plus deux électrons. [ja [ni] on a toujours un nombre impair de fermions euh. pour les bosons ce sont des particules de spin entier. exemple les particules de Jauge comme les photons. ce sont euh avec spin égal à un. sont ce sont les messagères des ondes électromagnétiques. aussi les bosons intermédiaires on trouve  $w^+$   $w^-$   $z^0$  (exactra). les phonONS messagères des ondes élastiques dans les solides. quasi particules associées au mode de vibration dans les. cristaux spin égale à un les misons  $\pi$  ou  $k$ . toutes les particules composées d'un nombre pair de fermions comme le noyau He 4. ici on trouve que les bosons. sont des particULES où il y a euh où il y a des nombres pairs de fermions. [ja [ni] contraire euh [le] euh [le] [le] fermions bosons contraire [le] fermions. d'accord ?

12	Z	on statistique de système de particules identiques (généralis) (ÉCRIT) ... dans l'introduction on peut euh \
13	N	\ idée importante . l'introduction (ÉCRIT) ..
14	Z	on peut mettre en évidence la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique \
15	N	\ (pour les \ ?)
16	Z	\ pour les \ particules identiques
17	N	\ particules . mécanique classique
18	Z	deux particules identiques sont discernables . <u>identiques sont discernables</u>
19	N	<u>sont discernables</u> . la mécanique quantique . les deux particules identiques sont indiscernables ... aussi en mécanique quantique . on ne peut pas savoir \
20	Z	\ on ne peut pas définir la notion de trajectoire dans la mécanique classique chaque particule est définie par sa vitesse et sa position +
21	N	par sa vitesse et (.. ?) (?)
22	Z	Hum
23	N	mécanique quantique
24	Z	<u>la notion de trajectoire n'est pas valable n'a pas un sens physique ++ on peut définir un paquet d'onde caractérisé par . module de psi et dépend de x et de t le tout au carré +</u>
25	N	[belu] grand deux maintenant
26	Z	<u>deuxièmement le postulat de symétrisation +</u>
27	N	dans cette partie (.. ?) . fonctions d'ondes . psi est une par euh fonction d'onde psi au carré dans une permutation ne change pas .
28	Z	(.. ?)
29	N	Hum . psi sera fonction de $1 \alpha_i + i \alpha_j \setminus \alpha_j$
30	Z	\ la partie (.. ?) définie par $(1 \alpha_i + i \alpha_j)$
31	N	Hum [we [an:a] la fonction d'onde ne change pas . d'onde . ne change pas dans une permutation . dans une permutation .. lui . lui de \ deux états .
32	Z	\ <u>deux états</u> .
33	N	permutation de deux états.
34	Z	c'est à dire la permutation: des états de ces deux . lieu de deux lieu de deux particules ne change euh pas . laisse invariant le module de psi au carré .. <u>reste invariante tant e</u>
35	N	Hum on peut écrire . $\psi_i \alpha_j$ euh $j \alpha_i$ c'est égale lambda fois $\psi_i \alpha_j$ alpha i j alpha j (ÉCRIT) . [ja [ni [judy]eu.a el] lambda . avec lambda au carré égal à $i + i$ Hum ?
36	Z	[bedelt] les deux états
37	N	[ej [we [na] on parle de l'opérateur d'échange ... unitaire unitaire tel que $P_{ij}$ de $\psi_i \alpha_j$ alpha i j alpha j est égale à $\psi_j \alpha_i$ alpha j j alpha i [ja [ni] on p on far [L.] permutation

38	Z	(... ?)
39	N	hum + ok + [həli] énoncé de postulat de symétrisation : les états physiques d'un système de particules identiques ne peuvent pas être : [lana] les états physiques on a deux deux états physiques on a deux états physiques
40	Z	<u>d'un système de particules identiques</u>
41	N	hum : d'un système de particules identiques (?)
42	Z	hum
43	N	<i>d'un système de particules identiques</i>
44	Z	<u>l'état symétrique</u>
45	N	<i>symétrique</i>
46	Z	plus
47	N	<i>plus antisymétrique</i>
48	Z	<u>moins</u>
49	N	<i>moins</i> : [lana] symétrique c'est enli c'est la fonction de \ bosons
50	Z	
51	N	<i>symétrique il s'agit de bosons</i>
52	Z	<u>symétrique : bosons : obéissent à la statistique de Bose-Einstein</u>
53	N	hum : <i>Bose Einstein</i> : [we'] spin : enli [lawa'] spin ? spin demi (?) \

54	Z		\ (. ?)
55	N	[le mba f'ed be] ne[utūha ] antisymétrique c'est [el] fermion .	
56	Z	<u>obéissent à la statistique de Fermi-Dirac</u>	
57	N	<i>Fermi-Dirac</i> . [mba f'ed] on parle de fermions ou de bosons . [ fan a] fermions . spin . demi entier . [ucltu nāfikiw f'al] exemple (?)	
58	Z	hum	
59	N	[ueχōu] exemple exemple [ueχōu] euh fermions élémentaires exemple de fermions euh <i>exemple de fermions élémentaires</i> + [nalQaw] les leptons ([hu] ?) les leptons [howa χōehou:] euh [fikom] l'électron muon (neutro) euh neutrino (?) [we mba f'ed] les baryons [riha] les protons [we'] neutrons \ [hakeka] (?)	
60	Z	\ (. ?) [farak mabinethom]	
61	N	hum . les leptons (. ?) électrons . muons . neutrinos . spin s un demi [nalQaw] les baryons <i>exemple protons neutrons spin</i> (permet ?) même chose s égale un demi . [behi wemba f'ed nalQaw e] bosons . bosons spin entier . spin entier . 0 / ? <i>exetera</i> exemple les particules de jauge comme les photons	
62	Z	photons [w] phonons [w] misons misons k . photons \ phonons	
63	N	\ phonons	
64	Z	<u>spin égale à 1</u> pour les deux	
65	N	hum s égal à 1 photons [wal a] phonons .	
66	Z	<u>misons pi ou k \ spin égale à 0</u>	
67	N	\ spin égale à 0 [ja f'm] spin en entier [me] 0 1 (exetera)	
68	Z	nombre entier (?)	
69	N	hum [wakahaw n'nfū] euh ça va ? [aja be] n' ] euh [taw be] nāQūn le] partie [loχra . e]tū mezelna ma Qunehe]	
70	Z	(. ?)	
71	N	construction des états physiques d'un système de N particules identiques sous interaction mutuelle . système de N particules identiques . sous interaction mutuelle	
72	Z	(. ?) [behi] généralité l'hamiltonien du système H égal à SOMME de h i . i égal à 1 jusqu'à N c'est somme de s hamiltoniens euh individuels . dans l'espace E i espace des états . d'une particule quelconque . h i alpha égal à epsilon fi alpha où avec les epsilon égal à epsilon 0 epsilon 1 (exetera) et epsilon 0 \	
73	N	\ l'énergie de l'état fondamental inférieur à epsilon 1 inférieur à epsilon 2 exetera . epsilon niveau d'énergie individuel [fan'a ja f'm] s' l'important [hu] l'hamiltonien l'expression de l'hamiltonien [we] fonction . [e.] \	
74	Z	\ l'équation des dimensions	
75	N	hum l'équation des dimensions [akahaw mba f'ed f'na] fonction d'ondes système de n bosons . on va parler de bosons . [behi] doit satisfaire le postulat de symétrisation doit être symétrique puisque on a dit pour les bosons la fonction d'onde est symétrique et il faut euh satisfaire à celle . à celle pos à ce postulat . dans la permutation de euh de deux états individuels . cette fonction d'onde ne (véri) pas ne vérifie pas ce postulat alors considérons la combinaison	

		linéaire [ja (ni has) heu [hasb ma χōina] la fonction d'onde [heōika] elle va ne vérifie pas le postulat de (symétrisation) alors on va prendre une autre fonction d'onde . \ (c'est une ?) combinaison linéaire
76	Z	\ (c'est une?) combinaison linéaire (. ?)
77	N	avec (epsi) égal à un sur racine de N factoriel: somme de p . euh fi fi alpha un fi alpha jusqu'à fi alpha n somme de p euh somme de tous les permutations possibles euh dont le nombre égal à N factoriel
78	Z	(. ?)
79	N	[beli] . conclusion [be] naχ[tiuha] . (dans ?) un nombre quelconque de bosons identiques peuvent occuper un même état individuel . [ja (ni)] pour les bosons . plusieurs . nombres de bosons il peut occuper un même état individuel . (BAS) [heōiya aham haya . beli . we mba [ed [ama]] fonction d'onde d'un système de fermions IDENTIQUES déterminant de Slater . on doit chercher une combinaison linéaire de fi alpha . i qui sont antisymétrique . pour euh fermions on a les fonctions d'ondes individuelles sont \ antisymétriques
80	Z	\ antisymétriques
81	N	une solution possible a été donnée par Slater . on va parler du déterminant de Slater . [be] na[kaw] les fonctions les fonctions d'ondes [mte [na] . convention .
82	Z	ça va
83	N	notez bien . on a supposé que le nombre d'états disponibles . égal à nombre de particules . [ja (ni)] nombre des états pos. possibles les alpha i égal à nom les Ni: alpha i égal à N
84	Z	hum

- 85 N d'après les propriétés d'un déterminant l'échange de particules entre deux états individuels se traduit par **L'ÉCHANGE** de deux colonnes . selon euh cela conduit à un (échangement) de signe de euh si ipsi sauf si ipsi égal à 0 . d'où elle satisfait le postulat de symétrisation . [ja f'ni] d'après ce cas là (pas ?) (psi) elle satisfait le postulat d'antisymétrisation . donc euh on a un fermions [ja f'ni] on a trouvé fonction d'onde d'un fermion . (RAS) [thunt] ?
- 86 Z [ma f'netha lehne] l'échange [mte f'el] particule ([jelzem]?) échange de deux colonnes . [χater nesta f'mlu] déterminant de Slater [abadel] deux colonnes [nelka:] \ ( ?)
- 87 N \ [jetbadel el] signe e [jetbadel el] signe euh \ [lez] normal
- 88 Z \ (.. ?)
- 87 N [lezmm] (epsi) égal à moins (epsi) . (epsi) [mathalar] état l' égal à moins (epsi)
- 89 Z (.. ?).
- 90 N (epsi) sous forme d'un fermion [ja f'ni hash hakeja] (epsi) c'est un forme euh d'un fermion [mba f'ed] on va voir principe d'exclusion de Pauli . soit un système de n fermions . le déterminant **EST NUL** : lorsque deux lignes sont identiques c'est à dire la même fonction d'onde individuelle utilisée deux fois deux fois dans le produit c'est à dire lorsque deux fermions occupent le même état individuel . on a vu [ja f'ni hash hakeja] deux deux fermions ne (peut) pas occuper le même état individuel \ c'est tout
- 91 Z \ ([nesta f'mlu]?) le principe d'exclusion de Pauli ([lcl.] ?) fermions

- 92 N [lel:] fermion [bark] . l'état correspond . (ispi) 1 jusqu'à N (égal'à) 0 . (...?) il occupe le même [ja (ni) deux fermions occupent le même état (epsi) égal'à 0 . [behi] d où le principe de Pauli dit . un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plusieurs
- 93 Z [wel' fukse lel.] boson
- 94 N [e] el] (boson) normal . il peut [ja (ni) euh [ (ana) deux (pa) plusieurs bosons ils (peut) euh occuper le même \ état individuel
- 95 Z \ état individuel .
- 96 N hum exemple cas de fermions pouvant occuper deux états individuels alpha et bêta . oui [ (ana) cinquièmement état fondamental d'un système de particules identiques . différence entre état de fermions et état de bosons à T égal'à 0 k . [bil] partie [beõ] on va voir T égale 0k . ([we neõ: lelkaja]?) système de particules identiques [we] on va voir la différence entre fermion . s les états d'un fermion et les états d'un boson
- 97 Z La température égal'à 0 degrés
- 98 N heuhum . les zè les énergies des états individuels sont orangées [ (ana) les énergies état fondamental [akal] énergie [nba (ed) epsilon 1 [we nba (ed) hatek(i) epsilon n . [behi] à T ég'l'à 0 k on va voir [belnesba le.] bosons . [ (ana . kolna el.i) plusieurs bosons peut . euh (RAPIDE) peut se trouver dans le même état in le même état individuel [we lasb hne] à T égal'à 0 ils trouvent tous.. sur \l'état fondamental . l'état fondamental individuel . c'est dû à l'attraction
- 99 Z \l'état fondamental .
- 98 N quantique [belnesba lel] fermions [ (ana) chaque fer chaque fermion se trouve sur un état individuel . dû d'à une répulsion quantique [behi . aha . (ana) un certain nombre de fermions [ (ana) un certain nombre des états . [fama) un certain euh [ja (ni) (ana) à l'état 10] c'est euh correspond à l'énergie de Fermi . on a plus de fermions . [ma fote] (ana) fermions \ [ja (ni) be] tabQu (haõuka) ?) des états vides [we hna] sont euh tous ces
- 100 Z \ ( ?)
- 98 N états sont occupés fermion par un [wel: beõ] epsilon n correspond al- ènième fermions [eõer] fermion [ja (ni) be] jethat] cette répartition est fondée sur le p le principe de Pauli exclusion de Pauli
- 101 Z deux états individuels
- 102 N ( . ?)
- 103 Z la partie trois . construction des états physique d'un système de N particules identiques sans interaction mutuelle.
- 104 N *sans interaction ?*
- 105 Z hum mutuelle
- 106 N hum . [ej]
- 107 Z petit un généralité . on va voir que l'hamiltonien du système ( ?) c'est la somme sur euh petit i égal'à 1 jusqu'à N des hamiltoniens individuels. \ e.t
- 108 N \ hum
- 107 Z on travail dans l'espace de l'état d'une particule quelconque . le cotions ( ?) sera l'hamiltonien individuel h appliqué à l'état fi alpha égal'à epsilon fi alpha avec epsilon est une énergie avec euh égal'à epsilon 0 epsilon 1 . avec epsilon 0

		<u>énergie de l'état fondamental inférieure à epsilon 1 inférieur jusqu'à epsilon N</u> donc l'énergie totale sera la somme sur (...) ?
109	N	hum [raw] [be]   nem[we]   le] fonction d'onde d'un système de n bosons pour les bosons <u>fonctions d'ondes pour les bosons</u>
110	Z	ou a (...) ? pour les bosons elle doit s la fonction d'ondes doit satisfaire le postulat de symétrisation c'est-à-dire qu'elle doit être symétrique dans l'organisation de deux états individuels .. or d'après ce qu'on a (...) ?
*111	N	\\ elle n'est pas vérifiée le postulat n'est pas vérifié (b ?)   ja [ni [an a el] (epsi) (...) ?   na [mlu] combinaison linéaire .. <u>linéaire</u> .. [yβina el] (epsi) 1 jusqu'à N égal à 1 sur racine de N factoriel somme en p de fi
112	Z	alpha 1 de 1
113	N	de 1 jusqu'à fi \\ alpha N de N [behi]
114	Z	\\ <u>alpha N</u> (...) ? hum conclusion
115	N	<u>conclusion</u> .. dans un euh donc un nombre quelconque de boson .. peuvent occuper un même état individuel ...
116	Z	identiques [behi]
117	N	hum <u>même état individuel</u> .. [behi]
118	Z	(... ?)
119	N	Slater hum
120	Z	<u>fonction d'onde d'un système de fermions identiques déterminant de Slater</u> +
*121	N	[behi fi el] partie [behi he] n [mlu:] euh [nektbu el] déterminant Slater (epsi) de .. jusqu'à N égal à 1 sur racine de N factoriel si alpha 1 de 1 jusqu'à fi de N (...) ? si alpha N alpha N de N avec .. colonne désigne particules euh un colonne i désigne particules i un <u>colonne i particules i</u> [we] ligne j euh l'état individuel fi alpha j +
122	Z	(... ?)
123	N	hum l'échange [huwa] ?
124	Z	<u>l'échange de deux particules</u> .. entre deux états individuels
125	N	\\ entre <u>se traduit</u>
126	Z	<u>par l'échange de deux colonnes</u> ... (colonnes de ... ?)
127	N	hum [we mba [ed] .. ja [ni] elle signifie .. [behi] elle se se ça conduit à un changement de .. signe .. conduit à un changement de signe .. signe de (epsi) .. [behi] <u>postulat vérifié</u> .. principe d'exclusion de Pauli [tawa ... nektbu] principe [ni] un même état quantique [nektu] [alija]
128	Z	<u>un même état quantique .. individuel .. ne peut être occupé .. simultanément</u> ..
129	N	[mba [ed] occupé sim .. simultanément par deux fermions identiques ou plusieurs [ta mba [ed] nektbu] .. mba [ed] <u>cinqûèmement</u> .. comparaison [heβeja] différence entre état de fermions et état de boson d'accord \\ <u>différence</u>
130	Z	(... ?)
129	N	<u>entre état d'un fermion et état de boson</u> ..
131	Z	et la température égal à 0 \\ (k ?)
132	N	\\ égal à 0 (k ?)
133	Z	(... ?)
134	N	[le .. huwa lue]

135	Z	(. ?)
*136	N	état fondamen état fondamental . pour l'état fondamental . [a ?zor hna fi] deuxième partie [belnesba f] fermions [ma hu] ma hka] ] état fondamental \ [e] (. ?)
137	Z	(. ?)
138	N	kol mahtutin ja [ni] euh [mahtutin] euh chaque état [fiha] particule un fermion
*138	Z	[xater benesba lei] état fondamental [mta f' el] boson . [el etawet elkol] (. ?) [we laxor] euh [kol] particule euh [laxor walied akahaw jethat fi] l'état fondamental
139	N	[ej belnesba ma tazom] tak [ud] deux particules fondamentales
140	Z	fermions particule [akahaw nazmu nhotiha wel fi] bosons les particules [elkol] (. ?) .
141	N	hwa - [kahaw ja [ni] \
142	Z	\ [el] bosons [xater lanta] attraction quantique [exiw tašōa b fāšhom wel] fermions [fanta] répulsion quantique [kol] particule [fed] un état
143	N	atrac euh [ej] attraction quantique .
144	Z	(. ?)
145	N	[tamba f'ed ki nasawruha] (. ?)
146	Z	(. ?) [kol] particules . [tem[i fi] \ état .
147	N	\ état

- 148 Z. (...) sur les fermions [we mba (din)] sur le principe de Pauli [kahaw] + statistique des systèmes de particules identiques . généralités . introduction . on va voir la différence entre la mécanique classique et la mécanique quantique concernant deux particules identiques . pour la mécanique classique deux particules identiques sont discernables . euh par contre pour la mécanique quantique les deux particules sont indiscernables . euh puisque dans la mécanique classique chaque particule est définie par sa vitesse et sa trajectoire on peut définir la position de la particule par contre pour la mécanique quantique la notion de trajectoire n'est pas valable et on définit par contre la notion de paquet d'ondes . et on les définit par le module au carré de  $\psi$  qui dépend de la position  $x$  et de l'instant  $t$  . deuxièmement le postulat de symétrisation . euh la fonction d'onde de  $\psi$  euh ne change pas une permutation de deux états . elle reste invariante . (RAPIDE) module de  $\psi$  au carré reste invariant . euh  $\psi$  de la particule  $i$  dans l'état  $\alpha_i$  et de  $j$  dans l'état  $\alpha_j$  elle est égal à (proportionnelle ?) est égal à  $\lambda \psi$  de  $i$  dans l'état  $\alpha_j$  dans l'état  $\alpha_i$  avec le module au carré de  $\lambda$  égal à 1 . on peut définir l'opérateur d'échange  $P_{ij}$  comme opérateur UNITAIRE tel que  $P_{ij} \psi$  euh (qui dépend?) de la particule  $i$  dans l'état  $\alpha_i$  et  $j$  dans l'état  $\alpha_j$  qui est égal à  $\psi$  de  $i$  dans l'état  $\alpha_j$  et  $j$  dans l'état  $\alpha_i$  e est-à-dire on a fait le changement des particules  $i$  et  $j$  . on a permuté les deux particules \)
- 149 N. \ deux états
- 150 Z. les les deux états des particules et puis on a pris l'état  $i$  et  $j$  . on a donc deux états physiques d'un système de particules identiques . euh on a état symétrique et état antisymétrique . pour l'état symétrique on a défini le boson et on (...) à

la statistique de Bose-Einstein et pour eux l'antisymétrique on définit le fermion (.. ?) à la statistique de Fermi Dirac .. euh on va voir la différence entre le fermion et le boson .. pour le fermion .. le spin euh c'est une particule qui a le spin demi entier exemple euh .. on peut citer les leptons l'électron et qui .. sont les électrons les muons les neutrons de spin un demi .. les baryons comme les protons les neutrons de spin un demi .. pour les bosons euh les particules de spin .. entier le spin peut être 0 1 2 (exetera) exemple les phonons et les photons de spin 1 les mesons pi ou les mesons k sont de spin égal à 0 .. grand mois construction des états physiques d'un système de N particules identiques sans interaction mutuelle .. généralité euh on définit l'hamiltonien H d'un système comme étant la somme de tout les hamiltoniens individuels .. avec l'hamiltonien ind individuel: obéit à l'équation de (.. ?) H appliqué à  $\psi$  alpha égal à epsilon appliquée à  $\psi$  alpha avec epsilon égal à epsilon 0 epsilon 1 (exetera) avec epsilon (c'est-à) 0 c'est-à-dire l'énergie de l'état fondamental elle est inférieur à epsilon 1 inférieur à epsilon 2 (exetera) deuxièmement la fonction d'onde pour les N bosons .. la fonction d'onde doit être symétrique pour les bosons or dans ce que cas elle n'est pas vérifiée .. pour cela on va faire une combinaison linéaire pour cette fonction d'onde .. on l'a euh p en l'écrivant  $\psi$  qui dépend de: la particule 1 2 (exetera) jusqu'à N c'est 1 sur racine de factoriel N la somme sur p de  $\psi$  alpha 1 de l'état 1 (exetera) jusqu'à  $\psi$  de l'état N de la particule N dans l'état alpha N .. conclusion donc .. euh un nombre quantique de bosons identiques peuvent occuper le même état individuel .. on va voir maintenant la fonction d'onde .. pour les fermions .. on va définir le déterminant de Slater .. cette fonction d'onde s'écrit ..  $\psi$  qui dépend de (.. ?) la particule 1 2 (exetera) jusqu'à N c'est un sur racine de N factoriel .. le déterminant de Slater qui s'écrit comme  $\psi$  alpha 1 euh  $\psi$  de l'état euh de la particule 1 définie dans l'état alpha 1 (exetera) jusqu'à  $\psi$  de N dans l'état alpha N en: ceci en colonne et en ligne euh  $\psi$  de alpha 1 dans 1 jusqu'à  $\psi$  de alpha N dans N .. avec le LA colonne définit la particule i et la ligne j définit l'état individuel  $\psi$  alpha j .. et l'échange donc des deux particules entre deux états individuels se traduit donc par l'échange de deux colonnes puisque la colonne (représente?) les particules .. euh .. ceci conduit à un changement de signe de  $\psi$  .. d'où le postulat de il est vérifié

- 131 N postulat d'antisymétrisation
- 132 Z quatrièmement exclusion de Pauli .. euh un même état quantique individuel ne peut être **NE PEUT PAS** être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plusieurs .. euh ceci (le porte s le pose ?) le principe d'exclusion de Pauli qui concerne les fermions .. cinquièmement la différence entre état de fermion et état de bosons pour l'état fondamental à la température égal à 0 kelvin .. euh on va faire .. euh on va faire: les .. ) répartitions des niveaux
- 133 N (.. ?)
- 134 Z d'énergie c'est-à-dire le diagramme énergétique pour les bosons et pour euh les fermions on va avoir la différence concernant l'état fondamental .. euh pour euh les bosons .. on va voir que l'état fondamental d'énergie epsilon 0 est occupé par tout les bosons puisque .. il y avait .. une attraction quantique pour les bosons et il ne peut euh ils peuvent euh occuper plusieurs euh le même euh état (fondam)

		le même euh ... ÉTAT individuel par contre pour les fermions comme ils n'arrivent ne peuvent pas occuper le même état individuel . ils vont euh se répartir sur tous les niveaux énergie et puisque . il y a . des répulsions quantiques pour le fermion on va voir chaque état à chaque particule occupe un seul état . l'état fondamental occupe par un seul part par une seule particule non comme pour les bosons . ceci en considérant que les fermions obéissent à la euh au principe de Pauli (FIN DE L'EXPOSÉ)
155	N	<i>statistique des systèmes de particules identiques</i> . premièrement dans l'introduction plutôt dans l'introduction . on va voir la différence . on dit on va voir la différence [waha] on va voir euh (quelle est?) la différence entre [l:] définition d'une particule identique en mécanique classique \et mécanique
156	Z	\ (..?)
155	N	quantique (voir?) . la différence \ pour l' (..?)
157	Z	\ pour l' (..?) <u>pour la notion de particules identiques</u> ...
158	N	<i>identiques</i> . en mécanique classique . et en mécanique quantique . [beln] . [fana] euh . en mécanique classique deux particules identiques sont discernables . deux particules identiques sont discernables
159	Z	puisque à chaque particule on peut définir . la trajectoire et la position
160	N	<i>puisque pour chaque particule pour chaque particule on peut définir ..</i>
161	Z	la vitesse et la position et par conséquent la trajectoire
162	N	<i>par contre . par conte pour la mécanique . quantique \</i>
163	Z	\ la notion de trajectoire
164	N	[le] deux particules identiques sont indiscernables par contre pour la mécanique quantique <i>deux particules . identiques sont indiscernables .. sont indiscernables</i> [fnowa Qkolna] ? \ <i>puisque . la charge . puisque .. la la notion de trajectoire ..</i>
165	Z	\ puisque (..?)

