

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2
INSTITUT DE PSYCHOLOGIE
T H E S E pour obtenir le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ LUMIERE LYON 2
Discipline : Psychologie Cognitive
présentée et soutenue publiquement par
Gaëlle MOLINARI
Le 17 juillet 2002

**représentation et acquisition de
connaissances spécifiques à un domaine
scientifique à partir de textes et
d'illustrations : Effet de la structure du
domaine, des connaissances des lecteurs,
des caractéristiques du texte et de ses
illustrations**

Sous la direction du Docteur Isabelle TAPIERO

Jury : Michael BAKER Chargé de recherches, CNRS, Université Lyon 2 Jacques FRANCOIS
Rapporteur, Professeur à l'Université de Caen José OTERO Professeur à l'Université d'Alcala de
Henares (Madrid) Isabelle TAPIERO Directeur de thèse, M.C. (HDR) à l'Université Lyon 2 Charles
TIJUS Rapporteur, Professeur à l'Université Paris 8

Table des matières

RESUME .	1
SUMMARY . .	3
INTRODUCTION .	5
CHAPITRE 1 Les modèles de la compréhension de textes .	11
1.1. Le traitement de la cohérence sémantique du texte .	13
1.1.1. Le modèle proposé par Kintsch & van Dijk (1978) : la cohérence référentielle comme critère de base de la cohérence sémantique .	13
1.1.2. Le modèle de Trabasso et van den Broek (1985) : les connexions causales comme critère de base de la cohérence sémantique .	18
1.1.3. Le modèle de Fletcher et Bloom (1988) : les liens référentiels et causaux coexistent-ils réellement dans la représentation ? . .	22
1.2. L'intervention des connaissances des lecteurs dans la compréhension du texte .	23
1.2.1. L'extension du modèle de 1978 : le modèle de situation (van Dijk & Kintsch, 1983) .	24
1.2.2. Le modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988, 1992, 1998) .	30
1.2.3. Le modèle Landscape : les connaissances, une source d'activation (van den Broek, Ridsen, Fletcher, & Thurlow, 1996) .	36
1.3. Synthèse sur les modèles et la compréhension de textes scientifiques . .	38
CHAPITRE 2 Les formalismes de représentation et les méthodes d'évaluation des connaissances des lecteurs .	41
2.1. Les formalismes de représentation des connaissances .	42
2.1.1. Une représentation basée sur une théorie de la mémoire . .	42
2.1.2. Une représentation basée sur la description des domaines .	49
2.2. Les méthodes d'évaluation des connaissances . .	54
2.2.1. Des méthodes pour évaluer l'organisation des connaissances . .	54
2.2.2. Des méthodes pour évaluer le contenu des connaissances .	66
2.3. Synthèse : Structures de connaissances d'experts et de débutants dans un domaine, et accroissement de l'expertise . .	69
CHAPITRE 3 Apprentissage à partir d'un texte scientifique : Effet d'un domaine, du niveau d'expertise initial des lecteurs, de la structure et de la nature sémantique du texte .	73

3.1. Effet de la structure d'un domaine, des connaissances initiales des lecteurs, et de la structure sémantique du texte . .	75
3.1.1. Les travaux empiriques antérieurs et les hypothèses .	75
3.1.2 EXPERIENCE 1 Effet d'un domaine scientifique, du niveau d'expertise initial des lecteurs, et de la structure temporo-causale du texte . .	85
3.2. Effet d'un organisateur initial sur la compréhension et l'apprentissage à partir d'un texte subséquent . .	109
3.2.1. Les premiers travaux sur le rôle de l'organisateur initial .	110
3.2.2. Effet de l'organisateur initial sur les niveaux de représentation du texte subséquent : les travaux de Mannes (1987, 1994, 1996) .	112
3.2.3. EXPERIENCE 2 Relation entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte subséquent, et niveau d'expertise initial des lecteurs .	115
CHAPITRE 4 Apprentissage à partir d'un texte scientifique accompagné d'illustrations : Effet du niveau d'expertise initial des lecteurs, du type d'informations illustrées, et de la place des illustrations dans le déroulement de la lecture .	139
4.1. La compréhension de textes accompagnés d'illustrations . .	141
4.1.1. Le concept d'illustrations .	141
4.1.2. Les modèles de l'intégration des informations textuelles et picturales .	143
4.1.3. Rôle des illustrations dans la compréhension de textes scientifiques . .	151
4.2. EXPERIENCE 3 Intégration des informations nouvelles aux connaissances acquises à partir d'un organisateur initial : Effet du Niveau d'expertise initial des lecteurs et de la Catégorie sémantique des informations illustrées .	158
4.2.1. Objectifs . .	158
4.2.2. Méthode . .	159
4.2.3. Facteurs et variables dépendantes .	167
4.2.4. Prédications . .	167
4.2.5. Résultats .	169
4.2.6. Discussion .	180
4.3. EXPERIENCE 4 Intégration des informations nouvelles aux connaissances acquises à partir d'un organisateur initial : Effet du Niveau d'expertise initial des lecteurs et de la disposition temporelle des illustrations d'états et d'événements . .	183
4.3.1. Objectif principal .	183
4.3.2. Méthode . .	184
4.3.3. Facteurs et variables dépendantes .	185

4.3.4. Prédications . .	186
4.3.5. Résultats .	186
4.3.6. Discussion .	195
CONCLUSIONS . .	197
BIBLIOGRAPHIE . .	203
A .	203
B .	204
C .	205
D .	205
E .	206
F .	206
G .	206
H .	208
J .	208
K .	208
L .	209
M . .	209
N .	211
O .	211
P .	211
Q .	212
R .	212
S .	213
T .	214
V .	215
W . .	216
Y .	216
Z .	216
ANNEXE 1 MATERIEL DE L'EXPERIENCE 1 .	217

1.1. Le questionnaire d'évaluation des connaissances . .	217
1.2. La tâche de classification de concepts . .	226
1.3. Les textes expérimentaux .	227
1.4. L'épreuve de vérification d'inférences .	236
ANNEXE 2 MATERIEL DE L'EXPERIENCE 2 . .	241
2.1. L'évaluation du niveau d'expertise initial .	241
2.2. Les organisateurs de connaissances initiales .	242
2.3. Les textes d'apprentissage .	257
2.4. Les énoncés de l'épreuve de reconnaissance . .	263
ANNEXE 3 MATERIEL DES EXPERIENCES 3 ET 4 . .	269
3.1. Evaluation du niveau d'expertise initial .	269
3.2. L'organisateur de connaissances initiales .	270
3.3. L'épreuve de vérification d'inférences .	271
3.4. Le texte d'apprentissage et ses illustrations .	274
Les illustrations des ETATS du texte d'apprentissage : .	275
Les illustrations des EVENEMENTS du texte d'apprentissage : . .	277
3.5. Enoncés de la tâche de reconnaissance amorcée .	279
3.5.1. Enoncés construits à partir de PARAPHRASES de l'ORGANISATEUR initial .	279
3.5.2. Enoncés construits à partir de PARAPHRASES du TEXTE d'apprentissage .	281
3.5.3. Enoncés relatifs au neurone mais non abordés dans les expériences 3 et 4 .	283

RESUME

Nos recherches portent sur l'acquisition de connaissances spécifiques à un domaine scientifique à l'aide de textes et d'illustrations chez des sujets de niveaux d'expertise différents. Le domaine à acquérir a été décrit à partir de la formalisation en systèmes. Dans une première expérience, nous avons étudié l'effet de l'adéquation entre la structure du domaine et la structure des connaissances des lecteurs sur l'apprentissage à partir du texte. Il s'agissait aussi de rendre compte d'une interaction entre les connaissances des lecteurs et la cohérence du texte. Ainsi, l'accroissement de l'expertise semble se traduire par un traitement différencié des états et des événements qui définissent le domaine. Par ailleurs, les débutants bénéficient davantage d'un texte cohérent que d'un texte non-cohérent, tandis que l'inverse est observé pour les experts. Dans la deuxième expérience, nous avons étudié la relation entre la catégorie sémantique (états, événements) des connaissances apportées par un organisateur initial et celle des informations évoquées dans un texte subséquent. Comparés aux débutants, les experts s'investissent davantage dans le traitement du texte subséquent lorsque la nature sémantique de ce dernier est différente de celle de l'organisateur initial. Dans les troisième et quatrième expériences, nous avons étudié l'effet des illustrations sur l'apprentissage à partir de textes en fonction des connaissances des lecteurs, de la catégorie (états, événements) des informations illustrées du texte, et de la place des illustrations dans le déroulement de la lecture (illustrations présentées en même temps, avant ou après leurs correspondants textuels). Les débutants tirent davantage profit des illustrations d'états, et ce d'autant plus qu'elles jouent le rôle d'organiseurs initiaux. Les experts portent un plus grand intérêt pour les illustrations d'événements, et ce d'autant plus qu'elles leur permettent de mettre à jour la représentation qu'ils ont formée à partir du texte.

- Mots Clés : Psychologie cognitive, apprentissage à partir de textes scientifiques, domaine de connaissances, connaissances initiales, représentations d'état et d'événement, illustrations.

SUMMARY

Representation and acquisition of new domain-specific information from scientific texts and illustrations : Effects of domain organization, prior knowledge and characteristics of texts and illustrations.

These studies investigated with high- and low-knowledgeable subjects the acquisition of new domain-specific information from scientific texts and illustrations. The domain to be learned was described from the formalization in terms of systems. In a first experiment, we wanted to investigate the effect of the relation between the domain structure and the knowledge structure participants have on the domain on learning from text. We also were focused on the interactive effect of readers' prior knowledge and text coherence. The results showed that as expertise on the text domain develops, a differentiated processing of domain-related states and events occurs. Moreover, beginners benefit more from a coherent text than from a non-coherent text, while the reverse pattern is observed for experts. In the second experiment, we tested how the consistency or inconsistency between the semantic category (states, events) of knowledge provided by an outline and a subsequent text affected learning from text. Experts benefit more from an outline that use a different category to describe the domain as does the subsequent text than from a 'same' outline, whereas the reverse pattern is observed for beginners. The third and fourth experiments aimed to analyze the effect of illustrations on learning from text as a function of readers' prior knowledge, the semantic category (states, events) of illustrated information, and the temporal layout of illustrations during the course of reading (illustrations presented at the same time, before or after their verbal description). Beginners benefit more from illustrations depicting domain-related states, especially as these illustrations play the role of advance organizers. Experts focus more on illustrations depicting domain-related events, especially as these illustrations allow them to update their text representation.

- Keywords : Cognitive psychology, learning from scientific texts, knowledge domain, prior knowledge, representation of domain-related states and events, illustrations.

INTRODUCTION

Les recherches réalisées dans cette thèse portent sur la représentation et l'acquisition de connaissances spécifiques à un domaine scientifique (i.e., le *neurone*) à l'aide de textes explicatifs et d'illustrations, chez des sujets de niveaux d'expertise différents (experts, et débutants). Elles s'inscrivent dans le cadre de travaux récents menés dans le domaine de la compréhension de textes, qui allient les apports de disciplines connexes telles que la sémantique cognitive et l'intelligence artificielle (Cailliès & Tapiero, 1997 ; Kintsch, 1988, 1998 ; Mayer, 2002 ; Mannes & Hoyer, 1996 ; McNamara, E. Kintsch, Songer, & W. Kintsch, 1996 ; van den Broek, Risdén, Fletcher, & Thurlow, 1996 ; Tapiero & Otero, 2002 ; Schnotz, Bannert, Seufert, 2002). L'apprentissage à partir d'un texte est fonction du niveau de compréhension de ce texte, et plus précisément de la formation d'un modèle mental approprié de la situation décrite par le texte (Kintsch, 1994). Le modèle de situation, tel qu'il a été défini par van Dijk et Kintsch (1983), est une représentation des informations apportées par le texte, détachée de la structure textuelle et intégrée aux connaissances du lecteur. Le but principal de nos recherches est d'étudier le rôle de trois facteurs dans la construction du modèle de situation, durant la lecture d'un texte explicatif se rapportant à un domaine scientifique particulier : [1] la structure du domaine, [2] l'état initial des connaissances dont le lecteur dispose sur le domaine, et [3] les caractéristiques du texte, c'est-à-dire la cohérence sémantique du texte, la catégorie sémantique des informations textuelles et picturales (i.e., illustrations) qui sont apportées par le texte, et la place des illustrations dans le déroulement de la lecture. Nos recherches reposent ainsi sur deux hypothèses générales : d'une part, les caractéristiques du texte et du modèle mental de la situation évoquée par le texte seraient déterminées par la structure du

domaine auquel réfère le texte ; et d'autre part, l'apprentissage à partir du texte serait le produit d'une interaction entre l'état initial des connaissances du lecteur et les caractéristiques du texte (formelles et sémantiques). La portée de nos recherches est donc à la fois théorique et pédagogique, puisqu'il s'agit de savoir comment élaborer un support à visée explicative (i.e., composé à la fois de textes et d'illustrations), qui puisse représenter au mieux le domaine à acquérir, qui soit adapté au niveau d'expertise du lecteur, et qui favorise par là même un apprentissage optimal.

Dans le **premier chapitre**, nous présentons les différents modèles théoriques de la compréhension de textes qui rendent compte de la façon dont les lecteurs construisent une représentation interprétative cohérente de la signification d'un texte scientifique. Un texte scientifique est un type de textes dont l'objectif dominant est celui d'accroître les connaissances des lecteurs. Son contenu est directement mis en relation avec un savoir théorique de référence, et est structuré selon un plan qui peut être à la fois expositif (i.e., succession d'informations visant à faire savoir) et explicatif (i.e., faire comprendre les rapports de causalité entre des faits). La représentation mentale qui est formée durant la lecture d'un texte scientifique est considérée comme interprétative, dans la mesure où interviennent les connaissances des lecteurs dont nous savons qu'elles peuvent présenter des différences notables. Les modèles théoriques les plus récents qui décrivent le rôle des connaissances initiales des lecteurs dans la compréhension de textes, sont le modèle 'Construction-Intégration' proposé par Kintsch (1988, 1998) et le modèle 'Landscape' proposé par van den Broek et ses collaborateurs (1996). La représentation du texte est également considérée comme cohérente, en ce sens qu'elle constitue une structure (i.e., un réseau propositionnel) dans laquelle les informations traitées sont reliées par des relations référentielles (selon le critère de chevauchement d'arguments qui a été défini dans le modèle proposé par Kintsch & van Dijk, 1978), et par des relations causales (selon le critère de nécessité dans les circonstances qui a été défini dans le modèle proposé par Trabasso et van den Broek, 1985).

En accord avec les modèles proposés par Kintsch (1988, 1998) et van den Broek (van den Broek & al., 1996), la compréhension serait donc un processus qui s'appuie sur une représentation des connaissances des lecteurs, et qui produit une nouvelle représentation. Aussi, il est nécessaire de résoudre le problème de la représentation initiale. Notre **deuxième chapitre** a pour but de décrire les différents formalismes de représentation qui ont été proposés pour rendre compte des connaissances supposées des lecteurs. Nous avons fait la distinction entre les formalismes de représentation qui s'appuient sur une théorie de la mémoire sémantique (i.e., sur le modèle en réseau associatif pour Kintsch, 1988, 1998 ; ou sur le modèle en espace dimensionnel pour Landauer et Dumais, 1997), et ceux qui se basent sur une représentation en systèmes des domaines auxquels réfèrent les connaissances (Cf. Baudet & Denhière, 1991). A partir de ces formalismes, différentes méthodes expérimentales ont été mises en place dans l'objectif d'une part, d'évaluer la structure des connaissances initiales des lecteurs, et d'autre part, les modifications (quantitatives et qualitatives) de cette structure à l'issue de l'apprentissage à partir d'un texte. Ces méthodes (e.g., tâches de classification de concepts, questionnaires causaux) sont exposées à travers la description d'études expérimentales sur la représentation et l'apprentissage d'un domaine particulier par des sujets de niveaux d'expertise différents (e.g., Caillies & Tapiero, 1997 ; Goldsmith,

Johnson, & Acton, 1991 ; McNamara & al., 1996). Ce chapitre se termine par une synthèse des résultats observés dans ces études, synthèse à partir de laquelle nous tentons de décrire l'accroissement de l'expertise dans un domaine ainsi que les mécanismes qui la sous-tendent.

Le **troisième chapitre** présente deux recherches que nous avons réalisées, afin de déterminer les caractéristiques sémantiques d'un texte scientifique (sans illustrations) qui peuvent faciliter la compréhension et l'apprentissage d'un domaine scientifique particulier chez des lecteurs de niveaux d'expertise différents (i.e., experts et débutants). Trois principaux objectifs ont motivé notre première expérience. Le premier était de décrire de façon précise la structure (locale et globale) du domaine à acquérir (i.e., le *neurone*), à partir de la formalisation en *systèmes* proposée par Baudet et Denhière (1991). Au niveau local, le neurone est considéré comme une structure relationnelle, constituée de plusieurs composants anatomiques (e.g., dendrites, axone). Au niveau global, le neurone est représenté comme une structure fonctionnelle, chaque composant étant affecté d'un rôle particulier dans le traitement des messages nerveux. Le deuxième but était d'étudier l'effet de l'adéquation entre la structure du domaine et la structure des connaissances des lecteurs sur la compréhension et l'apprentissage à partir du texte scientifique. Sur la base de la description à deux niveaux (local et global) du domaine, nous avons construit deux types de tâches d'évaluation des connaissances des lecteurs. D'une part, un questionnaire à choix multiples testait la représentation mentale du domaine en structure relationnelle et fonctionnelle. D'autre part, une tâche de classification de concepts (qui a été inspirée de celle proposée par McNamara et collaborateurs, 1996) était utilisée pour mettre en évidence l'organisation des concepts d'individus, d'états et d'événements relatifs au domaine, à l'intérieur de la structure de connaissances. Les données de la tâche de classification de concepts ont été converties en valeurs de proximité (sémantique) entre chaque paire de concepts, puis transformées en réseaux associatifs à partir de l'algorithme 'Pathfinder' (Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1989). Ces deux épreuves ont été proposées, avant et après l'étude du texte, afin de rendre compte des modifications de la structure de connaissances des lecteurs, considérées comme des indicateurs du modèle de situation qu'ils ont construit durant la lecture (McNamara & al., 1996). Le troisième but de cette expérience était d'observer une interaction entre les connaissances des lecteurs et la cohérence sémantique du texte. Les relations temporelles et causales entre les faits spécifiques au domaine à acquérir déterminent la structure sémantique du texte. Ainsi, nous avons construit deux versions du texte expérimental sur le neurone : une version dont l'organisation sémantique respectait l'enchaînement temporo-causal des faits évoqués (i.e., version structurée), et une version non-structurée. Les résultats de cette première expérience confirment notre hypothèse selon laquelle l'apprentissage d'un domaine (le *neurone*) à partir d'un texte consiste non seulement en l'ajout de connaissances nouvelles dans la structure cognitive initiale (différenciation du réseau de connaissances), mais aussi en une réorganisation de cette structure de sorte qu'elle soit homologue à la structure (fonctionnelle) du domaine. De plus, l'accroissement de l'expertise se traduit par un traitement différencié des états et des événements relatifs au domaine, ainsi que par une focalisation sur les états qui semblent alors constituer les points d'ancrage de la représentation mentale du domaine. Enfin, en accord avec ce qui a été observé par McNamara et collaborateurs (1996), les débutants

semblent bénéficier davantage d'un texte scientifique dans lequel les relations temporelles et causales entre les états et les événements évoqués sont mentionnées de façon explicite. En revanche, les experts tendent à traiter plus activement un texte dans lequel les relations de causalité sont supprimées et la séquence temporelle des états et des événements perturbée.