- 164 N *n'a pas de sens physique ... et on parle donc donc de paquet d'ondes . [kalahw helu] dans grand deux grand deux postulat de symétrisation . on va voir on va voir . le postulat . de symétrisation [ (au.a) un état (epsi) fonction d'onde (epsi)  $1 \alpha_i$  jusqu'à  $1 \alpha_j$   $\alpha_i$  et  $j$  la fonction de d'onde ne change pas dans une permutation de deux états (psi) au carré reste invariante . on on va voir principe de permutation . (| (au.a) / on a ?) . fonction . d'onde*
- 165 Z ne change pas
- 166 N *change*
- 167 Z *dans une permutation de deux états*
- 168 N *dans une . permutation*
- 169 Z de deux états .
- 170 N *c'est-à-dire le module de psi au carré reste invariant ... l'un alors on peut écrire . on peut . écrire (epsi)  $1 \alpha_i$  et  $1 \alpha_j$   $\alpha_i$  égal à lambda (epsi)  $1 \alpha_i$  et  $1 \alpha_j$   $\alpha_j$  [ja (ni) il a changé [lun] . avec avec module de lambda au carré égal à 1 . donc . on va introduire . donc . on va . introduire .*
- 171 Z  $\lambda ( ?)$
- 170 N *l'opérateur d'échange . d'échange  $P_{ij}$  qui est un opérateur unitaire .*

- opérateur unitaire, tel que  $P_j$  appliqué à  $psi$  ( $psi$ )  $i$  alpha  $i$  / alpha  $j$  ..  
donne :  $e$  ( $psi$ )  $i$  alpha  $j$  / alpha  $i$ . [belii] puis (...?) on signale : on signale ..  
pourquoi : un système de particules physiques on a deux états physiques on  
signale pour un système de particules identiques, identiques, on a deux états  
physiques, on a, états, physiques [fana] symétrique antisymétrique (on a  
dit?) euh états physiques état symétrique, symétrique .. pour les bosons .. obéit  
à la statistique .. de Bose- Einstein .. et l'état antisymétrique .. pour les  
fermions, qui obéit, à la statistique, de Fermi-Dirac .. (?)
- 172 Z on va voir la différence entre les fermions et les bosons +- concernant les  
fermions
- \*173 N [(lel manikha)] pour fermions spin demi entier (RKE) pour fermions (on a  
A [fana] ?) .. spin .. demi entier exemple, exemple euh les leptons .. électrons,  
muons, spin  $S$  égal à un demi est les baryons, [fana] protons, neutrons, spin  
même chose demi entier [belii] par contre pour les bosons ..
- 174 Z (...?)
- \*175 N pour les fermions [we meba [ed] par contre pour les bosons [malzi] (?) .. on a  
un spin entier on a un spin entier, entier,  $s$  égal à 0 1 2 (exetera) exemple,  
photon, phonon ..  $s$  égal à 1, (mison), (mison) pi: (mison)  $k$  .. pi et  $k$  spin,  $s$   
égal à 0 (ÉCRIT) [belii] en grand trois ... grand trois [fana] construction des  
états physiques d'un système de  $N$  particules identiques sans euh sans  
interaction mutuelle, construction .. des états physiques, d'un système de  
particules identiques ... sans interaction mutuelle +
- 176 Z (...?) on va avoir (...?)

- 176 Z (...) on va avoir (...)
- 177 N (...) (RIRE) [behi] on prend le hamiltonien on prend tout on prend . Il . hamiltonien . du système avec  $H(i)$  de  $i$  égal à 1 jusqu'à  $N$  . de  $h(i)$  . l'ensemble des hamiltoniens individuels et .  $h$  de  $f_i$  alpha égal à . epsilon de  $f_i$  alpha . avec . epsilon égale epsilon 0 epsilon 1 (variera) et epsilon 0 inférieur à epsilon 1 [behi] . oui voilà . pour la fonction d'onde pour la fonction . d'onde . des  $N$  bases . [sara] oui normalement on a une fonction symétrique normalement . on a . une fonction . symétrique . mais . d'après . euh la fonction qu'on a pris ce postulat n'est pas vérifié . d'après la fonction qu'on a pris . le postulat n'est pas vérifié . alors on va faire une combinaison linéaire . une combinaison linéaire . des  $f_i$  . alpha  $i$  . tel que .  $\epsilon_{pi}$  de 1 2 jusqu'à  $N$  . égal à 1 sur racine 2 . factoriel  $N$  . somme en  $p$   $f_i$  alpha  $i$  de 1 jusqu'à  $f_i$  alpha  $N$  de  $N$  . conclusion en conclusion . conclusion un nombre quelconque de
- 178 Z \ on constate
- 179 N [behi] on constate . qu'un nom qu'un nombre . quelconque de bases
- 180 Z (...)
- 181 N [estentani] (RIRE) identiques
- 182 Z peuvent occuper . le même état individuel .
- 183 N maintenant (SOUPIR) fonction d'onde pour les fermions . [sara] fonction d'onde pour les fermions . on va voir . le déterminant de Slater ...  $\epsilon_{pi}$  de 1 2 jusqu'à  $N$  égal à 1 sur racine de  $N$  factoriel .  $f_i$  alpha  $i$  de  $N - [behi]$  avec . colonne  $i$  désigne . la particule  $i$  . ligne  $j$  . désigne . l'état individuel  $f_i$  alpha  $j$  ...

- d'après d'après l'expression de déterminant d'après l'expression .. de .. déterminant .. l'échange de particules .. entre deux états individuels ... se traduit par l'échange de colonnes | ce qui , conduit , à un changement de signe de  $\psi$  + alors , le postulat d'anti symétrisation est vérifié + [bcl] on va voir maintenant , maintenant le principe d'exclusion , exclusion de Pauli , défini comme ceci , comme ce(circuit) hem défini ?
- 184 Z (.. ?) +
- 185 N un même état un même état quantique .. individuel ne peut pas , pas être ne peut pas être euh occupé + ensuite , cherchons , la différence , entre , entre [niya] ( ?) entre état de fermi entre état , de fermions , et état , de bosons , à T , égal à 0 k et à l'état fondamental .. fondamental. [na [nlu] [cl] schéma ( ?) (couper). [ [ans] , pour le bosons , toutes les particules .. particules se trouvent , dans l'état fondamental + dû à l'attraction , quantique .. quantique .. par contre , pour les fermions , chaque particules .. occupe , un état , propre à elle .. puisqu'on a , une répulsion quantique .. et aussi , puisque , les fermions , obéit , au principe , de Pauli d'exc de Pauli .. donc + [akaw] ça va , (FIN) (COUPURÉ)
- 186 Z dans l'introduction [haèja] majuscule on va voir la différence , de la la différence entre \
- 187 N \ [te heja] notion [wahda]
- 188 Z la différence entre la notion de particules identiques en mécanique classique et en mécanique quantique
- 189 N [ej \ ej ej]
- 190 Z \ [mu] la différence dans la notion
- 191 N entre
- 192 Z entre la notion de particules identiques à la fin s en (RRT) mécanique classique et en mécanique quantique .. en mécanique classique deux particules identiques. , sont discernables à la fin s \ , puisque pour chaque particule (BAS)
- 193 N \ ( ?)
- 194 Z [matame] s .. on peut définir la position et la vitesse et par conséquent la trajectoire , par contre en mécanique quantique deux particules identiques sont discernables ,
- 194 N indiscernables
- 195 Z \ indiscernables puisque la notion de trajectoire n'a pas de sens physique et on parle donc de paquet d'ondes .. dans la part euh dans deuxièmement on va voir , le postulat de symétrisation ,
- 196 N (.. ?)
- 197 Z on a la fonction d'onde , ne change pas , dans une (BAS) la fonction d'onde ne change dans une permutation \ on a (.. ?)
- 198 N \ la fonction d'on , la fonction d'onde [wakaw nahila] on va on a fonction d'onde ne change pas
- 199 Z la fonction d'onde ne change dans une permutation , des deux états c'est-à-dire reste , à la fin e invariante
- \*200 N | [ala ðeka nezreb ana] (.. ?) \ [ja [ni sal'ata mun ghir ma tkoul] ,
- 201 Z \ (SURE)

202	N	alors
203	Z	alors on peut écrire $\psi$ est égal $\psi$ (..) donc on va introduire un opérateur d'échange qui est un opérateur unitaire tel que $\psi$ on signale $\psi$ pour un (BAS) on signale que pour un système $\psi$ on signale $\psi$ que $\psi$ pour un système de particules identiques.
204	N	enfin
205	Z	deux états $\psi$ physiques $\psi$ état symétrique pour les bosons $\psi$
206	N	$\psi$ obéit à la statistique de Bose-Einstein
207	Z	l'état obéit (?)
208	N	[ej]
209	Z	à la statistique de Bose-Einstein et l'état antisymétrique pour les fermions à la fin $\psi$ qui obéit à la statistique de Fermi Dirac $\psi$ on va voir la différence entre fermions et bosons $\psi$ pour les fermions $\psi$ on a un spin un demi entier exemple $\psi$ (..) par contre pour les bosons on a spin entier exemple phonon photon $\psi$ construction des états physiques d'un système de N particules identiques $\psi$ sans interaction mutuelle $\psi$ on prend H égal $\psi$ pour la fonction d'onde de N bosons $\psi$ normalement $\psi$
210	N	
211	Z	$\psi$ normalement on a une fonction $\psi$ symétrique mais d'après la fonction qu'on a pris le postulat n'est pas vérifié $\psi$ alors on va faire une combinaison linéaire [beh] $\psi$ on constate qu'un nombre quelconque $\psi$ de bosons $\psi$ identiques $\psi$ peuvent occuper un même état individuel $\psi$ fonction d'onde pour les fermions on va voir le déterminant de Slater $\psi$ colonne i désigne particule i et ligne j état individuel $\psi$ d'après l'expression de déterminant d'après l'expression de déterminant l'échange de deux particules $\psi$ entre deux états à la fin $\psi$ se traduit par l'échange de deux $\psi$ colonnes $\psi$ ce qui conduit à un changement de signe de $\psi$ alors le postulat d'antisymétrisation $\psi$ est vérifié $\psi$ on va voir maintenant le principe d'exclusion de Pauli d'après comme suit $\psi$ comme suit
212	N	
211	Z	suit
213	N	(..) [nlawey (liha)] comme suit
214	Z	(RIRE) (..)
215	N	[yater ena nlawey (liha)] (RIRE)
216	Z	un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plusieurs $\psi$ ensuite cherchons la différence entre état de fermions et état $\psi$ de bosons $\psi$
217	N	(..)
218	Z	enfin état de bosons à T égal 0 kelvin et à l'état fondamental pour les bosons toutes les particules se trouvent $\psi$ dans l'état fondamental $\psi$ dû à l'attraction quantique $\psi$ dû à l'attraction quantique par contre $\psi$ pour les fermions chaque $\psi$ particule sans $\psi$ occupe un état propre $\psi$ à elle à elle [hakeka] (?)
219	N	[ej]
220	Z	puisque on a une répulsion quantique et aussi puisque les fermions obéissent on a une répulsion quantique et aussi puisque les fermions $\psi$ obéit au principe $\psi$ (obéissent ?)
221	N	

220 Z de: Pauli les fermions . obéissent  
 222 N au principe de Pauli . (FIN)

G2- Scan TC

Statistique des systèmes de particules  
 identiques classiques

Dans l'introduction on va voir la différence entre les règles  
 de particules identiques en MC et MQ =

+ en MC 2 particules identiques sont distinguables puisque  
 pour chaque particule on peut séparer la position et la  
 vitesse et par conséquent la trajectoire.

par contre pour la MQ 2 particules identiques sont indistinguables  
 puisque la notion de trajectoire n'a pas de sens physique  
 et on parle donc de paquet d'onde  $|\Psi(x_1, x_2)|^2$ .

dans II : on va voir le formalisme de symétrisation.

$\Psi(x_1, x_2) = \pm \Psi(x_2, x_1)$ .

le fait d'écrire ne change pas dans une permutation  
 de 2 états car  $|\Psi|^2$  reste invariant.

donc on peut écrire  $\Psi(x_1, x_2) = \pm \Psi(x_2, x_1) = \lambda \Psi(x_1, x_2)$   
 avec  $|\lambda|^2 = 1$  donc on va lui donner une opération  
 d'échange  $P_{12}$  qui est un opérateur unitaire tel que :

$P_{12} \Psi(x_1, x_2) = \pm \Psi(x_2, x_1)$ .

on généralise pour un système de particules identiques on va  
 à état physique  $\Psi$  état symétrique mais que le boson  
 obéit à la statistique de Bose-Einstein et l'antisymétrique  
 pour les fermions qui obéit à la statistique de Fermi-Dirac.  
 on va voir la différence entre bosons et fermions.

pour la fermions, on a spin  $\frac{1}{2}$  entier  $2s+1 = 2 \times \frac{1}{2} + 1 = 2$  états.  
 chaque, nous :  $n = \frac{1}{2}$  et les fermions = particules à spin  $2s+1$   
 qui sont pour les bosons on a spin entier  $s=0, 1, 2, \dots$   
 exp. photon - phonon ( $s=1$ )  
 meson  $\pi$  et  $K$  spin  $s=0$ .

En III : conclusion de statistique, deux types de  $N$   
 particules identiques sans interaction mutuelle.

On prend  $\Omega = \sum_{i=1}^{2N} h_i(\epsilon_i)$

et  $h_i(\epsilon_i) = \frac{1}{\epsilon_i} \epsilon_i$  avec  $\epsilon = \epsilon_0, \epsilon_1, \dots$   
 $\epsilon_0 < \epsilon_1 < \dots$

pour la loi de répartition des  $N$  bosons : maintenant on a une  
 loi exponentielle mais d'après la fonction que on a pris  
 le postulat n'est pas valable donc on va faire une correction  
 lorsque des  $\epsilon_i$  tel que :

$$P(d, z = N) = \frac{1}{N!} \prod_i \frac{1}{1 - z e^{-\epsilon_i / kT}} = \frac{1}{N!} \prod_i \frac{1}{1 - z e^{-\epsilon_i / kT}}$$

On constate qu'un état qu'on a quelques qqq les bosons identiques  
 peuvent occuper le même état si identique.

+ Fonction d'état pour la fermions : on utilise le déterminant  
 de Slater =

$$P(d, z = N) = \frac{1}{N!} \begin{vmatrix} \psi_1(N) & - \psi_1(N) \\ \vdots & \vdots \\ \psi_N(N) & - \psi_N(N) \end{vmatrix}$$

avec colonne  $i$  désigne, les particules  $i$ . (1)

les  $g$  désignent état individuel  $\chi_{a_j}$ .

D'après l'expression de déterminant l'échange de 2 particules entre 2 états individuels se traduit par l'échange de 2 colonnes  $a$  qui conduit à un changement de signe de  $\chi$  donc le postulat d'antisymétrisation est vérifié.

On va voir maintenant le principe d'exclusion de Pauli défini comme suit :

un  $\hat{m}$  état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par 2 fermions identiques ou équivalents.

Exemple illustrons la différence entre états de fermions et état de bosons  $\psi = \psi_k$  et  $\psi_0$  l'état fondamental :

Pour les bosons tous les particules se trouvent dans l'état fondamental due à l'attraction quantique. par contre pour les fermions chaque particule occupe un état propre elle puisque on a une répulsion quantique et aussi puisque les fermions obéissent au principe de Pauli.

## G2- TC marqué

(1) / Statistique des systèmes de particules  
Identique Généralité /

- (2) // Dans l'introduction on va voir la différence entre la notion de particules identiques en MC et MQ = //
- (3) // \* en MC 2 particules identiques sont discernables //
- (4) // puisque pour chaque particules on peut définir la position et la vitesse // et par conséquent la trajectoire //
- (5) // par contre pour la MQ 2 particules identiques sont indiscernables //
- (6) // puisque la notion de trajectoire n'a pas de sens physique //
- (7) // et on parle donc de paquet d'onde  $|\Psi(x,t)|^2$  //
- (8) // dans II on va voir le Postulat de symétrisation //
- (9) //  $\Psi(1, \alpha_1, \dots, j, \alpha_j, \dots, j, \alpha_j, \dots)$  //
- (10) // ~~une~~ Le fait d'onde ne change pas dans une permutation des 2 états // en d  $|\Psi|^2$  reste invariante //
- (11) // alors on peut écrire  $\Psi(1, \alpha_j, \dots, j, \alpha_j, \dots, j, \alpha_j, \dots) = \lambda(\Psi(1, \alpha_j, \dots, j, \alpha_j, \dots))$  //
- (12) // avec  $|\lambda|^2 = 1$  //
- (13) // donc on va introduire un opérateur d'échange  $P_{ij}$  // qui est un opérateur unitaire tel que //
- (14) //  $P_{ij}\Psi(\dots, i, \alpha_j, \dots, j, \alpha_j, \dots) = \Psi(\dots, i, \alpha_j, \dots, j, \alpha_i, \dots)$  //
- (15) // On signale que pour un système de particules identiques on a 2 états physiques //
- (16) // =-état symétrique // pour les bosons // obéit à la statistique de Bose-Einstein //
- (17) // et l'état antisymétrique // pour les fermions // qui obéit à la statistique de Fermi-Dirac //
- (18) // on va voir la différence entre Fermions et Bosons //

## Page 2

- (19) // pour les fermions on a spin  $s \in \mathbb{Z}$  entier // exp = les leptons = électrons, muons  $s = 1/2$  // et les baryons = protons, neutrons  $s = 3/2$  //
- (20) // par contre pour les bosons on a spin entier  $s = 0, 1, 2, \dots$  //
- // exp : photon \_ phonon ( $s=1$ ) //
- // mison  $\Pi$  et  $k$  spin  $s = 0$  //
- (21) // En III : construction des états physique d'un syst de N particules identiques sans interaction Mutuelle //
- (22) // En prend  $H = \sum_{i=1}^N h(i)$  //
- (23) // et  $h(i) = \dots \epsilon_i \epsilon_i$  // // avec  $\epsilon = \epsilon_0, \epsilon_1$  //  $\epsilon_0 < \epsilon_1 < \dots$  //
- (24) // \* pour la la fait d'onde des N bosons //
- (25) // normalement on a une fait symétrique //
- (26) // mais d'après la fonction qu'on a pris le postulat n'est pas vérifié //
- (27) // alors on va faire une combinaison linéaire des  $\epsilon_{\alpha_i}$  tel que //
- (28) //  $\Psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_{\alpha} \epsilon_{\alpha 1}(1) \dots \epsilon_{\alpha N}(N)$  //

(29) / On constate qu'un nombre quelconque de Bosons identiques peuvent occuper le  $i^{\text{me}}$  état individuel . /

(30) / \* Fonction d'onde pour les fermions . /

(31) / on va voir le déterminant de Slater . /

$$(32) / \Psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \psi_{i_1}(1) & \dots & \dots & \psi_{i_1}(N) \\ \vdots & & & \vdots \\ \psi_{i_N}(1) & \dots & \dots & \psi_{i_N}(N) \end{vmatrix} . /$$

### Page 3

(33) / avec colonne  $i$  désigne la particule  $i$  .

ligne  $j$  désigne état individuel  $\psi_j$  . /

(34) / Or après l'expression de déterminant l'échange de 2 particules entre 2 états individuels se traduit par l'échange de 2 colonnes . /

(35) / ce qui conduit à un changement de signe de  $\Psi$  . /

(36) / alors le postulat d'antisymétrisation est vérifié . /

(37) / on va voir maintenant le principe d'exclusion de Pauli défini comme suit : /

(38) / un état quantique individuel ne peut être occupé simultanément par 2 fermions identiques ou plusieurs . /

(39) / Ensuite cherchons la différence entre états de fermions et état de Bosons à  $T=0K$  et à l'état fondamental : /

(40) / Pour les Bosons toutes les particules se trouvent dans l'état fondamental .

(41) / due à l'attraction quantique . /

(42) / par contre pour les fermions chaque particule occupe un état propre à elle . /

(43) / puisque on a une répulsion quantique . /

(44) / et aussi puisque les fermions obéissent au principe de Pauli . /

### G2- Scan brouillon

Ex. Statistique des systèmes à particules  
 identiques - indistinguibles

I) Indiscernabilité

MC : 2 particules identiques sont discernables  
 MC = ... = ... sont indiscernables.

MC = chaque particule est distinguée par son état et son spin

MC = la notion de l'occupation n'est pas de sens physique.  
 → probabilité d'occurrence  $P(x, t) / Z$ .

II) Stabilité de symétrisation

$\Psi(x_1, x_2, \dots, x_N) = \Psi(x_2, x_1, \dots, x_N)$   
 la fonction d'onde ne change pas dans une permutation de 2 états →  $P(x, t)$  est invariant.

$\Psi(x_1, x_2, \dots, x_N) = \lambda \Psi(x_2, x_1, \dots, x_N)$   
 $\lambda^2 = 1$  →  $\lambda = \pm 1$  → symétrisation de l'échange. Proj. antisym.

Proj. sym.  $\Psi(x_1, x_2, \dots, x_N) = \Psi(x_2, x_1, \dots, x_N)$

on a 2 états physiques d'un é. de particules identiques  
 } symétriques → ... → les bosons (électrons)  
 } antisymétriques → ... → les fermions (neutrons)



3) <sup>3</sup> Fct d'onde pour les fermions  $\rightarrow$  antisymétrique de Slater

$$\Psi(r_1, \dots, r_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \psi_{i_1}(r_1) & \dots & \psi_{i_N}(r_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \psi_{i_1}(r_N) & \dots & \psi_{i_N}(r_N) \end{vmatrix}$$

colonne  $i$   $\rightarrow$  particule  $i$   
 ligne  $j$   $\rightarrow$  état individuel  $\psi_{i_j}$

Echange de 2 particules entre 2 états individuels se traduit par l'échange de 2 colonnes  $\rightarrow$  conduit à un changement de signe  $\rightarrow$  postulat simple

4) Exclusion de Pauli :  
 un état quantique individuel ne peut pas être occupé par plus d'une particule

5) Différence entre état de fermion et état de boson pour l'état fondamental

$\psi = \psi_k$   
 $N \cdot \psi$

états quantiques bosons

$E_0$   $\rightarrow$  vide  
 $E_1$   $\rightarrow$  1 particule  
 $E_2$   $\rightarrow$  2 particules  
 $E_3$   $\rightarrow$  3 particules

pour l'état fondamental, les particules quantiques ne peuvent pas se séparer

## G2- Transcrip brouillon

(19) III) construction des états phys d'un syst de N particules ident sans interact mutuelle

(20) 1) Généralité (21)  $H = \sum_{i=1}^N h(i)$   
 $\Rightarrow$  hamiltonien individuel

(22)  $h|u\rangle = \epsilon|u\rangle$

(23)  $\epsilon = \epsilon_0, \epsilon_1, \dots$   
 $\epsilon_0 < \epsilon_1 < \dots$

(24) 2) . Fonct d'onde pour les N bosons

(25) fct d'onde symetriq → (26) elle n'est pas verifié

(27)  $\Psi$  → combinaison linéar

$$(28) \Psi(1,2 \dots N) = \psi(1,2 \dots N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_{P} \rho_{\alpha} \psi_{\alpha}(1) \dots \rho_{\alpha} \psi_{\alpha}(N)$$

identiq

(29) conclusion : un nbre qq de bosons peuvent occuper le  $\alpha^m$  état indivdul

(30) 3) . Fct d'onde pour les fermion → déterminant de Slater

$$(31) \Psi(1,2 \dots N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \psi_{\alpha 1}(1) & \dots & \dots & \psi_{\alpha 1}(N) \\ \vdots & & & \vdots \\ \psi_{\alpha N}(1) & \dots & \dots & \psi_{\alpha N}(N) \end{vmatrix}$$

(32) .colonn i → particul (i)

lign j → état indivdul  $\psi_{\alpha j}$  .

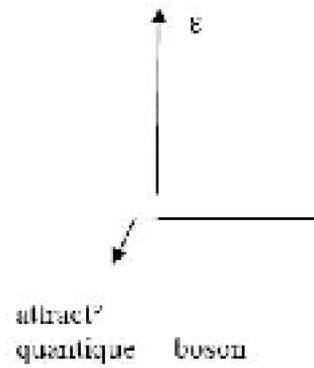
(33) l'échange de 2 particules entre 2 états individuel se traduit par l'échange de 2 colonne → conduit à un changement de signe  $\Psi$  . → postulat verifié

(34) 4) Exclusion de Pauli

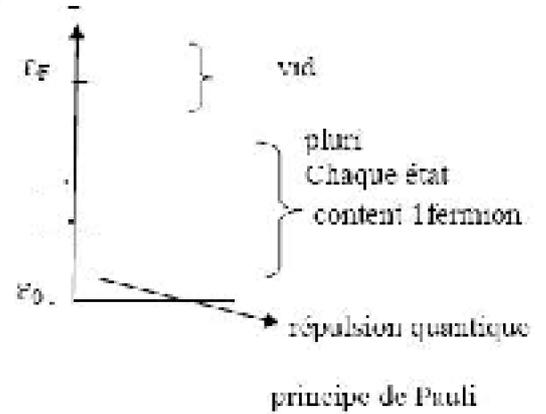
(35) un  $\alpha^m$  état quantiqu individuel ne peut pas être occu-

(36) 5) diffère entre état de Fermion et état de Boson  
à  $T = 0k$  pour l'état fondamental

(36)



(36)



## Annexe G3

### Transcription G3

- 1 L Il s'agit de de leçon de statistiques des systèmes de particules identiques et surtout on va voir quelques généralités. bon on commence par l'introduction il s'agit de deux deux particules qui sont identiques si sont euh si ils ont leurs propriétés (intrinsèques) sont euh identiques c'est à dire par exemple euh même masse même euh même euh charge même direction de spin bon par exemple on cite les électrons les atomes \ les protons d'hydrogène par exemple.
- 2 K \ les protons ( ?)
- 3 L (. ?) (RUSE) . on va parler à propos de deux particules identiques en mécanique classiques . en mécanique classique on a deux particules qui ont euh une position une vitesse euh euh par exemple à (min) à l'instant T égale 0 on a les positions initiales  $r_0$  et  $v_0$  par contre euh à une euh à une euh à un temps ultérieur on a  $r$  de  $t$  et  $v$  de  $t$  c'est à dire ils dépendent de deux temps . on peut définir une trajectoire de d'une particule pour euh en mécanique classique ça c'est à dire en mécanique classique on a les deux particules sont discernables . on écrit qu'elles sont discernables \ en mécanique classique deux particules sont
- 4 K \ ( ?)
- 3 L discernables par contre en mécanique quantique on ne parle pas de notion de trajectoire on parle seulement de euh du paquet d'onde
- 5 K [ma (neha) . les les particules sont sont indiscernables \ chacune est
- 6 L \ oui
- 5 K caractérisée par euh par l'état individuel [ante (ha)]
- 7 L bien sûr euh pour euh pour [el] euh cette euh \ cette (. ?)
- 8 K \ la fonction d'onde euh  $\psi$  de 1
- alpha 1 i alpha (exetera)
- 9 L [behi] on a on va parler maintenant du postulat de la symétrisation
- 10 K (. ?) l'état physique
- 11 L (. ?) l'état physique [ma (neha) d'une manière générale caractérisé par deux états état symétrique ou antisymétrique . euh l'état individuel de deux particules quelconques euh . on va parler avant les les deux types par les types de particules \ qu'on va
- 12 K \ oui juste après
- 13 L euh bon les deux types de particules qui existent sont les bosons et les fermions \ ss Les bosons sont des particules symétriques [ma (neha) obéissant à la
- 14 K \ (. ?)
- 13 I statistique Bose-Einstein
- 15 K d'accord
- 16 I si la fonction d'onde est antisymétrique on parle de euh \ on parle de fermions
- 17 K \ il y a
- 16 I \ d'après la statistique de Fermi \ -Dirac bon on va définir de nouveau les
- 18 L \ [behi] . \ de Fermi-Dirac
- 16 K fermions . la mécanique relativiste . la mécanique quantique relativiste montre que tous les fermions ont un spin un demi entier . euh c'est-à-dire euh par exemple les feuh les leptons et les l'électrons les muons les neutrinos ils sont de spin un demi euh \

- 19 K \ les baryons aussi constitués principalement par des protons et neutrons
- 20 L spin un demi aussi
- 19 K oui
- 21 T. oui
- 22 K bon les fermions composés des particules d'un nombre impair
- 23 T. [le el faks]
- 24 K toutes les particules composées d'un nombre impair de fermions ( ?) (RIRE)
- 25 L (RIRE) oui d'accord on va passer pour les bosons . les bosons sont de spin entier . euh les particules de Jauge par exemple les photons ce sont les les messagers des . de de d'une onde électro-magnétique . les bosons intermédiaires on a oméga plus oméga moins .
- 26 K (. ?)
- 27 T. [nebdew melbewel ] fua na [mlu el] lepon [nte f' el] poof [we ba f'ed] on va : reformuler non ?
- 28 K (. ?) Directement (. ?) [belu] *Nécessité du postulat de symétrisation* [ f'na] un système de particules : [jeku] symétric [wala] antisymétric . les bosons sont des particules . *antisymétriques*
- 29 L hum
- 30 K euhum \hen
- 31 L \ on parle **on parle pas** du boson antisymétric **on parle de** \ fonction
- 32 K \ de
- 31 L d'onde de **fonction d'onde** qui est antisymétriques euh \ on parle de bosons
- 32 K particules ou fonction (antisymétric ?) euh h [ena batutla mu] manáina fiemt . na [mlu el] .
- 33 L on parle de . de bosons
- 34 K spin entier
- 35 L hum

---

36	K	<i>bosons de spin entier</i> et le boson constitué de phonons misons k ( - ?)
37	L	lum. ... les phonons on peut (.. ?) ..
38	K	la fonction d onde symétrique euh antisymétrique le fermion
39	L	le fermion euh symétrique
40	K	antisymétrique <i>la fonction d'onde antisymétrique</i>
41	L	ah e l'as commencé par écrire
42	K	( - BAKRE) ? [hna bkina [al] symétrie \ [al] fonction symétrique
43	L	\ c'est-à-dire euh en général on veut que euh pour chacun pour chacune on .. on on détermine les types d'onde c'est-à-dire pour les fermions on a les .. ondes antisymétriques pour les .. et pour les bosons ondes \
44	K	\ (.. ?) <i>fermions .. fermions ..</i> euh fermions ont une un spin un demi un spin un demi .. se trouve sous forme de ( <i>leptons</i> ) \
45	L	\ leptons
46	K	<i>leptons et : les barions +</i>
47	L	c'est à propos de .. il s'agit des \ fermions ça
48	K	\ [heōija] symétrique ([ahaja] fermions ?) fonction d'onde

- 49 L [ej] voilà les bosons c'est déjà écrit  
 50 K [ej] c'est déjà écrit  
 51 L [behî]  
 52 K [law na fînu] la construction des états physiques d'un système à N particules identiques sous interaction mutuelle  
 53 L sans sans \ inter  
 54 K \ sans interaction mutuelle + [exzor men zir ma nodjlu fi heba elkol] .  
 55 T généralité (l'hamiltonien) d'un système ? (l'hamilt) l'hamiltonien d'un système c'est égal à... il a écrit que c'est égale la somme des hamiltoniens individuels  
 56 K pour chaque (...) [heðika] +  
 57 T et l'espace sera euh le le \ produit le  
 58 K \ la somme l'énergie la somme de  
 59 T [ej] l'espace qu'on va euh qu'on va travailler c'est \  
 60 K \ le produit tensoriel de tous les (espaces ?)  
 61 T de tous les sous si sé sous si sé tous les sous: espaces euh l'énergie c'est la somme de tous les énergies individuelles aussi  
 62 K [haðeka elkoln] c'est des maths  
 63 L d'accord  
 64 K [net fudow] (... ?) .  
 65 T on passe pour [el] fonctions d'onde d'un système de N bosons... on s'intéresse aux bosons maintenant .  
 66 K d'accord  
 67 L euh... [el] euh pour: pour parler du du bosons ou ne ou ne !  
 68 K \ la fonction (... ?)  
 [yater hebeja] (... ?)  
 69 L \ doit satisfaire à la symétrisation ?  
 70 K [ejh]  
 71 L le postulat de symétrisation  
 72 K (... ?)  
 73 L bon [behî] d'accord on dit donc... psi de 1 jusqu'à N c'est égal à 1 sur racine... de N factoriel... la somme des fi alpha 1 de 1 jusqu'à fi de produit de... de fi alpha N de N... la somme c'est la somme sur toutes les permutations possibles... dont le nombre égal à N f factoriel... on doit définir celle celle là  
 74 K somme de P  
 75 L \ la somme sur P c'est c'est une somme sur toutes les permutations possibles  
 76 K somme sur toutes les permutations possibles  
 77 L dont le nombre est égal à N factoriel + on prend un exemple \ on peut  
 78 K \ (... ?)  
 79 L prendre l'exemple (... ?) l'exemple par: en partant de trois bosons pouvant occuper trois niveau individuels alpha bêta et oméga + on suppose que alpha et hêta: alpha hêta et oméga sont différents... psi c'est égal à 1 sur 6 facteur de: de al de la bon... ici c'est : 1 alpha 2 bêta et 3 gam euh oméga plus la somme \ on a  
 79 K \ [mu]

77	L	en tout
79	K	la somme c'est le quôte
80	L	le quôte ou on a le tout système
81	K	système
82	L	six quêtes : donc en conclusion un nombre quelconque de bosons identiques peut occuper un même état individuel
83	K	[le] ne peut pas
84	L	ils vont occuper un même état individuel ... c'est euh ?
85	K	[ahaw kalak] si alpha (égal à) bêta égal à oméga
86	L	euh hum . on a pris trois cas c'est à dire pour les: les alpha bêta oméga différents et (égal) euh deux égales et une différente et l'autre euh \ qui sont
87	K	\ [ejh] . on a
86	L	égaux
87	K	conclut que un nombre quelconque de bosons identiques . peut occuper . un même état individuel
88	L	bon c'est-à-dire qu'un euh qu'un nombre quelconque de bosons peut avoir \ un
89	K	\ non
88	L	(niveau d'énergie ?)
89	K	(. ?) identiques [neytlu] deux deux bosons ils peuvent occuper un même état individuel . [inti hani f'andek] six termes [mba f'ed f'andek] trois [mba f'ed wal'a f'andek] un seul terme \
90	L	\ c'est-à-dire si \
91	K	\ si si les bosons [hae] identiques
		\ (. ?) un état individuel
92	L	\ [ej] on parle en en terme d'énergie en terme d'énergie c'est-à-dire que que que si on a les trois identiques qu'ils peuvent avoir le même euh niveau d'énergie . ou non ?
93	K	(. ?) (RIRE)
94	L	(RIRE)
95	K	fonction d'onde d'un (sys ?) système de fermions identiques
96	L	on passe pour le fermions
97	K	\ bon déterminant de Slater
98	L	déterminant de Slater euh ?
99	K	donc on peut on prend une combinaison linéaire de $\psi_1$ de $\psi_2$ de alpha 1 jusqu'à $\psi_N$ de alpha N . qui soit antisymétrique . une solution possible a été donnée par Slater.
100	L	hum..
101	K	(. ?) ++ déterminant math [hašeka jabilek f'al] (bosons?) \ [we mba f'ed
102	L	\ il introduit le.
101	K	ja [melek] déterminant
102	L	le déterminant du de Slater pour avoir [el''] \ la fonction d'onde
103	K	\ pour le calcul [hošeka] (. ?)
104	L	hum ?
105	K	calcul
106	L	[ejh] pour: le calcul de fonction d'onde donc on doit . on doit avoir ce euh ce

- déterminant +
- 107 K [n (adiwuh) ?
- 108 T (tu la passes ?)
- 109 K la fonction d'onde égal à 1 sur fois déterminant: de Slater . fonction d'onde
- 110 L bon
- 111 K (égal à) 1 sur racine de N factoriel
- 112 T déterminant de Slater
- 113 K fois déterminant de Slater
- 114 L d'accord \ c'est le plus intéressant
- 115 K \ [heðeja huwa el] déterminant [heða huwa el] déterminant?
- 116 L hum ++
- 117 K fois [heðeja] fois . fois [ama hna alaxxater huwa jarga ( les tar)
- 118 L il a écrit sous forme de fermions fois \
- 119 K \ fois le (dc) le déterminant \ de Slater
- 120 L \ euh fois voilà .
- (notation ?) on passe pour le principe de Pauli
- 121 K [manakrawe] [alh heðeka] (COUPURE) ( . ?) déterminant de Slater
- 122 L non non c'est pas déterminant de Slater . on a on a saisi que: le fonction d'onde c'est égale produit de de s s s sous forme d'un fermion fois dc déterminant de Slater . déterminant de Slater c'est pour calculer l'onde seulement bon mais on passe au principe d'exclusion de Pauli . euh un même état quantique individuel ne peut ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plusieurs . c'est ça le principe de Pauli . [beln] euh si on a N occupation de d'un état individuel i on a Ni égal à 0 ou 1 c'est à dire ou bien .
- 123 K occupation ( . ?) . [ejh (ale)] égal à 1 [wa (ale)] 0
- 124 L (RIRE) +
- 125 K individuel . [ma (netha ken funta)] état individuel on a Ni égal à 1 \ [w.c]
- 126 L \ [we iða ken
- (. ?)
- 127 K (. ?)
- 128 T on donne l'autre exemple (?)
- 129 K c'est un exemple de calcul euh par l'intermédiaire de: déterminant de Slater .
- 130 L Slater (. ?)
- 131 K voilà .
- 132 T pour deux fermions seulement . pour deux fermions l [el] calcul devient plus simple quoi . déterminant à quatre constituants c'est à dire euh calcul très simple . on a deux fermions . bon on passe euh on passe pour l'état fondamental d'un système de particules identiques . euh on va faire une différence entre l'état de fermions et l'état de bosons .
- 133 K à T égal à 0 kalvin kalvin
- 134 L à T . 0 kalvin . on doit tracer ici deux . deux diagrammes énergétiques
- 135 K dont les les les énergies des états individuels sont rangées [ma (netha)] epsilon 0 inférieur à epsilon 1 (exetera) c'est quoi . donc pour les bosons les s majorités [ma (netha)] des des particules [nalkawhom:] dans un même état [maðalan] \ epsilon = 0 tel qu'il y a une attraction quantique entre les bosons

- 136 L \ hum
- 137 L c'est à dire que les bosons occupent un même niveau d'énergie
- 138 K d'énergie
- 139 L alors que les fermions euh on à chaque niveau on trouve euh un seul \
- 140 K \ un seul état occupé par un fermions chaque état d'énergie est occupé par un un fermion euh pour les fermions cette répartition est fondée sur le principe de Pauli .
- 141 L [behi] euh en principe on doit définir notre système qu'on a travaillé ici euh sur lequel on a travaillé euh on a toujours affaire à un système thermodynamique donc N est très grand devant 1 mais celle là on doit le mentionner avant juste avant de commencer notre cours n'est ce pas ?
- 142 K (non ?) le diagramme énergétique [ma (neha) on on [t (zali) les diagrammes énergétiques (ou dit ?) on a affaire en général à des (... ?)
- 143 L [ej] conclusion [heôika]
- 144 K c'est pas conclusion c'est un c'est c'est le système dans lequel on travaille c'est un système
- 145 L \ en général [Qahék] on a affaire en général à des systèmes thermodynamiques donc N très supérieur à 1 .
- 146 K donc \ on on peut
- 147 L \ c'est à dire dans la plupart des cas dans la plupart des cas on peut on peut les étudier dans n'importe quel ensemble statistique [ma (neha) (canonique?) micro(canonique?) TP
- 148 K Hein d'accord + (COUPURE)
- 149 ? (... ?) [ma (neha nahkwe) ?
- 150 K (EXPOSE) [fel] mécanique classique [fandek] euh les deux particules sont discernables dis discernables [ma (neha) euh deux particules identiques on peut pas les différencier \ we chaque partic euh [ma (neha) euh l'(méca) en
- 151 L \ hum
- 150 K mécanique clc \ classique
- 152 L \ c'est-à-dire on va faire une introduction premièrement
- 153 K hum ou li [be]
- 154 L on va \ parler en mécanique classique
- 155 K \ euh [be] ma [fndu] contradiction de la mécanique quantique par rapport [ma (neh el be] nwariw el li fel.] mécanique classique les deux particules sont euh discernables [we] contraire mécanique quantique \ sont indiscernables
- 156 L \ sont indiscernables
- 155 K définit on définit euh (L) la particule est est caractérisée par un paquet d'onde
- 157 L [behi] d'accord [behi] \
- 158 K \ et puis \ on euh
- 159 L le postulat de symétrisation on parle pas du symétrie d'une fonction d'onde \ on introduit directement la fonction d'onde .
- 160 K \ non
- 159 L hum ?
- 161 K hulum

- 162 I. et une euh et (onenon) euh énonce le postulat de symétrisation quand même ?
- 163 K. ou on identifie les fermions et les bosons . chacun sa sa fonction d'onde si elle est symétrique ou pas
- 164 I. d'accord.
- 165 K. euh h + construction des états physiques d'un système à N pa \ particules
- 166 I. \ particules
- 167 K. identiques sans interaction mutuelle
- 168 L. hum
- 169 K. euh : directement en ...
- 170 L. fonction d'onde [ili. heja] (déterminant ?) en fonction du déterminant de euh (RRT) de Slater euh ... quoi d'autre ...
- 171 K. (l'énergie ?) est la somme de tous énergies des états individuels
- 172 L. on va donner quand même un exemple n'est ce pas
- 173 K. ( ... ?) intéressant . [behi] fonction d'onde d'un système de N bosons . [na (riw)] fonction d'onde de psi égal à 1 sur racine de N euh . fonction d'onde d'un système de N bosons on peut l'identifier .
- 174 I. identifier l'onde ? \ la fonction d'onde c'est à dire
- 175 K. euh h La fonction d'onde [ej]
- 176 I. [behi]
- 177 K. égal à 1 sur racine de N factoriel somme de: sur P de fi de fi alpha 1 de 1
- 178 L. [hate] et.] jusqu'à fi de alpha N de N
- 179 K. d'après l'exemple on donne quelques exemples on conclut qu'un nombre quelconque de bosons identiques peut occuper un même état individuel
- 180 I. [behi] d'accord [behi] ( ... ?) \ fonction d'onde
- 181 K. \ déterminant de Slater on donne:
- 182 L. on donne formule . \ [behi] [wel] principe d'exclusion de Pauli [behi] d'accord
- 183 K. \ hum
- 182 L. euh \ on va lancer on lance le principe. ? et et puis on va faire euh une
- 184 K. \ [ej] directement

- 184 K \ [e] , directement
- 185 L différenciation entre les deux: euh niveaux énergétiques en en ce qui concerne bosons et les fermions n'est ce pas ? d'accord ++ on va entamer le leçon de la statistique des systèmes . de particules identiques et on va voir quelques généralités bon on va commencer par l'introduction euh en commençant par le avoir pour (me) (RIRI) pour (me) pour deux particules identiques euh en (épa) euh on a leurs propriétés sont: sont les mêmes . c'est à dire ils ont le même masse le même euh . le même charge etcetera . euh alors euh en mécanique classique on va on définit la notion de trajectoire qui est par exemple on définit la position  $r_0$  à un instant  $t_0$  et euh à un à un instant ultérieur euh un (posi) une position euh  $r$  de  $T$  etcetera alors que: pour euh en mécanique quantique . a avant d'entamer le la mécanique quantique on a la (méca) pour la mécanique classique euh les les particules sont discernables . bon mais pour le en mécanique quantique on ne la notion de trajectoire n'a p n'a pas lieu on parle euh de paquet d'onde . [e] paquet d'onde: certainement on va avoir le principe d'indiscernabilité . que deux particules ne sont pas discernables bon . euh on va entamer maintenant le: II le postulat de symétrisation avec ma collègue .
- 186 K on va énoncer le postulat de symétrisation . l'état physique d'un système de

particules identiques ne peut être que symétrique ou antisymétrique si la fonction d'onde est symétrique donc il s'agit de bosons c'est-à-dire euh on utilise la la statistique de Bose-Einstein . euh .h . les bosons qui sont euh qui ont une fonction d'onde symétrique ont euh état de spin entier s égal à 0 1 2 . tel que les phonons les mésons k mésons pi . si le système est antisymétrique on utilise la physique la statistique de Fermi Dirac . donc euh le système est constitué de particules euh de . fermions (RIRE) . et qui sont qui ont un état de spin un demi s égal à un demi tel que les (laptons) euh (laptons) . les électrons (moins) (exetera) les et les barvons. construction des états physiques d'un système à N . à N particules id identiques sans interaction mutuelle . euh on va définir la fonction d'onde d'un système de N bosons . psi de . la fonction d'onde psi égal à 1 sur racine de . de N factoriel somme de: . \ du produit de:

- 187 L 
$$\sqrt{\frac{1}{N!}}$$
- 186 K ... de fou du fonction d'on de fonction d'onde . la somme égal à fi de alpha 1 . euh de l état individuel 1 jusqu à fois . hum ([ma fucha] ?) . fois fi de alpha jusqu à arriver à: fi de alpha N de l état individuel N .
- 188 T. on on détermine on: on d on définit les les la somme sur pi c'est la somme de toutes les zé les permutations possibles donc le nombre est égal à N factoriel euh on va passer (maintant) pour les fon fonctions. d'ondes . euh d'un système de fermions identiques on va par (deuh) on utilisant le le déterminant de Slater . euh le déterminant de Slater si euh on a la fonction d'onde s'écrit euh 1 sur racine de factoriel N fois le déterminant de Slater . on . on j'ai pas euh . et on passe pour euh . on passe pour euh le principe d'exclusion de Pauli . le principe euh ce principe consiste (ess) essentiellement que pour un: un même état quantique individuel on ne peut pas euh (utili) on ne peut pas un état individuel ne peut pas occuper euh pl simultanément deux fermions . identiques ou plusieurs . c'est à dire si N: Ni occupation d'un état . individuel on a Ni égal à 0 ou 1 . on n'a pas plus ma . on n'a pas: euh on ne peut pas avoir plus que: \ plus qu'un fermion . [behi] on peut prendre un exemple le cas de deux
- 189 K \ d'autres (. ?)

- 193 L quantique (FIN EXPOST) (COUVERT)
- 195 K – on va parler de la mécanique classique comme introduction
- 196 L heu m d'accord
- 197 K euh *en mécanique classique les particules identiques sont discernables* (RETT) c'est-à-dire \ ont 1: *la même masse, la même charge ... et le même la même spin*
- 198 L \ (... ?)
- 197 K euh une particule peut être définie par une par une trajectoire
- 199 L heu trajectoire [ja fui] on peut définir par euh une particule définie par . sa trajectoire
- 200 K définie par . une trajectoire
- 201 L par sa trajectoire (... ?)
- 202 k au contraire de la mécanique \ en a (... ?)
- 203 L \ position est (contrastée ?)
- 204 K non la position elle est (... ?) non ?
- 205 L [behi] le \
- 206 K \ au contraire ...
- 207 L alors que c'est pas au contraire. \ (... ?) de contradiction
- 208 K \ au contraire non c'est une contradiction parce que en mécanique quantique la notion de trajectoire n'a pas de sens [rahi]
- 209 L alors que ... alors qu'en mécanique quantique . la notion de trajectoire n'a pas de sens
- 210 K n'a pas de sens car . euh ...
- 211 L on parle de \ la paquet d'onde on parle du paquet d'onde ... caractérisé par une
- 212 K \ la particule
- 211 L fonction d'onde ... caractérisé par une fonction d'onde
- 213 K par  $\psi(x, t)$
- 214 L [e] fonction d'onde c'est à dire (... ?) au carré . au carré
- 215 K au carré . on définit le postulat de symétrisation
- 216 L le postulat de symétrisation + de deux particules identiques +
- 217 K l'état physique [uehot.u] deux points ?
- 218 L on peut on doit inscrire celle là . cette formule on doit l'écrire
- 219 K identiques par la formule . suivante
- 220 L d'accord .  $\psi$  de (1) . on doit énoncer le postulat de symétrisation \ on parle
- 221 K \ (... ?) on définir deux points . et on énonce le postulat (FORT) . on définit le postulat de symétrisation (... ?) le postulat de symétrie ?
- 222 L et on énonce le pis le postulat \ les états physiques d'un système de particules identiques ne peuvent pas être
- 223 K peuvent être + physique de . de deux particules
- 224 L ne peuvent être que symétrique ou antisymétrique →
- 225 K si la fonction d'onde est symétrique
- 226 L la fonction d'onde est symétrique il s'agit des bosons + c'est à dire qu'ils obéissent à la statistique de Bose-Einstein . ++
- 227 K ces bosons . ont . ont . un spin entier ils ont un spin entier (... ?) ces bosons ont un spin entier tel que  $s$  égal à 01 arctava ...
- 228 L ils sont euh les bosons sont les particules de jauge et les phonons ... on doit

- définir les bosons avant tout  
 229 K ces bosons ont un spin entier sont ( ... ?)  
 230 T sont eux les ( ... ?) on peut parler de deux types  
 231 K il y a deux types de \ bosons  
 232 L \ il y a deux types \ bosons  
 233 K \ non trois types  
 234 L trois ? [ ... a] les particules de jauge et les phonons ... les phonons \  
 235 K \ les phonons  
 et les mésons .  
 \*236 T les phonons [huma] les mésons pi et k [huma] c'est (fé) parce des phonons n'est ce pas [aha e] méson k [wel] méson pi [huma e] ils sont des phonons [aha]ka - il y a deux types ... les particules de jauge ... et les phonons ... là on passe pour eux [e] construction des états physiques \ d'un système  
 237 K \ non si la fonction d'onde  
 238 L hum ?  
 239 K si la fonction d'onde est antisymétrique  
 240 T ah ! on n'a pas écrit les ... il s'agit des fermions ... des fermions qui sont de spin un demi entier de spin un demi entier \  
 241 K \ obéissent à la statistique ...  
 242 L c'est après on va écrire mais maintenant on écrit qu'ils sont de spin un demi entier ... obéissent à la  
 243 K à la statistique de Fermion-Dirac  
 244 L Fermi-Dirac de Fermi-dirac ... [beli] ..  
 245 K ou un spin  
 246 T demi entier + on a les ... les leptons et les baryons  
 247 K et sont composés de deux types  
 248 L les baryons et les leptons ... [belu] + on passe directement [lile:]  
 249 K fonction d'onde eux \ on définit  
 250 L \ on écrit [e] fonction d'onde eux  
 251 K on définit ...  
 252 T ah [jouft hakeha he3eja (malneha lne)]  
 253 K on définit , on définit  
 254 T qu'est ce qu'on va définir ?  
 255 K [e] fonction d'onde eux de ... de N bosons , on définit la fonction  
 256 L d'onde de N bosons .  
 257 K de bosons  
 258 L de N bosons  
 259 K [kif kif]  
 260 T de N bosons ... eux on va ... utiliser le nombre  
 261 K (... ?)  
 262 L psi de 1 jusqu'à N -+  
 263 K on peut conclure que +  
 264 T un nombre quelconque de bosons identiques peuvent ... eux pouvant ... occuper un même état individuel eux ?  
 265 K (... ?)  
 266 L hum ( ... )

267	K	on calcule euh cette fonction d'onde , en utilisant le déterminant de \ Slater
268	L	\ de Slater .
269	K	bon on calcule le la fonction d'onde , en utilisant le. déterminant de Slater
270	L	pour calculer
271	K	Hein
272	L	<u>pour calculer</u>
273	K	<i>pour calculer, cette fonction d'onde</i>
274	L	cette fonction d'onde on utilise le déterminant de Slater . en effet la fonction d'onde s'écrit + en effet \ la fonction d'onde s'écrit
275	K	\ la fonction d'onde sera sera (écrit) . devient
276	L	[le mu] devient
277	K	La forme \
278	L	\ psi (s'é s) s'écrit sous forme d'un fermion fois déterminant de \ Slater
279	K	\ la fonction d'onde s'écrit fois euh
280	L	(. ?) [nañña]
281	K	la fonction d'onde psi donc \ psi . (égale...sous forme d'un fermion sous forme
282	L	\ donc [wala behi] +
283	K	d'un fermions. ?)+
284	L	fois déterminant de Slater ++ principe d'exclusion de Pauli
285	K	(Slater?) ++[uektbu] \ (. ?)
286	L	\ on écrit maintenant le: principe de Pauli !
287	K	si l'état correspondant donc on (. ?) le principe de Pauli si l'état correspondant
288	L	l'état correspondant à psi \ égal à 0
289	K	\ psi 1 jusqu'à N égal à 0
290	L	hum on définit le principe de: Pauli (!!!) on écrit l'énoncé . un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques . conclusion + <u>un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plusieurs</u> ++ on passe pour les diag les deux derniers diagrammes énergétiques . on fait la différence entre eux . en faisant la différence entre les: le diagramme énergétique des bosons et fermions on obtient les diagrammes suivants ..
291	K	différence entre l'état (. ?) +
292	L	différence entre état de fermion et état de bosons à T égal à 0 kalvin
293	K	(. ?) [nkulu ndehruha]
294	L	<u>pour montrer la différence . entre</u>
295	K	[moʒi arhi] . pour montrer
296	L	<u>la différence . entre état .. entre .. état de fermion et état de bosons à T égal à 0</u>
297	K	\ ([Qbu]/quelle ?) différence entre
298	L	Kalvin !!
299	K	On trace les diagrammes on trace on trace
299	L	(. ?) (fin première face) on: trace les diagrammes suivantes euh on trace (. ?)
*300	K	[el [aks mahakne] [amelna hak'a]
301	L	hum
302	K	[nahkwe ese [a [al] différence euh [we meba [ed] euh == d'après les diagrammes \

- 303 L \ pour montrer directement par les... euh par les diagrammes on  
peut \ c'est à dire la différence entre euh (.. ?)
- 304 K \ [le nuñkiw al] différence [ɣater howa] texte c'est pas . [madu] leçon [be]  
nsawru] diagramme
- 305 L [behi] d'accord +
- 306 K *la différence .. entre l'état .. de fermions*
- 307 I de fermions .. et l'état de de bosons .. c'est que
- 308 K à 0 kelvin \ (.. ?)
- 309 L \ c'est que .. l'énergie de fermions
- 310 K \ non .. les bosons occupent
- 311 I [ejh] les bosons occupent un même
- 312 K un même état \ individuel
- 313 L \ un même .. [ejh]
- 314 K *un même*
- 315 L état individuel ...
- 316 K (.. ?) existe
- 317 L et on parle de l'attraction quantique .. hum ? +) (.. ?)
- 318 K \ (.. ?) de l'attraction quantique
- 319 I et donc il y a .. l'attraction quantique par contre [wɛl'a] alors que
- 320 K par contre
- 321 I par contre (RRT) par contre euh \ pour les
- 322 K \ chaque *chaque fermion occupe* ..
- 323 L chaque fermion occupe le
- 324 K un même m (seu)
- 325 L un seul é
- 326 K occupe *un état individuel* .. chaque fermion occupe un état :
- 327 I \ individuel
- 328 K euh \ (.. ?)
- 329 I \ conformément au principe de p de Pauli .. individuel
- 330 K \ *cette répartition* .. cette  
*répartition*
- 331 L est conforme .. avec la répar euh le principe de Pauli ...
- 332 K (.. ?) *est fondée sur .. le principe de Pauli* ...
- 333 L (.. ?) à l'attraction euh la répulsion quantique
- 334 K (existence ?) ++ (fin)

### G3- TC scann

En mécanique classique, les particules identiques sont distinguées et ont des momenta, de la charge et de la spin. Une particule peut être formée par une distribution.

Il est important de noter que en mécanique quantique, on ne peut pas distinguer les particules et on ne peut pas distinguer les particules identiques par la formule suivante:

$$T(p_1, p_2, \dots, p_N) = \frac{1}{N!} \sum_{\text{permutations}} T(p_{\sigma(1)}, \dots, p_{\sigma(N)})$$

et on donne la particule.

Il est important de noter que les particules identiques ne peuvent être distinguées en mécanique.