Notre deuxième expérience s'inscrit dans le cadre de travaux empiriques sur le rôle d'un organisateur initial sur la compréhension ultérieure d'un texte par des sujets de niveaux d'expertise différents (experts et débutants). Ces travaux (Mannes & Kintsch, 1987 ; Mannes & Hoyes, 1996) ont montré que, lorsque la structure (ou la perspective) du texte subséquent diffère de celle de l'organisateur initial, la compréhension de ce texte entraîne la révision du modèle mental initial (sa mise à jour) : il y a alors intégration des informations apportées par le texte aux connaissances acquises à partir de l'organisateur initial. L'objectif de notre expérience était double. D'une part, pour étendre les résultats de la première expérience quant à l'effet différentiel des deux types de représentations – états et événements – sur la construction du modèle de situation, nous avons étudié la relation entre la nature sémantique des connaissances apportées par l'organisateur initial et celle des informations nouvelles évoquées dans le texte subséquent. Deux conditions d'apprentissage ont été ainsi proposées. Dans la première, l'organisateur initial apportait des connaissances générales (sur le *neurone*) dont la catégorie sémantique (états versus événements) était identique à celle des informations spécifiques évoquées dans le texte subséquent (condition de *congruence*). Dans la seconde, la catégorie sémantique des connaissances de l'organisateur initial était différente de celle des informations du texte subséquent (condition de *non-congruence*). D'autre part, nous avons étudié l'effet des exigences de la tâche proposée aux lecteurs à l'issue de l'étude de l'organisateur initial, sur la compréhension du texte subséquent. D'après Graesser, Singer et Trabasso (1994), la réalisation d'une tâche à l'issue de la première phase d'apprentissage peut influencer les buts et stratégies de compréhension que les lecteurs adoptent au cours de la seconde phase d'apprentissage. Deux types de tâches ont été proposés aux lecteurs. Ils réalisaient soit un résumé sur la base de la représentation sémantique de l'organisateur initial, soit un schéma sur la base du modèle de situation. Nous avons ainsi supposé que la tâche de résumé inciterait les lecteurs à mettre en oeuvre un traitement 'sémantique' du texte subséquent, tandis que la tâche de schéma les encouragerait à effectuer un traitement 'situationnel'. Les principaux résultats de cette expérience confirment nos hypothèses. D'une part, les experts ont plus de facilités que les débutants à produire des inférences pour relier les informations du texte subséquent à celles de l'organisateur initial, et donc à réviser leur modèle mental initial. D'autre part, la tâche de schéma facilite davantage la révision du modèle mental initial, comparée à la tâche de résumé. L'effet différentiel des deux types de tâches est d'autant plus important que les lecteurs sont experts dans le domaine évoqué. Les résultats montrent également, que les lecteurs qui disposent de connaissances initiales sur les états du domaine (i.e., acquises à l'aide de l'organisateur initial), ont construit une représentation mentale du texte subséquent plus accessible en mémoire, comparés à ceux qui disposent de connaissances initiales sur les événements. Enfin, alors que nous n'avions pas prédit un tel effet, il semble que la tâche de résumé favorise la construction d'une représentation mentale appropriée des événements relatifs au domaine, tandis que la tâche de schéma est davantage bénéfique

à la construction de la représentation mentale des états.

Les deux autres expériences que nous avons menées et que nous présentons dans le **quatrième chapitre**, avaient pour but d'étudier l'effet des illustrations analogiques (des schémas) sur l'apprentissage d'un domaine scientifique particulier (le *neurone*) à partir de textes, chez des experts et des débutants du domaine. Deux principales raisons ont justifié cette piste de recherche. D'une part, l'usage extensif des illustrations dans les documents scientifiques atteste de leur rôle déterminant dans la représentation de notions complexes et généralement peu familières aux lecteurs. Ainsi, il semble nécessaire de rendre compte des processus à l'oeuvre dans l'intégration de ces deux sources d'informations (textes et illustrations). D'autre part, cette étude a émergé des résultats de la deuxième expérience quant à l'effet différentiel des deux types de tâches consécutives à la lecture de l'organisateur initial (résumé, schéma) sur le traitement du texte subséquent. Au même titre que le schéma effectué par le lecteur, nous supposons que les illustrations seraient des représentations analogiques (externes) de certains aspects du modèle mental de la situation évoquée, et qu'elles seraient par là même bénéfiques à sa construction (ou à sa révision). De plus, si l'on tient compte des résultats de la deuxième expérience, il semblerait que l'effet des illustrations serait fonction d'une part, de la catégorie sémantique des informations illustrées du texte (états versus événements), et d'autre part, du niveau d'expertise initial des lecteurs. Enfin, en accord avec les travaux empiriques de Dean et Enemoh (1983) et de Mayer et Anderson (1991, 1992), le rôle des illustrations serait différent en fonction de la place qu'elles occupent dans le déroulement de la lecture (i.e., illustrations placées avant, en même temps ou après leur description verbale). Pour tester ces hypothèses, nous avons construit deux versions illustrées d'un texte d'apprentissage se rapportant au neurone : une version dans laquelle seules les phrases sur les états du domaine étaient accompagnées d'illustrations analogiques (schémas), et une version dans laquelle seules les phrases sur les événements étaient illustrées. Dans notre troisième expérience, les informations textuelles et leurs illustrations étaient présentées de façon simultanée. En revanche, les illustrations étaient placées soit avant, soit après leurs correspondants textuels dans la quatrième expérience. Une tâche de reconnaissance amorcée (qui a été inspirée de celle proposée par van den Broek et Lorch en 1993) commune à ces deux expériences, permettait de rendre compte du degré d'incorporation des informations évoquées dans le texte illustré aux connaissances acquises à l'aide d'un organisateur initial. Selon Potts et Peterson (1985), les informations nouvelles apprises à partir d'un texte peuvent être soit directement reliées aux connaissances initiales des lecteurs, soit compartimentalisées en une sous-structure unique et isolée en mémoire. Ces résultats des troisième et quatrième expériences confirment nos hypothèses quant à l'effet des illustrations analogiques sur l'apprentissage à partir d'un texte scientifique. Plus précisément, les illustrations semblent exercer une influence plus importante lorsqu'elles représentent des états plutôt que des événements du domaine à acquérir. Par ailleurs, les débutants se focalisent davantage sur les illustrations d'états que sur les illustrations d'événements, tandis que l'inverse est observé pour les experts. Il apparaît également que les débutants profitent davantage des illustrations lorsqu'elles sont placées avant leurs commentaires verbaux, et qu'elles jouent le rôle d'organiseurs initiaux. En revanche, les experts tirent davantage profit des illustrations lorsqu'elles sont placées après leurs correspondants textuels, et qu'elles ont

pour fonction de mettre à jour le modèle de situation qu'ils ont construit sur la base du texte. Enfin, ces résultats confirment l'idée selon laquelle le degré d'intégration des informations nouvelles en mémoire est fonction d'une part, de leur catégorie sémantique, et d'autre part, des connaissances des lecteurs.

Les **conclusions** issues de ce corpus de quatre expériences, permettent d'extraire de nouvelles pistes de recherche pour de futures perspectives de travail, et soulèvent des questions quant à la construction d'un support pédagogique qui serait adapté au domaine d'apprentissage et aux connaissances des lecteurs.

CHAPITRE 1 Les modèles de la compréhension de textes

Les textes qui font l'objet de nos travaux de recherche sont des textes *scientifiques*, dont l'objectif dominant est celui d'accroître les connaissances des lecteurs. Le contenu d'un texte scientifique est directement mis en relation avec un savoir théorique de référence (données véridiques et vérifiables), qui est relatif à des phénomènes (ou des systèmes) physiques, biologiques, ou techniques. Un texte scientifique peut être organisé selon deux types de plans : un plan expositif, et un plan explicatif. Le plan expositif procède de l'intention de se centrer sur l'organisation logique du contenu, sans tenir compte des connaissances supposées des lecteurs (visée informative neutre). Il consiste ainsi en une succession d'informations visant à faire connaître le 'quoi' et le 'comment' : les faits et phénomènes sont qualifiés, décrits et situés dans le temps et dans l'espace. En revanche, le plan explicatif exprime l'intention d'illustrer certains aspects du contenu susceptibles d'être problématiques pour les lecteurs. Il consiste ainsi à faire connaître le 'pourquoi' : les rapports de causalité entre les faits et phénomènes sont explicités afin de résoudre la difficulté de compréhension.

La compréhension d'un texte scientifique est une activité cognitive relativement complexe. Du fait de la limitation de ses ressources mnésiques et attentionnelles, le lecteur doit traiter séquentiellement le texte scientifique, cycle par cycle, chaque cycle comportant plusieurs propositions dont nous supposons que le nombre en mémoire est fonction de trois principaux facteurs : la complexité du contenu textuel, les connaissances

supposées du lecteur sur le domaine abordé par le texte (dont est fonction l'intérêt cognitif que le lecteur porte au texte), ainsi que le but assigné à la lecture (lire pour comprendre ou lire pour apprendre). A l'heure actuelle, il n'existe pas de modèles théoriques qui soient spécifiques à la compréhension de textes scientifiques. Dans l'objectif de rendre compte des processus à l'oeuvre dans le traitement de ce type de textes, nous avons repris les hypothèses des différents modèles qui ont été proposés pour étudier la compréhension de textes narratifs (Fletcher & Bloom, 1988 ; Kintsch, 1988, 1998 ; Kintsch & van Dijk, 1978 ; Trabasso & van den Broek, 1985 ; van den Broek, Ridsen, Fletcher, & Thurlow, 1996 ; van Dijk et Kintsch, 1983). Ces modèles font l'objet d'une description détaillée dans le cadre de ce chapitre.

D'après ces différents modèles de la compréhension de textes, nous pouvons supposer qu'au cours de la lecture d'un texte scientifique, le lecteur se construit, pas à pas, une représentation *interprétative cohérente* de la signification (locale et globale). Il s'agit d'une représentation cohérente, en ce sens que le produit final du processus de compréhension est une structure unique (i.e., un réseau propositionnel) où sont intégrées les informations traitées et leurs interrelations. Les relations entre les propositions dans le réseau sont établies par deux types de critères : [1] la cohérence par le chevauchement d'arguments (partage d'un même référent), et [2] la cohérence par les relations causales. Les processus à l'oeuvre dans le maintien de la cohérence référentielle ont été décrits dans le modèle proposé par Kintsch et van Dijk (1978). Dans ce modèle théorique, deux propositions ne sont reliées que si elles ont en commun un (ou plusieurs) arguments, et si elles sont placées simultanément dans la mémoire de travail. De plus, la stratégie 'du bord d'attaque' qui incorpore un principe d'importance est utilisée pour prédire quelles sont les propositions contenues en mémoire de travail à chaque cycle de traitement. Les processus à l'oeuvre dans le maintien de la cohérence causale ont été décrits dans le modèle proposé par Trabasso et van den Broek (1985). Ce modèle représente le réseau propositionnel comme un 'espace-problème', dans lequel sont définis les états initial et final de la situation évoquée dans le texte, et à partir duquel sont émises des hypothèses quant aux rapports de causalité possibles entre ces états. Pour établir la structure causale du réseau, le critère de 'nécessité dans les circonstances' selon lequel une conséquence ne peut prendre place si la cause ne se produit pas, est utilisé. De plus, les propositions qui sont maintenues en mémoire de travail à chaque cycle de traitement, sont celles qui s'avèrent être les plus utiles pour comprendre la structure causale du texte. Elles sont déterminées par les stratégies de 'l'état courant' et de 'l'état courant /but' qui reflètent les tentatives du lecteur à relier chaque élément textuel nouveau à son antécédent causal immédiat et au but qui le motive.

La représentation qui est construite durant la lecture d'un texte scientifique est également interprétative, dans la mesure où interviennent dans cette construction les connaissances dont le lecteur dispose à propos du domaine traité. Le fait d'interpréter les informations textuelles sur la base de ses connaissances initiales, permet au lecteur de former un niveau de représentation plus riche et plus complexe : le modèle de situation (van Dijk & Kintsch, 1983). Le modèle de situation est défini comme la représentation mentale des individus, états et événements qu'évoque le texte. La notion de modèle de situation est centrale dans nos travaux de recherche, et ce pour deux raisons principales.

D'une part, la construction d'un modèle de situation est indispensable lorsqu'il s'agit de traiter des notions scientifiques abstraites. Du fait du caractère incrémentatif du modèle de situation (Garnham & Oakhill, 1993), le modèle qui est formé à un moment donné de la lecture sert de guide à l'intégration des informations subséquentes du texte. Il permet au lecteur de produire des inférences sur les relations fonctionnelles (temporo-causales) entre les entités d'un système complexe, de simuler mentalement la modification d'un état du système et les conséquences de cette modification. D'autre part, la construction du modèle de situation est indispensable lorsque l'objectif du lecteur est d'acquérir des connaissances nouvelles sur le domaine évoqué dans le texte. En effet, il est le résultat d'un processus d'intégration des informations apportées dans le texte aux connaissances initiales du lecteur (Kintsch, 1994). Les modèles récents qui décrivent le rôle des connaissances du lecteur dans la construction du modèle de situation au cours de la lecture, et que nous présentons dans la deuxième partie de ce chapitre, sont les modèles de Construction-Intégration (Kintsch, 1988, 1998) et Landscape (van den Broek & al., 1996). Ces deux modèles consistent en une approche connexionniste de la compréhension de textes selon laquelle les connaissances ne sont pas stockées de façon permanente dans des structures rigides (e.g., des schémas), mais sont générées sous la forme de patterns d'activation dans le contexte de la tâche pour laquelle elles sont requises.

1.1. Le traitement de la cohérence sémantique du texte

1.1.1. Le modèle proposé par Kintsch & van Dijk (1978) : la cohérence référentielle comme critère de base de la cohérence sémantique

La notion de propositions

Le modèle de Kintsch et van Dijk (1978) suppose que la structure de surface d'un texte est interprétée comme un ensemble de propositions qui peuvent être considérées comme des unités d'informations discursives permettant de quantifier le contenu sémantique du texte. La proposition est '**la forme minimale la plus satisfaisante pour rendre compte d'un micro-univers. C'est-à-dire d'une scène peuplée a minima d'un actant qui fait l'action et de l'acte que le verbe accomplit**' (Ghiglione & Blanchet, 1991, p. 39). Elle est donc constituée d'un ensemble de concepts verbaux prenant la forme d'un prédicat suivi d'une séquence de n arguments. Les arguments qui composent une proposition, sont considérés comme des éléments individuels dont les fonctions sémantiques peuvent être celles d'agent, d'objet ou de but. Le prédicat de chaque proposition peut prendre la forme d'un verbe, d'un adjectif, d'un adverbe ou d'un connecteur : il réfère aux propriétés des éléments individuels, ou établit des relations entre elles (e.g., la phrase 'Michel accueille les clients' sera exprimée par le prédicat ACCUEILLIR et par les deux

arguments A1 : Michel, A2 : clients). Certaines propositions peuvent avoir comme argument d'autres propositions sur lesquelles le prédicat opère. Ces propositions sont considérées comme étant plus complexes que les propositions dont les prédicats opèrent sur des arguments simples (e.g., la phrase 'Michel accueille les clients et les place' sera exprimée par trois propositions : P1 : ACCUEILLIR (Michel, clients) ; P2 : PLACER (Michel, clients) ; P3 : ET (P1, P2). Dans ce cas, P3 est considérée comme 'complexe' puisque le prédicat ET opère sur deux autres propositions).

Cet ensemble de propositions est ordonné à deux niveaux - local (i.e., la microstructure) et global (i.e., la macrostructure) - à l'aide de diverses relations sémantiques qui sont, soit directement exprimées dans la structure de surface du texte, soit inférées durant le processus de compréhension.

1.1.1.a Le niveau local ou la microstructure du texte

La microstructure et la cohérence

Au niveau local, la structure du texte est constituée de séquences de propositions (la base de texte) qui sont linéairement cohérentes : les propositions d'une séquence sont interprétées en fonction de l'interprétation donnée aux autres propositions du texte, et sont reliées deux à deux si les faits qu'elles dénotent sont reliés. Ces séquences satisfont la contrainte de l'interprétation relative (van Dijk, 1977). van Dijk (1977) a distingué trois autres catégories de contrainte qui s'appliquent à l'établissement de la cohérence linéaire et qui sont :

De **nature référentielle**. La cohérence d'un texte dépend de la cohérence du fragment de monde possible ou du cours des événements qu'il représente. Appliquées au système de notation propositionnelle, deux propositions, P1 et P2, sont cohérentes référentiellement, lorsqu'une proposition P1 constitue l'argument d'une proposition P2, ou lorsqu'elles partagent un même argument A. Cet élément récurrent A peut apparaître strictement ou sous la forme de marques anaphoriques ou de substitutions lexicales par exemple. Selon Kintsch et van Dijk (1978), cet indicateur de cohérence référentielle est probablement le plus important pour la cohérence de la structure sémantique du texte ;

De **nature intensionnelle ou conceptuelle**. Pour qu'un texte soit jugé cohérent, il faut qu'il existe une unité au niveau de son thème et une logique du déroulement de ses séquences assurée par des transitions compréhensibles. Les faits que les propositions dénotent doivent être reliés au thème général, c'est-à-dire provenir du même domaine de l'espace sémantique. Par ailleurs, bien qu'un taux de répétition soit nécessaire à la cohérence d'un texte, il faut échapper à la circularité en ajoutant régulièrement un apport informatif. La production d'un texte cohérent exige donc le respect d'un équilibre difficile entre répétition d'éléments, c'est-à-dire continuité thématique (i.e., ce dont on parle), et apport d'éléments nouveaux, c'est-à-dire progression rhématique (i.e., ce que l'on en dit) ;

De **nature pragmatique**. Le texte doit être informatif. Une information que le lecteur connaît déjà n'a pas besoin d'être exprimée et assertée ; elle peut rester implicite. Enfin, il doit exister des relations de congruence entre les états, les événements et les actions énoncés dans un texte. Ces derniers doivent s'articuler entre eux par rapport aux relations de cause, de condition, de conséquence, etc. du type de monde reconnu par le narrateur et le lecteur du texte.

Les cycles de traitement

Comme nous l'avons déjà évoqué, Kintsch et van Dijk (1978) utilisent la cohérence référentielle, comme critère de base de la cohérence sémantique d'un texte. Ainsi, en terme de traitement, la première phase dans l'élaboration de la représentation cognitive du texte est constituée par l'examen de la cohérence référentielle entre propositions. S'il y a chevauchement d'argument(s) entre toutes les propositions, la base de texte est acceptée pour un traitement ultérieur ; si des ruptures de cohérence sont repérées, des processus inférentiels interviennent pour les combler, et une ou plusieurs propositions sont ajoutées à la base de texte pour la rendre plus cohérente.

En raison des limitations de la capacité de la mémoire de travail du lecteur, ces opérations ne peuvent se réaliser sur la base de texte considérée dans sa totalité. Le modèle suppose que le texte est traité séquentiellement, tronçon par tronçon, chaque tronçon comportant plusieurs propositions dont le nombre dépend à la fois des propriétés du texte et de celles du lecteur. Lorsque n propositions sont traitées au cours d'un cycle, un processus de sélection intervient : s propositions sont alors maintenues en mémoire de travail, et sont organisées en un réseau hiérarchisé avec une proposition topique servant de noeud superordonné. Toutes les propositions qui partagent un référent avec cette proposition superordonnée forment le niveau 2 de la hiérarchie. Les niveaux subordonnés de cette hiérarchie sont formés en reliant les propositions qui restent à la proposition la plus superordonnée avec laquelle elles partagent un référent. Kintsch et van Dijk (1978) ont proposé une stratégie dite du 'bord d'attaque' pour prédire le contenu de la mémoire de travail à chaque cycle de traitement : les propositions sélectionnées sont la proposition superordonnée, la proposition la plus récente de chaque niveau subordonné, et s'il reste de la place en mémoire de travail, les propositions les plus récentes du niveau le plus superordonné. Les s propositions sont donc utilisées pour relier le nouveau tronçon à traiter au matériel déjà lu. Ainsi, s'il existe un chevauchement d'argument(s) entre l'ensemble d'entrée et le contenu en mémoire de travail, le matériel d'entrée est accepté comme étant cohérent avec le texte antérieur. Si ce n'est pas le cas, une recherche en mémoire à long-terme est engagée parmi toutes les propositions antérieurement traitées. Si le processus de recherche échoue également, des inférences sont alors produites pour ajouter à la base de texte une ou plusieurs propositions qui relient l'ensemble d'entrée aux propositions déjà traitées.

Il faut noter que les processus d'inférence ou de recherche sollicitent de façon importante les ressources cognitives du lecteur, et contribuent par là-même à accroître la difficulté de compréhension. On peut ajouter que la lisibilité du texte dépend du nombre

d'inférences qui doivent être produites pour construire une base de texte cohérente, et du nombre de réintroductions dans la mémoire de travail, de propositions déjà traitées (Miller & Kintsch, 1980). Si un lecteur est capable de traiter des tronçons d'entrée importants (du fait de sa familiarité avec le thème traité, par exemple) et peut utiliser un tampon d'une capacité relativement importante, un nombre moindre de réintroductions et d'inférences sera nécessaire. En revanche, un lecteur avec une capacité réduite de traitement des tronçons d'entrée, et un 'buffer' de taille limitée sera davantage gêné par des dépassements plus nombreux de la capacité de sa mémoire de travail, et par des réintroductions plus fréquentes de propositions stockées dans sa mémoire à long-terme. Dans la mesure où ces difficultés requièrent l'utilisation de ressources cognitives, la capacité du lecteur à produire des inférences qui relient entre elles des parties du texte, sera aussi diminuée. Le résultat final est une diminution de l'efficacité de la lecture.