- La fonction d'onde est symétrique et on dit bosons, c'est le cas de la particule de spin entier. Les bosons ont un spin entier - 0, 1, 2, ...

- La fonction d'onde est antisymétrique et on dit fermions, c'est le cas de la particule de spin demi-entier.

La fonction d'onde est un spin 1/2 entier, et sont compatibles avec les spins des bosons et les fermions.

On définit la fonction d'onde - bosons par la formule suivante:

$$T(p_1, \dots, p_N) = \frac{1}{N!} \sum_{\text{permutations}} T(p_{\sigma(1)}, \dots, p_{\sigma(N)})$$

On peut conclure que en mécanique quantique, les particules identiques ne peuvent être distinguées en même état individuel.

pour calculer cette fct donne en utilisant le développement  
 de Slater, la fct est en  $\Psi$  sous forme de fonction, obtenue  
 de Slater :

$$\Psi(1, 2, \dots, n) = \frac{1}{\sqrt{n!}} \begin{vmatrix} \psi_{n_1}(x_1) & \dots & \psi_{n_1}(x_n) \\ \vdots & & \vdots \\ \psi_{n_n}(x_1) & \dots & \psi_{n_n}(x_n) \end{vmatrix}$$

Si l'état est occupé par  $\Psi(x_1, \dots, x_n) = 0$ , donc veut le  
 principe - l'occupation de Pauli :

un état quantique individuel ne peut pas être occupé  
 simultanément par 2 fermions identiques ou plusieurs.

Pour montrer la différence entre l'état de fermion et  
 état de boson à T=0 K, on trace les diagrammes d'énergie  
 suivants :

La différence entre l'état de fermion et l'état de  
 boson à 0 K, c'est que les bosons occupent un état  
 individuel, donc il y a coexistence de l'attrait quantique,  
 par contre chaque fermion est en état individuel, cette  
 dernière répartition est fondée sur le principe de Pauli,  
 donc coexistence de répartition quantique.

**G3- TC marqué**

- (1) // En mécanique classique, les particules identiques sont discernables //
- (2) // c à d ont la même masse, la même charge et le même spin //
- (3) // une particule peut être définie par une trajectoire //
- (4) // Au contraire Alors que en mécanique quantique n'a pas de sens //
- (5) // on parle de paquet d'onde caractérisé par  $\Psi(x,t)$  //
- (6) // on définit le postulat de symétrisation de 2 particules identiques : par la formule suivante //
- (7) //  $\Psi(i_1, u_1, i_2, u_2, \dots, i_N, u_N) = \pm \Psi(i_1, u_1, i_2, u_2, \dots, i_N, u_N)$  //
- (8) // et on énonce le postulat //
- Les états
- (9) // Les états phys de 2 particules identiques ne peuvent être que symétrique ou antisymétrique //
- (10) // si la fon d'onde est symétrique, il s'agit de bosons, // // c à d obéissant à la statis de Bosons-Einstein //
- (11) // ces bosons ont un spin entier  $s = 0, 1, 2, \dots$  // // il y a 2 types de Bosons : les particules de Jauge et les phonons //
- (12) // si la fon d'o est antisym : il s'agit de Fermion, // // obéissant à la statistique Fermi-Dirac //
- (13) // Les fermions ont un spin  $\frac{1}{2}$  entier, // // et sont composés des 2 types, les barions et les leptons //
- (14) // on définit la fon d'onde de N bosons par la formule suivante //
- (15) //  $\Psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_{\mathbf{p}} \Psi_{\mathbf{p}}(1) \dots \Psi_{\mathbf{p}}(N)$  //
- (16) // on peut conclure que 2 un nbre qlq de bosons identiques peut occuper un même état individuel //

(17) / pour calculer cette fct d'onde en utilisant le déterminant de Slater , /

(18) / **le est donc  $\Psi =$  sous forme de fermions déterminant de Slater : /**

$$(19) \quad \Psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \psi_1(1) & \dots & \psi_1(N) \\ \vdots & & \vdots \\ \psi_N(1) & \dots & \psi_N(N) \end{vmatrix} \quad /$$

(20) / si l'état correspondant  $\Psi(1, \dots, N) = 0$ ,

(21) / donc c'est le principe d'exclusion de Pauli , /

(22) / un m<sup>e</sup> état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par 2 fermions identiques ou plusieurs. /

(23) / Pour montrer la différence entre état de fermion et état de bosons à  $T=0k$  , - / -ou avec les diagrammes d'énergie suivants : /

(23) / La différence entre l'état de fermion et l'état de bosons à  $0k$  , c'est que /

(24) / les bosons occupent un m<sup>e</sup> état individuel , /

(25) / donc il y a existence de l'attract<sup>9</sup> quantique , /

(26) / Par contre chaque fermion un état individuel , /

(27) / cette dernière répartition est fondée sur le principe de Pauli , /

(28) / donc existence de répulsion quantique : /

### G3- Scan brouillon

---



- (1) \*MC classique  
 Les 2 particules identiques  $\rightarrow$  dis-cernables .
- (2) \* M quantique
- (3) \* Sym de la fet
- (4) \* Enoncée de postulat de symétrisat°
- (5) bosons : ~~antisym~~ .  
 spin entier .  
 \* Les photons  
 \* Les mésons k . . .
- (6) La fet d'o antisym : Fermions , en un spin  $\frac{1}{2}$  .  
 Leptons .  
 -Les baryons
- (7) II ———
- (8) Fct d'o d'un sys N bosons
- (9)  $\Psi(1, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_{\mathbf{p}} \epsilon_{\mathbf{p}} \omega_1(1) \dots \omega_N(N)$
- (10)  $\sum_{\mathbf{p}}$  : somme sur toutes les permutat°  
 p  
 possibles dont le nbre = N!
- (11) \* Prin cipe .

## Annexe G4

### Transcription G4

---

- 1 H (...) statistique . il s'agit de (...) statistique des particules système de particules identiques . généralité.
- 2 K helium
- 3 H introduction . [jetQuil] (?) deux particules . sont dites identiques . si toutes leurs propriétés intrinsèques . sont les mêmes . [ma f'neha f'audhoun] même masse . charge . et spin . exemple l'électrons [wel] protons l'atome d'hydrogène . comment se comportent ils (?) [behi] en mécanique classique [el] [ofna] en mécanique classique (?) . hum [noydu] les repères [ma f'netha] à t égal à 0 [el] position [wel] vitesse pour la: première particule (et ?) pour la deuxième particule . r différent de 0 supérieur à 0 [twelhi] r de t v de t r prime de t v prime de t . [behi] . [ma f'netha . nazmu nQuu en] en mécanique classique si on connaît les conditions initiales de notre particules on peut définir la trajectoire .
- 4 K helium
- 5 H c'est-à-dire deux particules identiques sont discernables . [nazmu nfarQu ma binethom fel] \ mécanique classique
- 6 K (...) (?)
- 7 H [le . fel] mécanique classique \
- 8 K \ sont différents
- 9 H sont discernables [yaterhi kol walada f'au] même [huma kif bu f'séthoun] mais [el] position [nute f'hom na jnu n' . farku ma binathom] en mécanique quantique
- 10 K \ [nfarhu]
- 9 H la n' la notion de trajectoire n'a pas de (COUPURE) en mécanique quantique la notion de trajectoire n'a pas de sens dans la mécanique quantique . on ne peut définir . qu'un paquet d'onde caractérisé par . le module au carré . de la fonction d'onde . heu . d'où le principe d'indiscernabilité deux particules identiques sont indiscernables . bon . on peut revenir qu'en mécanique quantique . les deux particules \ identiques sont indiscernables
- 11 K \ identiques sont indiscernables en mécanique quantique deux particules sont indiscernables
- 12 H (...) . [nekleb] (?)
- 13 K mécanique classique +
- 14 H (COUPURE) on écrit . *statistique des particules* . [behi]
- 15 K mécanique classique .
- 16 H *en mécanique classique* on a vu . on peut conclure . que . \ deux particules deux
- 17 K \ deux particules
- 16 H *particules identiques*
- 18 K sont deux particules différentes
- 19 H *identiques* . nous pousse à dire qu'ils sont *discernables* .
- 20 K donc on peut définir une trajectoire .
- 21 H entre parenthèse *trajectoire* . (COUPURE) donc . en mécanique quantique la notion de trajectoire . perd
- 22 K n'est pas définie
- 23 H oui
- 24 K on définit un paquet d'onde

- 25 H et on définit un paquet d'onde .
- 26 K huhum ..
- 27 H *on définit . un paquet d'onde* | \ [héh] |
- 28 K \ principe d'indiscernabilité
- 29 H donc . donc | [ana] une discernable et une indiscernable | | [héh] | | on passe euh au deuxième partie le postulat de symétrisation . premièrement symétrique de la fonction d'onde de particules identiques . [bchi] . par rapport à l'échange . des états de deux particules . soit un système de N particules identiques . désignons par  $\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_N$  . l'ensemble des états individuels . on peut dire que  $x_1 x_2 \dots x_N$  avec  $\sigma_i$  état de spin . sa fonction d'onde  $\psi$  . [bchi] les particules sont identiques . d'où il est arbitraire d'attribuer  $\alpha_1$  à la particule 1,  $\alpha_2$  à la particule 2 etc . considérons deux particules quelconque . i et j les permutations des états de ces deux particules . laissent invariant . le module de  $\psi$  au carré . vu l'indiscernabilité des particules . [bchi]
- 30 K [ma [netha heða] postulat de symétrisation ( ?)
- 31 H postulat de symétrisation . ([nguh] on va ?) l'énoncé du postulat de symétrisation .
- 32 K euhum
- 33 H euh . qui est défini . par ( ?) les états physiques d'un système de particules identiques ne peuvent pas être que symétrique . plus . ou antisymétrique . moins par rapport à l'échange des états individuels de deux particules quelconques . dans la nature il existe deux types de particules identiques tel que . si la fonction d'onde du système est symétrique il s'agit de bosons . c'est à dire c'est à dire obéissant à la sta euh à la statistique de Bose-Einstein . et si . au contraire . la fonction d'onde  $\psi$  est antisymétrique ce sont des fermions obéissant à la statistique de Fermi-Dirac . donc . ce qu'on peut retenir . *de l'énoncé . du postulat . de . symétrisation*
- 34 K [ma [netha] les états physique ne peuvent pas . être que symétrique ou antisymétrique . symétrique donc euh l'état plus antisymétrique euh l'état moins . pour les bosons . et pour les fermions .
- 35 H pour les bosons . c'est l'état c'est la fonction d'onde symétrique qui l' que (le est ?) attribué .
- 36 K euhum
- 37 H et c'est la statistique de Bose-Einstein qui est utilisé dans ce cas . pour les
- 38 K \ Bose-Einstein euhum
- 37 H fermions . c'est la fonction d'onde antisymétrique et c'est la statistique de \ Fermi Dirac
- 39 K \ Fermi-Dirac . postulat . de symétrisation .
- 40 H *pour . les bosons* ++ (COUTURE) on revient à l'énoncé du postulat de symétrisation
- 41 K euhum
- 42 H qui considère que les bosons . ont . une fonction d'onde . symétrique . c'est à dire état plus . et c'est la statistique de Bose-Einstein qui est considéré dans ce cas . tandis que les fermions . qui ont . un état moins . et . une fonction d'onde antisymétrique et c'est la statistique de Fermi-Dirac .
- 43 K [haðeja] par rapport à l'échange des états individuels .

44	H	oui euh pour les fermions la mécanique quantique relative montre que tous les fermions ont des spin 1/2 donc on note que les fermions ont des spin 1/2 dont on peut citer un exemple (BAS) ou des exemples les leptons les électrons et les muons en plus les neut les neutrinos et les baryons les brayons euh les brayons qui sont les protons et les neutrons toutes les particules sont composées d'un impair de fermions élémentaires comme le noyau de hélium 3 deux protons plus un neutron ou l'atome hélium euh trois noyau hélium 3 plus deux électrons
45	K	lum hon [haðeja kahaw belnesha le] fermions
46	H	(...) <i>exemple</i> : <i>exemple les leptons l'électron les électrons le muons etcetera</i>
47	K	[kam.el. ?]
48	H	[belni] petit b pour les bosons ils ont un spin entier tel que s exemple s égal à 0 1 ou 2 exemple les particules de Jauge qui sont des photons et qui ont un spin égal à 1 s égal à 1 pour les bosons
49	K	<u>spin entier</u>
50	H	<i>spin entier s égal à 1 s égal à 1 euh pour les photons</i>
51	K	les photons euh
52	H	qui sont les p' les particules de (...) les particules de Jauge les bosons intermédiaires euh tel que euh oméga plus oméga moins et Z point [hakeka] (?)
53	K	[ej]
54	H	et les phonons ce sont les messagers des ondes élastiques dans les solides s égal à 1 donc ce sont des particules euh quasi particules associées au mode de vibration dans le cristal et on peut citer aussi tous les mésons pi et k qui ont un spin un nombre de spin s égal à 0 qui sont des particules composées d'un nombre pair de fermions comme le noyau de l'hélium 4 c'est à dire hélium 4 deux protons et deux plus deux neutrons et l'atome d'hélium euh noyau hélium 4 plus deux électrons euh on peut noter que l'hélium 4 euh il a un pourcentage presque cent pour cent dans la nature on peut le trouver à cent pour cent et l'hélium 3 est dans l'état de trace c'est à dire euh ça tend vers 1,3 dix moins 4 pour cent ... (...)
55	K	(...) <i>construction des états physiques d'un système de N particules identiques sans interaction mutuelle</i> bon généralité ... ([ektéh el [onwen] ...) 1) construction
56	H	<i>construction des états physiques</i>
57	K	<u>d'un système de N particules</u>
58	H	<i>d'un système de N / particules</i>
59	K	<u>/ N particules</u>
60	H	N particules
61	K	<u>identiques</u>
62	H	<i>identiques</i>
63	K	sans interaction
64	H	<i>sans interaction mutuelle</i>
65	K	euhm
66	H	(...)
67	K	lum

68	H	[behi]
69	K	euh, généralité, l'hamiltonien du système, H, égale somme des $h_i$ , avec $h_i$ , hamiltonien individuel donc d'une particule
70	H	d'une particule
71	K	euh, espace des états d'une particule quelconque, $h_{fi\alpha}$ , égale, epsilon $h_{fi\alpha}$ ou epsilon égale epsilon 0 epsilon 1 etcetera, epsilon, niveau d'énergie individuelle, <u>H égale somme des <math>h_i</math>, avec <math>h_i</math> hamiltonien d'une particule individuelle.</u>
72	II	<i>à l'hamiltonien individuel.</i>
73	K	[behi] .. <u><math>h_{fi\alpha}</math> égale epsilon <math>h_{fi\alpha}</math>, (... ?) <math>h_{fi\alpha}</math>, égale epsilon <math>h_{fi\alpha}</math></u>
74	H	(... ?)
75	II	[we] $h_{fi\alpha}$ est :
76	K	<u><math>h_{fi\alpha}</math> état individuel</u>
77	H	l'état individuel (la particule alpha ?) et epsilon c'est :
78	K	niveau d'énergie
79	H	niveau d'énergie (... ?)
80	K	(... ?) epsilon, epsilon 0 epsilon 1 etcetera .. ([l'ent] ?)
81	II	hum
82	K	euh un état particulier du système, $h_{fi\alpha 1}$ jusqu'à $h_{fi\alpha N}$ , (état ?)
83	II	hum
84	K	E égale, epsilon 1 plus epsilon 2 jusqu'à epsilon N
85	II	donc l'énergie c'est la somme \ des énergies indi individuelles hum ..
86	K	(... ?) \ des énergies
87	K	<u>énergie égale somme des .. des énergies.</u>
88	II	(... ?)
89	K	$\psi$ égale 1 jusqu'à N, et fonction d'onde, $h_{fi\alpha 1}$ fois jusqu'à $h_{fi\alpha N}$ (des produits de fonction d'onde ?)
90	II	<i>la fonction d'onde (... ?), est le produit .. d'une fonction (d'onde ?), et le produit</i>
91	K	(... ?) \ <u>d'une fonction</u>
92	H	(... ?)
93	K	(... ?) ... bon, on va traiter la fonction d'onde d'un système de N bosons.
94	H	(... ?)
95	K	(... ?) c'est à dire euh la fonction d'onde \
96	H	(... ?) \ des bosons
97	K	bonh des bosons
98	H	on a dit que les bosons on euh un le une fonction d'onde symétrique \
99	K	(... ?) \ symétrique bonh
100	II	c'est-à-dire euh plus
101	K	plus par rapport à l'échange de particules, bon, euh, considérons alors la combinaison linéaire suivante, $\psi_{1,2}$ jusqu'à N égale 1 sur racine de N somme de $h_{fi\alpha 1}$ jusqu'à $h_{fi\alpha N}$ de N particules, somme sur P, c'est la somme sur toutes les permutations possibles du système dont le nombre c'est égale N factoriel, $\psi_{1,2}$ jusqu'à N c'est égale 1 sur racine de N factoriel somme de $h_{fi\alpha 1}$ jusqu'à $h_{fi\alpha N}$ de N bon, écris la formule générale de fonction d'onde de N bosons.
102	II	donc c'est la: c'est la fonction d'onde de \

- 103 K \ de N bosons
- 104 H [we heðeja] c'est le facteur d'indiscernabilité
- 105 K on va faire un exemple euh
- 106 H hein (?)
- 107 K de ( ?)
- 108 H (.. ?) c'est la fonction d'onde des N particules . elle est égale à 1 sur racine de N factoriel . la somme du pr . de la somme de (
- 109 K de li alpha
- 110 H (.. égal à N .. ?)
- 111 K on va traiter un exemple . exemple trois bosons pouvant occuper trois états individuels alpha bêta oméga . on suppose que alpha différent de bêta différent de oméga . l'état du système . est égal . racine de psi . c'est égale 1 sur racine de 6 . 1 dans l'état alpha 2 dans l'état bêta 3 dans l'état oméga (+) 1 dans alpha 2 dans l'état oméga on a fait ici la permutation . 3 dans l'état bêta (1) etcetera égale six terme
- 112 H hum . on regarde toutes les permutations possibles ( ?)
- 113 K hum . si alpha égale bêta différent de oméga .
- 114 H donc on prend . toutes les . permutations . toutes les permutations . possibles
- 115 K possibles . . bon . si alpha égale bêta différent de oméga .
- 116 H hum
- 117 K psi égale 1 sur racine de 3 . 1 . dans l'état alpha . 2 dans l'état alpa 3 dans l'état oméga (+) 1 dans l'état alpha 2 dans l'état oméga 3 dans l'état alpha (+) 1 dans l'état oméga 2 dans l'état alpha 3 dans l'état alpha . bon . si alpha égale bêta égale oméga . psi égale 1 dans l'état alpha 2 dans l'état alpha 3 dans l'état alpha . donc un nombre quelconque de bosons identiques peuvent occuper un même état individuel . [heðeja] conclusion \
- 118 H la conclusion qu'on peut . qu'on peut donner . de cet exemple . c'est que . un nombre quelconque de bosons identiques . peut occuper . un même état . individuel .

- 119 K en/ien
- 120 H le même état individuel peut être occupé \ par plusieurs \ bosons identiques \ ( ?)
- 121 K \ par un
- 120 H on amène la conclusion : un nombre .. quelconque .. de Bosons .. identiques ..  
*peuvent .. occuper ..*
- 122 K un même état identique \ un même état
- 123 H \ *un même état individuel ..* [behi]
- 124 K la fonction d'onde d'un système de fermions .. identiques .. déterminant de Slater  
.. on doit \ chercher
- 125 II \ on doit on doit passer pour les fermions
- 126 K les fermions
- 127 H pour les fermions on .. procède pas par la même eau \
- 128 K \ (pas la même façon ?)
- 129 II par la par la même méthode .. ici on .. on calcule la : fonction d'onde à l'aide de
- 130 K \ (determ) .. déterminant de  
Slater
- 129 H Slater ..

- 131 K bon ( ( ? ) de fonction d'onde des fermions
- 132 H [behu na [mhu hne hne] *parit a* pour les bosons *parit b* pour les fermions
- 133 K bon on doit chercher une combinaison linéaire de  $\psi_1$  jusqu'à  $\psi_N$  qui soit antisymétrique ...
- 134 H euh ( [le] ( ? ) pourquoi elle est antisymétrique ( ? ) car les fermions qui ont
- 135 K antisymétrique
- 134 H une fonction ( ? )
- 136 K antisymétrique
- 137 H [e] he[si] fonction d'onde antisymétrique dont on choisit euh une combinaison linéaire des  $\psi_1$  jusqu'à  $\psi_N$  qui soit antisymétrique [behi] *combinaison linéaire* euh:
- 138 K de  $\psi_1$  à  $\psi_N$
- 139 H  $\psi_1$  à  $\psi_N$
- 140 K  $\psi_1$  à  $\psi_N$  qui soit antisymétrique
- 141 H *antisymétrique* une solution possible a été donnée par Slater dont on connaît le déterminant il a été précédemment calculé dans d'autres cours
- 142 K euhun
- 143 H euh  $\psi$  la fonction d'onde  $\psi$  de 1 de la particule 1 jusqu'à la particule N est égal à 1 sur le facteur de indiscernabilité c'est-à-dire un sur racine N factoriel fois le déterminant qui comprend dans les lignes les fonctions
- 144 K états individuels
- 145 H oui avec euh chaque colonne représente euh une euh
- 146 K particule particule
- 147 H oui
- 148 K particule alpha 1 colonne [we he[deka] l'état individuel ( ? )
- 149 H [e] e]
- 150 H la ligne c'est la particule alpha 1 [we he[suma] les positions l'état [ma [neha]
- 151 K non c'est le contraire colonne ( ? ) particule alpha 1
- 152 H ( ? ) alpha 1 [he[si]a kolha] alpha 1 ([o[fta] hatra leha] ? ) ( ? )
- 153 K euhun
- 154 H [kol] ligne elle détermine état
- 155 K [behi]
- 156 H [d[acurdu] ( ? )
- 157 K hum
- 158 H bon  $\psi$   $\psi$  égale 1 sur le factoriel ( ? ) N factoriel ( ? ) chaque ligne
- 159 K ( ? )
- 158 H elle représente *alias représentante* une particule on a pris comme exemple la particule 1 c'est à dire *alpha 1* et c'est la et c'est l'état de cette particule qui change
- 160 K euhun
- 161 H [ma [neha] l'état il change de 1 jusqu'à N
- 162 K jusqu'à N
- 163 H elle peut prendre plusieurs état [we] chaque euh colonne euh [Q[ohu] chaque ligne elle présente une particule

- 164 K culum
- 165 H [we... we] chaque colonne elle présente un état donné . de N particule .
- 166 K hum
- 167 H et la colonne *état donné* . ( ? ) particule 1 ( ? ) fi alpha N de 1 . [lehne] . fi alpha 1 de N . [behi] . donc tu peux mettre la convention .
- 168 K convention . une colonne . colonne i désigne une particule numéro i . une ligne désigne l'état individuel fi alpha j .
- 169 H ( ? ) [behi] . d'après les propriétés du déterminant l'échange de . de deux particules se traduit par l'échange de deux colonnes . l'échange de deux particules ( ? )
- 170 K deux colonnes euh changent
- 171 H d'après le euh . d'après les propriétés du déterminant [heóá]
- 172 K hum
- 173 H l'échange de deux particules . se traduit par l'échange de deux colonnes [ma [ncha]
- 174 K culum
- 175 H [neýóu] colonne [heóí] ( . ? ) [w] colonne [heóí] ( . ? ) . c'est un changement de signe de psi . il peut . il peut être pris en compte . sauf si . psi égal à 0 . avec psi . sous forme d'un déterminant de Slater . donc on note que . l'échange . le changement de si euh [heóíja] . l'échange de deux particules . l'échange . de deux particules . se traduit . par l'échange de deux colonnes ... [behi] . on passe au principe d'exclusion de [póh] Pauli . soit un système de N fermions le déterminant est nul lorsque deux lignes sont identiques . donc Pauli . d'après son principe concernant les fermions . il a dit que le déterminant est nul lorsque deux lignes . sont identiques . donc [lehne] . on écrit . [el] *principe de Pauli* ... un déterminant . est nul . si .
- 176 K deux lignes sont identiques
- 177 H Si deux lignes . sont identiques . [heóeja] si dans le cas des fermions
- 178 K fermions
- 179 H car euh . leur fonction d'onde est antisymétrique ...
- 180 K ( . ? )
- 181 H ( . ? ) +c'est-à-dire lorsque la même fonction d'onde individuelle est utilisée deux fois dans le produit . euh . . c'est-à-dire lorsque deux fermions occupent le même état individuel . l'état correspondant . psi est . nul . ( . ? )
- 182 K donc on peut mettre la conclusion ([ehi rineha] . . ? ) \ [ [andek] un même état
- 183 H ( . ? )
- 184 K quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément . par deux fermions identiques . on plusieurs . principe de Pauli .
- 185 H bon . tu peux me relire . la conclusion .
- 186 K un même état quantique
- 187 H *un même état . quantique*
- 188 K individuel .
- 189 H *individuel*
- 190 K ne peut pas être
- 191 H *ne peut pas être*
- 192 K occupé simultanément .