Le graphe de cohérence

Ainsi, la totalité du texte est traitée de la même manière, et ce processus conduit à la construction d'un réseau de propositions qui est représenté sous la forme d'un graphe de cohérence, dont les noeuds sont constitués par les propositions et les liens par des référents partagés. Le graphe de cohérence est constitué par une hiérarchie d'importance relative des propositions (Tapiero & Denhière, 1997), laquelle est élaborée en fonction du nombre de relations arrivant et partant de chaque proposition. Ainsi les propositions appartenant aux niveaux supérieurs du graphe de cohérence, sont celles qui sont reliées à de nombreuses autres propositions via le chevauchement d'argument(s), et qui ont donc une probabilité plus importante d'être pertinentes pour le traitement du matériel du cycle suivant. Des études (Kintsch & Keenan, 1973 ; Tapiero, 1992) ont montré que les propositions, situées au sommet du graphe de cohérence, étaient mieux rappelées que celles des niveaux inférieurs. Miller et Kintsch (1980) expliquent cet indice de rappel plus important par le fait que ces propositions sont retenues dans le 'buffer' pendant plusieurs cycles et subissent, par conséquent, un traitement additionnel.

1.1.1.b Le niveau global ou la macrostructure du texte

Les macrorègles

La formation de la macrostructure a lieu au cours de la lecture, et non a posteriori (van Dijk, 1977). Elle correspond à plusieurs niveaux globaux de représentation de la signification et est disponible quand il est nécessaire de résumer un texte.

La macrostructure est une structure émergente du microtraitement des textes, plutôt qu'une structure stockée de façon permanente en mémoire (Tapiero, 1992). Les macropropositions qui la composent se substituent aux séquences de propositions qu'elles représentent par un processus de réduction de l'information dont le but est de supprimer le détail des propositions individuelles. Cette transformation sémantique est gouvernée par des macrorègles dont l'application doit respecter deux contraintes : [1] les macrorègles doivent conduire à une information abstraite et pas trop générale (et donc, non informative) ; [2] une fois qu'un certain niveau d'abstraction est atteint, les

macrorègles doivent cesser d'être appliquées, pour permettre à l'information réduite de conserver sa structure propositionnelle. van Dijk (1977) a distingué quatre catégories de macrorègles :

La **règle de généralisation**. Elle permet aux prédicats et arguments d'être généralisés par un concept superordonné. La nature réductrice de cette règle est basée sur la suppression de certaines propriétés essentielles qui, à un certain macroniveau, deviennent non pertinentes ;

La **règle de suppression**. Elle enlève des propositions entières de la base de texte, lorsque celles-ci sont, soit non importantes pour l'interprétation du reste du texte, soit non pertinentes car déterminant l'interprétation d'une proposition elle-même superordonnée ou remplacée ;

La **règle d'intégration**. Elle supprime une information détaillée, lorsqu'elle peut être intégrée à une autre proposition du texte. Cette information peut être une condition, une composante, ou une conséquence du fait dénoté par la proposition à laquelle elle a été intégrée ;

La **règle de construction**. Elle permet d'introduire, au macroniveau, une information nouvelle. Cette information est nouvelle, dans le sens où elle n'appartient pas à la base de texte, et où elle n'est pas impliquée par des propositions de la base de texte. Cette dernière règle indique ainsi que la formation d'une macrostructure n'est pas exclusivement déductive. Elle est aussi basée sur l'induction : une macroproposition peut parfois être inférée sur la base d'une connaissance incomplète.

La macrostructure : un réseau hiérarchique de macropropositions

Comme au microniveau, la hiérarchie au sein de la macrostructure est déterminée par le principe de chevauchement d'argument(s). Ainsi, la macroproposition qui exprime le thème central du texte occupe le niveau superordonné. Toutes les macropropositions qui partagent un argument (référant au même individu/objet, au même état ou au même événement) avec la macroproposition superordonnée, forment le second niveau de la hiérarchie. Les propositions du niveau 3 sont reliées à celles du niveau 2 mais n'ont plus de référents communs avec le premier niveau. La proposition topique possède une forte probabilité de rappel et constitue un indice élevé de récupération (van Dijk, 1977). Lorsqu'elle est activée, elle donne accès aux macropropositions du second niveau par une application inverse des macrorègles et par une reconnaissance. La constitution du réseau hiérarchique qui représente le texte a lieu tout au long de la lecture, sa forme finale étant obtenue une fois que tout le texte est traité. C'est cette forme qui sera alors conservée en mémoire à long-terme, et qui sera reproduite lors du résumé immédiat du texte.

1.1.2. Le modèle de Trabasso et van den Broek (1985) : les connexions causales comme critère de base de la cohérence sémantique

Alors que l'approche de Kintsch et van Dijk (1978) souligne le rôle déterminant de l'importance structurale des énoncés (définie en termes de répétition d'arguments) dans le traitement effectué sur le texte, le modèle de Trabasso et van den Broek (1985) insiste sur le rôle de l'identification de la structure causale sous-jacente au texte. Ainsi, d'après ce modèle, la compréhension s'apparente à un processus de résolution de problèmes qui consiste d'une part, à identifier une séquence de liens de causalité reliant les énoncés de début à la fin du texte, et d'autre part, à attribuer une signification à cette séquence. Le texte est alors représenté sous la forme d'un réseau hiérarchique de causalité (van den Broek, 1990), construit cycle par cycle, comme le préconisent Kintsch et van Dijk (1978). Le principe de causalité guide le processus inférentiel pendant la lecture, et le type d'inférences produites est déterminé par les limites de capacité de traitement de la mémoire de travail.

1.1.2.a Au niveau local : la chaîne linéaire causale

La représentation sémantique locale du texte correspond à une chaîne linéaire causale dans laquelle les propositions adjacentes qui décrivent les états ou événements du texte sont reliées par des relations causales. À l'aide de schémas narratifs qui sont préétablis en mémoire, le lecteur construit au début de la lecture un ou plusieurs champs causaux qui déterminent les protagonistes et les circonstances de l'histoire (i.e., les différents lieux et moments de l'histoire) (Trabasso, Secco, & van den Broek, 1984). Les états ou les événements subséquents sont interprétés à partir de ces champs (mondes possibles), lesquels se modifieront au fur et à mesure que des changements causaux apparaîtront. Pour mettre en place la chaîne causale, des processus d'anticipation, de prédiction et d'instanciation sont mis en oeuvre sur la base de théories naïves qu'ont les lecteurs sur la causalité physique et psychologique. En l'absence d'une telle connaissance, les lecteurs peuvent utiliser la contiguïté des faits, dans l'espace et dans le temps, pour produire des inférences causales (Mackie, 1980).

Le principe de causalité

Le principe de base qui régit la connexion des propositions individuelles est fondé sur le critère logique de nécessité dans les circonstances (Mackie, 1974) qui dit que si la cause ne se produit pas, alors la conséquence ne peut prendre place dans les circonstances de l'histoire. Dans le modèle de van den Broek (1990) dit '*Causal Inference maker*', trois autres critères sont évoqués : ceux de priorité temporelle, d'opérativité, et de suffisance. Selon le critère de priorité temporelle, une cause ne peut jamais apparaître après une conséquence. Selon le critère d'opérativité, une cause est en action au moment où la conséquence survient. Enfin, selon le critère de suffisance, si la cause survient alors la conséquence surviendra vraisemblablement aussi dans les circonstances. Il n'est pas

nécessaire que ces quatre critères soient présents pour que le lecteur puisse décider de l'existence d'une relation causale. Toutefois, pour qu'une relation causale soit possible, l'un des critères de priorité temporelle ou d'opérativité doit être satisfait auquel il faut adjoindre l'un des deux autres critères, nécessité ou suffisance. La force de la relation causale est supposée être maximale lorsque ces quatre critères sont présents.

Trois types d'inférences pour maintenir la cohérence locale

Pour maintenir la cohérence entre les états ou les événements du texte, le lecteur peut produire trois types d'inférences : des inférences rétrogrades, des inférences simultanées et des inférences antérogrades (Trabasso & Magliano, 1996). van den Broek, Fletcher et Risen (1993) comparent les inférences rétrogrades à des explications, les inférences simultanées à des associations, et les inférences antérogrades à des prédictions. Pour produire ces inférences, les informations disponibles en mémoire de travail proviennent, soit des connaissances du lecteur sur le monde, soit d'une représentation initiale du texte ou d'inférences initiales.

Les **explications** sont des inférences de liaison qui permettent de connecter un état ou un événement focal (celui qui vient d'être lu) à un état ou à un événement antérieur (ou à plusieurs). Le lecteur éprouve le besoin de connaître les causes et les raisons d'événements (Anderson, 1976) et tente de déterminer 'pourquoi' quelque chose apparaît (Graesser, Bertus, & Magliano, 1995). Les explications identifient donc les conditions qui sont nécessaires à l'occurrence de tous les constituants d'un épisode (i.e., états, événements ou actions). Trabasso et Magliano (1996) ont montré que le raisonnement explicatif était un moyen important d'atteindre la cohérence locale et que les lecteurs généraient essentiellement des explications basées sur des buts. Deux types de contraintes agissent sur la production d'inférences rétrogrades : les critères nécessaires à la relation causale, et la disponibilité de l'information en mémoire. Un lecteur lit un état (ou événement) **B**, et essaie de le relier à l'état (ou événement) **A** lu précédemment. Ainsi, si **A** satisfait les critères d'une relation de causalité, le processus s'arrête ; si **A** ne remplit pas les critères, il y a une rupture de la cohérence. Deux solutions peuvent se présenter. Le lecteur peut rechercher un état (ou événement) dans la représentation initiale du texte qui puisse satisfaire aux relations causales. Cette recherche se termine lorsque le lecteur a réinstauré l'état (ou événement) qui fournit l'information manquante. Le lecteur peut construire une élaboration relative à un état (ou événement) non explicité dans le texte qui donne l'information manquante. Cette élaboration doit être compatible avec l'information textuelle stockée en mémoire, et dépend des connaissances du lecteur sur les états ou événements évoqués par le texte et sur la causalité en général.

Les **prédictions** permettent d'établir une relation causale entre un état (ou un événement) focal, et un état (ou un événement) ultérieur que le lecteur anticipe. Les prédictions sont assimilées à des hypothèses sur les conséquences causales d'un événement focal, et sont formulées sur la base de la représentation initiale du texte

ainsi que sur l'information contenue dans la phrase-cible. Lorsqu'une prédiction est confirmée par la lecture du texte ultérieur, elle est instanciée et utilisée comme une fonction intégrative entre deux phrases du texte. Des études ont montré que si les prédictions ne sont pas requises pour la compréhension, elles sont toutefois générées lorsqu'elles sont causalement contraintes par le contexte de l'histoire, pour résoudre une rupture de cohérence par exemple (Murray, Klin, & Myers, 1993).

Les **associations** enrichissent le contenu de la représentation initiale du texte, en apportant des spécifications de procédures, des détails sur les traits, les propriétés, les relations, et sur les fonctions de personnes, d'objets ou de concepts. L'hypothèse selon laquelle les inférences associatives sont générées automatiquement (*on-line*) durant la lecture normale n'est pas confirmée (Magliano & Graesser, 1991).

1.1.2.b Au niveau global : le réseau hiérarchique de causalité

La représentation sémantique globale du texte correspond à un réseau hiérarchique de causalité (Trabasso & van den Broek, 1985 ; van den Broek & Lorch, 1993 ; Quintana, 2000), dans lequel les états ou événements du texte ne sont plus considérés en fonction de leurs relations causales immédiates, mais en fonction de leur importance relative dans la réalisation du but final. Ces représentations d'état ou d'événement sont alors assimilées à des contraintes ou des préconditions, organisées selon une hiérarchie de but/sous-buts.

La théorie en réseau causal : les données empiriques (van den Broek & Lorch, 1993)

van den Broek et Lorch (1993) ont mené une étude expérimentale dans le but d'étudier le fait que la représentation mentale du texte se décrit sous la forme d'un réseau, dans lequel les connexions relient aussi bien des unités de texte adjacentes (celles formant une chaîne linéaire) que les unités distantes dans la structure de surface du texte. Trois expériences ont ainsi été réalisées au cours desquelles la mémorisation des événements de 20 textes narratifs était testée à l'aide d'une tâche de reconnaissance amorcée. Cette tâche proposait aux sujets (dans les trois expériences) de reconnaître un énoncé (cible) après présentation et simple lecture d'un premier énoncé (amorce). Les sujets devaient ainsi dire si les énoncés-cible apparaissaient dans un des récits lus précédemment. Les cibles vraies paraphrasaient soit une action, soit une issue de l'histoire. Deux catégories d'amorces ont été construites : [1] des amorces générales qui référaient à la topique générale du récit dont les cibles vraies étaient extraites, et [2] des amorces reliées qui référaient à des topiques d'antécédent causal de la cible vraie, et qui correspondaient soit à des actions, soit à des buts. Par ailleurs, les amorces reliées étaient séparées des cibles vraies, soit par un seul événement (condition amorce et cible adjacentes), soit par 11 événements (condition amorce et cible non-adjacentes). Les effets de la relation entre l'amorce et la cible devaient donc donner lieu à des temps de réaction différents à la reconnaissance des cibles. Ainsi, les effets d'amorçage ont été mis en évidence en calculant les différences de temps de réponse entre les cibles vraies associées à des

amorces générales et celles associées à des amorces reliées. La principale prédiction des auteurs était que les cibles seraient plus rapidement reconnues lorsque la représentation textuelle inclut une relation causale entre l'amorce et la cible, que lorsque les deux énoncés ne sont pas reliés. D'après l'hypothèse de la théorie en réseau causal, les auteurs ont aussi prédit que les relations entre les énoncés non-adjacents devraient être incluses dans la représentation en mémoire lorsqu'elles sont requises pour une explication appropriée de l'événement-cible. Cette hypothèse s'oppose à celle proposée par les modèles en chaîne linéaire selon laquelle seules les relations entre les énoncés adjacents devraient être incorporées dans la représentation du texte. Ainsi, les résultats obtenus par van den Broek et Lorch (1993) ont confirmé leur principale prédiction. Par ailleurs, conformément à l'hypothèse de la théorie en réseau, ils ont montré que des énoncés 'but' amorçaient de manière identique des cibles adjacentes et non-adjacentes.

Le réseau causal : un espace d'états

Selon Fletcher, van den Broek et Arthur (1996), le réseau causal peut être décrit comme un espace d'états (*state space*), dans lequel les noeuds représentent les états possibles de la situation évoquée par le texte, et les liens les transitions 'autorisées' entre un état et un autre (les événements possibles). Pour mettre en place ce réseau, un processus de recherche intervient pour identifier à travers l'espace d'état : [1] le chemin de 'solution' ou chemin critique (Black & Bower, 1980) qui est la chaîne causale linéaire des faits les plus importants du texte (les états ou événements déterminés par le but), et [2] les bras-morts (*dead-end chain*) qui contiennent les états ou les événements sans conséquence, ainsi que les informations relatives aux réactions émotionnelles. Durant le processus de recherche, la capacité limitée de la mémoire de travail contraint le lecteur à focaliser son attention sur un état particulier du chemin causal, appelé 'état courant'. Initialement, l'état courant est assimilé à l'état initial de la situation évoquée par le texte (*start state*). Les états qui sont connectés à l'état courant par des liens causaux sont examinés, et un processus heuristique d'évaluation est mis en oeuvre pour déterminer celui qui est le plus proche de l'état-but. L'état sélectionné devient alors le nouvel état courant qui est généralement l'antécédent causal le plus proche de l'état subséquent du texte (Fletcher & Bloom, 1988). L'attention se déplace sur ce dernier, et le processus se répète jusqu'à ce que l'état final soit atteint. Enfin, une mise au point du réseau (ou consolidation) entraîne l'oubli des faits appartenant aux bras-morts, et inclut le chemin critique comme représentation à activer lors du rappel.

Cohérence causale et mémoire

L'appartenance au chemin critique, la force ainsi que le nombre de connexions associées à un élément du réseau déterminent la probabilité de rappel de cet élément (Black & Bower, 1980 ; Kekenbosch, 1989 ; Trabasso, Secco, & van den Broek, 1984). Trabasso, Secco et van den Broek (1984) ont ainsi montré que les événements qui font partie de la chaîne causale sont mieux rappelés que ceux situés sur les bras-morts. Kekenbosch (1989) a également observé que les probabilités de rappel d'un événement de la chaîne causale étaient fonction du nombre de relations qu'entretenait cet énoncé avec les autres.

Ces résultats conduisent donc à définir la cohérence causale en termes de pourcentage de faits (états ou événements) dans la chaîne causale principale du réseau. Ainsi, plus le nombre de propositions dénotant des états ou des événements est élevé, plus il est facile d'établir la cohérence (c'est-à-dire le chemin critique), et meilleur doit être le rappel. La probabilité de rappel des propositions serait donc déterminée par la nature sémantique des propositions plutôt que par leur importance relative, comme l'ont suggéré Kintsch et van Dijk (1978).

1.1.3. Le modèle de Fletcher et Bloom (1988) : les liens référentiels et causaux coexistent-ils réellement dans la représentation ?

Fletcher et Bloom (1988) ont tenté d'unifier les deux approches de la compréhension de textes que nous venons de décrire. Pour la première, celle de Kintsch et van Dijk (1978), la cohérence est assurée en maintenant, d'un cycle de traitement à l'autre, un nombre limité de propositions en mémoire de travail sélectionnées sur la base d'un principe d'importance et reliées selon le critère de chevauchement d'arguments. Le rappel d'une proposition du texte est alors déterminé par le nombre de cycles de traitement où cette proposition réside en mémoire de travail. Pour la seconde, celle de Trabasso et van den Broek (1985), la cohérence nécessite l'identification de la structure causale du texte, c'est-à-dire la construction, sur la base du critère de nécessité dans les circonstances, de tous les liens causaux possibles entre les états évoqués dans le texte. Le rappel d'un état du texte dépend alors d'une part, du nombre de relations causales que cet état entretient avec le reste du texte et d'autre part, de son appartenance à la chaîne causale (i.e., le chemin critique).

Dans leur modèle, Fletcher et Bloom (1988) supposent donc que les cohérences référentielle et causale contribuent conjointement à la cohérence du texte. Ils font ainsi l'hypothèse que ce sont les propositions jugées les plus importantes pour identifier la structure causale du texte qui sont maintenues en mémoire de travail. La probabilité de rappel d'une proposition serait alors fonction à la fois de la durée pendant laquelle elle réside en mémoire de travail, et du nombre de relations possibles qu'elle entretient avec les autres propositions. Pour former la structure causale en mémoire de travail, le lecteur peut faire appel à deux stratégies possibles : la stratégie dite de 'l'état courant' et celle dite de 'l'état courant/but'. La première stratégie consiste à sélectionner les propositions qui contiennent l'état courant (dernier état) de la chaîne causale linéaire, ainsi que celles qui rendent compte de cet état. Une telle stratégie permet au lecteur '**de maximiser la cohérence locale d'un texte tout en produisant un effort minimal**' (Tapiero, 1992, p. 31). La seconde stratégie suppose que le lecteur stocke en mémoire de travail à la fois l'état courant de la chaîne causale, et la proposition qui décrit le but superordonné. Cette stratégie implique un traitement supplémentaire, puisque le lecteur tente en permanence de relier chaque nouveau segment du texte à son antécédent causal immédiat et au but qui l'intéresse.

Dans le but de tester leurs hypothèses, Fletcher et Bloom (1988) ont analysé des protocoles de rappel d'un segment textuel en fonction de trois principaux facteurs : [1] l'appartenance ou non à la chaîne causale, [2] le nombre de liaisons causales possibles

qu'une proposition relative à un état entretient avec les autres états du texte, et [3] le nombre de liaisons référentielles possibles qu'une proposition entretient avec les autres propositions du texte. Conformément à ce qui a été observé par Trabasso et van den Broek (1985), l'appartenance à la chaîne causale et le nombre de relations causales sont des facteurs déterminants dans la mémorabilité d'un élément textuel (une proposition). Toutefois, si les résultats rendent compte du fait que les relations causales contribuent à la cohérence du texte, l'importance des relations référentielles est moins évidente.