191	II	<i>simultanément</i>
192	K	par des fermions
193	H	<i>par deux fermions</i>
194	K	enlum . <u>identiques</u>
195	H	<i>identiques ou plusieurs</i>
196	K	\ ou plusieurs ..
197	II	[behi]
198	K	principe de Pauli
199	H	enlum : c'est le contraire du cas des bosons \
200	K	\ bosons \
201	H	\ on a vu pour les bosons
		\ que . un nombre quelconque de bosons identiques peuvent occuper un même
202	K	\ on peut :
203	II	état individuel .. et pour ce cas . un même état quantique individuel ne peut . ne
		peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques
204	K	enlum
205	H	(. ?)
206	K	enlum : occupation d'un état individuel [ma [netha] n i ne peut prendre que 1 ou
		0
207	H	lum
208	K	exemple . cas de deux fermions . occupant deux état \ individuels
209	II	\ (. ?) [heōja] . c'est le
		principe d'exclusion \
210	K	\ de Pauli : lum : on a un exemple cas de deux fermions
		enlum occupant deux états individuels alpha et bêta .
211	H	lum
212	K	psi 1 2 égale 1 sur racine de 2 . fi alpha 1 . fi alpha 2 . fi bêta 1 . fi bêta 2 . c'est
		égale 1 sur racine de 2 . fi alpha 1 1 . fi bêta é 2 . (-) fi bêta 1 1 . fi alpha 2 2
213	II	[heōja rahi] permute \ (. ?)
214	K	\ permutation
215	H	la particule alpha prend la position 1 en premier lieu et la particule bêta la
		position 2 . puis . enlum . la particule bêta . c'est elle qui prend la parti enlum la
		position 1 . et alpha la position 2
216	K	enlum c'est 1 sur racine de 2 déterminant de. (. ?)
217	II	[ej] 1 sur racine de 2 c'est enlum
218	K	déterminant
219	H	(. ?) [behi] . l'état fondamental . on passe . à l'état fondamental d'un système de
		particules identiques . donc . qu'est ce qu'est ce qu'on entend par particules
		identiques . enlum différence . [ma [netha] il y a un fermion . \ ou bosons . état de
220	K	\ bosons enlum
221	II	fermions ou état de bosons . à 1 . il a pris l'exemple à 1 égal à 0 kelvin
222	K	enlum
223	H	enlum d'après les diagrammes d'énergie . ici enlum mentionnés . on voit que les
		énergies des états individuels sont rangées . de l'état fondamental E 0 enlum .
		jusqu'à l'état . enlum du énième de la énième particules soit fermions ou bosons .
		que les bosons . ont donc enlum . les particules . enlum ont une attraction quantique

- 222 K euh
- 223 H tous les particules / tous les bosons / sont liés / dans le même état / fondamental / E 0 / au contraire pour les fermions / on voit qu'il y a / euh / un effet un effet de /
- 224 K / impossible de /
- 223 H répulsion quantique / c'est le cas contraire / et / / tout les euh tous ces états sont /
- 224 K mettre euh ?)
- 223 H occupés par un fermion chaque état / a son pro son propre fermion (... ?)
- 225 K c'est à dire qu'il est impossible de mettre deux fois / sur un même état / deux /
- 226 H /
- c'est le principe de la répartition / : [wa'fed] / euh basée sur le principe d'exclusion de Pauli /
- 227 K on peut / tracer le diagramme / différence entre bosons et fermions (?)
- 228 H [mizele] / (...) bosons / on peut / insister sur le fait que / ces ces diagrammes sont tracés à / T / égal à 0 kelvin / ma / [neha] / il ne faut pas / généraliser / T /
- 229 K / égale 0 /
- 230 H égal à 0 kelvin / bon /
- 231 K attraction quantique
- 232 H [behi] (phénomène ?) attraction / .. quantique / dans le cas de des bosons on a une attraction quantique / tous les états / tous les particules / (... ?) bosons / .. se /
- 233 K / bosons /
- 2 32 H trouvent / .. dans l'état fondamental dans le même état fondamental / .. ([mezle] ?) / .. euh /
- 234 K les autres ne sont pas occupés /
- 235 H [e] les / les autres états sont vacants / pour les fermions / euh / [ana] / chaque particule / a son propre état / correspondant / .. de l'état fondamental E 0 E 1 / jusqu'à l'état E F qui euh / qui euh / .. forme l'énergie de Fermi / ou énergie du /
- 236 K / (dernier état ?) /
- 235 H dernier état occupé à 0 kelvin / E F / représente / l'énergie de Fermi / c'est / l'énergie du dernier état / .. énergie / de Fermi / d'accord /
- 237 K répulsion /
- 238 H [behi] (... ?) répulsion quantique /
- 239 K donc principe de Pauli [lu'ða]
- 240 H [e] / on a /
- 241 K / on a affaire à des systèmes thermodynamiques dont N supérieur à 1 / .. on peut les étudier dans / n'importe quel /
- 242 H / dont N est très supérieur /
- 243 K très supérieur à 1 / .. on peut les étudier dans n'importe quel ensemble statistique / .. donc euh / dans n'importe quel / ensemble statistique / .. on peut / .. souvent que / .. les les ensembles comme on / comment on étudiait avant / .. microcanonique euh canonique / canonique (... ?) etcetera / [behi] / on passe pour euh / paragraphe suivant / qui euh / nous donne une description microcanonique d'un système de particules identiques sans interaction mutuelle / .. [behi] / .. ici on considère un système thermodynamique / .. un système thermodynamique tel que E est constante / .. on note N i le nombre de particules occupées / .. occupant un niveau d'énergie individuel E i / supposé dégénérer g i fois / (COUPURE)
- je salue mes chers collègues (RIRB) / .. je présente mon cours de statistique des

- particules et système de particules identiques euh ma collègue va présenter les généralités donc l'introduction sur la mécanique classique . qu'est ce qu'elle nous dit ( ?)
- 245 K bon . euh . mécanique classique . deux particules identiques . on p on peut définir une trajectoire les particules sont discernables
- 246 H donc on (peut prendre ?) de la mécanique classique et même conclure que deux particules identiques . on peut les sont discerner . on peut les...
- 247 K sont discernables . on peut définir une trajectoire .
- 248 IT [behi] pour la mécanique quantique qu'est ce qu'on peut dire ( ?)
- 249 K pour la mécanique quantique on ne peut pas définir une trajectoire . on définit une fonction d'onde . euh . c'est tout .
- 250 H [le/behi] la notion de trajectoire \
- 251 K \ n'est pas définie
- 252 IT définit et c'est le principe d'Indiscernabilité qui est ( ?) dans la mécanique quantique . [behi] abordons l'énoncé du postulat de symétrie pour les bosons . et statistique de Bose-Einstein . les particules sont... symétriques . par rapport à l'échange des particules . ( . ?)
- 254 IT euh... dans ce... dans ce postulat on distingue deux particules qui sont les bosons et les fermions . les bosons sont caractérisés par l'état plus . euh... ce sont des particules . qui ont . comme fonction d'onde . symétrique . d'où c'est la statistique de Bose Einstein qui est ( ?) ici . pour les fermions c'est le l'état moins . euh . et c'est la statistique de Fermi Dirac . leur fonction d'onde est antisymétrique . [behi] . on peut dire que . les bosons . ont . un spin . (égal à) un . exemple on peut... citer les photons . qui sont des particules de jauge . pour les fermions c'est l'exemple euh pour les fermions ils ont un spin un demi et c'est l'exemple des leptons euh comme les électrons et les muons euh... [kahaw] . on passe au (paragra) au deuxième paragraphe . la construction des états physiques . pour N particules identiques sans interaction mutuelle .
- 255 K on va voir . la fonction d'onde de bosons . des fermions .
- 256 H ( . ?)
- 257 K ( . ?) bon . euh . fonction d'onde des bosons . psi 1 2 jusqu'à N égale 1 . sur racine de N factoriel somme de fi 1 alpha . jusqu'à fi alpha N de N . on prend toutes les permutations possibles . \
- 258 IT \ ici le facteur 1 sur racine de N factoriel présente \ le facteur d'indiscernabilité et la somme (N ?) \ sur toutes les
- 259 K \ facteur d'indiscernabilité
- 258 H permutations \ possibles . la particule . alpha 1 . peut prendre l' : état 1 . etcetera
- 260 K \ possibles
- 258 IT on permute \ les états [e] behi] . pour un nombre quelconque de bosons
- 261 K \ ( . ?)
- 258 IT identiques euh un nombre de bosons quelconque identiques peut occuper occuper un même état individuel . c'est . la conclusion qu'on peut . souligner ici . pour ce euh . pour les bosons . un nombre de bosons identiques . peut occuper . un même état individuel . pour les fermions . on utilise . une autre méthode . qui est . le déterminant de Slater . leur fon . leur fonction d'onde . est antisymétrique . c'est-à-dire c'est une combinaison linéaire de fi alpha 1 jusqu'à

- fi alpha N qui s'écrit psi de 1 jusqu'à N égale 1 sur N euh c'est le facteur d'indiscernabilité fois le déterminant de Slater le déterminant de Slater est construit ici une ligne présente les particules euh une particule donnée exemple alpha 1 la première ligne et les colonnes présentent euh les états de chaque particules donc euh pour les bosons on peut dire que l'échange de deux particules se traduit par l'échange de deux colonnes d'où euh l'introduction du principe de Pauli
- 262 K principe de Pauli un déterminant c'est égal à 0 si deux lignes sont identiques (fermions ?) fi 1 jusqu'à N est égal à 0
- 263 H donc la fonction d'onde est nulle
- 264 K est nulle
- 265 H si le déterminant égal à 0 c'est à dire que les deux lignes sont identiques [héhé]
- 266 K euh un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plus c'est-à-dire un état occupé par un
- 267 H ( )
- 268 K fermion
- 268 H la principale conclusion qu'on peut donner ici pour les fermions c'est que le même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques c'est le cas contraire des bosons les bosons eux euh ils peuvent occuper euh tous les bosons identiques peuvent occuper le même état individuel d'où on trace un diagramme qui euh récapitule tous ces résultats qu'on a pu souligner dans dans cette introduction pour les bosons on peut dire qu'il y a une attraction quantique tous les euh tous les bosons les N bosons occupent un même état c'est l'état fondamental E 0 et ça c'est pour une température de 0 kelvin et pour les fermions qu'est ce qu'on dit ( ?)
- 269 K il y a une répulsion quantique euh l'énergie des fermions de l'état final chaque état correspond à un état individuel

- 270 F pour les fermions : chaque euh ([beli] ?) chaque fermions prend un état euh : qui qui lui est caractéristique euh de E=0 de l'état fondamental jusqu'à l'état final : cet état final est euh il présente l'énergie de Fermi : et c'est la répulsion quantique qui est euh \
- 271 K \ (. ?)
- 272 H (. ?) qui est (. ?) ici : (COUPURE) donc on va essayer de rédiger : les idées et les points qu'on a cités précédemment euh dans pour le cours de statistique des particules : système de particules identiques euh précédemment euh (red) euh : étudié abordons euh les généralités : dans les généralités on voit bien : deux systèmes : qui sont la mécanique classique et la mécanique quantique : euh : donc on peut dire : que : pour la : mécanique classique :
- 273 K (. ?) : (COUPURE) ben il y a euh
- 274 H qu'est ce que tu proposes de faire ( ?)
- 275 K dans le cas de la mécanique quantique cadre de la mécanique quantique flèche cadre de la mécanique quantique il y a les bosons flèche bosons \ euh flèche
- 276 F \ [ble] flèche on doit rédiger : (. ?) donc on doit rédiger : ce flèche [ma f'cha] c'est \ une
- 277 K \ [ma f'cha]



- 295 H  $\Psi$  sont caractérisés par une fonction d'onde classique, c'est à dire, en utilisant le facteur d'indiscernabilité et en permutant les positions avec les euh les particules, euh, c'est une fonction d'onde qui est définie ainsi: 1 sur racine de N factoriel fois la somme de, fi alpha 1 à la position 1, jusqu'à, fi alpha N à la position N, ou peut... conclure, de ce paragraphe, que pour les bosons, ils ont un nombre, quelconque, pour un nombre de bosons, pour un nombre quelconque de bosons identiques, euh, ils peuvent occuper un même état individuel, un nombre de bosons identique peut occuper un même état individuel, donc, \ ou (.. ?) .. ce paragraphe +
- 296 K  $\Psi$  (.. ?)
- 297 H [beli] on indique que, [waha] ou précise (?), que les bosons, les bosons euh caractérisés \ par
- 298 K
- 299 H  $\Psi$  sont caractérisés [ej] sont caractérisés caractérisé .. par une fonction d'onde .. donc, qui est, qui est définie comme la permutation, ou comme euh, la somme de, de toutes les permutations possibles, fonction d'onde \ somme .. fonction d'onde, entre parenthèses, toutes les, permutations
- 300 K  $\Psi$  (.. ?)
- 299 H possibles, toutes les permutations, possibles, alors que, pour, les fermions, c'est le cas contraire, on utilise le le déterminant de Slater, car la fonction d'onde est un peu, euh:, difficile à traiter, \ euh::, de la même façon que les
- 301 K  $\Psi$  euh::

- 299 H bosons . on utilise le déterminant de Slater . euh . qui est défini comme . ainsi . la ligne . est occupée . par . une seule . particule . qui . change de position . et . la : colonne . euh : . est . définie comme . un état donné avec une particule ([maféalan] ?) une particule change . qui change . donc . on a dit alors que pour les fermions *on utilise le déterminant de Slater* . le déterminant de Slater . on a dit que . la ligne . les lignes . sont occupées . par . des particules données . et les colonnes . par les états . par les différents états . de ces particules . [bchi] . euh . on peut dire que . pour les fermions . l'échange de deux particules se traduit . euh . par l'échange de deux colonnes . donc . l'échange . en concis . que pour les fermions . l'échange . de deux particules . se traduit . par l'échange de deux colonnes . normalement . on peut citer ici l'utilisation du principe de Pauli . principe d'exclusion de Pauli . euh . c'est à dire un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions (COUPURE) donc si on peut récapituler ce qu'on a dit . euh pour les bosons . ce sont des particules de spin . entier caractérisées par une fonction d'onde symétrique d'où l'utilisation de la statistique de Bose-Einstein . donc on peut dire que pour les bosons . pour les bosons . euh . sont caractérisés par une fonction d'onde . qui présente toutes les permutations possibles . euh . et que . un nombre quelconque . de bosons identiques peut occuper un même état individuel . dans ce cas . ce que on ce qu'on peut dire . c'est qu'il y a attraction quantique . c'est à dire que tous les bosons occupent le même état fondamental . alors que pour les fermions . euh . d'après le principe d'exclusion de Pauli . qui
- 302 K ) répulsion
- 299 H . nous dit que . un même état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions identiques ou plus . d'où chaque fermions .

---

		prend un son (ét) euh prend son état (carac) caractéristique ... et: ... le phénomène observer ici ... c'est le phénomène de répulsion quantique ... (.. ?) l'énergie ... euh ... observer ici c'est l'énergie de Fermi ... correspondant à l'énergie $E_F$ ... (.. ?) [belu] ... (.. ?)
303	K	(.. ?)
304	II	bon (BAS) [hne] ... celui qu'on utilise (.. ?) ... donc pour les fermions ... <i>pour les fermions ... on utilise le principe d'exclusion de Pauli</i> ... le: ... [iQu] euh (.. ?) ... <i>un même état ... quantique ... individuel</i> ... ne peut pas être occupé simultanément par deux fermions donc ... <i>ne peut pas ... être ... occupé ... simultanément ... par deux fermions identiques ... d'où ... c'est le phénomène ... de répulsion quantique ...</i> [belu] ... on revient à ce qu'on a dit pour les bosons et on précise que c'est le phénomène d'attraction quantique \
305	K	(.. ?) c'est le cas contraire de bosons:
306	H	(.. ?)
307	K	attraction quantique (.. ?)
308	H	luna ... (.. ?) (BAS) on précise que pour les bosons ... caractérisés par une fonction d'onde ... toutes les permutations possibles ... alors que pour [le ... lehne] ... <i>c'est le phénomène ... d'attraction quantique</i> ... et c'est tout (FIN)

## G4- TC scan

---

② Développement des idées et des p<sup>ts</sup> saillants :

on part d'abord qu'en mécanique classique les particules sont discernables et c'est le cas de la notion de trajectoire (tandis que dans le cas de la mécanique ondulatoire (sans de trajectoire), on définit une fonction d'onde  $\psi(x,t)$  car que les particules sont indiscernables d'où l'utilisation du principe d'indiscernabilité.

on distingue 2 type de particules

• les Bosons : ce sont des particules de spin entier caractérisées par une fct d'onde sym d'où l'utilisation de la statistique de Bose-Einstein.

• les fermions : ce sont des particules de spin demi-entier caractérisée par une fct d'onde antisym. et c'est la statistique de Fermi-Dirac.

on indique (précise) que les bosons sont caractérisés par une fonction d'onde ( toutes les permutations possibles ) / alors que pour les fermions on utilise le déterminant de Slater : les lignes sont occupés par des particules données et les colonnes par les  $n$  états de ces particules. on conclut que pour les fermions l'échange de 2 particules se traduit par l'échange de 2 colonnes.

pour les fermions on utilise le principe d'exclusion de Pauli : son état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par 2 fermions identiques d'où c'est le phénomène de Répulsion quantique.

#### G4- TC marqué

- (1) // + Développement des idées et des pts cités //
- (2) // on peut dire que pour la mécanique classique les particules sont discernables //
- (3) // et c'est à cause de la notion de trajectoire //
- (4) // tandis que dans le cas de la mécanique quantique ( pas de trajectoire ) on définit une fonction d'onde  $\psi(x, t)$  //
- (5) // cad. que les particules sont indiscernable //
- (6) // d'où l'utilisation du principe d'indiscernabilité //
- (7) // on distingue 2 types de particules //
- (8) // les Bosons // // ce sont des particules de spin entier // caractérisées par une fonction d'onde sym //
- (9) // d'où l'utilisation de la statistique de Bose-Einstein //
- (10) // les Fermions // // ce sont de particules de spin demi-entier // caractérisée par une fonction d'onde antisym //
- (11) // et c'est la statistique de Fermi dirac //

## Page 2

- (12) // on indique ( précise ) que les bosons sont caractérisés par une fonction d'onde //
- (13) // ( toutes les permutations possibles ) //
- (14) // c'est le phénomène d'attraction quantique //
- (15) // alors que pour les Fermions on utilise le déterminant de Slater //
- (16) // les lignes sont occupées par des particules données et les colonnes par les autres états de ces particules //
- (17) // on conclut que pour les fermions l'échange de 2 particules se traduit par l'échange de 2 colonnes //
- (18) // pour les fermions on utilise le principe d'exclusion de Pauli //
- (19) // un état quantique individuel ne peut pas être occupé simultanément par 2 fermions identiques //
- (20) // d'où c'est le phénomène de Répulsion quantique //

## G4- Scan brouillon

---

Statistique des particules.  
 système de particules identiques  
 Généralités

- mécanique classique : 2 particules identiques  $\rightarrow$  distinguable  
 (trajectoire)
- mécanique quantique : pas de notion de trajectoire  
 on définit un paquet d'onde  $|\psi(\mathbf{r}, t)|^2$   
 $\rightarrow$  principe d'indiscernabilité.

1) Espace des états de sym :

- les bosons  $\rightarrow$  états de Bose-Einstein
- les fermions  $\rightarrow$  de Fermi-Dirac
- les spins  $\frac{1}{2}$  ex : les leptons, les  $e^-$ , le  $\mu$
- les  $s=1$  (photon) = particules de jauge

II. Construction des états physiques (N particules id.  
 sans interaction mutuelle) :

$$H = \sum_i h_i(i) \quad \rightsquigarrow \text{hamiltonien individuel}$$

$$H|\psi_N\rangle = E|\psi_N\rangle \quad E = \sum_{i=1}^N \epsilon_i(i)$$

état d'onde  $\rightarrow \psi_{\mathbf{k}_1}(\mathbf{r}_1) \times \dots \times \psi_{\mathbf{k}_N}(\mathbf{r}_N)$ .

a/ bosons

$$\Psi(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum \psi_{\alpha_1}(x_1) \dots \psi_{\alpha_N}(x_N)$$

on prend toutes les permutations possibles.

⇒ un nb<sup>re</sup> qd de bosons identiques peuvent occuper un m<sup>ême</sup> état individuel

b/ fermions : on utilise le det de Slater

⇒ combi. linéaire  $\psi_{\alpha_1}(x) \dots \psi_{\alpha_N}(x)$  antisym

$$\Psi(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \psi_{\alpha_1}(x_1) & \dots & \psi_{\alpha_N}(x_1) \\ \vdots & & \vdots \\ \psi_{\alpha_1}(x_N) & \dots & \psi_{\alpha_N}(x_N) \end{vmatrix}$$

une particule  
à la fois

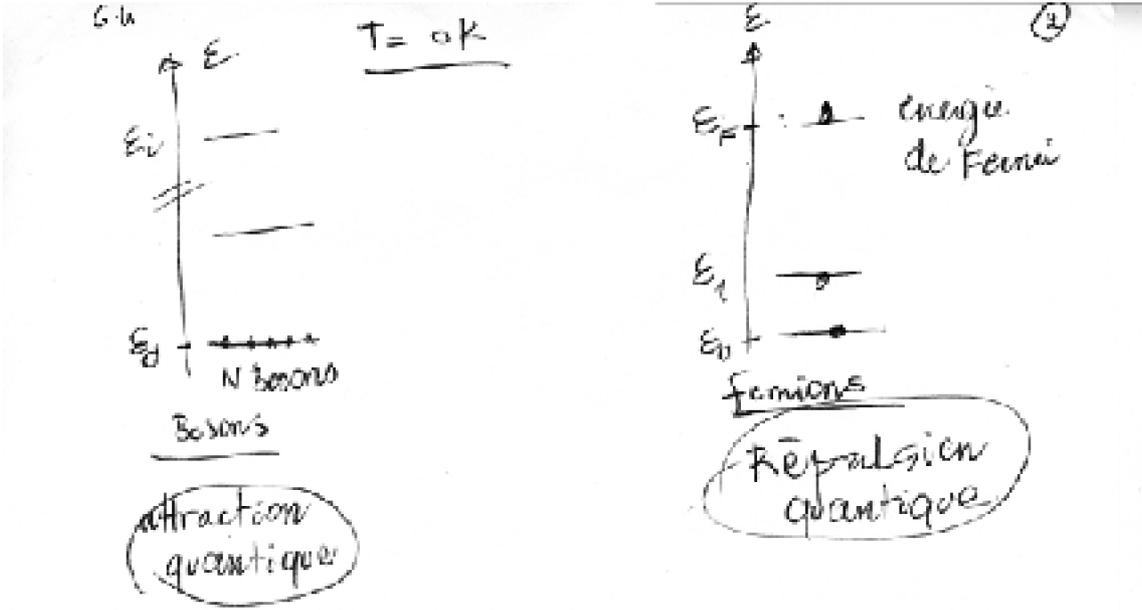
état donnée.

⇒ l'échange de 2 particules se traduit par l'échange de 2 colonnes

Principe de Pauli

un det = 0 si 2 lignes sont identiques (fermion)  
 ⇒  $\Psi(x_1, \dots, x_N) = 0$

⇒ un m<sup>ême</sup> état quant. indivi. ne peut pas être occupé simultanément par 2 fermions identiques ou plus



**G4- Transcrip brouillon**

(1). Statistique des particules .

système de particule identique

Généralités

(2). mécanique classique : 2 particules identiques → discernables  
(trajectoire)

(3). mécanique Quantique : pas de notion de trajectoire

on définit un paquet d'onde  $|\psi(x,t)|^2$

→ principes d'indiscernabilité

(4) I) Enoncé du Post(+)ulat de sym :

(5) les Bosons → statis. de Bose - Einstein

(6) les fermions → // de Fermi - Dirac

(-)

(7) spin  $\frac{1}{2}$  ex : les leptons, les  $\bar{e}$ , le muons

(8) → s=1 ( photon ) : particules de Jauge

(9) II. Construction des états physique (N particules id. sans interaction mutuelle) :

(10)  $H = \sum_i h(i)$  → hamiltonien individuel.

$$(11) H | \ell_{\alpha} \rangle = \varepsilon | \ell_{\alpha} \rangle \qquad (12) E = \sum_{i=1}^N \varepsilon c_i$$

$$(13) \text{Fct d'onde} \rightarrow \ell_{\alpha 1}(1) \times \dots \times \ell_{\alpha N}(N)$$

(14) a/ bosons

$$(15) \psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_P \rho_{\alpha 1}(1) \dots \rho_{\alpha N}(N)$$

(16) on prend toutes les permutations possibles.

(17)  $\Rightarrow$  un nombre quel que de Bosons identiques peuvent occuper un état individuel

(18) b/ fermions : (19) on utilise le det de Slater

(20)  $\Rightarrow$  combi linéar  $\rho_{\alpha 1}(1) \times \dots \times \rho_{\alpha N}(N)$  antisym

(21)

$$\Psi(1, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \begin{vmatrix} \rho_{\alpha 1}(1) & \dots & \rho_{\alpha 1}(N) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{\alpha N}(1) & \dots & \rho_{\alpha N}(N) \end{vmatrix}$$

$\swarrow$   
 une particule  
 $\propto 1$

$\nwarrow$   
 état donnée

(22)  $\Rightarrow$  l'échange de 2 particules se traduit par l'échange de 2 colonnes

(23) Principe de Pauli

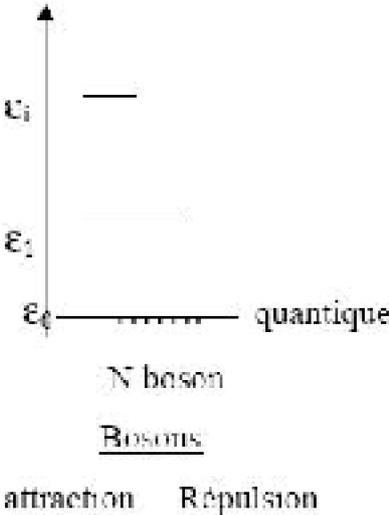
(24) un det = 0 si 2 lignes sont identiques (fermion)

(25)  $\Rightarrow \Psi(1, \dots, N) = 0$

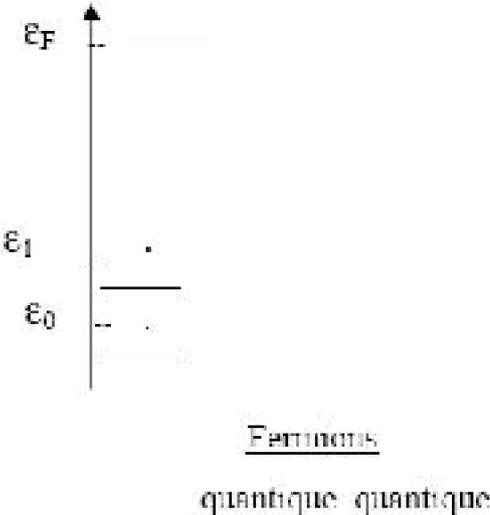
(26)  $\Rightarrow$  un  $n^{\text{em}}$  état quant. indivi. ne peut pas être occupé simul. par 2 fermions identiques ou plus

(27) T=0K

(28)



(29)



# Annexe G7

## Transcription G7

- 1 K [raw be] nöakru aйна el dars) (?)
- 2 M ou
- 3 K hum [behi] enih statistique du système particules identiques généralités [behi] introduction deux particules sont dites identiques si tous ces propriétés intrinsèques [ma fneha] intérieurs
- 4 M hum
- 5 K sont les mêmes ils jouent le même rôle [ma fneha] toutes [ma fneha howa fana] la propriété intrinsèque [jena sem jekun el] masse [waha el] charge [waha el] spin ok (?)
- 6 M hum
- 7 K en mécanique classique [behi fana] à t égale à 0 les particules par exemple numéro 1 est représentée par  $r_0$  sigma 0 tel que  $r_0$  repère la position sigma 0 repère l'état de spin [behi] la particule numéro 2 est particule qui est repérée de même  $r_0$  sigma 0 à t supérieur à 0 la particule numéro 1 est repérée par  $r_0$  de t sigma 0 de t la particule numéro 2 est repérée par  $r$  prime 0 de t sigma prime 0 de t donc pour t supérieur à 0 toutes les (part) les particules ne gardent pas les mêmes propriétés vu qu'on a pour la particule numéro 1 les  $r_0$  de t sigma 0 de t [we] la (pa) la particule numéro 2 est repérée par  $r_0$  prime de t sigma prime 0 de t alors on conclut bien qu'on peut définir la trajectoire d'une particule à partir des conditions initiales qui sont  $r_0$  sigma 0 vu qu'on a qu'on peut mesurer simultanément ces deux grandeurs la position  $r_0$  et sigma 0
- 8 M

- 9 K conclusion en mécanique classique : deux particules identiques sont discernables . vi euh vu que chaque euh , que chacun est défini par (un ?) trajectoire . [heh] , en mécanique quantique (COUPLURE) : statistique des systèmes de particules identiques généralités : introduction : deux particules sont dites identiques si tous ses propriétés intrinsèques , sont , les mêmes . c'est-à-dire , ils jouent le même rôle , parmi ces propriétés on trouve la masse , charge et le spin , exemple de particules identiques , électrons protons , et les atomes d'hydrogènes dans l'univers . en mécanique classique , pour  $t$  est égal à 0 , la particule numéro 1 par exemple est repérée par  $(r_0, v_0)$  tel que  $r_0$  , repère la position ... et  $v_0$  , repère la vitesse , et la particule numéro 2 est repérée par  $r_0$  de même  $r_0$  prime et ,  $v_0$  prime , pour  $t$  supérieur à 0 , la particule numéro 1 est repérée par  $r_0$  de  $t$  et  $v_0$  de  $t$  , et la particule numéro 2 , est repérée par  $r_0$  prime 0 de  $t$  et  $v_0$  prime de  $t$  , alors on conclut bien , qu'on peut définir la trajectoire d'une particule à partir des conditions initiales , vu , qu'on peut mesurer , simultanément ,  $r_0$  et  $v_0$  . conclusion en mécanique classique deux particules identiques sont discernables , vu que chacun défini par un trajectoire .
- 10 M (...?)
- 11 K (un trajectoire ?) +++ mais en mécanique quantique , la notion de la trajectoire n'a pas de sens , on ne peut définir , qu'un , paquet d'onde qui définit bien l'état d'une telle particule , il est caractérisé par la densité de

- probabilité  $|\psi(r, t)|^2$  .  $|\psi(r, t)|^2$  au carré est appelée densité .
- 12 M caractéristique \
- 13 K \ caractéristique du paquet d'onde ou amplitude de probabilité  
 $|\psi(r, t)|$  module . module de  $|\psi(r, t)|^2$  au carré c'est la probabilité de trouver la particule à une distance  $r$  dans un temps  $t$  . [ekléb]
- 14 M [le akahaw]
- 15 K ( ? ) principe d'indiscernabilité en mécanique quantique . deux . particules identiques . sont deux particules indiscernables . grand deux . postulat de symétrisation . petit un . symétrie de la définition d'onde d'un système de particules identiques . par rapport . à l'échange des états des deux particules . soit un système . de  $N$  particules ...
- 16 M on définit un système de  $N$  particules [ma (meha)] ( ? )
- 17 K oui .
- 18 M (cons) considération
- 19 K le système c'est la somme des  $N$  particules . qui sont identiques . exemple . molécule . qui n'est autre que la somme des particules .  $\alpha_1$  .  $\alpha_2$  jusqu'à  $\alpha_N$  .  $\alpha_1$  . représente l'état individuel de la particule numéro 1 +  $\alpha_2$  .  $\alpha_3$  (admit) au repère euh .  $\alpha_i$  est repérée par quatre coordonnées . telles que . trois coordonnées de l'espace  $x$   $y$   $z$  et une coordonnée qui indique l'état de spin  $\sigma_i$  . (BAS)  $\alpha_i$  ( . ? ) par  $\psi_i$  .  $\sigma_i$  .  $\sigma_i$  . sa fonction d'onde du système telle que  $\psi$  de 1 .  $\alpha_1$  .  $\psi$  de 2 .  $\alpha_2$  jusqu'à .  $\alpha_i$  . et  $N$   $\alpha_N$  . la fonction d'onde qui décrit l'état du système quantique . c'est la fonction  $\psi$  de 1 .  $\alpha_1$  . particule  $N$   $\alpha_N$  ... la particule 1 est caractérisée par l'état quantique  $\alpha_1$  . qui représente de même la cellule quantique . la particule  $\alpha_i$  . représente l'état quantique  $i$  . qui représente de même la cellule quantique  $i$  . [héhé] . notez bien . la permutation des états de ces . deux particules . laisse invariant . la fonction d'onde . la permutation . des états . de ces . particules . laisse invariant . la densité . de probabilité .  $|\psi$  de 1 .  $\alpha_1$  .  $\alpha_i$  module au carré ... suit l'opérateur  $P_{ij}$  . hum ( ? )
- 20 M opérateur d'échange des états . de  $i$  et  $j$  .
- 21 K \ l'opérateur responsable de (l'a)  
 l'opération de l'échange des états . de  $i$  et  $j$  particules . elle est définie de la manière suivante . tel que ...  $P_{ij} \psi$  de 1  $\alpha_1$  .  $\alpha_i$  . et  $i$   $\alpha_j$  .  $N$   $\alpha_N$  . est égale à  $\psi$  de 1  $\alpha_1$  .  $\alpha_j$  et  $j$   $\alpha_i$  .  $N$  .  $\alpha_N$  . l'opérateur  $P_{ij}$  admet la propriété suivante . elle est hermitique . c'est-à-dire .  $P_{ij}$  est égale à  $P_{ji}$  . et son carré représente l'identité c'est à dire  $P$  carré  $ij$  est égale à l'identité . équation aux valeurs propres .  $P_{ij} \psi$  . tel que  $\psi$  est le vecteur état du système . est égale à  $\lambda \psi$  .
- 22 M et avec son ... ses valeurs propres sont  $\lambda$  égale plus ou moins 1 .
- 23 K hum . on va le démontrer hum . on a .  $P_{ij} \psi$  . est égale à  $\lambda \psi$  . en appliquant . le bras .  $\psi$  . sur . l'opérateur  $P_{ij}$  . on aura .  $\psi \lambda$  .  $\psi$  . or . (ket ?)  $\psi$  . est . normée . donc .  $\psi$  . bras fois  $\psi$  (ket ?) est égale à 1 . ce qui donne que 1 est égale à  $\lambda$  module de  $\lambda$  au carré . donc  $\lambda$  est égale à plus ou moins 1 . ce sont les valeurs propres de .  $P_{ij}$  . [héhé] . donc . on aura . qu'au cours d'une permutation . de deux états quantiques . on a un

- changement de la fonction d'onde soit qu'elle est positive ou négative vu que  $\lambda$  est égale à plus ou moins 1 .
- 24 M hum .
- 25 K et ceci du à l'indiscernabilité des particules + petit deux . énoncé du postulat de symétrisation . les états physiques d'un système de particules identiques ne peuvent être que symétrique c'est-à-dire plus . où  $\lambda$  est égale à 1 . ou antisymétrique . c'est-à-dire moins . où  $\lambda$  est égale 1 ... et on parle de symétrisation c'est toujours par rapport . à l'échange des deux états des particules . lors d'une permutation des deux particules . les fonctions d'onde ont une propriété bien déterminée lors d'une permutation . dans la nature il existe deux types de particules . si la fonction d'onde du système est symétrique ce sont des bosons ++ bosons . il obéit à la loi de Bose-Einstein . et si la fonction d'onde . du système est antisymétrique . ce sont des fermions . il obéit à la statistique . de Fermi-Dirac ... petit a . les fermions . tout particule admet un spin un demi entier tel que un demi 3 demi 5 demi . exemple . proton . électron . neutron . ou les leptons ... aussi tous les particules composées d'un nombre impair de fermions telles que le noyau de l'hélium ... l'hélium le noyau de l'hélium est composé de 2 neutrons . et 2 protons . vu que chaque proton admet un spin un demi . donc on aura dans le noyau un spin . 2 . il est entier . donc le noyau de l'hélium est un fermion + (COUPURE)
- 26 M attendez monsieur euh Kamel vous avez fait une faute euh (RIRE) le fermion et l'hélium deux
- 27 K hum
- 28 M il y a contradiction \ (... ?) hélium 3
- 29 K \ ah oui oui oui c'est l'hélium 3 oui l'hélium 3 est composé de 2 protons . plus 1 neutron . ce qui donne vu que le proton admet un spin un demi . un demi fois 2 ça fait 1 plus un demi . le spin un demi du neutron . qui est un demi . un demi plus 1 ça fait 3 demi . le spin du noyau est un demi entier . donc . le noyau hélium 3 \
- 30 M \ est un fermion
- 31 K est un fermion voilà – petit b . les bosons . tout particule admet un spin entier . tel que . s égale 0 1 2 3 exemple . particule de Jauge . ou . photon . s est égale à 1 sont . euh . tel que les photons sont les messagères des ondes électromagnétiques . il y aussi les bosons intermédiaires . w<sup>+</sup> et w<sup>-</sup> et z<sup>0</sup> . il y a aussi les phonons dont le spin est égale à 1 . sont les messagères des ondes acoustiques ou les ondes élastiques dans l'état solide . les particules qui admet un nombre pair de fermions exemple noyau de l'hélium 4 voilà j'ai fait une confusion . hélium 4 il est composé de 2 protons plus deux neutrons . on a dit d'avantage que . chaque proton admet un spin un demi . donc le spin du noyau c'est égale à 2 . il est un spin entier . donc le système noyau de l'hélium 4 . est un boson + grand trois ... construction d'un état physique euh d'un système de N particules identiques . sans interaction mutuelle particules libres . c'est-à-dire on va faire l'étude . des N particules . qui sont . faiblement couplées . généralité . l'hamiltonien du système de N particules . tel que Il est égale à la somme de h i . h i c'est . l'hamiltonien . individual . de chaque . particule . tel

- que  $i$  allant de 1 jusqu'à  $N$  . dans l'espace de états . (d'heilbert ?) . dans l'espace des états (gilbert ?) .  $E$  : l'équation au valeurs propres . s'écrit  $h . \hat{f}$  de alpha . égale .  $\epsilon$  : l'expression de  $f$  de alpha . tel que  $\epsilon$  : c'est l'énergie d'un état individuel .*
- 32 M (...) euh considéré comme euh . oscillateur harmonique euh
- 33 K (ah non ?) pour le moment euh . (c'est pourquoi ?) ( ?)
- 34 M euh . par l'équation de: l'hamiltonien .
- 35 K euhum .
- 36 M c'est: comme euh . pour euh . l'oscillateur harmonique
- 37 K euhum peut être [ena] je suis ( ?) . [heōja] l'expression en valeur propre euh ( ?)
- 38 M il est euh il est h i ( ?)
- 39 K euhum
- 40 M (...) +
- 41 K c'est pas d'avantage que les particules (sont libres ?) qu'ils font le même mouvement . le mouvement oscillatoire . le mouvement... . d'aller retour d'un ensemble de particules identiques . c'est pas d'avantage que les particules (sont libres ?) .
- 42 M mais on peut le : euh .
- 43 K hein ( ?)
- 44 M le faire comme euh oscillateur harmonique
- 45 K oui (...) oui oui
- 46 M ou va: euh les voir tout de suite [haj] . (COULPUE)

- 46 M on voit en effet les voir tout de suite [ha] . (COUPURE)
- 47 K bon on entame l'équation en valeur propre du système telle que la  $\psi$  de  $\alpha$  est égale  $\epsilon$  .  $\epsilon$  de  $\alpha$  , telle que  $\epsilon$  est le niveau énergétique de chaque particule =  $\epsilon$  est égale à  $\epsilon_0$  ou  $\epsilon_1$  jusqu'à  $\epsilon_\alpha$  , tel que  $\alpha$  , c'est le nombre , des états quantiques\_ à condition , d'avoir ,  $\epsilon_0$  inférieur à  $\epsilon_1$  , inférieur .. à  $\epsilon_2$  , et inférieur à  $\epsilon_\alpha$  ..  $\psi$  de  $\alpha$  , c'est un état individuel +  $E$  , est égale ,  $E$  de 1 .. produit tensoriel  $E$  de 2 , jusqu'à produit tensoriel  $E$  de  $N$  , tel que ,  $E$  , de 1 , c'est l'espace (d'hilbert ?) , pour la particule 1 ... et (vi) et vu que les particules sont identiques donc l'espace totale de leur système c'est le produit tensoriel des différents espaces des particules ... un état de particule de système euh , sera engendré par , les  $\psi$  , par la  $\psi$  , 1  $\psi$  de  $\alpha$  jusqu'à  $N$   $\psi$  de  $\alpha$   $N + 1$  et le système vérifie deux équations telles que  $H$  énergie totale du système , est égale à  $\epsilon_1$  , plus ,  $\epsilon_2$  , jusqu'à  $\epsilon_N$  , et , la fonction d'onde système ,  $\psi$  , est égale à  $\psi$  de  $\alpha$  1 , 1 fois  $\psi$  de  $\alpha$  2 , 2 , fois ,  $\psi$  de  $\alpha$   $N$  ,  $N + 1$  \ (.. ?)
- 48 M ) on a fait la somme euh de même on a fait la somme euh des énergies  $E_1$  plus  $E_2$  plus euh , (s) cette condition valable pour tous les particules ou les particules identiques discernables ou indiscernables .
- 49 K oui
- 50 M oui \
- 51 K ) à condition qu'ils sont libres sans interaction c'est à dire chaque état individuel est coupé de l'autre , donc ,  $E$  , la somme , des , énergies

- individuelles, et  $\psi$  c'est le produit tensoriel de tous les états du système.
- 52 M qui...
- 53 K petit deux, fonction d'onde du système de  $N$  bosons, la fonction d'onde, doit  
 doit satisfaire le postulat de symétrie, il doit être symétrique en  
 permettant les états de la fonction  $\psi$ ... considérons la combinaison linéaire  
 suivante:  $\psi$  de 1 2 jusqu'à  $N$  est égale, 1 sur racine, de  $N$  factoriel, la  
 somme, sur  $P$ ,  $f_i$  de  $\alpha - 1$  1 jusqu'à  $f_i$  de  $\alpha, N$ .
- 54 M  $\setminus$  de la particule  $N$ ,  
 (...?) particule,  $\alpha$ ...
- 55 K La somme sur  $P$  représente la somme, sur toutes les permutations  
 (possibles) possibles, dont le nombre est,  $N$  factoriel, nombre des  
 permutations possibles est  $N$  factoriel, donc pour que la fonction d'onde  $\psi$   
 du système soit, euh normée, il faut diviser, la somme, des états sur,  $f_i$  de  
 $\alpha$  euh sur euh...  $f_i$  de  $\alpha$ , par, un sur racine, de  $N$  factoriel, vu que  
 $\psi$  de 1 2, jusqu'à  $N$ , c'est égale, normalement à,  $N$  factoriel, fois,  $f_i$  de  
 $\alpha - 1$ ,  $f_i$  de  $\alpha - 1$  jusqu'à,  $f_i$  de  $\alpha$ ,  $N$ . donc pour que  $\psi$  de 1  $\psi$   
 de 1 2 jusqu'à  $N$  soit normée, il faut, que, on divise par  $N$  factoriel... soit  
 trois bosons, pourront occuper trois états individuels différents tels que  $\alpha$ ,  
 $\beta$  et  $\omega$ , on suppose que  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\omega$  différents de  $\beta$ ,  
 différent de,  $\omega$ ,  $\psi$ , la qu'on  $\psi$  s'écrit, 1, sur racine de 3 factoriel, et  
 on aura, six états  $\setminus$  différents
- 56 M  $\setminus$  six euh six termes
- 57 K six termes différents
- 58 M hum
- 59 K tels qu'on a puisqu'on a, 3 factoriel.
- 60 M hum, combinaison des trois termes euh différents

- 60 M hum , combinaison des trois termes eux différents
- 61 K voilà ! donc vu que nombre de permutations égale à six , donc , on aura six termes [béni] deuxième cas , si est alpha égale à bêta , différent de \omega
- 62 M \omega
- 63 K on aura *psi* , la *quête psi du système est égale 1 sur racine de 3* , et on aura *psi* s'écrit combinaison linéaire de  $\sqrt{3}$  , quêtes .
- 64 M pourquoi on a fait 3 eux sur 3 ici ( ? )
- 65 K vu que alpha est égale à bêta donc , nombre de permutations ça diminue eux , dans le premier cas on a 3 factoriel , c'est pourquoi on a (5) nombre de permutation , c'est six , [anta] on a trois termes différents , et nombre de permutations c'est deux .
- 66 M trois fois deux ça va donner six .
- 67 K on a dans ce cas , deux termes différents , vu que alpha est égale à bêta ,
- 68 M comme on a alpha eux différent de bêta et c'est tout
- 69 K voilà , on a alpha est égale à bêta , mais les deux , considérons le deux comme un seul terme , différent de *oméga* , on a deux termes différents et nombre de permutations c'est deux , ça va donner , trois termes [lelne] , dans ce cas c'est trois termes .
- 70 M je n'ai pas compris
- 71 K bon , on va refaire ... dans ce cas on a 3 factoriel , vu que nombre de permutation , est égale à six , c'est 3 factoriel vu que [anta] 1 sur racine de N

- factoriel .
- 72 M oui
- 73 K bon ce terme représente ce terme représente c'est le nombre (demra) euh  
 nombre des... euh... des états individuels différents . on a *alpha différent de*  
*bêta différent de* . *oméga* .
- 74 M oméga oui .
- 75 K on a trois . *états différents* et le nombre de permutations (COUPURE) [heh]  
*ce 3 factoriel c'est égale* . à 6 . *donc on aura six* . *permutations différentes* .  
 donc six états différents . ces trois ce trois factoriel d'où vient elle ( ? ) on  
 a *alpha différent de bêta différent de oméga* . on a donc trois . trois états  
*différents* . ok ( ? )
- 76 M oui
- 77 K et . et on peut permuter . on (p) on peut . [um [ncha] par opération . faire . **une**  
**seule** permutation . changer la position de deux particules . ok ( ? )
- 78 M hum
- 79 K et donc on va on doit multiplier par deux . ok ( ? ) c'est comme on va utiliser  
 \ hum
- 80 M
- 79 K la combinaison .  $C^3_1$  . ok ( ? )  $C^3_1$  . ça va donner . 3 factoriel . sur 1  
*factoriel* . 3 moins 1 factoriel .
- 81 M oui
- 82 K ok ( ? ) qu'est ce que ça donner . 3 factoriel . sur .
- 83 M 2 factoriel
- 84 K 2 factoriel . voilà .
- 85 M est égale à 3 (RIRE)
- 86 K (RIRE)
- 87 M (RIRE) ( ? ) [ [awedli] (COUPURE)
- 88 K bon . je crois qu'on a fait une erreur . on va l'expliquer pour la dernière fois .  
 (RIRE)
- 89 M (RIRE)

- 
- 90 K bon , dans le premier cas , qu'est ce qu'on a , on a , *alpha différent de bêta* ,  
*différent de* , *oméga* , bon , [belu] , on va , *placeur dans* , *trois cases* ,
- 91 M \oméga
- 90 K *différentes* ,
- 92 M trois cellules
- 93 K trois cellules *différentes* , *trois particules* , dont les états sont différents bien sûr
- 94 M hum
- 95 K donc , on aura , trois , positions différentes des particules , ok ( ? ) , bon , et ,  
qu'est ce qu'on va faire , à chaque fois , ou à chaque configuration , on va  
**permuter** , **deux** particules ,
- 96 M on va fixer une et on permute deux
- 97 K voilà , ok , sur les états , on a pas de contraintes , on n'a pas de conditions sur  
les états vu que alpha différents de bêta , différent \ , de , oméga donc , tous ces  
\ de oméga
- 98 M
- 97 K états , ne sont pas liés ,
- 99 M oui

- 100 K donc on peut utiliser la combinaison  $(0, 3, 0)$ , qui est égale à  $3$  factoriel, sur
- 101 M  $\sqrt{2}$  factoriel
- 102 K non ce (RIRE) comment  $2$  factoriel sur.
- 103 M  $0$  factoriel
- 104 K voilà  $0$  factoriel.
- 105 M fois
- 106 K fois
- 107 M  $3$  factoriel
- 108 K (RIRE)  $3$  factoriel, ça va donner  $1$ .
- 109 M (RIRE), bon, on peut le faire sans, sans combinaison, on non fixe une, état
- 110 K euhm
- 111 M et toujours euh on fixe euh, l'état  $1$
- 112 K hum
- 113 M on va l'appeler état  $1$ , état  $2$ , état  $3$
- 114 K [e]
- 115 M on fixe l'état  $1$  [hummm]
- 116 K [e]
- 117 M on peut permute  $2$  et  $3$  deux fois
- 118 K euhm
- 119 M deux fois, on fixe deuxième étape le, deux, et on permute  $1$  et  $3$ , ça nous donne deux fois.
- 120 K hum
- 121 M et on permute, [e]  $1$  et  $2$  et on laisse fixe  $3$ , on trouve deux fois, \ c'est à dire
- 122 K \ six états
- 121 M on a deux plus deux plus deux, qu'on a six.
- 123 K six états, voilà voilà, c'est aussi simple (RIRE) dans le deuxième cas, on a  $\alpha$  est égal à  $\beta$  différent de  $\omega$ ,  $\omega$  ok on trouve, trois états, voilà bon, et si, troisième cas on a,  $\beta$  est égale à  $\omega$  est égale à  $\alpha$ , donc tous les états sont équivalents, on va trouver un seul état c'est (q) euh qui est égale,  $\psi$  est égale à  $1$  sur, racine de  $1$  ok
- 124 M \ ou  $1$  sur racine de  $1$  factoriel
- 125 K voilà,  $3$ ,  $\omega$ ,  $\psi$ , ok, c'est un état symétrique et cette expression montre que, un nombre quelconque de bosons identiques peuvent occuper la même état individuel, on conclut que, un nombre quelconque de bosons, peuvent, occuper, la même état, vu, que pour  $\beta$  est égale  $\omega$  est égale, à  $\alpha$ , on a trouvé que, l'état  $1$  sur racine de  $1$ , est égale à  $1$ , fois  $\psi$   $1$  de  $\alpha$ ,  $2$   $\beta$ ,  $3$   $\omega$ , et satisfait la condition de symétrisation pour, les, bosons, ok
- 126 M hum ok
- 127 K petit trois la fonction d'onde de  $N$  fermions identiques, déterminant de Slater, on doit chercher une combinaison linéaire des états  $\psi_i$  de  $\alpha = 1$ , jusqu'à,  $\psi_i$  de  $\alpha = N$ , qui soit antisymétrique, pour vérifier, postulat de, symétrisation, une solution possible donnée par Slater c'est, le déterminant de Slater tel que la fonction d'onde  $\psi$  de  $1, 2$  jusqu'à  $N$ , c'est égale à  $1$  sur racine, de  $N$  factoriel, fois la matrice,  $\psi_i$  de  $\alpha = 1$ ,  $1$  jusqu'à,  $\psi_i$  de  $\alpha = 1$   $N$  représente



- 145 K les états individuels de chaque particule . oui
- 146 M les états (indivi) euh individuels euh sur la ligne (?)
- 147 K euhm ou donc ... ( ... ?) alpha ... alpha [ej]
- 148 M ( ... ?)
- 149 K [shiba heōija] (?) \ c'est juste hein .
- 150 M \ ou les lignes les lignes pour les états individuels et les colonnes . pour des \ (... ?) euh :
- 151 K \ lignes lignes [kolhom] alpha
- 152 M lignes [kolhom] alpha \ oui c'est ça ...
- 153 K \ voilà deuxième ligne c'est [kolhom] bêta
- 154 M bêta
- 155 K ok . donc . déterminant ça va donner 1 sur racine de 2 fi de alpha 1 fois fi de bêta 2 . moins . *fi de alpha . 2 . fois . fi de bêta 1 . 1* . voilà ( ... ?) c'est un
- 156 M \ 1
- 155 K état antisymétrique . donc il vérifie bien . pour les fermions . la . le postulat de . symétrisation . donc *psi de 1 . 2 est égale à moins . de psi de 2 . 1 .*
- 157 M si on effectue le changement euh permutation euh
- 158 K permutation des états
- 159 M des états oui . des états 2 et 1
- 160 K ou c'est-à-dire *ceci psi de 1 . 2 . euh psi de 2 1 . c'est égale à quoi (?) c'est égale à 1 sur racine de 2 . fi de alpha 2 . fi de bêta 1 . moins . fi de alpha 1 .*
- 161 M \ alpha 2 fi de bêta 1 oui . fi de alpha 1 oui
- 160 K *fois fi de . bêta 2 . c'est égale à . moins de psi 1 2 . voilà + petit cinq état fondamental d'un système de particules identiques . différent . la différence entre état de fermions et état de bosons à T est égale à 0 kelvin . le nombre des états accessibles est égale à le nombre des particules . des énergies individuels des (systa) des :: des états sont rangés . tels que *psi de 0 . c'est inférieur à psi de 1 c'est : inférieur à . psi de . alpha 1 .* . bon . résultat . à 1*

- 161 M  $\lambda$  alpha
- 162 K égale à 0 kelvin pour les bosons . bon on constate que *l'ensemble des bosons se trouve dans l'état fondamental d'énergie epsilon 0* (ok) les N  $\lambda$  hum
- 163 M
- 162 K bosons dans l'état fondamental individuel .
- 164 M car on a une attraction euh quantique
- 165 K voilà , on a le phénomène d'attraction quantique . *attraction* , *quantique* , bon . c'est le cas , pour les métales , c'est le cas des **supra fluides** , et **supra conducteurs** . c'est à dire ce phénomène représente des *impuretés pour les métales* . *hum* donc par exemple pour mesurer la conductivité pour un supra conducteur pour un supra (cond) on trouva pas la même en tout vu que la répartition des particules n'est pas la même pour les tous , les niveaux énergétiques .
- 166 M et dans le cas .
- 167 K il y a un phénomène physique très important c'est . l'attraction quantique qu'on a parlée tout de suite .
- 168 M ou
- 169 K résultat à T est égale à 0 kelvin  $\lambda$  pour les fermions . cette répartition est

170	M		\ pour les fermions
169	K	fondée sur le principe de . Pauli . qui dit que . il est impossible d'avoir . deux particules sur le même . état quantique . donc . pour chaque état individuel on trouve . une seule particule . ok ( ? )	
171	M	comme le euh remplissage des cases euh quantiques	
172	K	oui	
173	M	les cases	
174	K	oui	
175	M	ou . on fait euh . pour tous les cases et on revient à la première case .	
176	K	hum oui \ il il est impossible d'avoir dans un même orbite euh le même état de	
177	M	\ ( . ? )	
176	K	spin pour deux particules . \ deux deux particules soient différentes \	
178	M	\ ( . ? )	
179	M		\ [ju em a]
		deux spin	
180	K	ou	
181	M	sinon pour euh	
182	K	dans dans dans un orbite . quelconque . dans les configurations électroniques .	
183	M	on ne peut pas trouver euh plus 1/2 plus 1/2 on peut trouver 1/2 ou 1/2 et moins 1/2 .	
184	K	voilà voilà si si [beln] . bon . exemple . métal semi conducteur ou les étoiles . il y a un phénomène physique très important c'est . la répulsion quantique . bon . on a . (e) + bon . si . le nombre . N . des particules . est très supérieur à 1 . on trouve . la limite . thermodynamique . dynamique . où . tous . les . systèmes . statistiques . amèment . à la même calcul . (COUPURE) bon . ou . . on va faire un exposé oral . euh . \	
185	M		\ sur sur la statistique \

- 186 K \ sur euh statistique des systèmes de particules identiques . euh:: . bon . on va se concentrer vu que la leçon euh:: c'est déjà euh . ça parle sur euh:: la mécanique quantique on va . euh . faire . une petite introduction pour faire la différence entre mécanique classique et mécanique euh statistique . avec une méthode très simple euh c'est:: de répondre . à:: à les questions . \ les questions
- 187 M \ (qui concernent ?) les discussions sur la euh:: . statistique
- 188 K voilà . sur le statistique quantique . \ bon
- 189 M \ on va faire des questions et on les:: faire la réponse .
- 190 K voilà . ok . euh . bon . euh:: . première question euh . est ce que vous pouvez me donner la différence au niveau euh de la discernabilité des particules entre le mécanique classique . et le mécanique quantique (?) (COUPURE) bon . question numéro 1 . donc . euh . c'est déjà dit . au niveau . de . la discernabilité . des particules . quelle est la différence fondamentale . fondamentale . entre . mécanique classique . et le mécanique . quantique . bon . deuxième question . euh . on va entamer le postulat de symétrisation . euh . question numéro 2 c'est . de définir . les états . quantiques . les états quantiques