Ces résultats s'opposent à ceux obtenus par Tapiero et Denhière (1997) ainsi que par Dopkins (1997). Tapiero et Denhière (1997) ont examiné l'effet des facteurs Nature sémantique et Importance relative des propositions dans le rappel de récits par des enfants de 7 ans. Ils ont ainsi observé que le nombre de propositions rappelées était plus élevé pour des récits avec un plus grand nombre de propositions jugées importantes par les adultes, et ce quel que soit le nombre de propositions dénotant des états et des événements. D'autre part, Dopkins (1997) a utilisé une tâche dite 'd'appartenance à la phrase' (*sentence membership task*) dans le but de montrer que les deux catégories de liens prédits par les deux classes d'hypothèses (liens référentiels et causaux) sont toutes les deux présentes dans la représentation en réseau du texte. Après avoir traité le texte, les sujets devaient indiquer, pour chaque paire de mots présentée, si elle appartenait ou non à la même phrase du texte. Un effet de distance a été mis en évidence : les temps de réponse et les taux d'erreurs tendent à diminuer, lorsque la distance cognitive entre les deux mots-test augmente dans la représentation du texte. Cet effet est conforme aux prédictions qui ont été formulées sur la base du principe de chevauchement d'arguments. Néanmoins, ce résultat ne permet pas d'infirmer la collaboration des liens causaux à la construction d'une représentation cohérente du texte. Ainsi, pour interpréter ce résultat, Dopkins (1997) fait l'hypothèse selon laquelle les relations causales seraient encodées à un niveau de représentation plus abstrait que celles de nature référentielle et que la tâche d'appartenance à la phrase serait principalement sensible au niveau de traitement de la cohérence référentielle.

1.2. L'intervention des connaissances des lecteurs dans la compréhension du texte

Kintsch et van Dijk (1978) évoquent la nécessité d'étendre leur modèle de traitement du texte par l'introduction de la notion de 'faits' qui représentent des unités d'information d'ordre supérieur (états, événements et actions). Leur objectif est de montrer comment les propositions des micro- et macrostructures sont organisées du point de vue des relations entre les faits qu'elles dénotent. Les faits sont reliés entre eux par des relations temporelles ou de présupposition, et ont une structure interne propre, plus complexe que celle des propositions, qui assigne des rôles spécifiques aux concepts, propositions et autres faits. L'organisation de la base de texte en faits permettrait l'obtention d'un niveau de représentation qui correspondrait à un cadre de connaissances stocké en mémoire à long-terme (van Dijk, 1977). Selon van Dijk (1977), un cadre de connaissances est un

réseau conceptuel comportant des pointeurs dirigés vers d'autres cadres, et dont le rôle est de définir des unités ou des groupes de concepts qui sont typiquement reliés. Un tel cadre serait nécessaire pour rendre compte d'une compréhension complète, puisque, par exemple, il participerait à la production *on-line* des inférences qui permettent de fournir, par un processus de complétement, l'information manquante dans la base de texte.

Ainsi, afin de définir la compréhension comme le résultat d'une interaction entre les connaissances du lecteur et le texte, van Dijk et Kintsch (1983) introduisent la notion de 'modèle de situation' qui est envisagé comme un niveau de représentation plus riche et plus complexe que la base de texte. En effet, il intègre les connaissances, générales et spécifiques, mises en oeuvre par le sujet au cours de la lecture. La notion de modèle de situation est une notion centrale dans nos travaux, puisque c'est à partir d'un modèle de situation que le lecteur peut, sur la base des informations données dans le texte, réaliser des activités complexes telles que acquérir de nouvelles connaissances. Pour décrire la façon dont les connaissances du lecteur interviennent au cours de la construction de la représentation mentale du texte, deux modèles théoriques ont été proposés qui ont guidé notre travail : le modèle de Construction-Intégration proposé par Kintsch (1988, 1998), et le modèle Landscape proposé par van den Broek et collaborateurs (1996). Ce sont des modèles qui reprennent les principes de base du connexionnisme et qui considèrent que la mise en jeu des connaissances, formalisées à l'aide de réseaux associatifs reliant des unités de nature propositionnelle, est partie intégrante du traitement lui-même. Ces deux modèles ont le point commun de considérer les connaissances, non pas comme stockées de façon permanente dans des structures rigides (e.g., les schémas), mais générées sous la forme de patterns d'activation dans le contexte de la tâche pour laquelle elles sont requises.

1.2.1. L'extension du modèle de 1978 : le modèle de situation (van Dijk & Kintsch, 1983)

1.2.1.a Les caractéristiques du modèle de situation

van Dijk et Kintsch (1983) définissent le modèle de situation comme *'la représentation cognitive des états, des événements, des actions, des individus et de la situation en générale qu'évoque le texte'* (van Dijk & Kintsch, 1983, p. 11-12). Les caractéristiques principales du modèle de situation sont les suivantes :

C'est une **particularisation** des informations contenues dans le texte qui se construit sur la base de la représentation sémantique du texte : elle correspond à un niveau de traitement et donc un niveau de compréhension plus profond. Ainsi, van Dijk et Kintsch (1983) distinguent nettement le modèle de situation de la macrostructure : *'Pour comprendre un texte, nous avons à nous représenter ce dont il parle. Si nous sommes incapables d'imaginer une situation dans laquelle certains individus ont les propriétés et les relations indiquées par le texte, nous n'avons pas une réelle compréhension du texte'* (van Dijk & Kintsch, 1983, p. 337).

C'est le résultat d'un **processus d'intégration** des informations apportées par le texte aux connaissances initiales du lecteur (Kintsch, 1994). Ainsi, le modèle de situation réorganise la représentation sémantique du texte en fonction de ce que le lecteur a compris à propos du domaine abordé par le texte. Il reflète moins l'organisation du texte que les aspects saillants du texte appréhendés par le lecteur : c'est une structure de domaine plutôt qu'une structure de texte. Le modèle de situation peut donc être considéré comme un référent cognitif (Brouillet, 1994) : les individus (ou objets), les états et les événements qui constituent les '**pierres de construction**' du modèle de situation ont une organisation qui est identique à celle de la situation représentée (principe d'identité structurale ; Johnson-Laird, 1983).

La construction du modèle de situation requiert la **production d'inférences**. En effet, il comporte un grand nombre d'éléments qui ne sont pas directement mentionnés dans le texte et qui doivent en conséquence être inférés. Ces inférences élaboratives correspondent à des instanciations d'informations contenues dans les structures de connaissances qui sont activées en mémoire à long-terme durant la compréhension (Graesser & Zwaan, 1995). Ce sont notamment les composantes spatio-temporelles de la situation, le but superordonné d'un événement, son antécédent causal, ou sa conséquence. Contrairement aux inférences qui sont produites de façon automatique pour former une interprétation propositionnelle du texte (e.g., inférences de liaison), les inférences qui sont nécessaires à la construction du modèle de situation relèvent d'un autre mode de contrôle. Elles sont optionnelles, dépendantes de leur pertinence pour la compréhension. Ainsi, selon l'hypothèse minimaliste proposée par McKoon et Ratcliff (1992) qui s'oppose à la conception constructionniste du traitement des inférences (Brandsford, Barclay, & Franks, 1972), les inférences élaboratives sont automatiquement encodées au cours de la lecture, si les connaissances du lecteur sur lesquelles elles se basent sont facilement récupérables en mémoire de travail.

La construction du modèle de situation, qui est une représentation analogique de la situation évoquée dans le texte, peut s'effectuer à la fois sur la base d'informations textuelles et **figuratives**. Cette propriété est importante lorsqu'on étudie le traitement de textes scientifiques, ces derniers étant généralement accompagnés d'illustrations. Dans le modèle d'acquisition de connaissances à partir de textes et d'illustrations de Schnotz (Schnotz & al., 2002) que nous présenterons, le modèle de la situation qui est illustré est formé en appariant des entités et relations visuo-spatiales spécifiques à des entités et des relations sémantiques spécifiques.

Trois types de modèles de situation (Zwaan & Radvansky, 1998)

Le modèle de situation est incrémentatif (Garnham & Oakhill, 1993) : il est élaboré dès le début de la lecture, puis est progressivement enrichi et modifié par les informations subséquentes du texte et les inférences que le lecteur génère au cours de la lecture. Les auteurs soulignent que le modèle de situation formé à un moment donné de la lecture a

pour fonction de guider l'intégration des informations nouvelles du texte.

Dans le cas où le lecteur est expert dans le domaine représenté par le texte, son modèle initial qui est contenu en mémoire à long-terme est activé, puis se différencie par l'intégration des informations nouvelles du texte, ou se restructure après avoir été réévalué lorsque les informations du texte ne lui sont pas congruentes. Dans le cas où le lecteur n'a pas (ou peu) de connaissances sur le thème développé, un nouveau modèle est initialisé. Selon Cavazza (1993), cette initialisation comporterait deux phases. La première consisterait à mettre en scène les objets explicitement décrits dans le texte, tandis que la seconde simulerait les conséquences des événements sur les objets.

Zwaan et Radvansky (1998) distinguent trois types de modèles de situation, qui sont élaborés durant la lecture :

Le **modèle actuel** (*the current model*) qui est le modèle que le sujet forme à l'instant t_n au moment où il est en train de lire la proposition c_n , et qui est comparable au focus explicite décrit par Sanford et Garrod (1981) ;

Le **modèle intégré** (*the integrated model*) qui est le modèle global, élaboré par intégration entre l'instant t_n correspondant à la lecture de la proposition c_n , et l'instant t_{n-1} correspondant à la lecture de la proposition c_{n-1} . Il est comparable au focus implicite (Sanford & Garrod, 1981) qui contient une représentation localement cohérente des aspects pertinents de la situation décrits dans les phrases précédentes du texte. La mise à jour du modèle intégré est donc effectuée à chaque lecture d'une nouvelle proposition : elle consiste à faire correspondre les contenus des focus explicite et implicite, c'est-à-dire à former des liens entre le modèle actuel et les éléments récupérés en mémoire de travail du modèle intégré. Un événement qui est actuellement traité peut donc être connecté à des éléments multiples dans le modèle intégré. En conséquence, la facilité de traitement du texte est fonction du nombre d'indices (situationnels) partagés entre l'événement du focus explicite et l'état actuel du modèle de situation. Par ailleurs, si l'une des entités de la situation change durant la lecture (e.g., un nouveau personnage est introduit dans la situation), le traitement du texte est ralenti, ce qui peut se traduire soit par la mise à jour du modèle intégré, soit par la construction d'un nouveau modèle de situation. Ainsi, Radvansky (1992) (cité par Zwaan et Radvansky, 1998) a montré que des informations sur différents objets localisés dans un lieu identique étaient intégrés dans un même modèle, car ils réfèrent à une situation commune. En revanche, des informations sur un même objet situé dans des endroits différents étaient stockés dans des modèles de situation séparés. Radvansky (1992) conclut alors que des faits mémorisés sont plus facilement récupérables s'ils sont intégrés dans un même et unique modèle de situation.

Le **modèle complet** (*the complete model*) qui est le modèle stocké en mémoire permanente une fois que l'ensemble de l'input textuel ait été traité. Le modèle complet n'est pas nécessairement le modèle final : les lecteurs peuvent 'ruminer' le texte après la lecture, et générer des inférences additionnelles voire développer un modèle

complètement nouveau.

1.2.1.b La distinction entre la base de texte et le modèle de situation

Le modèle de situation que le lecteur élabore à partir d'un texte (e.g., scientifique) peut être incomplet, et ce pour 4 principales raisons : [1] le texte n'apporte pas suffisamment d'informations, [2] le lecteur ne possède pas de connaissances suffisantes sur le thème abordé dans le texte, [3] le lecteur a échoué à utiliser ses connaissances ; il ne dispose peut-être pas suffisamment de ressources cognitives pour pouvoir le faire (E. Kintsch & W. Kintsch, 1995), [4] les objectifs du lecteur sont simplement de rappeler le texte (i.e., son contenu sémantique local et global), et non pas d'acquérir des connaissances à partir du texte. Dans le cas où le modèle de situation est incomplet, la représentation du texte est alors dominée par la base de texte (McNamara & Kintsch, 1996). En revanche, si le lecteur possède des connaissances pertinentes pour la compréhension, et si le texte est peu cohérent (localement et/ou globalement), les inférences élaboratives produites pour relier les propositions du texte domineront la représentation du texte : un bon modèle de situation est alors obtenu aux dépens d'une base de texte appauvrie.

Les travaux empiriques qui attestent de cette distinction

Pour faire la distinction expérimentale entre la base de texte et le modèle de situation, une première approche consiste à étudier les effets des connaissances des lecteurs sur la compréhension du texte ou inversement, à étudier les effets du traitement du texte sur les connaissances (Kintsch, 1986). Par exemple, Fincher-Kiefer, Post, Greene et Voss (1988) ont montré que les connaissances initiales des lecteurs sur un domaine particulier (le baseball) avaient un effet significatif sur les performances, uniquement lorsque la tâche impliquait le développement de structures de récupération (i.e., le rappel des mots finaux de phrases + le rappel du contenu de ces phrases) en comparaison à une tâche qui ne nécessitait pas une telle élaboration (i.e., le rappel des mots finaux de phrases). Leurs résultats ont montré que si les experts et les novices dans le domaine évoqué par le texte étaient tous capables de développer une structure propositionnelle satisfaisante du texte, seuls les experts élaboraient un modèle de situation riche et approprié (Fincher & al., 1988, p.426). Ces résultats sont compatibles avec ceux obtenus par Tardieu, Ehrlich et Gyselinck (1992). Dans l'expérience menée par ces auteurs, des experts et des novices dans un domaine particulier (la mémoire) lisaient deux types de texte dont le contenu sémantique différait : l'un portait sur la mémoire, l'autre sur des notions de physique. Cette lecture était interrompue par des questions soit sur des paraphrases du texte (qui testaient leur représentation sémantique), soit sur des inférences élaborées à partir du texte (qui testaient leur modèle de situation). L'analyse des temps de réponse a montré qu'il n'y avait pas de différence de performances entre les deux groupes d'expertise pour les questions-paraphrases. En revanche, les experts étaient plus rapides que les novices lorsqu'il s'agissait de résoudre les inférences. Ces résultats confirment donc l'hypothèse selon laquelle les connaissances des lecteurs sur le domaine auquel réfère le texte interviennent essentiellement au niveau de la construction du modèle de situation.

D'autres paradigmes expérimentaux ont été utilisés pour rendre compte de la

distinction entre les deux niveaux de compréhension - la base de texte et le modèle de situation. Kintsch (1986) a ainsi étudié la contribution respective de ces deux types de représentation à la résolution de problèmes arithmétiques par des enfants. Les textes qui étaient présentés se différenciaient par la complexité des problèmes arithmétiques qu'ils décrivaient. Les protocoles de rappel de ces textes ont été observés, avant et après la résolution des problèmes. Avant la résolution du problème, le rappel du texte spécifiait la qualité de la base de texte que les enfants ont élaborée : il n'y avait pas de différence de rappel entre les problèmes arithmétiques simples et ceux plus difficiles. Avant la résolution, le rappel était donc qualifié de reproductif. Après la résolution, le rappel du texte était déterminé par la qualité du modèle de situation construit pour effectuer l'exercice. Pour un problème simple (et/ou familier), il était facile pour les enfants de construire un modèle de situation approprié dont la structure était proche de celle du texte original (d'où un rappel sous une forme fidèle à celle du texte). Pour un problème complexe, les enfants élaboraient un modèle de situation qui était relatif à un problème plus facile à résoudre (d'où un rappel sous une forme plus simple que celle du texte). Après la résolution, le rappel était donc qualifié de reconstitutif. Cette comparaison entre le rappel reproductif qui ne fait intervenir que la base de texte et le rappel reconstitutif qui implique la construction du modèle de situation conduit Kintsch (1986) à faire la distinction entre la simple mémorisation du texte et l'apprentissage à partir du texte. Tandis que la mémorisation du texte dépendrait de la façon dont le texte a été écrit (i.e., de sa cohérence aux niveaux local et global), l'apprentissage du texte serait fonction de la nature des opérations d'encodage que le lecteur effectuerait durant la lecture (i.e., la formation du modèle de situation) (Kintsch, 1986).

Une telle distinction a été mise en évidence dans l'expérience proposée par Mannes et Kintsch (1987). Des sujets devaient effectuer différentes tâches (i.e., résumé, vérification d'énoncés, rappel indicé, résolution d'un problème spécifique, classement) après avoir lu un texte scientifique portant sur les bactéries. Avant la lecture de ce texte-cible, les sujets étaient amenés à étudier un organisateur initial (*advance organizer*) dont le but était de leur apporter des connaissances générales sur les bactéries. La structure de l'organisateur initial était soit la même que celle du texte-cible (i.e., condition de congruence), soit différente (i.e., condition de non-congruence). Par ailleurs, la moitié des sujets effectuait les différentes tâches expérimentales immédiatement après la lecture du texte-cible, tandis que l'autre moitié recevait cette même séquence de tests 2 jours après la lecture. Les résultats aux tests mnésiques (i.e., rappel indicé et résumé) ont montré que les sujets affectés à la condition de congruence construisaient une base de texte plus stable et plus complète que celle des sujets affectés à la condition de non-congruence (rappel indicé). L'analyse des résumés effectués immédiatement après la lecture a également montré que les deux groupes de sujets (i.e., congruence versus non-congruence) formaient une macrostructure adéquate du texte. Cependant, pour les sujets qui réalisaient les tests 2 jours après la lecture, ceux qui étaient affectés à la condition de non-congruence introduisaient un nombre plus élevé de distorsions dans leurs résumés. Les résultats aux tâches qui demandaient aux sujets d'utiliser leurs connaissances initiales (vérification, résolution et classement) ont montré de meilleures performances pour les sujets affectés à la condition de non-congruence comparés à ceux affectés à la condition de congruence. Ainsi, la congruence entre les connaissances

initiales et le contenu textuel est un avantage pour des tâches qui impliquent la récupération en mémoire, tandis que la non-congruence entre ces deux facteurs favorise l'apprentissage à partir du texte (voir également Tapiero & Otéro, 1999).

Représentation compartimentalisée versus représentation intégrée en mémoire

La distinction expérimentale entre la base de texte et le modèle de situation peut être rapprochée de la distinction faite par Potts (Potts & Peterson, 1985 ; Potts, St. John, & Kirson, 1989) entre une information compartimentalisée et une information incorporée. Potts se base sur un modèle en réseau de la mémoire (i.e., le modèle ACT d'Anderson, 1983) pour rendre compte de l'existence de deux types d'apprentissage : l'apprentissage mécanique, et l'apprentissage significatif. L'apprentissage est *mécanique*, lorsque les informations mémorisées sont compartimentalisées, c'est-à-dire organisées en une sous-structure unique et isolée du réseau de connaissances en mémoire à long-terme. Dans le modèle en réseau de la mémoire, cette séparation structurale se manifesterait par la construction de nombreux liens directs entre les informations nouvellement apprises (i.e., liens internes), et peu de liens entre les informations nouvelles et les connaissances initiales (i.e., liens externes). En d'autres termes, le poids des liens internes serait plus important que celui des liens externes. Selon Potts, compartimentaliser les informations apprises en une unité cohérente et indépendante, correspond à une stratégie mnésique : elle restreint la recherche de ces informations en mémoire (focalisation de la diffusion de l'activation dans le réseau), et facilite par là-même leur récupération au cours de tâches qui ne requièrent que l'accès à une portion limitée de ces informations (e.g., rappel, reconnaissance) et dont le contexte est identique à celui de l'apprentissage. Une telle stratégie implique toutefois de sérieuses limitations quant à l'accessibilité et l'utilisation des connaissances nouvelles pour résoudre des problèmes différents. Les informations compartimentalisées ne sont donc mémorisées que pour une durée limitée, et ne sont applicables que dans un champ particulier. Ainsi, nous pouvons supposer que la base de texte correspondrait à un niveau de compartimentalisation des informations textuelles en mémoire à long-terme, ce qui expliquerait pourquoi la trace mnésique de la base de texte qui est relativement importante au rappel immédiat décroît rapidement avec le délai (Cf. Kintsch, Welsch, Schmalhofer, & Zimny, 1990).

En revanche, l'apprentissage est *significatif*, lorsque les informations apprises sont directement incorporées au réseau de connaissances en mémoire permanente. Dans le modèle en réseau de la mémoire, l'incorporation se manifesterait par la création de nombreux liens directs entre les informations mémorisées et les connaissances initiales en mémoire à long-terme ; il n'y aurait donc pas de séparation structurale entre ces deux groupes de concepts. En d'autres termes, les poids des connexions internes et externes seraient équivalents. Pour Potts, si l'incorporation des informations apprises ne facilite pas leur récupération dans des tâches purement mnésiques, elle permet leur utilisation à long-terme dans une variété de situations différentes du contexte d'apprentissage. Ainsi, nous supposons que le modèle de situation correspondrait au niveau d'incorporation des informations textuelles en mémoire à long-terme, ce qui expliquerait pourquoi la trace mnésique du modèle de situation reste élevée quel que soit le délai (Cf., Kintsch & al.,

1990).

1.2.2. Le modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988, 1992, 1998)

Dans le prolongement de la théorie développée par van Dijk et Kintsch (1983) que nous venons de présenter, Kintsch (1988, 1992, 1998) propose le modèle de Construction-Intégration, qui décrit la façon dont les connaissances du lecteur interviennent durant l'élaboration de la représentation du texte. Le modèle de Construction-intégration a été utilisé avec succès dans plusieurs études sur la compréhension de textes narratifs et scientifiques (e.g., Kintsch & Welsch, 1991 ; Kintsch, Welsch, Schmalhofer, & Zimny, 1990 ; Otéro & Kintsch, 1992 ; Tapiero, 1992), ou sur la différence experts-novices dans des tâches de résolution de problèmes (e.g., Kintsch, 1988 ; McNamara, E. Kintsch, Butler-Songer, & W. Kintsch, 1996 ; Patel & Groen, 1991). Nous avons choisi de présenter deux recherches qui s'appuient sur ce modèle, l'une sur la reconnaissance d'énoncés (i.e., Kintsch, Welsch, Schmalhofer, & Zimny, 1990 ; Tapiero, 1992), l'autre sur la compréhension de textes scientifiques (i.e., Kintsch, 1994). Ces deux recherches sont pertinentes dans le cadre de notre problématique, car leurs résultats permettent de rendre compte de la représentation 'multi-niveaux' du texte (i.e., de surface, sémantique et situationnelle) et de la différence experts-novices dans l'apprentissage à partir d'un texte scientifique.

La représentation des connaissances dans le modèle de Construction-Intégration

Selon le modèle de Construction-Intégration, la compréhension de textes est déterminée par un processus d'interprétation de la signification sur la base des connaissances du lecteur activées en mémoire à long-terme. Aussi, pour comprendre les mécanismes qui sous-tendent la compréhension, il est nécessaire de savoir comment les connaissances qui doivent être utilisées sont organisées. Kintsch (1988) considère que les structures de connaissances telles que les réseaux sémantiques, les schémas et les scripts, sont trop rigides pour pouvoir rendre compte des changements contextuels permanents auxquels les individus sont confrontés. Aussi, Kintsch (1988) postule une structure dans laquelle les connaissances ne sont pas stockées de manière permanente, mais générées dans le contexte de la tâche pour laquelle elles sont nécessaires. Le réseau associatif de noeuds interconnectés est utilisé pour représenter l'organisation minimale des connaissances. Les connexions entre les noeuds ont un poids dont la valeur peut être positive, nulle ou négative, comprise entre -1 et +1. Les noeuds dans le réseau de connaissances sont formellement équivalents aux propositions utilisées pour représenter les textes (Kintsch & van Dijk, 1978). Le fait d'envisager un format commun au réseau de connaissances en mémoire à long-terme et à la représentation mentale du texte en mémoire épisodique est un avantage indéniable lorsqu'il s'agit d'étudier l'apprentissage à partir d'un texte. Les éléments à partir desquels les réseaux de connaissances et les bases de textes sont donc les mêmes. En effet, les bases de texte sont construites en sélectionnant, modifiant ou réarrangeant les éléments propositionnels contenus dans le réseau de connaissances.

Elles ne font toutefois pas partie de ce réseau associatif, car elles correspondent à des structures séparées (i.e., compartimentalisées) avec des propriétés propres.

La signification d'un concept est définie par sa position dans le réseau. Ainsi, les éléments associés les plus proches et les voisins sémantiques d'un noeud constituent sa signification centrale. Sa signification complète et globale ne peut être construite qu'en explorant ses relations avec les autres noeuds dans le réseau. Une telle construction n'a pas de correspondance psychologique directe. En effet, du fait des capacités limitées de la mémoire de travail, le réseau ne peut être traité dans sa globalité. A chaque moment, seule une fraction du réseau peut être activée, et seules les propositions du réseau qui sont momentanément activées peuvent affecter la signification du concept donné. Aussi,

la signification d'un concept est toujours spécifique à la situation, et est dépendante du contexte. Elle est nécessairement incomplète et instable : des noeuds pourraient toujours être ajoutés au sous-réseau activé qui constitue la signification provisoire du concept, au risque de désactiver certains noeuds déjà activés.

Dans le modèle, l'interprétation de la signification du texte sur la base du réseau de connaissances activé en mémoire à long-terme s'effectue en deux phases principales que nous allons maintenant décrire : la phase de construction et la phase d'intégration.

1.2.2.a La phase de construction

Durant le processus de construction, sont activées par l'intermédiaire de règles 'lâches', des propositions qui peuvent être aussi bien pertinentes que contradictoires, voire incorrectes. Le modèle distingue trois catégories de propositions : [1] des propositions directement dérivées de l'input linguistique, [2] des propositions directement associées dans le réseau associatif en mémoire à long-terme et avec lequel le texte est mis en résonance, et [3] des propositions inférées issues de la confrontation entre le réseau de connaissances du lecteur et le réseau propositionnel qui constitue la base de texte (e.g., inférences de liaison, macropropositions).

L'ensemble des propositions activées au cours de plusieurs cycles de traitement du texte sont alors interconnectées dans un réseau, les forces de liaison entre chacun de ces éléments étant spécifiées dans une matrice de connectivité (valeurs de connectivité comprises entre -1 et +1). Ainsi, les connexions entre les propositions issues du texte sont assignées d'une valeur positive qui est proportionnelle à leur distance sémantique dans la base de texte, tandis que les connexions entre les propositions inférées héritent des coefficients de connectivité positifs ou négatifs du réseau associatif en mémoire à long-terme.

Le résultat du processus de construction est donc une base de texte initiale, qui est plus riche que celle envisagée par le modèle antérieurement développé (i.e., Kintsch & van Dijk, 1978), car elle combine deux sources d'informations : les informations qui proviennent du texte, et les connaissances initiales du lecteur. Toutefois, cette base de texte est incohérente et certainement contradictoire. Elle est alors sujette à un processus d'intégration pour former une structure cohérente.

1.2.2.b La phase d'intégration

Une fois le réseau construit (généralement en fin de cycle de traitement), un processus connexionniste de relaxation intervient pour sélectionner l'interprétation pertinente pour le contexte sémantique du texte. Ainsi, un mécanisme de diffusion de l'activation dans le réseau inhibe les propositions inappropriées, et renforce parallèlement le poids des connexions entre les propositions pertinentes, ceci jusqu'à ce que le réseau se stabilise. Le résultat est une nouvelle matrice de connectivité, indiquant des valeurs d'activation faibles ou égales à zéro pour les noeuds correspondant aux éléments incohérents, et des valeurs élevées pour les noeuds ou propositions du réseau qui forment alors le résultat de la compréhension du texte. En principe, cette représentation inclut les noeuds lexicaux activés, les propositions du texte, les élaborations du réseau de connaissances, ainsi que les macropropositions. Selon Kintsch (1988), elle est alors assimilable à une 'sorte' de modèle de situation.

Les deux processus de construction et d'intégration que nous venons de décrire sont automatiques, et permettent de rendre compte de la compréhension de textes. Pour illustrer le fonctionnement du modèle, nous avons choisi de rapporter l'exemple suivant. A partir de la phrase 'Flora a tellement couru dans les près qu'elle en a les joues couleur tomate', les règles de production vont construire une interprétation pour les différentes significations possibles de l'énoncé. Ainsi, le réseau obtenu comportera les deux sens possibles du mot 'tomate', qui renvoie soit au mot 'tomate' représentant le fruit, soit au mot 'rouge' représentant la couleur (du fruit). La proposition rouge sera alors fortement connectée aux éléments représentatifs du reste du texte (i.e., Flora, près), tandis que la proposition tomate ne le sera pas. L'activation reliera entre elles les parties du réseau qui sont fortement interreliées et isolera les propositions non appropriées (i.e., tomate) qui ne participeront donc pas à l'interprétation de l'énoncé.

1.2.2.c Des recherches qui s'appuient sur le modèle de Kintsch (1988, 1992, 1998)

Pour une représentation 'multi-niveaux' du texte

Plusieurs expériences (e.g., Kintsch, Welsch, Schmalhofer, & Zimny, 1990 ; Tapiero, 1992) se sont basées sur le modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988, 1992, 1998) pour rendre compte des processus à l'oeuvre dans la reconnaissance d'énoncés issus de textes. L'hypothèse commune à ces expériences, postule que lire un texte conduit le lecteur à construire différents niveaux de représentation : la structure de surface, la structure sémantique locale et globale (les micro- et macrostructures), et le modèle de situation (van Dijk & Kintsch, 1983 ; Kintsch, 1988). Reliés à ces niveaux, cinq types d'énoncés à reconnaître peuvent être formés : [1] des phrases originales, [2] des variations sémantiques proches (paraphrases), [3] des inférences, [4] des variations sémantiques lointaines portant sur le même modèle de situation que celui référant au texte, et [5] des énoncés portant sur un autre modèle que celui auquel réfère le texte. Les performances de reconnaissance pour ces différents énoncés sont supposées informer sur les traces mnésiques associées à la représentation de ces différents niveaux, ainsi que sur l'oubli différentiel de ces traces en relation avec ces niveaux.

Kintsch et ses collaborateurs (1990) ont repris les résultats d'une expérience de reconnaissance menée par Zimny (1987), dans laquelle ont été proposées des phrases originales extraites de textes se rapportant à des séquences d'événements (des scripts), des paraphrases, des inférences et des phrases distractrices de deux catégories (i.e., non reliées versus contextuellement appropriées). Les phrases originales sont représentées aux trois niveaux de représentation : la structure de surface, la base de texte et le modèle de situation. Les paraphrases impliquent des changements lexicaux et syntaxiques dans la structure de surface, mais ont un contenu sémantique qui reste analogue à celui de la base de texte et du modèle de situation. Les inférences qui ne sont pas directement dérivées du texte, diffèrent des représentations mnésiques de la structure de surface et du contenu propositionnel mais font partie du même modèle de situation. Les phrases distractrices contextuellement reliées font référence à un autre modèle de situation que celui évoqué par le texte. La présentation de ces cinq types d'énoncés a été réalisée en faisant varier l'intervalle temporel entre la lecture et la reconnaissance. Ainsi, selon les groupes, la reconnaissance intervenait immédiatement, 40 minutes, 2 ou 4 jours après la lecture.

L'analyse des pourcentages de réponse 'Oui' a indiqué un effet significatif du type de phrase à reconnaître, de l'intervalle temporel et de l'interaction entre ces deux facteurs. Pour éliminer les biais de réponse qui sont dépendants des délais (i.e., au test immédiat, les sujets utilisent un critère strict pour donner leur réponse, tandis qu'après 4 jours, leur évaluation se fait selon des critères plus faibles), ces pourcentages ont été transformés en mesures de sensibilité d' (Bonnet, 1986) en utilisant comme base les phrases distractrices inappropriées au contexte. De plus, des mesures de différences entre les d' ont été réalisées. La différence entre les poids mnésiques des phrases originales et des paraphrases (représentés par leur d' respectif) apportait une mesure de la force de la représentation de surface. La différence entre les poids mnésiques des paraphrases et des inférences apportait une mesure de la force de la base de texte. Enfin, la différence entre les poids mnésiques des distracteurs contextuellement appropriés et des inférences apportait une mesure de la force du modèle de situation (Kintsch & al., 1990). Une analyse statistique des données a montré une interaction significative entre l'intervalle temporel et le type de trace mnésique. La trace mnésique de la structure de surface a été observée uniquement pour le test de reconnaissance immédiat. La mémoire de la base de texte, initialement très forte, diminuait avec l'augmentation du délai, mais restait supérieure à zéro même après un délai de quatre jours. En revanche, la mémoire situationnelle restait à un niveau élevé indépendamment du délai.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par Tapiero (1992) à partir d'une tâche de reconnaissance à laquelle des adultes étaient affectés après la lecture d'un texte explicatif ('la reproduction des lamantins') et qui leur proposait les mêmes types d'énoncés que ceux manipulés par Zimny (1987) (i.e., phrases originales, paraphrases, inférences, distracteurs reliés ou non-reliés au contexte textuel). L'auteur a ainsi observé que les performances des sujets étaient plus importantes pour les phrases originales que pour les inférences et étaient les plus faibles pour les paraphrases. À l'inverse, les temps de reconnaissance obtenus pour les inférences étaient plus longs que ceux obtenus pour les phrases originales et les paraphrases, ces derniers ne se différenciant pas de façon

significative. Ces résultats ont montré d'une part, que les lecteurs étaient capables de rejeter correctement les inférences mais que cette tâche nécessitait toutefois un temps de traitement important (les lecteurs construisent-ils alors les inférences durant la lecture ou durant le processus de récupération en mémoire?) et d'autre part, que le déclin en mémoire du niveau de surface était plus rapide que pour les autres niveaux : le lecteur ne pouvait pas différencier ce qu'il avait réellement lu dans le texte (phrases originales) des autres énoncés distracteurs (paraphrases, inférences, énoncés contextuellement reliés) même si la tâche de reconnaissance était réalisée immédiatement après la lecture du texte. Ce dernier résultat rejoint donc celui obtenu par Zimny (1987).

La compréhension chez des experts et des novices (Kintsch, 1994)

Le modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988, 1992, 1998) peut également être utilisé pour étudier la façon dont les connaissances sur un domaine scientifique peuvent être impliquées dans l'apprentissage à partir d'un texte (e.g., Patel & Groen, 1991 ; Tapiero, soumis). A partir de son modèle, Kintsch (1994) a simulé la façon dont des experts et des novices dans un domaine (la médecine) ont compris un paragraphe d'un texte scientifique sur une maladie cardio-vasculaire. Dans une expérience menée par McNamara, E. Kintsch, Butler-Songer et W. Kintsch (1996), les réponses correctes des sujets à un pré-test permettaient d'évaluer leurs connaissances initiales sur le fonctionnement du coeur.

Le modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988, 1992, 1998) postule qu'à chaque fois qu'un élément textuel est associé à un élément du réseau de connaissances en mémoire à long-terme, ce dernier doit être inclus avec succès dans le réseau de la base de texte. Par exemple, dans la figure 1 (Cf. p. 46), nous pouvons observer que la phrase 'Le coeur réapprovisionne le corps en sang' active la proposition POMPER[COEUR,SANG] (dans la figure 1 : PUMP[HEART,BLOOD]) dans le réseau d'un novice, tandis qu'elle active la proposition S'ECOULER[SANG, A PARTIR DE-COEUR, JUSQU'A-CORPS] (dans la figure 1 : FLOW[BLOOD, FROM-HEART, TO-BODY]) dans le réseau d'un expert. Ainsi, 12 noeuds de connaissances ont été inclus de cette manière dans le modèle de situation construit par les experts, alors que seulement un noeud l'a été dans celui des novices. L'ajout des noeuds de connaissances aux propositions du texte a été effectué à chaque cycle de traitement suivant l'hypothèse selon laquelle l'accès à ces éléments en mémoire de travail à long-terme (Ericsson & Kintsch, 1991) ne consommerait pas de ressources cognitives (Kintsch, 1994 ; McKoon & Ratcliff, 1992).

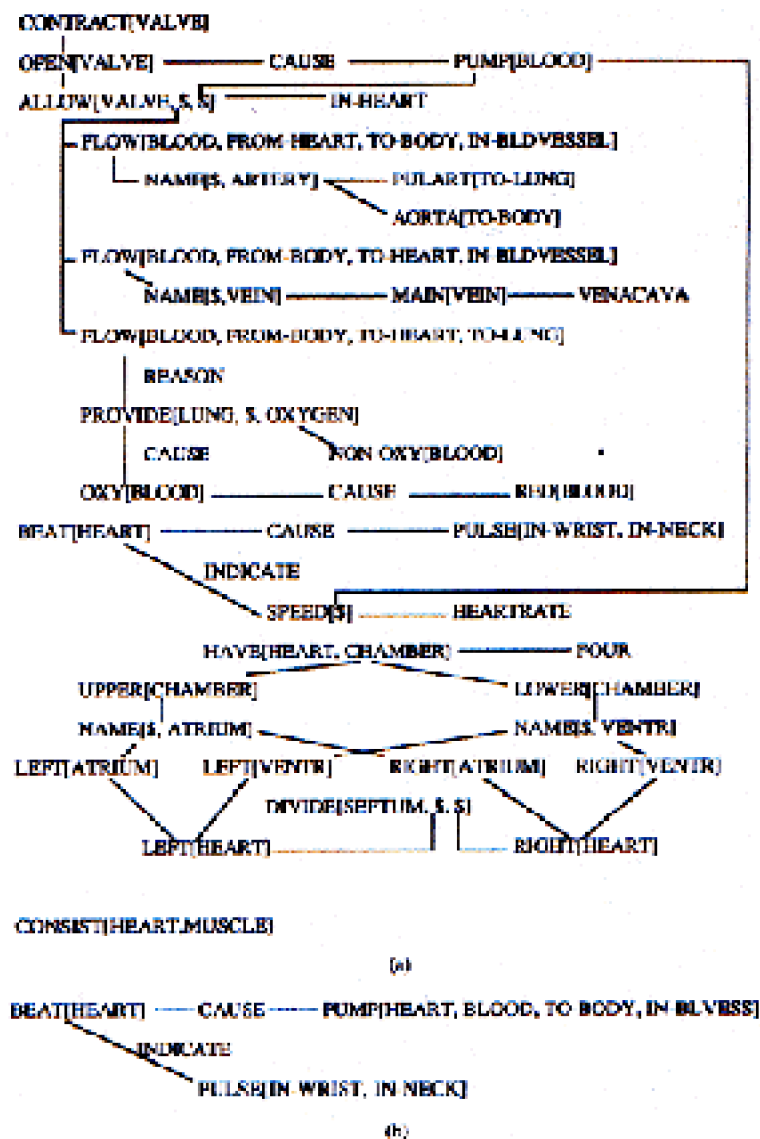


FIGURE 1. Les cartes de connaissances d'un expert (a) et d'un novice (b) obtenues au pré-test de l'expérience de McNamara, Kintsch, Butler-Songer, & Kintsch (1996). D'après Kintsch (1994).

Les détails de la simulation ne sont présentés ici que de façon très sommaire (la simulation n'étant pas l'objectif de nos recherches). Après avoir décomposé le texte d'apprentissage à partir de l'analyse propositionnelle (Kintsch & van Dijk, 1978 ; van Dijk & Kintsch, 1983), la compréhension de ce texte a été simulée à partir du modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988, 1992, 1998) avec les paramètres suivants : les cycles à l'entrée (i.e., un cycle correspondant à une phrase), la taille du tampon en mémoire de travail (s) ($s = 5$ éléments) et le poids des connexions dans le réseau (p). Le modèle lisait la première phrase du texte, puis la suivante, et continuait jusqu'à ce qu'il ait traité au moins 5 éléments. A ce moment-là, le modèle récupérait dans son réseau de connaissances toutes les informations reliées aux phrases traitées et intégraient ces éléments au réseau. Des simulations séparées ont été réalisées pour les lecteurs experts et novices dans le domaine. Dans l'ensemble, il n'y avait pas de différences importantes

entre les deux groupes d'expertise en ce qui concerne les éléments textuels : les valeurs moyennes d'activation par élément textuel étaient pratiquement égales pour ces deux groupes. Ce résultat montre donc que les connaissances initiales des lecteurs n'ont pas d'effet significatif sur la construction de la base de texte. Par contre, lorsque les connaissances étaient ajoutées à la base de texte, les valeurs d'activation obtenues étaient évidemment plus élevées pour les experts, puisque 12 éléments de connaissances ont été inclus dans la simulation pour ces derniers contre seulement 1 élément pour les novices. Ce résultat montre donc une plus grande connexité du réseau pour les experts : la représentation épisodique du texte qu'ils ont formée est une structure totalement intégrée à leurs connaissances en mémoire permanente, qui peut être activée et utilisée dans de nouvelles situations en l'absence même d'indices contextuels de récupération. Par contre, la représentation épisodique du texte que les novices ont élaborée est une structure qui est isolée en mémoire (ou compartimentalisée, voir Potts & Peterson, 1985), et qui ne peut être récupérée que si le seul lien qu'elle partage avec le réseau de connaissances initiales (e.g., la proposition 'le coeur pompe du sang') est un indice présent dans le nouveau contexte. Par conséquent, le modèle de Construction-Intégration (Kintsch, 1988, 1992, 1998) prédit que les experts et les novices dans un domaine devraient être capables de reproduire de façon équivalente le texte, tandis que les experts devraient être plus performants que les novices pour reconstruire et élaborer le texte et donc pour apprendre à partir du texte (Kintsch, 1994). Cette hypothèse a été vérifiée empiriquement dans une étude réalisée par McNamara, E. Kintsch, Butler-Songer et W. Kintsch (1996), étude sur laquelle nous nous sommes basées pour élaborer notre première expérience et que nous décrivons donc ultérieurement.