- et : le comportement le comportement du système vis à vis d'une permutation de deux états ou de deux particules ... puis on va distinguer deux types de particules tels que les bosons et les fermions les bosons et les fermions ... vu que chacun vu que chacun ... vérifie vérifie postulat postulat de symétrisation bien déterminé + bien sûr avec bien sûr avec identification (FIN FACE) propriétés de chaque particules propriétés de chaque particule ... troisième question c'est comment ou plutôt on base on se base on se base ou plutôt ou plutôt on se base sur quoi sur quoi pour la construction la construction d'un état physique état physique de N particules identiques de N particules identiques qui sont faiblement couplées faiblement couplées
- 191 M ça va ...
- 192 K bon la question numéro 1
- 193 M donc euh premièrement au niveau de la discernabilité des (particules) quelle est la différence fondamentale entre euh en mécanique classique et en mécanique quantique ( ?)
- 194 K bon en mécanique classique euh chaque particule est définie par sa position et sa vitesse donc lors d'un déplacement chacun de ces particules va prendre euh une telle position et un tel vitesse un tel vitesse bon et on peut déterminer ces deux grandeurs physiques vu que la position et la vitesse sont mesurables simultanément bon on conclure ? que en mécanique classique deux particules identiques sont discernables vu que chacun définie par un trajectoire ok mais en mécanique quantique la notion de trajectoire euh n'a pas de sens on parle ainsi de euh d'une paquet d'onde dont l'amplitude dont l'amplitude de cette paquet d'onde est  $\psi$  de  $r$  de  $t$  euh module de  $\psi$  de  $r$  de  $t$  au carré euh c'est aussi on peut l'appeler amplitude de probabilité
- 195 M oui

- 
- 195 M oui
- 196 K voilà . et le principe d'indiscernabilité en mécanique quantique eh bien : dire que deux particules identiques sont deux particules indiscernables deux particules identiques sont deux particules indiscernables et c'est : c'est la différence entre la mécanique quantique et la mécanique classique . voilà . deuxième question ( ?)
- 197 M pour la deuxième question comment on peut définir les états quantiques et le comportement du système vis-à-vis d'une permutation . de deux états . ou des deux particules ( ?)
- 198 K eh bien répétez-moi la question j'ai pas compris
- 199 M comment peut on définir les états quantiques et les comportements du système vis à vis d'une permutation de deux états ou des deux particules ( ?)
- 200 K euh bien . bon . on sait bien que . chaque particule est définie par euh quatre coordonnées dont trois . sont . des coordonnées . spatiales . et . euh la quatrième coordonnée c'est . il indique . l'état de spin . de la particule . bon euh . on va voir . que . est ce que l'état du système se perturbe . euh au cours d'une . vis à vis d'une (per) euh permutation des deux états ou pas . on définit ainsi un postulat de symétrisation . c'est à dire eh bien : le calcul nous amène euh le

- calcul euh qui est que nous commençons par l'équation valeur propre nous amène euh à définir deux deux types de fonction d'onde euh dont la première est symétrique et la deuxième est antisymétrique vis-à-vis bien sûr d'un euh d'une permutation de deux états on définit (ainsi) ainsi l'opérateur euh permutation  $P_{ij}$  qui donne deux valeurs propres différentes euh lambda plus ou moins 1 si lambda est égale à 1 c'est que lors d'une permutation euh la fonction d'onde est symétrique et si lambda est égale à moins 1 lors d'une permutation euh l'état ou la fonction d'onde euh du système est antisymétrique voilà
- 201 M puis euh comment on va: (dis) distinguer...
- 202 K euhum
- 203 M deux types de particules tels que les bosons et les fermions vu que chacun vérifie le postulat de symétrisation bien déterminé ( ? ) bien sûr avec euhum
- 204 K identification des propriétés de chaque particule
- 203 M (voilà ?) euh les fermions ce sont des particules euh demi entier euh dont le spin est demi entier demi euh trois demi cinq demi euh: non euh euh les fermions euh il obéit à la loi de Fermi-Dirac euh: et vis-à-vis ces particules vis-à-vis d'une euh permutation ils sont euh antisymétriques normalement c'est ( ? ) ce sont antisymétriques euh
- 206 M euh quelles sont euh sont symétriques ( ? ) pour quelles grandeurs on peut parler de la symétrisation pour les fermions et les bosons ( ? )
- 207 K Vu que le fermion euh obéit euh: premièrement on a dit que à la statistique de Fermi-Dirac et surtout euh le principe de Pauli vu euh considérons ces deux contraintes euh on définit ainsi les euh [ma (neh)] que vu que euh lors d'une permutation de deux euh particules de deux: fermions on obtient un état antisymétrique et pour satisfaire cette condition on utilise le... le déterminant de Slater
- 208 M oui
- 209 K déterminant de Slater euh qui représente une matrice carrée
- 210 M matrice de quoi pour [eh-] matrice de ( ? ) d'onde euh
- 211 K euh oui matrice matrice qui représente la fonction d'onde euh une matrice qui représente la fonction d'onde euh voilà
- 212 M d'onde c'est une matrice carrée c'est-à-dire donc que le nombre des états accessibles dans le système est égale nombre des particules
- 213 M c'est-à-dire la matrice (psi) elle est antisymétrique pour les fermions
- 214 K euhum
- 213 M et symétrique pour les bosons
- 215 K non on utilise pas [1:11] méthode la méthode des matrices c'est spécifique pour les fermions pour les bosons euh vu que c'est un euh vu l'ordre de permutation des bosons mais qui ce sont les bosons ce sont des particules de spin entier euh lors d'une permutation l'état l'état reste symétrique l'état symétrique doit être symétrique lors d'une permutation
- 216 M c'est-à-dire psi

- 217 K pas voilà . lors d'une permutation de deux états pour les (s) ceci c'est la différence entre les fermions et les bosons . c'est que . pour les fermions . dans (U) un système . lors d'une permutation de deux fermions . de deux fermions dans un système . euh: le résultat c'est que . on trouve . euh: que la fonction d'onde est antisymétrique . mais pour les bosons . euh:: . lors d'une permutation euh: . l'état du système ne change pas . voilà . il ne change pas .
- 218 M au cour\
- 219 K \ au cour d'une permutation de deux particules ou... la troisième question ( ?)
- 220 M pour euh la dernière partie euh la question qui se pose
- 221 K euhum (COUPURE)
- 222 M est ce que vous pouvez nous donner la différence entre état de fermion et état de bosons à T égale 0 kelvin ( ?)
- 223 K euhum . bon . pour pour les bosons . euh:: euh:: . on constate . au cour de... de l'exploitation des résultats (l'obte) obtenues . que . euh: pratiquement tous les bosons se trouvent sur l'état énergétique fondamental
- 224 M pourquoi cette euh accumulation sur l'état . fondamental ( ?)
- 225 K oui . vu qu'on a euh un phénomène physique très important c'est . euh l'attraction quantique . les particules . exercent l'un sur l'autre une . euh attraction voilà . une attraction . ce qui fait euh... . qu'ils tombent tous sur euh le niveau fondamental qui est le niveau le plus stable . ok ( ?) et ceci qui caractérise euh quelques euh . euh:: . quelques liquides tels que euh euh le... le supra fluide ou les (méta) pour les supra conducteurs . ok ( ?) mais . pour euh... les fermions . c'est totalement différent . vu que . on trouve que chaque particule occupe un niveau énergétique bien déterminé . ok ( ?) et ceci euh vu ce qu'on a dit davantage que . euh:: . la répartition des fermions . euh:: . obéit à deux contraintes nécessaires . euh: plutôt un contrainte . euh: . d'après le principe de Pauli . que . deux particules ne doivent pas avoir le même état énergétique . et donc . et chaque état énergétique doit être **plein** . ou . euh:: plein [ja fini] contient un... . un seul fermion . ou il est vide . ok ( ?)
- 226 M [ma (netha) on peut euh:: pour euh . fermion \ on a un phénomène de
- 227 K \ euhum
- 228 M répulsion quantique
- 228 K voilà voilà .
- 229 M il y a répartition de \ ::
- 230 K \ voilà voilà ..
- 231 M comme conclusion monsieur ( .. ?)
- 232 K bon . on conclure (?) que euh . c'est euh . ce . la différence entre euh . le mécanique quantique le statistique . quantique et le statistique classique . c'est un différence fondamentale vu que euh:: dans le:: statistique classique . on parle de notion comme euh le trajectoire euh:: la vitesse . trajectoire c'est à dire la position et la vitesse . mais . en quantique . on se concentre plutôt . euh . sur . les énergies . plutôt que le sur le trajectoire . c'est-à-dire . le comportement énergétique des particules . particules c'est H . la destruction énergétique sur les différentes niveaux pour les différentes états des particules . euh . en oubliant la notion de la trajectoire [ja fini ma..] euh en se basant sur la

- répartition énergétique des particules tout simplement . et pour . euh : chose très importante . pour euh . un nombre de particules très très grand . euh [ma [ncha] on entame l l l euh la thermodynamique . c'est-à-dire que tous les tous les euh euh . tous les calculs statistiques . que ce soit dans l'ensemble canonique ou grand canonique ou micro canonique . amène euh . à (les/des ?) mêmes résultats . voilà . merci . (COUPURE)
- 233 M [besmelteh]
- 234 K statistique des systèmes . statistique . des systèmes . de particules identiques . particules identiques +
- 235 M allez -y
- 236 K bon euh : comme introduction on va faire la différence entre . on va faire . la différence . entre .
- 237 M attendez un peu
- 238 K bon . on va faire . on va faire . la différence . la différence . au niveau . de . la discernabilité . la . discernabilité . des particules . particules . en mécanique . quantique . et en mécanique . classique . . . en mécanique quantique . chaque particule . est définie par . deux grandeurs . telles que . r . vecteur position . et v . vecteur vitesse . donc lors d'un déplacement . lors d'un déplacement . on peut . suivre . l'évolution . de chaque particule . par conséquent . on dit que en mécanique classique . que deux particules identiques . sont discernables discernables . vu que chacun . vu que chacun . est défini .
- 239 M vu que chacune
- 240 K hein ( ?)
- 241 M vu que chacune
- 242 K hum . une particule . \ vu que chacune . est définie . par . un trajectoire . . . bon .
- 243 M \ hum

- 242 K mais en mécanique quantique .. la notion de trajectoire n a pas .. de sens + pas de sens .. on définit ainsi .. on définit ainsi .. la densité de probabilité ... probabilité  $|\psi|$  de  $r$  + module au carré  $|\psi|^2$  de  $r$  en module .. voilà .. tout au carré .. voilà ..  $r$  (re) où où  $|\psi|$  ..  $|\psi|^2$  de  $r$  + représente .. l'amplitude .. d'un paquet d'onde .. par conséquent .. en mécanique quantique .. deux particules identiques sont deux particules indiscernables .. indiscernables .. particules indiscernables .. grand deux .. grand un + état introduction .. grand deux .. postulat de symétrisation .. (trisation) .. bon .. soit un système de  $N$  particules qui sont .. identiques ... et soit + (COUPLE) bon .. on va faire un enchaînement entre grand un et grand deux .. euh .. à éliminer donc .. grand deux .. grand deux à éliminer
- 243 M (ça y est ?) +
- 244 K bon .. on est arrêté .. par conséquence en mécanique quantique deux particules identiques sont deux particules \ indiscernables .. ok [heh] .. pour ces
- 245 M \ indiscernables
- 244 K particules .. pour .. ces particules .. on définit .. ce qu'on appelle .. postulat de symétrisation + qui .. permet .. de donner .. des renseignements .. sur .. l'état .. d'un système .. vis à vis .. d'une permutation .. des états de deux particules .. dont chacun .. particules dont chacun
- 246 M d a n t (?)

247	K	<u>voilà</u> . dont chacun . est défini par . quatre variables . défini par . quatre variables variables telles que $x$ $x$ $y$ $z$ et $\sigma$ et $\sigma$ où $\sigma$ nous indique nous indique l'état de spin . où $\sigma$ nous indique . bon . soit la fonction d'onde . fonction d'onde . $\psi$ . $1$ $\alpha$ $1$ . $i$ $\alpha$ $i$ . jusqu'à $N$ $\alpha$ $N$
248	M	<i>i alpha i . jusqu'à ( ? )</i>
249	K	<u><math>N</math> <math>\alpha</math> <math>N</math> . voilà . . . on introduit ainsi . l'opérateur . <math>P_{ij}</math> .</u>
250	M	<i>on . introduit . ainsi</i>
251	K	<u>ainsi . l'opérateur <math>P_{ij}</math> . c'est l'opérateur <math>P_{ij}</math> c'est l'opérateur permutation . permutation . qui assure . qui . assure . l'opération . de l'échange . l'opération . de l'échange . des états . de <math>i</math> et <math>j</math> . <math>i</math> et <math>j</math> . cet opérateur . cet opérateur . cet opérateur admet deux valeurs propres . plus ou moins . deux valeurs propres . qui sont plus ou moins . qui sont . <math>\lambda</math> deux valeurs propres</u>
252	M	<i><math>\lambda</math> (.. ?) lambda on peut le nommer</i>
253	K	un deux valeurs propres
254	M	<i>qui sont .</i>
255	K	<u>lambda plus . est égale à <math>1</math> . et lambda moins . est égale à moins <math>1</math> . lambda moins . est égale à moins <math>1</math> . . . ce qui fait . que . ce qui fait que . un état symétrique . . . lors . d'une permutation . permutation il (admit) . elle (admit) (.. ?) valeur propre . plus <math>1</math> . . . et un état antisymétrique . . . elle admet le valeur propre . moins <math>1</math> . et pour mieux comprendre mieux comprendre la notion de symétrisation . . on va prendre deux types de particules . . . particules . tel que les bosons . et les fermions + les bosons . bosons . sont des particules . de spin .</u>
256	M	<i>sont ( ? )</i>
257	K	<u>sont des particules . de spin . entier . entier . qui . obéissent . à la loi de Bose-Einstein . . . et qu'il (admit) . vis-à-vis d'un changement d'état . les fonctions d'onde . symétriques .</u>
258	M	bon
259	K	<u>et on a les fermions . point à la ligne . . .</u>
260	M	par conséquent
261	K	<u>(RIRE) euhem . et on a les fermions . et on a les fermions . qui sont des particules . de spin un demi entier qui sont des particules . de spin un demi entier . et qui obéissent \</u>
262	M	<i>attendez un peu de s'expl</i>
263	K	<u>demi entier . et qui obéissent à la statistique de Fermi-Dirac . statistique de Fermi-Dirac . Fermi-Dirac . de Fermi . Dirac . virgule . et (admit) . des fonctions d'onde antisymétriques des fonctions d'onde . antisymétriques . . vis-à-vis d'un changement d'état . et pour la construction . construction . d'un état physique d'un système constitué de <math>N</math> de <math>N</math> bosons on écrit la fonction d'onde . on écrit la fonction d'onde . fonction d'onde . combinaison linéaire combinaison . linéaire . des états individuels des états . individuels . . et pour un système . pour un système . constitué de <math>N</math> fermions . <math>N</math> fermions . on utilise le déterminant le déterminant de Slater déterminant de Slater . bon . qui représente une matrice carrée . matrice carrée . matrice carrée . et par conséquent par conséquent . le nombre . le nombre . des particules . c'est</u>

		<u>égale à nombre des états disponibles + et lors d'un étude , et lors , d'un étude</u> <u>, des états , de fermions , et des bosons à T est égale à 0 kelvin . T est égale à</u> <u>0 kelvin . on constate , que pour les fermions , pour les fermions , les cas ces</u> <u>particules ces particules , chacun chacune chacune , occupe , un état ,</u> <u>(énergétique) individuel , (énergétique) individuel ... vu que cette répartition ...</u> <u>est fondée sur le principe de Pauli . Pauli , on parle ainsi Pauli , on parle ainsi</u> <u>de la (répulsion) quantique</u>
264	M	<i>de la (?)</i>
265	K	<u>(répulsion) ré pul sion répulsion , répulsion , quantique , pour les bosons ,</u> <u>pour les bosons , point à la ligne , pour les bosons , on constate , que les N</u> <u>bosons , on constate que les N bosons , (sé sutu) , se situe , se situe , dans</u> <u>l'état fondamental , dans l'état fondamental , dans , l'état fondamental , l'état</u> <u>fondamental , individuel , on parle ainsi , de l'attraction quantique , de</u> <u>l'attraction quantique ,</u>
266	M	c'est l'heure
267	K	bon , conclusion ... (RIRI) conclusion , pour , un nombre très grande de particules N très supérieur devant 1 , on peut faire , l'étude , dans (n'importe) quel ensemble statistique , dans n'importe , quel ensemble statistique , statistique , tel que , statistique tel que microcanonique , canonique canonique , ou grand canonique et grand canonique et grand canonique , voilà c'est terminé (FIN)

**G7- TC Scann**

6.7

Statistique et théorie des probabilités  
identique échantillon

5/ Probabilités

on va faire les différents états possibles de la discursivité  
de probabilité en  $\mathbb{R}^n$  et  $\mathbb{R}^k$ .

de  $\mathbb{R}^n$  : espace probabilité est défini par 2 grandeurs  $k$  et  $n$   
 $V$  : vecteur position  
 $V$  : vecteur vitesse.

avec les deux déplacements on peut avoir l'évolution de chaque  
particule par conséquent on est en  $\mathbb{R}^{2n}$  que 2 particules  
identiques sont discernables on va élargir un bit défini par  
un vecteur mais en  $\mathbb{R}^{2n}$  le nombre de trajets n'est pas  
de ceux on définit ainsi la densité de probabilité  $\rho(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$

$|\rho(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)|^2$  ou  $\rho(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$  représente la probabilité de trouver  
d'onde par conséquent en  $\mathbb{R}^{2n}$  2 particules identiques ont  
2 probabilités indistinguables

(\*) postulat de quantification

(est un système de 2 particules qui sont identiques et ont)  
 pour 2 et particule on définit ce qu'on appelle postulat  
 de quantification qui permet de donner le comportement  
 ou l'état d'un système via un état quantique de deux  
 de deux particules dont chacune est définie par quatre  
 variables telles  $x, y, z, t$  ou  $\mathbf{r}$  et l'état de spin  
 soit la fonction d'onde  $\Psi(x_1, y_1, z_1, t_1; x_2, y_2, z_2, t_2)$   
 on introduit ainsi l'opérateur  $H_{ij}$  et l'opérateur permutable  
 qui assure l'échange de l'échange de état de  $i$  et  $j$

⑤ cette question admet 2 valeurs propres qui sont  $\lambda_1 = 1$   
 $\lambda_2 = -1$

ce qui fait que le état symétrique des deux particules admet  
 valeur propre  $+1$  et un état antisymétrique admet la valeur  
 propre  $-1$  et pour mieux comprendre la notion de symétrisation  
 on va prendre deux types de particule, les  $\alpha$  bosons et les fermions  
 les bosons ont des particules d'opion entier qui obéissent  
 à la loi de Bose-Einstein et qui s'additionnent avec les bosons  
 d'état de fonction d'onde symétriques.

Et pour les fermions qui ont des particules d'opion  $1/2$  ou entier  
 qui obéissent à la statistique de Fermi-Dirac, elle admet  
 de fait l'onde antisymétrique vis-à-vis d'un changement d'état.

et pour la construction d'un état physique d'un système  
 constitué de  $N$  bosons on écrit la fonction d'onde comme une  
 linéaire de états individuels et pour un système constitué  
 de  $N$  fermions on établit le déterminant de Slater qui représente  
 une matrice carré et par conséquent le nombre des particules  
 égale au nombre de états disponibles et pour d'un état de  
 état de fermions et de bosons  $\alpha \pm \beta$ .

on conclut que pour les fermions les particules disponibles  
 occupent un état énergétique individuel ou que cette  
 occupation est fondé sur le principe de Pauli ou par le  
 principe de la exclusion quantique.

Pour les bosons on conclut que les bosons se situent  
 dans l'état fondamentales individuellement ou par le principe de  
 d'attraction quantique.

## G7- TC marqué

(1) / Statistique de système de particule  
identique - Généralité

(2) / I) Introduction /

(3) / on va faire différence du niveau de la discernabilité des particules en MQ et MC /

(4) / en MQ chaque particule est défini par 2 grandeurs tel que /

/ r : vecteur position /

/ v : vecteur vitesse /

(5) / donc lors d'un déplacement on peut suivre l'évolution de chaque particule /

(6) / par conséquent on dit en MC que 2 particules identiques sont discernables /

(7) / vu que chaque une est défini par un trajectoire /

(8) / mais en MQ la notion de trajectoire n'a pas de sens /

(9) / on définit ainsi la densité de probabilité  $P_{ij} = |\Psi(r, t)|^2$  / / ou  $\Psi(r, t)$  représente l'amplitude d'un paquet d'onde . /

(10) / par conséquent en MQ 2 particules identiques sont 2 particules indiscernables /

(11) / II) postulat de symétrisation /

(12) / (soit un système de N particules qui sont identiques /

(13) / et soi) /

(11) / pour c'est particules on définit ce qu'on appelle postulat de symétrisation / / qui permet de donner les renseignements sur l'état d'un système vis à vis d'une permutation des états de deux particules . /

(12) / dont chaque on est défini par quatre variables tel que x, y, z et  $\sigma$  ou  $\sigma$  est l'état de spin /

(13) / soit la fonction d'onde  $\psi(1 : \sigma_1 \dots i_1 \sigma_i \dots N \sigma_N)$  /

(14) / on introduit ainsi l'opérateur  $P_{ij}$  / / c'est l'opérateur permutation qui assure l'opération de l'échange des états de i et j /

- (15) / cet opérateur admet 2 valeurs propres qui sont  $\lambda_1 = 1$   
 et  $\lambda_2 = -1$  /
- (16) / ce qui fait que un état symétrique lors d'une permutation elle admet valeur propre 1 / /
- (17) / et un état antisymétrique elle admet la valeur propre -1 / /
- (18) / et pour mieux comprendre la notion de symétrisation on va prendre deux types de particules tel que les bosons et les Fermions /
- (19) / les bosons sont des particules de spin entier / / qui obéissent à la loi de Bos Einstein / / et qu'il admet vis à vis d'un changement d'état des fonctions d'onde symétriques . /
- (20) / Et on a les fermions qui sont des particules de spin  $\frac{1}{2}$  entier / / qui obéissent à la statistique de Fermi Dirac / / elle admet des fonctions d'onde antisymétrique vis à vis d'un changement d'état . /
- (21) / et pour la construction d'un état physique d'un système constitué de N bosons / / on écrit la fonction d'onde combinaison linéaire des états individuels /
- (22) / et pour un système constitué de N fermions / / on utilise le déterminant de Slater / / qui représente une matrice carrée /
- (23) / et par conséquent le nombre des particules égale aux nombres des états disponibles . /
- (24) / et lors d'une étude des états de Fermion et de Boson à  $T = 0$  K . /
- (25) / on constate que pour les Fermions ces particules chacune occupe un état énergétiques individuels /
- (26) / vu que cette répartition est fondée sur le principe de Pauli /
- (27) / on parle ainsi de la répulsion quantique . /
- (28) / Pour les bosons on constate que les N bosons se situent dans l'état fondamental individuel /
- (29) / on parle ainsi de l'attraction quantique . /

### Page 3

- (30) / Conclusion /
- (31) / pour un nombre très grand de particules  $N \gg 1$  on peut faire l'étude dans n'importe quelle ensemble statistique tel que microcanonique canonique et grand canonique /

## G7- M - Scan brouillon



a) Fonction  $\phi(t) = \frac{1}{t} \sin t$

b) Année :

$$Y_1 = \dots \text{ (il manque une équation)} \\ \downarrow \\ Y_2 = \dots$$

iii) Étude de la part entière par la méthode complexe.

$$H = \sum_{n=0}^{\infty} h_n t^n$$

donc  $\phi(t) = \sum_{n=0}^{\infty} h_n t^n$

$$\phi'(t) = \sum_{n=0}^{\infty} (n+1) h_{n+1} t^n$$

Étudier la série entière de la part entière.

$$h_0 = h_1 = \dots = h_n = \dots$$

$\phi(t)$  est la somme de deux séries.

$$h = \sum_{n=0}^{\infty} h_n t^n = \sum_{n=0}^{\infty} h_n t^n$$

Étudier la part entière de la part entière.

$$Y_1 = \sum_{n=0}^{\infty} h_n t^n$$

$$h = h_0 + h_1 t + \dots = h_0 (1 + t + \dots)$$

$$Y = Y_1(t) \otimes Y_2(t) \dots \otimes Y_n(t)$$

$$Y(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{h_n}{n!} t^n = \sum_{n=0}^{\infty} h_n \frac{t^n}{n!}$$

$$Y(t) = \frac{1}{t!}$$

car il n'y a pas de terme pour  $n < 0$  et  $n > 0$  est distribué

**G7-M- Transcrip brouillon**

(1)  $\vec{r}_0$  repère la posit

$\vec{v}_0$  repère la vitesse

(2) chaque particule est défini par un trajectoire

(3)  $|\Psi(x,t)|^2$  ompletude de probabilité

(4) Principe d'indiscernabilité

2 particule sont indiscernable

(5) un système de N particule identique (molecule

(6)  $\alpha_i$  presente l'état individuel de la particule 1.