1.2.3. Le modèle Landscape : les connaissances, une source d'activation (van den Broek, Risdén, Fletcher, & Thurlow, 1996)

Le modèle Landscape (van den Broek, Risdén, Fletcher, & Thurlow, 1996) a été élaboré pour rendre compte du caractère incrémentatif (et donc dynamique) de la représentation mentale construite au cours de la lecture. Les auteurs font ainsi deux hypothèses : d'une part, la représentation qui se forme dès le début de la lecture, est constamment mise à jour par l'intégration des informations nouvelles en cours de traitement ; d'autre part, la représentation émergente permet au lecteur de comprendre ce qui suit.

Ainsi, dès le début de la lecture, le sujet active les concepts qui sont représentés par le texte ainsi que les relations entre ces concepts. Du fait de la limitation de ses ressources mnésiques (et attentionnelles), le lecteur ne peut se focaliser, pour un cycle donné de la lecture, que sur une portion de mots, concepts ou relations évoqués dans le texte. La question est donc de savoir quels sont les éléments qui vont être activés et par quel mécanisme. Le modèle Landscape prédit ainsi l'intervention de quatre sources potentielles d'activation : [1] le contenu de l'input textuel en cours de traitement, [2] les informations du cycle précédent de lecture, [3] la représentation épisodique actuelle du texte, [4] les inférences produites sur la base des connaissances initiales du lecteur. Dans ce modèle, le lecteur peut donc utiliser ses connaissances sur le domaine abordé par le texte, soit parce qu'elles sont nécessaires pour élaborer la cohérence du texte lu

(réactivation fonctionnelle), soit parce qu'elles sont fortement associées à l'information en cours de traitement (réactivation automatique). Une autre particularité de ce modèle est qu'il combine les deux standards de cohérence : les inférences sont générées durant la lecture pour maintenir à la fois la cohérence référentielle et la cohérence causale (le modèle de Kintsch ne prend en compte que le critère de chevauchement d'arguments).

Du fait de la limitation des ressources mnésiques et de l'accès possible à ces quatre sources d'activation, l'activation des éléments textuels ou inférés fluctue tout au long de la lecture. Ces fluctuations décrivent alors un 'paysage d'activation' : pour un même concept, l'augmentation de son activation est représentée par un pic, tandis que la diminution de son activation est représentée par un creux dans le paysage (Cf. figure 2).

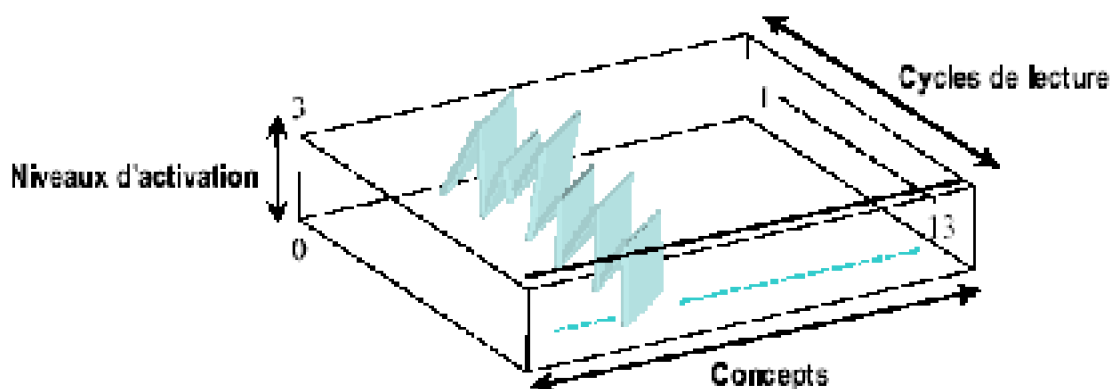


FIGURE 2. La représentation d'un texte est un paysage d'activations dont les fluctuations sont illustrées par des pics et des creux

Les aspects conceptuels de ce modèle sont les suivants :

Niveau d'activation et ressources de traitement. La nature de l'activation est centrale dans ce modèle. Les concepts peuvent être activés à des différents degrés, ce qui va à l'encontre d'une loi du tout ou rien, selon laquelle un concept peut être soit activé, soit non-activé. De plus, le lecteur est supposé avoir en mémoire un groupement d'activation limité, qui peut être distribué sur l'ensemble des concepts. Ainsi, au cours d'un cycle de lecture, si le lecteur active fortement une petite quantité de concepts, le groupement d'activation décline et, soit une petite quantité additionnelle de concepts pourra être activée, soit l'activation du reste des concepts considérés au cours du cycle sera faible. Le lecteur doit donc déplacer son attention s'il veut se centrer sur d'autres concepts que celui qu'il a fortement activé.

L'activation de cohortes. Le traitement d'un concept est accompagné de l'activation d'une cohorte : lorsqu'un premier concept (concept primaire) est activé, les concepts qui sont reliés à lui (concepts secondaires constituant sa cohorte) sont aussi activés. Dans le modèle, la quantité d'activation qui est allouée à un concept de la cohorte est fonction : [1] de la force de la relation qu'il entretient avec le concept primaire, et [2] d'un paramètre compris entre 0 et 1 qui évalue l'étendue de la diffusion de l'activation du concept primaire sur les membres de sa cohorte. La valeur 0 de ce paramètre signifie qu'il n'y a pas d'activation de la cohorte, tandis que la valeur 1 signifie que l'activation

des membres de la cohorte est maximale. Comme la représentation mentale du texte est mise à jour constamment au cours de la lecture par l'intégration de concepts nouveaux et la formation d'associations nouvelles, la cohorte d'un concept diffère d'un point à l'autre du texte. C'est la raison pour laquelle la représentation émergente a un effet important sur le traitement *on-line* du texte, lequel en retour influence les différents changements qui ont lieu dans la représentation en cours de construction.

Importance des cycles précédents. La probabilité d'activation d'un concept (et des membres de sa cohorte) dans les cycles de lecture subséquents, est fonction de son degré d'activation dans les cycles précédents, et de la force de son noeud (i.e., de sa propre connexion) dans le réseau. Si un concept a une force importante, il aura ainsi tendance à être conservé en mémoire.

Connexions directionnelles et asymétriques. Dans le réseau, l'ordre des associations entre les concepts du texte est encodé sous la forme de connexions directionnelles et asymétriques. De telles connexions permettent au modèle Landscape d'une part, d'anticiper et d'encoder l'activation d'un concept sur la base de l'activation des autres concepts, et d'autre part de reconstruire l'input original durant une tâche de rappel. Le changement des forces de liaison entre les concepts est décrit à partir d'une règle d'apprentissage dite asymptotique. Selon cette règle, si le niveau d'activation d'un concept peut être parfaitement prédit sur la base de la représentation existante du texte, alors il n'y a pas de raisons pour que les forces de connexion changent. Si le niveau d'activation d'un concept ne peut pas être correctement anticipé, alors la connectivité du réseau a besoin de changer pour mieux appréhender la dynamique du texte. Un autre effet majeur du changement dans les connexions est exercé par les connexions de chaque concept avec les autres concepts. En effet, les concepts des cohortes sont en compétition pour prédire d'autres concepts.

Pour résumer, l'intérêt de ce modèle est double. Il combine les deux critères de cohérence dont nous supposons qu'ils ont l'un comme l'autre un rôle déterminant dans la compréhension de textes scientifiques (la cohérence référentielle reflète la cohérence du domaine que le texte représente ; la compréhension d'un texte scientifique peut être envisagée comme un processus de résolution de problèmes au cours duquel il s'agit de déterminer les rapports de causalité entre les faits décrits dans le texte). D'autre part, il permet de mettre en évidence le caractère dynamique de la représentation mentale du domaine évoqué par le texte qui émerge au cours de l'apprentissage à partir du texte.

1.3.Synthèse sur les modèles et la compréhension de textes scientifiques

Le texte scientifique qui fait l'objet de nos travaux de recherche, est un type de textes qui

est destiné à modifier l'état initial de connaissances du lecteur. Ainsi, si l'on tient compte de cette définition, comprendre un texte scientifique revient à mettre en oeuvre un processus d'interprétation de la signification du texte sur la base des connaissances initiales dont le lecteur dispose à propos du domaine représenté par le texte (Cf. Kintsch, 1988, 1992, 1998). Dès le début de la lecture du texte scientifique, les connaissances du lecteur participent à la construction de la représentation émergente, et guident sa mise à jour au fur et à mesure du traitement des informations subséquentes (Cf. van den Broek & al., 1996). Le lecteur qui lit un texte scientifique, peut utiliser ses connaissances sur le domaine abordé, soit parce qu'elles sont utiles pour élaborer la cohérence référentielle et causale du texte (réactivation fonctionnelle) (Cf. Kintsch & van Dijk, 1978 ; Trabasso & van den Broek, 1985), soit parce qu'elles sont fortement associées à l'information en cours de traitement (réactivation automatique).

Au cours de la lecture du texte scientifique, le lecteur élabore deux niveaux de représentation : la représentation sémantique (base de texte), et le modèle de situation (Cf. van Dijk & Kintsch, 1983). La base de texte correspond à la représentation de ce que le lecteur a mémorisé de la signification du texte (i.e., locale et globale). Elle reste compartimentalisée en mémoire (Cf. Potts & Peterson, 1985 ; Potts & al., 1989) : elle forme une unité cohérente d'informations, avec des propriétés propres, qui est isolée du réseau de connaissances initiales du lecteur. A partir de la représentation sémantique du texte, le lecteur peut effectuer des tâches de rappel ou de résumé du texte, qui ne requièrent que l'accès à une portion limitée des informations textuelles mémorisées. La trace mnésique de la représentation sémantique du texte est relativement importante au rappel immédiat, mais décroît rapidement avec le délai. Le modèle de situation est la représentation de ce que le lecteur a appris du texte, détachée de la structure textuelle, et intégrée à ses connaissances. La construction du modèle de situation est importante dans la compréhension de notions scientifiques abstraites, et le plus souvent complexes. En effet, le modèle de situation représente les faits et phénomènes décrits dans un cadre spatio-temporel (une structure situationnelle) qui est homologue (analogue) à celui de la situation représentée (notion d'identité structurale). Par ailleurs, sur la base du modèle de situation, le lecteur peut produire des inférences sur les rapports de causalité entre les faits, et peut simuler mentalement les conséquences d'un événement sur l'état du système évoqué. La notion de modèle de situation est également centrale lorsqu'il s'agit d'étudier l'apprentissage à partir d'un texte scientifique. Le modèle de situation est une représentation directement incorporée aux connaissances du lecteur. Sa construction témoigne d'un apprentissage significatif. A partir du modèle de situation, le lecteur peut réaliser des activités complexes telles que la vérification d'inférences, le classement de concepts, la résolution de problèmes. La trace mnésique du modèle de situation reste élevée, quel que soit le délai. Enfin, la qualité du modèle de situation que le lecteur forme à partir du texte scientifique dépend de quatre facteurs : [1] le texte (celui-ci doit apporter suffisamment d'informations pour susciter l'intérêt cognitif du lecteur), [2] les connaissances du lecteur sur le domaine représenté par le texte (les experts peuvent construire un modèle de situation, alors que les novices ne sont capables de construire qu'un modèle du texte), [3] les ressources cognitives du lecteur (qui sont déterminantes dans l'utilisation des connaissances durant la lecture), et [4] les objectifs du lecteur (lire pour simplement mémoriser le texte, ou lire pour acquérir de nouvelles connaissances).

En résumé, les recherches dans le domaine de la compréhension de textes doivent s'orienter vers une étude plus approfondie de l'effet des connaissances initiales des lecteurs sur la construction (*on-line* et *off-line*) de la représentation mentale du texte. Pour proposer un modèle de l'activation des concepts, il est indispensable de décrire la façon dont les connaissances peuvent s'organiser en mémoire. Plusieurs formalismes de représentation des connaissances ont été proposés que nous allons décrire dans le cadre du chapitre 2.

CHAPITRE 2 Les formalismes de représentation et les méthodes d'évaluation des connaissances des lecteurs

D'après les modèles proposés par Kintsch (Construction-Intégration, 1988, 1998) et van den Broek et collaborateurs (Landscape, 1996), la compréhension d'un texte consiste en un processus qui s'appuie sur une représentation des connaissances des lecteurs et qui produit une nouvelle représentation. Ainsi, pour rendre compte d'un tel processus, il est nécessaire de résoudre le problème de la représentation initiale. Trois objectifs motivent donc ce présent chapitre. Premièrement, nous présentons les différents formalismes de représentation qui ont été proposés pour rendre compte des connaissances supposées des lecteurs. Dans la première partie de ce chapitre, nous distinguons les formalismes qui s'appuient sur des modèles théoriques de la mémoire permanente (Kintsch, 1988, 1998), et ceux qui se basent sur une description en systèmes des domaines auxquels les connaissances réfèrent (Tapiero, Poitrenaud, & Denhière, 1988). Deuxièmement, nous décrivons les méthodes expérimentales qui ont été mises en place sur la base de ces différents formalismes, dans l'objectif d'évaluer la structure des connaissances initiales des lecteurs et les modifications de cette structure à l'issue de la lecture d'un texte informatif. Nous terminons par une synthèse des résultats des travaux qui ont appliqué

ces méthodes d'évaluation pour comparer, à différentes phases d'apprentissage, les structures de connaissances de sujets de niveaux d'expertise différents.

2.1. Les formalismes de représentation des connaissances

2.1.1. Une représentation basée sur une théorie de la mémoire

Les connaissances consistent en des structures relativement stabilisées en mémoire qui sont, pour une large part, inorganisées et chaotiques, et qui ont besoin d'être activées pour être efficaces dans des activités de construction de la signification (Ehrlich, 1985, Richard, 1990). Les structures de connaissances sont constituées de concepts qui sont généraux ou spécifiques, concrets ou abstraits, et qui représentent un objet, un individu, une qualité, un état, un événement ou une action de l'univers physique, biologique ou social, réel ou imaginaire du lecteur. Pour Ehrlich (1985), les concepts sont définis à la fois comme des informations, et comme des fonctions mentales potentielles. Ainsi, les concepts présentent des capacités informatives et combinatoires multiples, ils sont donc polysémiques. ***'Le concept correspondant au mot coq exprime des informations (sémantiques) différentes selon que l'on parle d'un coq de basse cour, d'un coq au vin ou d'un coq gaulois '*** (Ehrlich, 1985, p. 287). De plus, tous les arrangements possibles de concepts momentanément activés en mémoire de travail peuvent donner lieu à des représentations sémantiques, des significations particulières. Les concepts doivent donc être considérés non seulement en fonction de leurs propriétés intrinsèques (structurelles et fonctionnelles), mais également en fonction des relations qu'ils sont susceptibles d'entretenir avec les autres concepts de la structure cognitive à laquelle ils appartiennent.

Différents types de formalismes de représentation ont été proposés pour rendre compte de la structure des connaissances en mémoire. Nous distinguons les formalismes qui se basent sur le modèle en réseau de la mémoire permanente, notamment de type propositionnel (Kintsch, 1988, 1998) ou schématique (Schank & Abelson, 1977) (et sur lesquels s'appuient nos travaux de recherche), et les formalismes qui se basent sur le modèle dimensionnel de la mémoire (Landauer & Dumais, 1997).

2.1.1.a Une représentation en réseau sémantique des connaissances

Les structures de connaissances : des réseaux associatifs de propositions

Dans le modèle de Construction-Intégration de Kintsch (1988, 1998), l'organisation des connaissances est exprimée par un réseau associatif de propositions – le réseau de connaissances. L'architecture du réseau de connaissances est similaire à celle du réseau sémantique proposé par Collins et Quillian (1969), et qui a été le premier formalisme de

représentation des connaissances en mémoire permanente. L'automate devait pouvoir mettre en rapport l'information présente dans le texte avec l'information préexistante qu'il possède sur le monde. Dans le réseau de connaissances tel qu'il a été défini par Kintsch (1988, 1998), les noeuds sont des concepts organisés soit en propositions (certains concepts – les prédicats – mettent en relation d'autres concepts – les arguments), soit en objets structurés (i.e., graphes, schémas, scripts), soit en règles de production. Les liens entre les noeuds représentent les relations psychologiquement significatives entre les concepts correspondants : elles peuvent être des relations d'inclusion de classes (la relation 'est une sorte de...') qui produisent une hiérarchie de concepts (des plus généraux aux plus spécifiques) (Collins & Quillian, 1969), des relations parties-tout qui organisent les concepts d'objets ou d'événements dans les schémas ou dans les scripts (Schank & Abelson, 1977), des relations spatiales, temporelles, causales ou conditionnelles. Les liens dans le réseau de connaissances ne sont pas étiquetés et varient en poids. Le poids d'un lien reflète la relation de proximité sémantique entre les deux concepts qu'il relie, relation qui est généralement dissimulée au niveau littéral de l'information.

La **signification d'un noeud dans le réseau** est donnée par la position de ce noeud dans le réseau, c'est-à-dire par le poids des relations qu'il entretient avec les noeuds qui lui sont voisins (proches ou éloignés). Ainsi, les noeuds voisins d'un concept constituent la signification centrale de ce concept, tandis que sa signification globale peut être obtenue par l'exploration de ses relations avec tous les autres noeuds du réseau (Kintsch, 1988, 1998 ; Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1989). Cette définition de la signification est '**une définition abstraite, linguistique plutôt que psychologique**' (Kintsch, 1998, p. 74). Psychologiquement, un concept n'a pas un sens fixe et permanent en mémoire. Seuls les noeuds de son voisinage qui sont activés en même temps que lui (et donc maintenus en mémoire de travail) dans le contexte d'une tâche, contribuent à sa signification. De plus, ce qui est activé au cours du processus de construction de la signification d'un noeud du réseau est fonction non seulement du noeud lui-même, mais aussi de l'état de la capacité de stockage de la mémoire de travail ainsi que de facteurs tels que les objectifs du sujet, ses expériences initiales, son état émotionnel, les contextes sémantique et situationnel.

La signification d'un noeud dans le réseau est donc une entité dynamique qui varie en fonction des exigences du contexte (Denhière & Baudet, 1992). Ainsi, si nous reprenons l'exemple de Tijus et Moulin (1996), la signification de l'énoncé 'Tu prends le piano?' est différente dans le contexte d'un déménagement, et dans le contexte d'une répétition musicale. Par ailleurs, des sens quelque peu différents d'un même concept peuvent être obtenus même si le réseau de connaissances et le contexte du texte restent les mêmes, simplement du fait de la nature probabiliste des traitements qui déterminent quels seront parmi tous les éléments de connaissance possibles ceux qui seront conscients (Kintsch, 1998). Parmi les travaux qui ont démontré le caractère flexible et dépendant du contexte des concepts, plusieurs ont utilisé le paradigme de vérification d'énoncés. Une étude représentative est celle qui a été menée par McKoon et Ratcliff (1988). Pour les auteurs, les deux propriétés du concept 'tomate' qui sont connues de façon équivalente sont les suivantes : [1] les tomates sont rondes, et [2] les tomates sont

rouges. Néanmoins, ils ont montré que la disponibilité respective de ces deux propriétés dépendait fortement du contexte dans lequel le concept 'tomate' était utilisé. A l'issue de la lecture d'un court paragraphe dans lequel le mot 'tomate' était présenté sans indice sur sa forme, la phrase 'les tomates sont rouges' était vérifiée plus rapidement que la phrase 'les tomates sont rondes'. En revanche, après la lecture d'un paragraphe décrivant un enfant faisant rouler une tomate le long d'un parquet, la phrase 'les tomates sont rondes' était vérifiée plus rapidement.

Alors que le réseau de connaissances est une structure relativement permanente, la portion du réseau qui a été activée en mémoire de travail lors de la construction de la signification est flexible, changeante et temporaire. Cette distinction renvoie à celle qui a été faite entre les connaissances et les représentations au sens strict. La **représentation (sémantique)** est une construction circonstancielle et labile en mémoire, qui est finalisée par les exigences de la tâche et par la nature des décisions à prendre (Richard, 1990). En fonction de la profondeur du traitement à l'oeuvre au moment de l'encodage, certaines composantes de la représentation occurrente peuvent être stockées de façon définitive dans la structure de connaissances : nous parlons alors d'acquisition ou de construction de connaissances. Pour Ehrlich (1985), lorsque les concepts du réseau de connaissances sont transférés en mémoire de travail pour construire une représentation, ils subissent un important changement d'état. Ces unités inactives, polysémiques et indépendantes se transforment en éléments actifs, affectés à un contenu informatif spécifique et structurés par des coordinations horizontales (relations orientées de nature spatiale, temporelle et causale) et des coordinations verticales (hiérarchie de type catégoriel). Malgré un tel changement d'état, nous pouvons considérer les représentations comme des indicateurs des réseaux de connaissances dont elles sont dérivées.

Au cours de la construction de la signification, le réseau de connaissances peut servir de **structure de récupération** au sens d'Ericsson et Kintsch (1995). Lorsque l'un des concepts du réseau est transféré en mémoire de travail (focus de l'attention, mise en conscience), les concepts qui lui sont directement reliés peuvent être récupérés dans un délai de 400 ms (Kintsch, 1998). Ces éléments directement récupérés constituent ce que Ericsson et Kintsch (1995) appellent la mémoire de travail à long-terme. L'accès à ces éléments s'effectue par propagation de l'activation du noeud principal selon un gradient décroissant proportionnel au poids des connexions (Anderson, 1983). Par conséquent, la recouvrement d'un concept en mémoire consiste en une évaluation des relations qu'il entretient avec les concepts de son voisinage dans le réseau. Pour Anderson (1983), plus le nombre de concepts qui sont reliés à cette connaissance est grand, et plus le processus de recouvrement devrait prendre du temps : c'est l'effet 'fan'. D'après cette hypothèse, un expert dans un domaine particulier devrait être plus lent à rappeler ses connaissances qu'un novice. Des recherches (e.g., Smith, Adams & Schorr, 1978) ont pourtant montré le contraire : des sujets sont capables de récupérer des informations sur un domaine dans lequel ils sont experts au moins aussi rapidement que les novices. Afin d'expliquer la diminution de l'ampleur de l'effet 'fan', Naveh-Benjamin, McKeachie, Lin et Tucker (1986) ont fait l'hypothèse d'une différence de quantité d'organisation entre les réseaux de connaissances des experts et des novices. La quantité d'organisation dans un réseau correspond au degré avec lequel les connaissances ont tendance, soit à se

distinguer les unes des autres, soit à s'organiser de façon hiérarchique à l'intérieur de groupements (*chunks*), chacun représentant une partie cohérente du réseau. Ainsi, l'accroissement de l'expertise dans un domaine consisterait non seulement en une expansion du réseau de connaissances, mais aussi en une modification qualitative de cette structure. Du fait de l'application répétée de leurs connaissances dans des situations similaires, les experts auraient tendance à 'encapsuler' leurs connaissances. Les concepts de bas niveau et leurs relations dans le réseau se regrouperaient alors de façon progressive en un nombre restreint de concepts de haut niveau ayant le même pouvoir explicatif (Glaser & Chi, 1988 ; Schmidt & Boshuizen, 1993). La récupération d'une connaissance encapsulée en mémoire entraînant l'activation de l'ensemble des concepts du groupement auquel elle appartient, ceci expliquerait pourquoi les experts peuvent avoir accès rapidement à une quantité importante d'informations sans le risque d'une surcharge en mémoire de travail (Kintsch, 1982).

Enfin, il apparaît que la **quantité d'organisation dans un réseau** de connaissances détermine la façon dont les informations sont traitées en mémoire de travail. Schmidt et Boshuizen (1993) ont montré que les experts dans un domaine particulier ne rappelaient que partiellement les informations d'un texte sur ce domaine comparés à des sujets dont le niveau d'expertise était intermédiaire. Ainsi, l'organisation sous un mode encapsulé de leurs connaissances contraindrait les experts à traiter les informations sous un format encapsulé.

Les structures de connaissances : des objets structurés (graphes, schémas et scripts)

La différence la plus marquante entre les réseaux de connaissances tels qu'ils ont été décrits par Kintsch (1988, 1998) et les autres formes de représentation de connaissances que nous allons décrire maintenant (graphes conceptuels, schémas et scripts) est que ces dernières proposent une organisation en mémoire plus ordonnée, plus logique. Lorsque les psychologues et chercheurs de l'Intelligence Artificielle (IA) ont utilisé les schémas et les scripts comme unités de connaissance, ils les ont considérés comme des structures préexistantes en mémoire permanente, qui pouvaient être récupérées sur demande et être appliquées à une large variété de situations. Toutefois, sur le plan computationnel, les schémas et les scripts ont montré qu'ils étaient trop inflexibles pour servir les objectifs pour lesquels ils ont été initialement créés.

Les **graphes conceptuels** (Sowa, 1984) ont été développés afin de résoudre le problème qu'avaient les réseaux sémantiques (Collins & Quillian, 1969) à représenter les hiérarchies multiples, c'est-à-dire l'appartenance d'un même concept à deux classes différentes (appartenance multiple). Un graphe conceptuel est un graphe fini, connecté et bipartite. Les deux sortes de noeuds dans un graphe bipartite sont les concepts et les relations conceptuelles. Chaque relation conceptuelle possède un arc ou plus (une relation à n arcs est dite n -adique), chacun d'entre eux devant être nécessairement relié à un concept. L'avantage des graphes conceptuels est qu'ils permettent de formaliser la différence entre les concepts individuels (instances), les concepts génériques, et les classes (types). Les individus particuliers sont représentés par des marqueurs individuels (un nombre, un numéro ou un nom particulier). Si, en lieu et place du nombre ou du texte

se trouve le marqueur '**', le concept est alors un concept générique. Le type est toujours indiqué en majuscule, associé soit à un marqueur individuel, soit à un marqueur générique. Les boîtes qui représentent une entité conceptuelle, sont divisées en deux champs, séparées par deux points. Dans le premier champ, se trouve le type, et dans le second, le marqueur :

Par exemple, la phrase " Les persans sont des chats " est représentée par : [PERSAN : {*}] (EST-UN) [CHAT], tout comme la phrase 'Choco, qui est un persan, est un chat' est représentée par : [CHOCO : PERSAN] (EST-UN) [CHAT : {*}].

Ainsi, les graphes conceptuels sont censés générer des caractéristiques de représentation de connaissances telles que par exemple, l'abstraction, la généralisation, la construction de définitions, l'agrégation d'individus à un référent et de référents à un type.

Graesser et Clark (1985) ont utilisé la représentation en graphes conceptuels dans le but de modéliser le contenu et l'organisation de 51 structures de connaissances génériques. Le graphe conceptuel tel qu'il a été défini par ces auteurs consistait en une série de noeuds qui étaient répartis en 5 catégories - le but, l'issue, l'événement, l'état et le style - chacune de ces catégories pouvant référer à des informations physiques, sociales, internes ou cognitives. Chaque noeud était par ailleurs, évalué sur 5 dimensions : sa typicalité, sa nécessité, son importance et sa nature distinctive. Les noeuds étaient reliés par 8 catégories d'arcs - la raison, l'issue, le début, la manière, la conséquence, l'implication, la propriété et l'appartenance à une classe d'objets. Chaque noeud était affecté d'un score de centralité structurale qui déterminait le nombre d'arcs partant directement de ce dernier (soit en avant, soit en arrière). Un noeud avec beaucoup d'arcs était supposé avoir un statut différent de celui d'un noeud situé sur les bras morts du graphe et donc connecté à un seul autre noeud (Cf. Trabasso, Secco, & van den Broek, 1983 pour l'impact de la centralité structurale sur la mémorisation d'un texte). Le graphe conceptuel considéré dans sa globalité était donc caractérisé par : [1] sa cohésion centrale obtenue en faisant la moyenne des scores de centralité structurale de tous les noeuds du graphe, et [2] la proportion de noeuds et d'arcs dans les différentes catégories de noeuds et d'arcs considérées. Les auteurs ont ainsi postulé qu'un graphe en activité devrait contenir des proportions de noeuds-but et de noeuds-raison comparativement élevées. Enfin, Graesser et Clark (1985) ont catégorisé les graphes conceptuels en 5 grandes familles : [1] les structures d'*animés* qui incluent les individus et les animaux, [2] les structures *concrètes* qui sont constituées par les objets, les procédés mécaniques et les régions spatiales, [3] les structures *abstraites* qui incluent les états abstraits et les concepts, [4] les structures d'*événements* qui sont relatives aux mécanismes orientés causalement qui existent dans le monde physique ou dans l'esprit d'un être animé, et [5] les structures d'*activités* qui sont des systèmes orientés par les buts et qui sont exécutés de façon intentionnelle par des agents animés.

Les **schémas** (Bartlett, 1932) et les **scripts** (Schank & Abelson, 1977) sont des structures de connaissances prototypiques. Le schéma a pour rôle de représenter une situation particulière, c'est-à-dire un agencement particulier d'objets, alors que le script permet de décrire une séquence particulière d'événements, c'est-à-dire de changements

de situation. Les schémas et les scripts sont des blocs de connaissances qui sont d'une part, insécables et récupérables en mémoire comme tels, et d'autre part, indépendants des autres connaissances. Ils peuvent ainsi s'appliquer à un certain nombre de situations concrètes différentes dans lesquelles se rencontrent les objets et les événements, et qui forment des contextes suffisamment fréquents pour être stabilisés en mémoire (Richard, 1990). Dans la compréhension d'un texte, les schémas et les scripts peuvent avoir trois fonctions : [1] affecter les éléments du texte à une place dans la structure, [2] inférer des informations manquantes, et [3] intégrer un certain nombre d'éléments d'information en une signification plus générale qui les résume. En effet, les schémas et les scripts ont un certain nombre de places vides ou *variables* qui sont destinées à être remplies par des informations spécifiques issues du texte (opération de particularisation). Par exemple, durant la lecture d'un texte technique sur la construction d'une maison, un schéma est activé qui propose une liste d'attributs structuraux et fonctionnels de l'objet 'maison', tandis qu'un script est activé qui définit la séquence temporelle et causale standard des événements sous-tendant l'élaboration de l'objet. La compréhension de ce texte consiste alors en l'affectation de valeurs aux différents composants proposés. Une fois identifiés, les schémas et les scripts permettent également d'inférer des informations manquantes, car ils ont la capacité d'attribuer des valeurs aux propriétés qui n'ont pas été instanciées par le texte. Enfin, à partir des éléments ainsi spécifiés des schémas et des scripts, il est possible d'identifier une structure globale qui représente les relations entre ces éléments dans le texte (opération d'abstraction). Par exemple, les actions dans les scripts peuvent être remplacées par le but dont elles sont la réalisation en les interprétant comme des sous-buts. Les inférences qui peuvent être faites à partir des schémas et des scripts ont fait l'objet de nombreuses études expérimentales. Par exemple, Bower, Black et Turner (1979) ont montré, à l'aide d'une tâche de reconnaissance d'énoncés, que les sujets qui avaient lu un récit reconnaissaient à tort des événements typiques du script ne figurant pas dans le récit, et se déclaraient relativement sûrs de les avoir lus.

Outre le fait que ces objets structurés n'ont pas la flexibilité qui était prévue lors de leur conception par les chercheurs de l'IA, plusieurs autres remarques peuvent être faites à leur sujet. D'une part, leur application pose des problèmes empiriques, puisque le temps mis pour récupérer un événement particulier dans un script à partir d'un autre événement utilisé comme indice ne varie pas de façon proportionnelle à la distance sémantique entre ces deux événements. Par ailleurs, ils ne permettent que la description de la représentation occurrente (sémantique) du texte ; nous pouvons donc penser qu'ils sont moins adaptés pour rendre compte du modèle de situation. Enfin, ils ne sont utilisés généralement que pour représenter des structures génériques de connaissances.

2.1.1.b Une représentation en espace sémantique des connaissances

Dans un modèle dimensionnel de la mémoire permanente, les concepts relatifs à un domaine de connaissances sont localisés dans un espace sémantique à n dimensions où ils sont représentés par des points. Les dimensions qui délimitent l'espace sémantique correspondent aux propriétés spécifiques (définitoires) du domaine auquel réfèrent les concepts. Ainsi, l'espace qui représente la catégorie des 'mammifères' peut être défini par des caractéristiques telles que la 'taille' et la 'nature prédatrice'. Des concepts particuliers

(e.g., lion, ours, chat) peuvent être localisés dans l'espace en fonction de leur valeur respective sur ces deux dimensions. Les concepts qui sont relatifs aux mots 'lion' et 'chat' ont des valeurs similaires sur la dimension 'nature prédatrice', et devraient être localisés dans la même portion de l'espace représentant des valeurs élevées sur cette dimension. En revanche, les deux concepts diffèrent quant à la dimension 'taille', et devraient être localisés dans des portions différentes de l'espace représentant cette dimension. La distance entre les points 'lion' et 'chat' représente la proximité psychologique entre les concepts correspondants (Gonzalvo, Canas, & Bajo, 1994). Elle devrait être plus importante que celle entre les points 'lion' et 'ours', ces deux concepts ayant des valeurs similaires sur les deux dimensions considérées.

Le **modèle LSA** (*Latent Semantic Analysis*) récemment proposé par Landauer et Dumais (1997), est un formalisme qui s'appuie sur une conception multidimensionnelle de la mémoire permanente pour représenter, sur une vaste échelle, les connaissances des sujets humains. Les connaissances sont représentées sous la forme de vecteurs de grandes dimensions, correspondant chacun à un mot ou à un groupe de mots. Elles sont produites à partir d'une analyse automatique (mathématique) du contenu textuel latent de larges corpus de textes. Le but de cette analyse est de représenter le sens des mots, en prenant en compte le contexte dans lequel chaque mot apparaît. En effet, des mots qui apparaissent dans des contextes similaires peuvent être considérés comme étant proches sur le plan sémantique (tout comme des contextes qui contiennent des mots similaires peuvent être considérés comme étant proches sémantiquement).

Un mécanisme d'induction permet d'inférer la similarité entre deux mots sur la base de leur co-occurrence dans une même phrase ou un même paragraphe. L'input qui est traité par 'LSA' consiste en une matrice dont les lignes correspondent à des mots et les colonnes à des contextes textuels dans lesquels apparaissent ces mots. Une cellule de la matrice contient le nombre de fois où un mot particulier apparaît dans un paragraphe particulier. La matrice qui a été analysée par Landauer et Dumais (1997) était constituée de 30473 colonnes (correspondant chacune à un échantillon textuel) et de 60768 lignes (correspondant chacune à un mot qui apparaissait au moins dans deux échantillons). Les échantillons étaient issus des 30473 articles de l'Encyclopédie Académique Américaine. Une procédure statistique comparable à l'analyse factorielle décompose la matrice afin de représenter les mots et leurs contextes sous la forme de vecteurs dans un espace abstrait à k dimensions. Contrairement à une analyse factorielle classique, 'LSA' exige de conserver un très grand nombre de dimensions (les valeurs optimales se situent autour de 300 dimensions). Ainsi, deux mots apparaissant dans des contextes similaires sont ainsi représentés par des vecteurs proches (la mesure de proximité est définie par le cosinus de leur angle).

La décomposition de la matrice s'effectue en trois phases principales. Dans la première, chaque cellule de la matrice est transformée en un logarithme de fréquence. Durant la deuxième phase, toutes les cellules activées pour un mot donné sont divisées par l'entropie du mot (qui est la somme des occurrences de ce mot). Plus l'entropie d'un mot est large, moins il est possible d'avoir des informations précises sur les contextes dans lesquels ce mot a été rencontré. Le résultat de ces deux phases est un ensemble de données locales sur les relations de co-occurrences entre les mots et leurs contextes.

Dans la troisième phase, les données sont converties en une structure de connaissances condensée et unifiée, qui capture les associations indirectes entre certains mots. Si le mot 'X' est associé au mot 'Y', et si 'Y' est associé au mot 'Z', alors 'X' et 'Z' auront des représentations similaires. Toutefois, le poids de l'association 'XZ' ne peut être équivalent à la somme des poids des associations 'XY' et 'YZ'. Il dépend en effet de la relation qu'entretient chaque mot avec tous les autres mots de l'espace sémantique.

De nombreuses expériences ont montré des corrélations entre les performances de 'LSA' et celles de sujets humains sur des tâches diverses, justifiant ainsi la puissance des représentations sous-jacentes. Par exemple, Landauer et Dumais (1997) ont testé les représentations produites par l'analyse automatique d'un corpus de 4,6 millions de mots sur la partie 'synonymie' du TOEFL (*Test Of English as a Foreign Language*), qui est un test standardisé mesurant le niveau d'anglais de sujets non-anglophones. Il consiste à déterminer parmi quatre mots voisins d'un mot donné celui qui est le vrai synonyme. LSA a obtenu un score de 51,5 qui était comparable au score moyen des étudiants non-anglophones postulant à l'entrée aux universités américaines (51,6).

Bien que les deux types de formalismes de représentation des connaissances (en réseau associatif et en espace dimensionnel) soient différents sur le plan conceptuel, ils sont équivalents sur le plan mathématique. Aussi, la tendance actuelle est de combiner ces deux formalismes dans le but de pallier les limites de chacun d'entre eux. Kintsch (2001) a ainsi pu simuler son modèle de Construction-Intégration (CI) de 1988, grâce à une représentation provenant de l'analyse sémantique latente d'un corpus de 11 millions de mots. Ce formalisme hybride semble être relativement puissant, car Kintsch (2001) a montré qu'il permet de modéliser le traitement d'énoncés métaphoriques isolés.

2.1.2. Une représentation basée sur la description des domaines

Dans les deux premières expériences que nous avons réalisées sur l'apprentissage à partir d'un texte informatif (Cf. chapitre 3), nous avons choisi d'adopter un formalisme de représentation des connaissances qui s'appuie sur la description en *systèmes* des domaines auxquels réfèrent les connaissances (Baudet & Denhière, 1991 ; Denhière & Baudet, 1992). Ce formalisme s'est développé à partir du champ de la Sémantique Cognitive (Jackendoff, 1983) qui postule l'existence d'un appariement entre la conceptualisation des objets du réel (ou abstraits) et leur expression linguistique. Un tel formalisme nous paraît être indispensable pour décrire de façon précise la structure du domaine qui fait l'objet de l'apprentissage à partir d'un texte. En effet, nous soutenons l'hypothèse selon laquelle les caractéristiques du texte et du modèle mental de la situation évoquée dans le texte seraient déterminées par la structure du domaine auquel réfère le texte (Baudet, 1990). Dans la formalisation en systèmes, la structure d'un domaine particulier et de son modèle mental peut être décrite à deux niveaux : ceux de la microstructure et de la macrostructure. Ces deux niveaux peuvent être mis en relation avec les deux niveaux de structuration du discours proposé par van Dijk et Kintsch (1983).

2.1.2.a La microstructure d'un domaine de connaissances

Pour élaborer la microstructure d'un domaine, le sujet doit d'une part, catégoriser chaque prédication à partir des unités sémantiques fondamentales (ou universaux cognitifs) que sont celles d'état et d'événement (Baudet, 1990 ; François, 1989, 1990, 1997), et d'autre part, établir des relations de cohérence locale (relations topologiques, temporelles et causales) entre les états et les événements ainsi identifiés. Les représentations d'état et d'événement sont deux classes de procès. Pour Baudet (1990), percevoir un état, c'est percevoir la constance dans une durée d'une configuration d'individus (ou d'objets), des propriétés des individus (ou des objets) ainsi que de leurs relations statives (e.g., localisation, comparaison). Les états peuvent être dynamiques (e.g., 'la tempête gronde'), lorsqu'ils décrivent un mouvement ou un jeu de forces en équilibre qui persiste dans un intervalle temporel donné. Le trait sémantique qui permet d'établir la différence entre un état et une propriété est celui de localisation temporelle : alors qu'un état est transitoire, une propriété est stable. Un événement se définit par les modifications d'état (non intentionnelles) qu'il entraîne à un moment donné. Baudet (1990) a distingué plusieurs types d'événements tels que : [1] un événement non préservateur (ou dynamique) dont le trait définitoire particulier est la différence entre l'état initial et l'état final, [2] un événement préservateur (un état ne change pas alors qu'il aurait dû changer dans le cours naturel des choses), et [3] un événement qui consiste en un retour à l'état initial (d'où une absence de différence entre l'état initial et l'état final). Un événement peut aussi être qualifié de causateur, lorsqu'il décrit une modification (la condition) nécessaire à l'apparition d'une autre modification (l'effet). Les traits sémantiques qui permettent aux sujets de faire la distinction entre les représentations d'état et d'événement sont donc ceux de changement et de causation (Baudet, 1990).