(7)  $\alpha_i : (x_i, y_i, z_i, \sigma_i)$   $\alpha_i$  état de système

(8)  $|\Psi(1, \alpha_1 \dots i : \alpha_i \dots j : \alpha_j \dots N : \alpha_N)$

(9) la permutation des état de ces particules laisse invariant la densité de probabilité

(10) soit  $P_{ij}$  l'opérateur d'échange des états des i et j tq

(11)  $P_{ij} \Psi(1, \alpha_1 \dots i : \alpha_i \dots j : \alpha_j \dots N : \alpha_N)$

(12)  $P_{ij} = P_{ji}$  (13) hermitique

(14)  $P_{ij}^2 = I$  avec la valeur propre  $\lambda = -1$

(16)  $I \Psi(1, \alpha_1 \dots i : \alpha_i \dots j : \alpha_j \dots N : \alpha_N) = + \Psi(1, \alpha_1 \dots i : \alpha_i \dots j : \alpha_j \dots N : \alpha_N)$

(17) postulat de

symétrisat

(18) symétrique  $\rightarrow +$   $\lambda = +1$

antisymétrique  $\rightarrow -$   $\lambda = -1$

(19) si la fct d'onde de system est symétrique : il s'agit de boson ;

(20) // antisymétrique Fermion

(21) a) Fermion spin  $\rightarrow 1/2$  entier

(22) b) boson

${}^4\text{H}$  C (2 proton + neutron)

$\downarrow$

$$2 \times 1/2 + 2 \times 1/2 = 2$$

(23) III l'étude de N particule qui so faible coupl

(24)

$$H = \bigotimes_{i=1}^N H_i$$

(25) dans l'espace des états hilbert

$$(26) H = \sum_k |p_k\rangle \langle p_k|$$

(27)  $\varepsilon_i$  est le niveau énergétique de chaque particule

$$(28) \varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_1 + \dots + \varepsilon_N$$

(29)  $|p_k\rangle$  états individuels

$$(30) \xi = \xi_{i(1)} \otimes \xi_{i(2)} \dots \otimes \xi_{i(N)}$$

↓

l'espace d'hilbert de la particule

$$(31) H = \sum_{\alpha_1, \dots, \alpha_N} |p_{\alpha_1} \dots p_{\alpha_N}\rangle$$

$$(32) \varepsilon = \varepsilon_{i(1)} + \varepsilon_{i(2)} + \dots + \varepsilon_{i(N)}$$

$$(33) \psi = p_{\alpha_1}(1) \otimes p_{\alpha_2}(2) \dots \otimes p_{\alpha_N}(N)$$

$$(34) \psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_{\alpha} p_{\alpha}(1) \dots p_{\alpha}(N)$$

$$(35) \psi = \frac{1}{\sqrt{3!}} \left\{ \dots \right\}$$

(36) conclusion : un nombre quelq de bosons peuvent occuper le même état individuel

## G7- K - Scan brouillon

$$\vec{r}_0 = x_0 \vec{e}_1 + y_0 \vec{e}_2$$

$$\vec{a} = \vec{r}_0 = \text{rapport la vitesse}$$

avec l'angle  $\theta$  en rapport avec l'axe des abscisses

$$\frac{|\psi(\vec{r}, t)|^2}{\int |\psi(\vec{r}, t)|^2 dV} \rightarrow \text{amplitude de probabilité}$$

et particulièrement  $\rightarrow \sum p_i$

$$d_1 \rightarrow d_2 \rightarrow d_3 \rightarrow d_4$$

$d_i \rightarrow$  état  $i$

$$\alpha_i(x, y, z, t)$$

$$\psi(t, x, y, z) = \sum_i \alpha_i(t) \phi_i(x, y, z)$$

$$\psi(t, x, y, z) = \sum_i \alpha_i(t) \phi_i(x, y, z)$$

la norme des états de ce système

normalisés à l'instant  $t=0$

$$|\psi(t, x, y, z)|^2$$

②

Exercice 6.7.

$$E_{ij} \psi = (i \alpha_j + j \alpha_i + i j \alpha_j + N i \alpha_j)$$

$$\Rightarrow \psi = (i \alpha_j + j \alpha_i + i j \alpha_j + N i \alpha_j)$$

$$\boxed{E_{ij} \psi} = \lambda \psi \quad \psi = \text{état initial}$$

$$E_{ij} \psi = \lambda \psi$$

$$E_{ij} \psi = \lambda \psi$$

$$\langle \psi | E_{ij} \psi \rangle = \langle \psi | \lambda \psi \rangle$$

$$|\psi\rangle \Rightarrow \text{est normalisée alors}$$

$$\langle \psi | \psi \rangle = 1$$

$$\Rightarrow 1 = \lambda \Rightarrow \lambda = 1$$

alors on voit que

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{spin} \rightarrow \lambda = 1 \\ \text{antispin} \rightarrow \lambda = -1 \end{array} \right.$$

③

sys. général  $\rightarrow$  base

a) Formule :  $\left. \begin{array}{l} \text{Contradict} \\ | \\ \text{valeur de } |h| \end{array} \right\} \text{valeur}$

$$\begin{array}{c} \text{3H} \\ \left[ \begin{array}{l} \text{2 nuds} \rightarrow \text{2 points} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right] \\ \text{---} \\ \text{---} \\ \text{---} \end{array}$$

$$\text{3H} \rightarrow \text{2 points} \rightarrow \text{1 nuds} \rightarrow \text{1 point}$$

$$\text{pour } \frac{1}{2} \times 2 = 1 + \frac{1}{2} \times 2 = 2$$

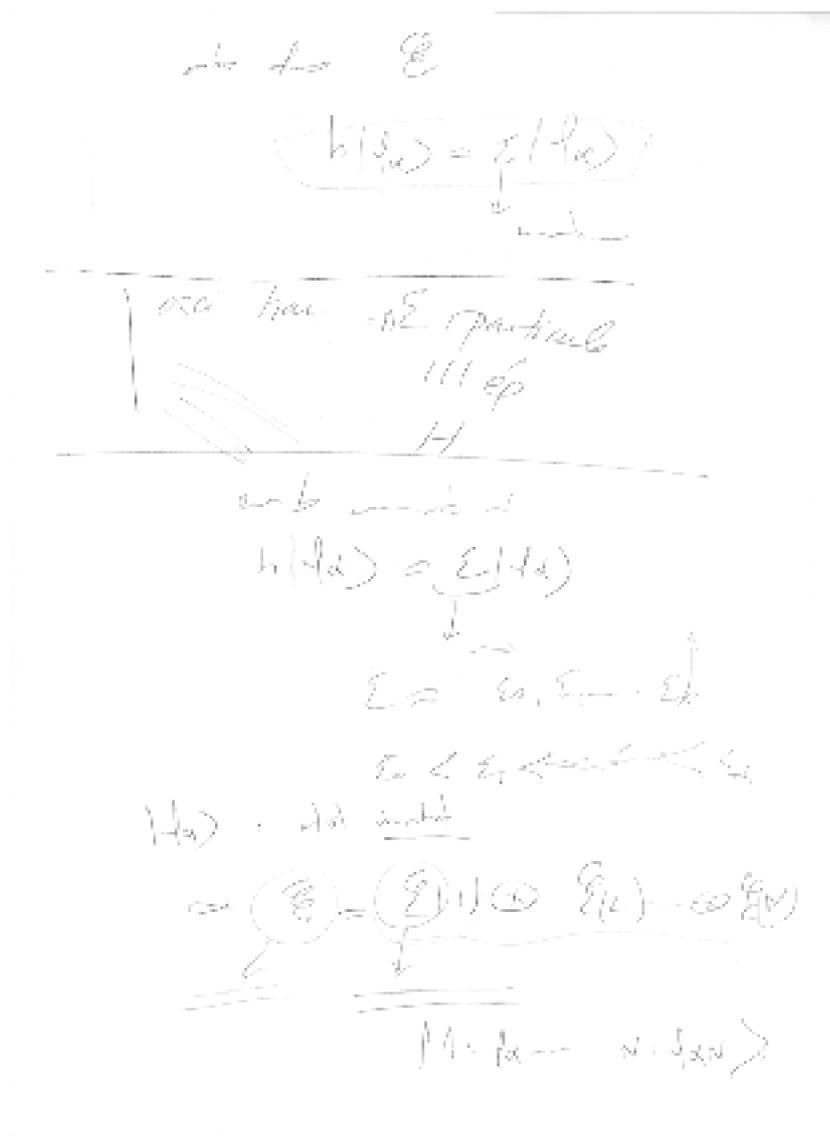
b) valeur  $|h| \rightarrow (2 \text{ points} + 2 \text{ nuds})$

$$\text{---} \rightarrow \text{---} \rightarrow \text{---}$$

$$N \rightarrow \text{gens. f. abstr. complexe}$$

$$N = \sum_{i=1}^N |h(i)|$$

$$\text{---}$$



③

$$i) \psi = \psi_1(t) + \psi_2(t) + \dots + \psi_N(t)$$

$$ii) \Psi = \sqrt{\alpha_1(t)} \times \sqrt{\alpha_2(t)} \dots \sqrt{\alpha_N(t)}$$

$$iii) \dots \psi = \sum_{p=1}^N \psi_p \rightarrow \frac{3!}{3!} \rightarrow \frac{3}{3!}$$

$$\Psi = \prod_{p=1}^N \psi_p$$

$$\Psi(1, 2, \dots, N) = \frac{1}{\sqrt{N!}} \sum_p \psi_p(t) \dots$$

$$\Psi(1, 2, \dots, N) = \frac{\sqrt{N!}}{N!} \sum_p \psi_p(t) \dots$$

$$=$$

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{3!}}$$

$$\frac{3!}{3!} = \frac{6}{6}$$

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{3}}$$



⑥

Modèle de la particule dans un puits de potentiel

$\psi(x) = \begin{cases} A \sin(kx) & 0 \leq x \leq a \\ 0 & x > a \end{cases}$

$\psi(x) = \begin{cases} A \sin(kx) & 0 \leq x \leq a \\ 0 & x > a \end{cases}$

$\psi(x) = \begin{cases} A \sin(kx) & 0 \leq x \leq a \\ 0 & x > a \end{cases}$

$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2a}} \begin{pmatrix} \sin(kx) & \sin(kx) \\ \sin(kx) & \sin(kx) \end{pmatrix}$

$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ \begin{matrix} \sin(kx) & \sin(kx) \\ -\sin(kx) & \sin(kx) \end{matrix} \right]$

$\alpha \Rightarrow \beta$

$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ \begin{matrix} \sin(kx) & \sin(kx) \\ -\sin(kx) & \sin(kx) \end{matrix} \right]$

$\alpha \neq \beta \neq \omega$

$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \hline 1 & 2 & 3 \end{matrix}$

$\textcircled{3} \rightarrow$

$\frac{3!}{1 \cdot 2 \cdot 3}$

$\frac{6}{6} = 1$

$\frac{1}{1} = 1$

$\frac{1}{2} = 0.5$

$\frac{1}{3} = 0.33$

$\frac{1}{4} = 0.25$

$\frac{1}{5} = 0.2$

$\frac{1}{6} = 0.166$

$\frac{1}{7} = 0.1428$

$\frac{1}{8} = 0.125$

$\frac{1}{9} = 0.1111$

$\frac{1}{10} = 0.1$

$\frac{1}{11} = 0.0909$

$\frac{1}{12} = 0.0833$

$\frac{1}{13} = 0.0769$

$\frac{1}{14} = 0.0714$

$\frac{1}{15} = 0.0666$

$\frac{1}{16} = 0.0625$

$\frac{1}{17} = 0.0588$

$\frac{1}{18} = 0.0555$

$\frac{1}{19} = 0.0526$

$\frac{1}{20} = 0.05$

$\frac{1}{21} = 0.0476$

$\frac{1}{22} = 0.0454$

$\frac{1}{23} = 0.0434$

$\frac{1}{24} = 0.0416$

$\frac{1}{25} = 0.04$

$\frac{1}{26} = 0.0384$

$\frac{1}{27} = 0.037$

$\frac{1}{28} = 0.0357$

$\frac{1}{29} = 0.0344$

$\frac{1}{30} = 0.0333$

$\frac{1}{31} = 0.0322$

$\frac{1}{32} = 0.0312$

$\frac{1}{33} = 0.0303$

$\frac{1}{34} = 0.0294$

$\frac{1}{35} = 0.0285$

$\frac{1}{36} = 0.0277$

$\frac{1}{37} = 0.0270$

$\frac{1}{38} = 0.0263$

$\frac{1}{39} = 0.0256$

$\frac{1}{40} = 0.025$

$\frac{1}{41} = 0.0243$

$\frac{1}{42} = 0.0238$

$\frac{1}{43} = 0.0232$

$\frac{1}{44} = 0.0227$

$\frac{1}{45} = 0.0222$

$\frac{1}{46} = 0.0217$

$\frac{1}{47} = 0.0212$

$\frac{1}{48} = 0.0208$

$\frac{1}{49} = 0.0204$

$\frac{1}{50} = 0.02$

$\frac{1}{51} = 0.0196$

$\frac{1}{52} = 0.0192$

$\frac{1}{53} = 0.0188$

$\frac{1}{54} = 0.0185$

$\frac{1}{55} = 0.0181$

$\frac{1}{56} = 0.0178$

$\frac{1}{57} = 0.0175$

$\frac{1}{58} = 0.0172$

$\frac{1}{59} = 0.0169$

$\frac{1}{60} = 0.0166$

$\frac{1}{61} = 0.0163$

$\frac{1}{62} = 0.0161$

$\frac{1}{63} = 0.0158$

$\frac{1}{64} = 0.0156$

$\frac{1}{65} = 0.0153$

$\frac{1}{66} = 0.0151$

$\frac{1}{67} = 0.0149$

$\frac{1}{68} = 0.0147$

$\frac{1}{69} = 0.0145$

$\frac{1}{70} = 0.0142$

$\frac{1}{71} = 0.0140$

$\frac{1}{72} = 0.0138$

$\frac{1}{73} = 0.0136$

$\frac{1}{74} = 0.0135$

$\frac{1}{75} = 0.0133$

$\frac{1}{76} = 0.0131$

$\frac{1}{77} = 0.0129$

$\frac{1}{78} = 0.0128$

$\frac{1}{79} = 0.0126$

$\frac{1}{80} = 0.0125$

$\frac{1}{81} = 0.0123$

$\frac{1}{82} = 0.0122$

$\frac{1}{83} = 0.0120$

$\frac{1}{84} = 0.0119$

$\frac{1}{85} = 0.0117$

$\frac{1}{86} = 0.0116$

$\frac{1}{87} = 0.0114$

$\frac{1}{88} = 0.0113$

$\frac{1}{89} = 0.0112$

$\frac{1}{90} = 0.0111$

$\frac{1}{91} = 0.0109$

$\frac{1}{92} = 0.0108$

$\frac{1}{93} = 0.0107$

$\frac{1}{94} = 0.0106$

$\frac{1}{95} = 0.0105$

$\frac{1}{96} = 0.0104$

$\frac{1}{97} = 0.0103$

$\frac{1}{98} = 0.0102$

$\frac{1}{99} = 0.0101$

$\frac{1}{100} = 0.01$

$\alpha \neq \beta \neq \omega \rightarrow 3 \text{ at } 1$

$\alpha \neq \beta \neq \omega \rightarrow$

$\psi = \frac{1}{\sqrt{t}} \left( 1 - \frac{1}{2t} \right)$

$\psi = \frac{1}{\sqrt{t}} \left( 1 - \frac{1}{2t} \right)$

$\psi(1,1) = \frac{1}{\sqrt{1}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 1} \right) = 1 - 0.5 = 0.5$

$\psi(1,2) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 2} \right) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( 1 - 0.25 \right) = \frac{0.75}{\sqrt{2}} = 0.5303$

$\psi(1,3) = \frac{1}{\sqrt{3}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 3} \right) = \frac{1}{\sqrt{3}} \left( 1 - 0.1667 \right) = \frac{0.8333}{\sqrt{3}} = 0.4802$

$\psi(1,4) = \frac{1}{\sqrt{4}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 4} \right) = \frac{1}{2} \left( 1 - 0.125 \right) = 0.4375$

$\psi(1,5) = \frac{1}{\sqrt{5}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 5} \right) = \frac{1}{\sqrt{5}} \left( 1 - 0.1 \right) = \frac{0.9}{\sqrt{5}} = 0.4025$

$\psi(1,6) = \frac{1}{\sqrt{6}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 6} \right) = \frac{1}{\sqrt{6}} \left( 1 - 0.0833 \right) = \frac{0.9167}{\sqrt{6}} = 0.375$

$\psi(1,7) = \frac{1}{\sqrt{7}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 7} \right) = \frac{1}{\sqrt{7}} \left( 1 - 0.0714 \right) = \frac{0.9286}{\sqrt{7}} = 0.352$

$\psi(1,8) = \frac{1}{\sqrt{8}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 8} \right) = \frac{1}{\sqrt{8}} \left( 1 - 0.0625 \right) = \frac{0.9375}{\sqrt{8}} = 0.332$

$\psi(1,9) = \frac{1}{\sqrt{9}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 9} \right) = \frac{1}{3} \left( 1 - 0.0555 \right) = 0.3111$

$\psi(1,10) = \frac{1}{\sqrt{10}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 10} \right) = \frac{1}{\sqrt{10}} \left( 1 - 0.05 \right) = \frac{0.95}{\sqrt{10}} = 0.299$

$\psi(1,11) = \frac{1}{\sqrt{11}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 11} \right) = \frac{1}{\sqrt{11}} \left( 1 - 0.0454 \right) = \frac{0.9545}{\sqrt{11}} = 0.29$

$\psi(1,12) = \frac{1}{\sqrt{12}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 12} \right) = \frac{1}{\sqrt{12}} \left( 1 - 0.0416 \right) = \frac{0.9583}{\sqrt{12}} = 0.281$

$\psi(1,13) = \frac{1}{\sqrt{13}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 13} \right) = \frac{1}{\sqrt{13}} \left( 1 - 0.0384 \right) = \frac{0.9616}{\sqrt{13}} = 0.273$

$\psi(1,14) = \frac{1}{\sqrt{14}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 14} \right) = \frac{1}{\sqrt{14}} \left( 1 - 0.0357 \right) = \frac{0.9643}{\sqrt{14}} = 0.266$

$\psi(1,15) = \frac{1}{\sqrt{15}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 15} \right) = \frac{1}{\sqrt{15}} \left( 1 - 0.0333 \right) = \frac{0.9667}{\sqrt{15}} = 0.259$

$\psi(1,16) = \frac{1}{\sqrt{16}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 16} \right) = \frac{1}{4} \left( 1 - 0.0312 \right) = 0.253$

$\psi(1,17) = \frac{1}{\sqrt{17}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 17} \right) = \frac{1}{\sqrt{17}} \left( 1 - 0.0294 \right) = \frac{0.9706}{\sqrt{17}} = 0.247$

$\psi(1,18) = \frac{1}{\sqrt{18}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 18} \right) = \frac{1}{\sqrt{18}} \left( 1 - 0.0277 \right) = \frac{0.9723}{\sqrt{18}} = 0.241$

$\psi(1,19) = \frac{1}{\sqrt{19}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 19} \right) = \frac{1}{\sqrt{19}} \left( 1 - 0.0263 \right) = \frac{0.9737}{\sqrt{19}} = 0.236$

$\psi(1,20) = \frac{1}{\sqrt{20}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 20} \right) = \frac{1}{\sqrt{20}} \left( 1 - 0.025 \right) = \frac{0.975}{\sqrt{20}} = 0.231$

$\psi(1,21) = \frac{1}{\sqrt{21}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 21} \right) = \frac{1}{\sqrt{21}} \left( 1 - 0.0238 \right) = \frac{0.9762}{\sqrt{21}} = 0.226$

$\psi(1,22) = \frac{1}{\sqrt{22}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 22} \right) = \frac{1}{\sqrt{22}} \left( 1 - 0.0227 \right) = \frac{0.9773}{\sqrt{22}} = 0.221$

$\psi(1,23) = \frac{1}{\sqrt{23}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 23} \right) = \frac{1}{\sqrt{23}} \left( 1 - 0.0217 \right) = \frac{0.9783}{\sqrt{23}} = 0.216$

$\psi(1,24) = \frac{1}{\sqrt{24}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 24} \right) = \frac{1}{\sqrt{24}} \left( 1 - 0.0208 \right) = \frac{0.9792}{\sqrt{24}} = 0.211$

$\psi(1,25) = \frac{1}{\sqrt{25}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 25} \right) = \frac{1}{5} \left( 1 - 0.02 \right) = 0.208$

$\psi(1,26) = \frac{1}{\sqrt{26}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 26} \right) = \frac{1}{\sqrt{26}} \left( 1 - 0.0192 \right) = \frac{0.9808}{\sqrt{26}} = 0.204$

$\psi(1,27) = \frac{1}{\sqrt{27}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 27} \right) = \frac{1}{\sqrt{27}} \left( 1 - 0.0185 \right) = \frac{0.9815}{\sqrt{27}} = 0.201$

$\psi(1,28) = \frac{1}{\sqrt{28}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 28} \right) = \frac{1}{\sqrt{28}} \left( 1 - 0.0178 \right) = \frac{0.9822}{\sqrt{28}} = 0.197$

$\psi(1,29) = \frac{1}{\sqrt{29}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 29} \right) = \frac{1}{\sqrt{29}} \left( 1 - 0.0172 \right) = \frac{0.9828}{\sqrt{29}} = 0.194$

$\psi(1,30) = \frac{1}{\sqrt{30}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 30} \right) = \frac{1}{\sqrt{30}} \left( 1 - 0.0166 \right) = \frac{0.9833}{\sqrt{30}} = 0.191$

$\psi(1,31) = \frac{1}{\sqrt{31}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 31} \right) = \frac{1}{\sqrt{31}} \left( 1 - 0.0161 \right) = \frac{0.9839}{\sqrt{31}} = 0.188$

$\psi(1,32) = \frac{1}{\sqrt{32}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 32} \right) = \frac{1}{\sqrt{32}} \left( 1 - 0.0156 \right) = \frac{0.9844}{\sqrt{32}} = 0.185$

$\psi(1,33) = \frac{1}{\sqrt{33}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 33} \right) = \frac{1}{\sqrt{33}} \left( 1 - 0.0151 \right) = \frac{0.9849}{\sqrt{33}} = 0.182$

$\psi(1,34) = \frac{1}{\sqrt{34}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 34} \right) = \frac{1}{\sqrt{34}} \left( 1 - 0.0147 \right) = \frac{0.9854}{\sqrt{34}} = 0.179$

$\psi(1,35) = \frac{1}{\sqrt{35}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 35} \right) = \frac{1}{\sqrt{35}} \left( 1 - 0.0142 \right) = \frac{0.9859}{\sqrt{35}} = 0.176$

$\psi(1,36) = \frac{1}{\sqrt{36}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 36} \right) = \frac{1}{6} \left( 1 - 0.0138 \right) = 0.173$

$\psi(1,37) = \frac{1}{\sqrt{37}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 37} \right) = \frac{1}{\sqrt{37}} \left( 1 - 0.0135 \right) = \frac{0.9864}{\sqrt{37}} = 0.17$

$\psi(1,38) = \frac{1}{\sqrt{38}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 38} \right) = \frac{1}{\sqrt{38}} \left( 1 - 0.0131 \right) = \frac{0.9869}{\sqrt{38}} = 0.167$

$\psi(1,39) = \frac{1}{\sqrt{39}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 39} \right) = \frac{1}{\sqrt{39}} \left( 1 - 0.0128 \right) = \frac{0.9874}{\sqrt{39}} = 0.164$

$\psi(1,40) = \frac{1}{\sqrt{40}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 40} \right) = \frac{1}{\sqrt{40}} \left( 1 - 0.0125 \right) = \frac{0.9879}{\sqrt{40}} = 0.161$

$\psi(1,41) = \frac{1}{\sqrt{41}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 41} \right) = \frac{1}{\sqrt{41}} \left( 1 - 0.0122 \right) = \frac{0.9884}{\sqrt{41}} = 0.158$

$\psi(1,42) = \frac{1}{\sqrt{42}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 42} \right) = \frac{1}{\sqrt{42}} \left( 1 - 0.0119 \right) = \frac{0.9889}{\sqrt{42}} = 0.155$

$\psi(1,43) = \frac{1}{\sqrt{43}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 43} \right) = \frac{1}{\sqrt{43}} \left( 1 - 0.0116 \right) = \frac{0.9894}{\sqrt{43}} = 0.152$

$\psi(1,44) = \frac{1}{\sqrt{44}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 44} \right) = \frac{1}{\sqrt{44}} \left( 1 - 0.0113 \right) = \frac{0.9899}{\sqrt{44}} = 0.149$

$\psi(1,45) = \frac{1}{\sqrt{45}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 45} \right) = \frac{1}{\sqrt{45}} \left( 1 - 0.0111 \right) = \frac{0.9904}{\sqrt{45}} = 0.146$

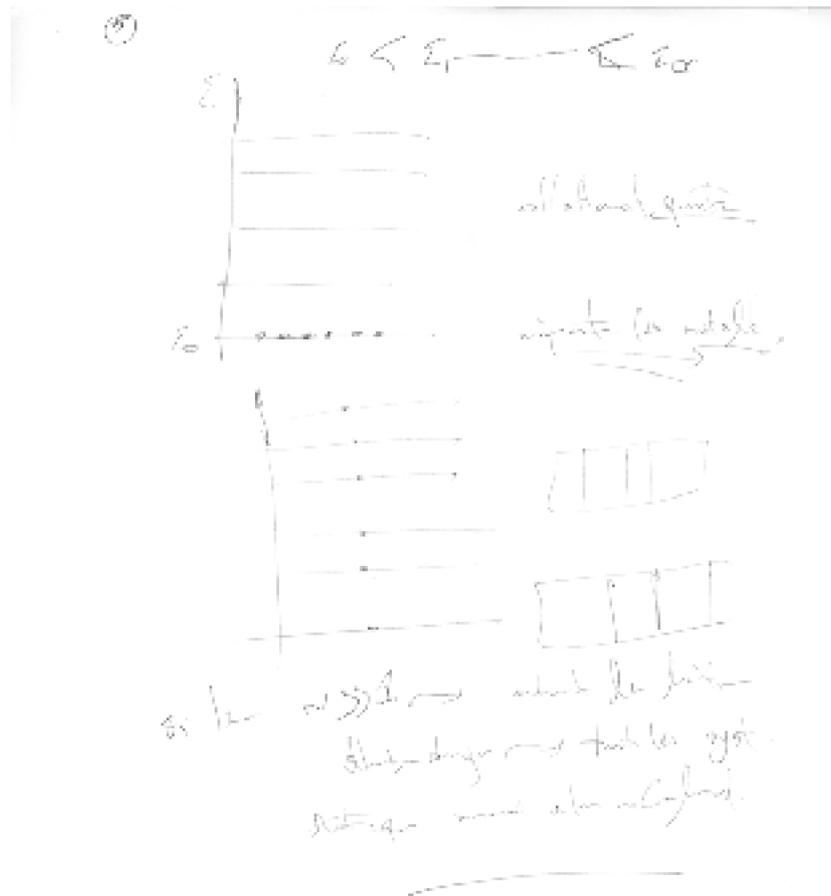
$\psi(1,46) = \frac{1}{\sqrt{46}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 46} \right) = \frac{1}{\sqrt{46}} \left( 1 - 0.0108 \right) = \frac{0.9909}{\sqrt{46}} = 0.143$

$\psi(1,47) = \frac{1}{\sqrt{47}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 47} \right) = \frac{1}{\sqrt{47}} \left( 1 - 0.0106 \right) = \frac{0.9914}{\sqrt{47}} = 0.14$

$\psi(1,48) = \frac{1}{\sqrt{48}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 48} \right) = \frac{1}{\sqrt{48}} \left( 1 - 0.0104 \right) = \frac{0.9919}{\sqrt{48}} = 0.137$

$\psi(1,49) = \frac{1}{\sqrt{49}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 49} \right) = \frac{1}{7} \left( 1 - 0.0102 \right) = 0.134$

$\psi(1,50) = \frac{1}{\sqrt{50}} \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot 50} \right) = \frac{1}{\sqrt{50}} \left( 1 - 0.01 \right) = \frac{0.9924}{\sqrt{50}} = 0.131$



### G7- Scan question

en raison de la dérivabilité de particule  
ou bien de  $\neq$  fondamentalement entre  $m \in \mathbb{C}$  et  $\mathbb{R}^q$

1) définir les état quantiques et les comportements  
symétriques vis à vis d'une permutation de deux états.  
on se donne deux particules, pour on va distinguer  
le type de particule (type de boson et de fermion)  
on peut échanger les particules de particule de spin  
bien déterminer? bien on avec identification  
des propriétés de chaque particule.

2) comment on peut on de boson ou  $\mathbb{R}^q$  pour  
on construit les états physiques de  $n$  particules  
identiques on peut facilement écrire.

3)   
étape on peut on dans le  $\neq$  état état  
de forme état état de boson  $\in \mathbb{C}$  ou  $\mathbb{R}^q$ .

orale