La contribution des représentations d'état et d'événement dans le traitement cognitif

La distinction entre les deux classes de procès - les états et les événements - qui a été faite dans le cadre d'une sémantique cognitive (Cf. Baudet, 1990 ; François, 1989, 1990, 1997 ; Jackendoff, 1983) renvoie au contraste entre les notions de permanence et de changement qui est une des bases majeures du développement de la cognition. Au début de la période sensori-motrice (0-7 mois), le mouvement est un processus primitif de l'organisation perceptive. Les bébés éprouvent des difficultés à discriminer des objets entre eux, s'ils leur sont présentés de façon stable : une cohérence perceptive ne peut être réalisée que si les objets sont en mouvement (Streri & Spelke, 1989). Vers la fin de la période sensori-motrice (18-24 mois), au moment où l'enfant se différencie de l'univers dans lequel il agit, les objets acquièrent une certaine permanence spatio-temporelle. L'enfant prend alors conscience que les objets existent en dehors de son action ou de sa perception, et développe la capacité à intérioriser mentalement un événement absent (avènement de la représentation). Piaget (1970, 1988) évoque de nouveau le contraste entre les notions de permanence et de changement pour décrire le stade opératoire concret (7-8 ans à 11-12 ans). Ce niveau de développement cognitif se caractérise par le passage de la pensée de l'enfant du mode figuratif au mode opératif. L'enfant ne se focalise plus uniquement sur les états du réel (qui se rapportent aux aspects figuratifs de la connaissance), il tient compte également des transformations qui opèrent sur le réel

(qui se rapportent aux aspects opératifs de la connaissance). A ce stade, les transformations sont considérées comme des événements réversibles modifiant certaines variables et conservant les autres à titre d'invariants. Le passage au stade opératoire concret se fait progressivement, en 3 phases : une phase de préparation, une phase de transition, et une phase d'achèvement. Durant la phase de préparation, le figuratif domine : les systèmes perceptif et cognitif recherchent la constance sous le flux permanent de variations de l'information (Tapiero, 1992). Lors de la phase de transition, les modes figuratif et opératif agissent ensemble, sans que l'un domine l'autre. Au cours de la phase d'achèvement, l'opératif s'émancipe du figuratif, et permet de restructurer la représentation sous une forme plus stable.

Les adultes effectuent également un traitement différencié des représentations d'état et d'événement. Des travaux sur la compréhension de textes narratifs ont montré que la probabilité de rappel (ou de reconnaissance) était plus importante pour les événements que pour les états (e.g., Graesser, Robertson, Lovelace, & Swinehart, 1980). De plus, les événements étaient inférés durant la lecture tandis que les états ne l'étaient pas (Seifert, Robertson, & Black, 1985). Enfin, Robertson (1986) a observé qu'il était plus facile d'altérer la représentation mnésique des états que celle des événements, et ce par le biais de questions présentées après la lecture dont le but était d'induire en erreur les sujets. Ces résultats soutiennent donc l'idée que les événements feraient l'objet d'un traitement plus approfondi, et auraient un poids mnésique plus important comparés aux états. Nous considérons néanmoins que la portée d'une telle interprétation est limitée et ce, parce que ces recherches n'ont manipulé que des états et des événements qui étaient relativement familiers aux lecteurs. En effet, elles n'avaient pas pour finalité d'étudier l'évolution de ces deux classes de représentation suite à un apprentissage (à partir d'un texte) chez des sujets de niveau d'expertise différents (experts et débutants). Aussi, la question que nous nous posons dans le cadre de nos travaux de recherche, est de savoir si les experts et les débutants dans le domaine auquel réfère le texte se différencient ou non dans les performances mnésiques entre les états et les événements. Nous faisons l'hypothèse selon laquelle les prises en compte différenciées des deux catégories (états et événements) devraient varier en fonction de l'état initial de connaissances du lecteur. Tout comme chez l'enfant, la construction d'une représentation stable et cohérente d'un domaine devrait également se faire en trois phases (i.e., phase de préparation, phase de transition, phase d'achèvement). Durant la phase de préparation, les sujets devraient se focaliser davantage sur les états du domaine, lesquels constitueraient alors des points d'ancrage de la représentation autour desquels les événements graviteraient. Ainsi, une connaissance préalable des états devrait être requise pour comprendre les événements du domaine ainsi que leur séquence temporelle et causale. Lors de la phase de transition, les informations relatives aux états et aux événements du domaine devraient être prises en compte de façon non-différenciée par les apprenants. Enfin, au cours de la phase d'achèvement, les apprenants devraient se focaliser davantage sur les événements, dont la compréhension permettrait en retour de mieux appréhender les états du domaine.

2.1.2.b La macrostructure d'un domaine de connaissances

Pour élaborer la macrostructure d'un domaine, les représentations d'état et d'événement

de la microstructure sont réorganisées de façon hiérarchique en système. La hiérarchie dans le système est définie par des relations dites méréologiques (de type parties-tout) ou conditionnelles (relations de causalité). Baudet et Denhière (1991) ont distingué trois types de systèmes : [1] le **système relationnel**, [2] le **système transformationnel**, et [3] le **système téléologique**. Le système relationnel permet de représenter les états complexes dans lesquels se trouvent les individus (ou objets) du domaine, tandis que le système transformationnel permet de décrire la séquence temporelle (i.e., le graphe temporel) ou causale (i.e., le chemin causal) des événements dans lesquels ces individus (ou objets) sont impliqués. Le système téléologique renvoie à un ensemble défini d'individus (ou d'objets) qui sont affectés d'une fonction particulière, et qui travaillent de concert en faveur d'une finalité commune. Il se caractérise donc par une structure de but et de sous-buts qui sont reliés par des relations conditionnelles (de type 'si ... alors'). Le système téléologique est qualifié, soit de fonctionnel lorsqu'il réfère à des domaines techniques ou biologiques, soit d'intentionnel lorsque les individus qu'il représente sont dotés d'intentionnalité. Le type de macrostructure établie (relationnelle, transformationnelle ou téléologique) est celui qui est jugé par le sujet, comme étant le plus caractéristique du domaine.

Effet du niveau d'expertise des apprenants sur la représentation en système d'un domaine

Baudet et Denhière (1991) ont étudié l'évolution de la représentation mentale d'un système fonctionnel (le démarrage à commande électromagnétique d'un moteur), chez trois groupes d'élèves qui suivaient le même enseignement en mécanique automobile. Ces trois groupes différaient par leur niveau d'expertise sur le domaine à acquérir : un groupe avec un bon niveau de connaissances (G1), un groupe intermédiaire (G2), et un groupe avec peu de connaissances (G3). Les auteurs ont défini la microstructure du domaine en reliant les états et les événements du domaine par un chemin causal. La macrostructure du domaine a été obtenue en catégorisant et hiérarchisant les états et les événements du domaine en fonction des buts du système, ceci pouvant s'accompagner d'une modification de l'ordre chronologique des états et des événements.

L'évaluation des représentations mentales, avant et après l'enseignement, a été réalisée à l'aide d'épreuves construites à partir de la double description du domaine. Ces tâches testaient les capacités de recouvrement en mémoire des informations sur les états et les événements du domaine ainsi que sur leurs relations causales (e.g. le questionnaire causal, le complément de triades lacunaires d'événements). Baudet et Denhière (1991) ont montré que l'accroissement de l'expertise se traduisait non seulement par un plus grand nombre de connaissances sur le domaine, mais aussi par la structuration de ces connaissances en système. Par ailleurs, les résultats ont montré que : [1] la structure du modèle mental du groupe G1 (avec un bon niveau de connaissances) était homologue à celle du domaine qui a été décrite en système fonctionnel, [2] le groupe G2 (groupe intermédiaire) a construit une représentation en système fonctionnel mais non en sous-systèmes (relatifs à chaque sous-but), et [3] la représentation mentale du groupe G3 (avec peu de connaissances) n'était pas organisée en un système fonctionnel : les sujets de ce groupe ne différenciaient pas le système de démarrage des autres systèmes qui

composent l'automobile (e.g., le système d'allumage). Le résultat observé pour le groupe intermédiaire peut être rapproché de celui obtenu par Chiesi, Spilich et Voss (1979). Ces derniers ont étudié l'acquisition de connaissances relatives au baseball chez des sujets de niveaux d'expertise différents (experts et intermédiaires). Ce domaine sportif a été décrit en un système fonctionnel composé : d'une structure de but/sous-buts (le but superordonné étant de 'gagner la partie'), d'une séquence d'états qui sont les conditions du jeu à un moment donné de la partie, et d'une séquence d'événements et d'actions typiques dont l'enchaînement est fonction de la structure de buts. Les auteurs ont ainsi observé que si les deux groupes d'expertise étaient capables de fournir une définition appropriée de la structure de but/sous-buts du jeu, les intermédiaires avaient néanmoins des difficultés à interpréter et à apprécier l'importance d'une action particulière en fonction de la structure de buts.

L'analyse en système permet également de décrire l'organisation sémantique du texte, et d'en étudier ses effets sur la compréhension et l'apprentissage chez des sujets de niveau d'expertise différent. Ainsi, à partir de l'analyse du système de démarrage d'une automobile (Baudet & Denhière, 1991), Jhean-Larose (1991) a construit deux types de textes explicatifs dont le contenu sémantique était le même mais qui différaient par leurs caractéristiques de cohésion : la structure sémantique du premier texte était de nature causale, celle du second texte de nature téléologique. Les représentations mentales du système ont été évaluées, avant et après la lecture, à l'aide de questionnaires qui se distinguaient d'une part, par la nature sémantique de leurs questions (questions causales et téléologiques) et d'autre part, par leur degré d'exigence en activités de recouvrement en mémoire (questionnaires à choix multiples et ouverts). Les sujets étaient répartis en deux niveaux d'expertise (experts et novices) sur la base de leurs performances aux questionnaires initiaux. Les deux groupes lisaient ensuite un des deux types de texte (causal et téléologique) puis répondaient aux questionnaires finaux. Ainsi, Jhean-Larose (1991) a montré que la lecture d'un texte causal conduisait à de meilleures performances que celle d'un texte téléologique aussi bien pour le questionnaire causal que pour le questionnaire téléologique. Pour interpréter ce résultat, l'auteur a fait l'hypothèse selon laquelle l'apprentissage d'un système fonctionnel devrait nécessiter l'acquisition de la structure causale avant celle de la structure téléologique. Par ailleurs, les résultats ont montré que la différence entre les deux niveaux d'expertise était plus importante d'une part, pour le questionnement téléologique que pour le questionnement causal, et d'autre part, pour les épreuves exigeantes en activités de recouvrement en mémoire que pour celles non exigeantes. Ces deux résultats sont donc compatibles avec l'hypothèse selon laquelle les différents niveaux d'expertise devraient se différencier par une organisation en système fonctionnel.

Cailliès et Tapiero (1997) ont également étudié l'effet différentiel des deux types de structures sémantiques du texte (i.e., causale versus téléologique) sur l'apprentissage d'un système fonctionnel (le texteur Microsoft Word) par des sujets qui étaient répartis en trois niveaux d'expertise : des experts, des intermédiaires et des novices. Leur but était d'apporter des précisions sur la transition Novice-Expert, en étudiant l'organisation des connaissances des sujets intermédiaires. Trois principaux résultats ont été obtenus dans cette expérience. D'une part, l'accroissement de l'expertise peut être décrit par une

évolution de la structuration des représentations vers un système fonctionnel autonome formé de sous-systèmes reliés par des relations en but/sous-buts, évolution qui se traduit par une augmentation de la rapidité de lecture, et par une plus grande facilité à relever les informations pertinentes du texte. D'autre part, les structures sémantiques des textes semblent être un facteur déterminant dans la représentation mentale des apprenants qui a été construite à l'issue de la lecture. Plus précisément, les experts ont une représentation mentale homologue de la structure téléologique par rapport aux novices et aux sujets de niveau intermédiaire, qui structurent leurs connaissances de façon causale. Ce résultat confirme le fait que la maîtrise de la structure transformationnelle est une condition à la maîtrise de la structure téléologique et que cette dernière s'acquiert avec l'expertise. Par conséquent, un novice qui apprend le fonctionnement d'un système, mémoriserait les informations de façon linéaire, et les organiserait grâce à un 'chemin causal'. Enfin, les résultats ont montré que les sujets intermédiaires rappelaient autant de propositions à l'issue de la lecture du texte causal que les sujets experts. Il semble donc, pour le rappel (indicé), que la structure textuelle causale permet aux sujets intermédiaires d'atteindre le 'niveau expert'. Pour expliquer ce dernier résultat, Caillies et Tapiero (1997) ont fait référence aux travaux de Potts (Potts & Peterson, 1985 ; Potts & al., 1989) qui postule l'existence de deux modes d'intégration des informations apprises aux connaissances initiales en mémoire : l'**incorporation** et la **compartimentalisation**. Caillies et Tapiero ont ainsi supposé que durant l'apprentissage, les experts utiliseraient les deux modes, tandis que les intermédiaires auraient plutôt tendance à compartimenter les connaissances apprises, ce qui leur faciliterait l'accès à certaines informations (celles du texte causal) et leur permettrait de récupérer facilement les informations comme un tout, ce tout étant peu relié aux connaissances préexistantes. ' **Cette stratégie rendrait compte du fait que, à la différence des experts, les intermédiaires rappellent les informations du texte causal comme un tout sans pour autant que ces informations soient réellement intégrées à leurs connaissances** ' (Caillies & Tapiero, 1997, p. 633).

2.2. Les méthodes d'évaluation des connaissances

2.2.1. Des méthodes pour évaluer l'organisation des connaissances

Les formalismes de représentation des connaissances qui se basent sur une théorie de la mémoire permanente, ont été utilisés pour mettre en place des méthodes expérimentales qui évaluent la façon dont les informations sont organisées à l'intérieur d'un domaine. Deux types de méthodes expérimentales peuvent être distingués : celles qui reposent sur un modèle en réseau associatif de la mémoire (i.e., tâche d'association de mots, tâche de comparaison de concepts), et celles qui reposent sur un modèle en espace dimensionnel de la mémoire (i.e., tâche de classification de concepts, rédaction d'essais).

2.2.1.a La tâche d'association de mots

Cette tâche consiste à proposer aux sujets une série de mots-clé (ou amorces) relatifs à un domaine de connaissances. Chaque mot-clé a pour rôle d'activer un noeud particulier du réseau associatif en mémoire, et permettre aux sujets, grâce à un mécanisme de propagation de l'activation (Anderson, 1983), d'évoquer l'ensemble des concepts qui sont reliés à ce noeud. Nous allons présenter différentes études expérimentales dans lesquelles cette tâche a été utilisée :

Les travaux de Shavelson (1972)

Shavelson (1972) a utilisé cette méthode pour évaluer la structure de connaissances que des sujets ont formée durant l'apprentissage à partir de textes à visée didactique (sur la physique moderne), et pour comparer cette structure à celle du contenu sémantique des textes. Pour effectuer cette comparaison, Shavelson (1972) s'est basé sur les travaux de Rothkopf et Thurner (1970). Ces derniers ont montré que la fréquence d'occurrence de concepts-clé dans un texte expérimental (sur la physique newtonienne) était corrélée à celle des concepts-clé dans les essais que les sujets ont rédigés après la lecture du texte expérimental à propos de notions basiques de physique (accélération, force, gravité).

Les mots-clé ($n = 14$) de la tâche d'association utilisée par Shavelson (1972) ont été obtenus par l'intermédiaire d'une transformation en *digraphe* de chaque phrase des textes proposés, le digraphe étant un formalisme supposé rendre compte des interactions entre les différents concepts de la phrase (Cf. figure 3).

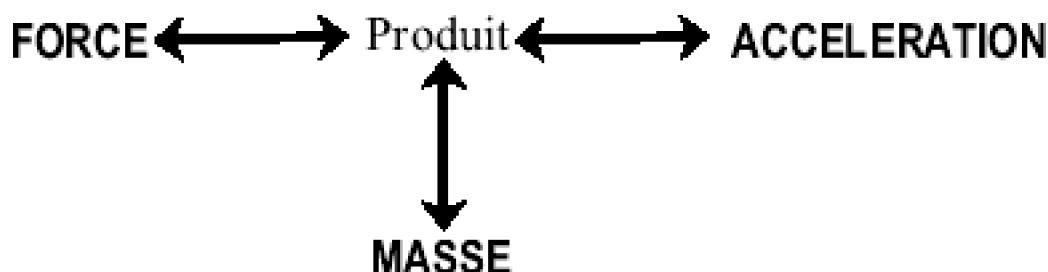


FIGURE 3. Le digraphe qui traduit la phrase 'La force est le produit de la masse par l'accélération'.

Les digraphes qui ont été obtenus pour chaque phrase des textes ont été convertis en une matrice adjacente unique, qui est censée représenter la structure du contenu sémantique textuel. La matrice comprenait les concepts-clé et les concepts de liaison. Les distances euclidiennes entre chaque concept ont été calculées : la distance entre deux concepts était définie par le nombre de liens qui ont été identifiés dans le chemin le plus court reliant ces deux concepts. Par ailleurs, le nombre de concepts avec lesquels était relié un concept donné (*total degree*) était égal à la somme des liens en provenance (*outdegree*) et à destination (*indegree*) de ce concept (i.e., la fréquence d'occurrence de ces concepts dans le texte).

Dans cette expérience, les sujets ont été répartis en deux groupes, l'un assigné à la condition 'apprentissage', l'autre à la condition 'contrôle'. Au cours du premier jour de

l'expérience, les deux groupes étaient soumis à la tâche d'association de mots : les 14 concepts-clé sélectionnés étaient présentés un à un aux sujets, lesquels devaient écrire tous les mots (i.e., 15 mots au maximum) que chacun de ces concepts leur évoquait. Du 2^e au 6^e jour, le groupe 'apprentissage' lisait un texte (avec pour consigne d'apprendre à partir de ce texte), puis effectuait la tâche d'association de mots. Cinq textes au total ont été présentés aux sujets, ainsi que six versions de la tâche d'association de mots qui ont été construites en modifiant l'ordre de présentation des concepts-clé. Pour déterminer les effets d'une exposition répétée des concepts-clé, le groupe 'contrôle' participait à plusieurs tâches d'association de mots (avec pour consigne de mémoriser les concepts) qui étaient distribuées dans une période de temps plus condensée (3 jours).

Ainsi, les résultats ont pu montrer que la structure de connaissances du groupe expérimental s'est modifiée de façon considérable tout au long de l'apprentissage. A la fin de l'apprentissage, Shavelson (1972) a observé que : [1] les concepts-clé étaient plus étroitement interconnectés, les sujets tendant en effet à évoquer les mêmes mots, et [2] la matrice des coefficients de liaison entre les concepts-clé (i.e., le nombre de mots communs qui ont été évoqués par les concepts-clé), qui représente la structure cognitive des apprenants, était plus fortement similaire à la matrice des distances euclidiennes entre les concepts-clé dans le digraphe, qui représente la structure du contenu textuel.

Les travaux de Ballstaedt et Mandl (1985)

Ballstaedt et Mandl (1985) ont utilisé une technique comparable à la tâche classique d'association de mots (*Heidelberger-Struktur-Lege-Technik*) pour rendre compte de la façon dont la compréhension d'un texte explicatif (sur les volcans) pouvait modifier les structures cognitives d'experts et de novices dans le domaine abordé par le texte. Cette méthode était administrée d'une part, avant la lecture pour évaluer la structure cognitive initiale des deux groupes d'expertise, et d'autre part, à l'issue de la lecture pour mettre en évidence l'effet du processus de construction de concepts (*la socialisation cognitive*) à l'oeuvre durant l'apprentissage à partir du texte.

Durant l'épreuve, le participant recevait une boîte contenant deux catégories de cartes : [1] des cartes vides sur lesquelles il pouvait inscrire des concepts relatifs au domaine, et [2] des cartes sur lesquelles étaient spécifiées différentes relations entre les concepts. Les auteurs ont distingué deux types de relations : des **relations intra-concepts** (identité, inclusion, propriété), et des **relations inter-concepts** (dépendance mutuelle soit positive, soit négative, interaction). La carte avec le concept central (les volcans) était posée sur la table : le participant devait alors penser à tout ce qu'il connaissait sur ce concept, ainsi qu'à la façon dont il pouvait le décrire. Les concepts mentionnés par le sujet étaient inscrits sur les cartes vides. Une fois tous les concepts évoqués, le sujet les liait les uns aux autres à l'aide des cartes de liaison. Le rôle de l'expérimentateur n'était pas directif : il verbalisait les activités de formation de la structure mises en oeuvre par le sujet, et stimulait les modifications (ou confirmations) de la structure sans interférer sur le processus de construction. La passation de l'expérience se terminait lorsque le participant considérait que la structure qu'il avait formée correspondait à une représentation adéquate de ses connaissances.

Avant la lecture du texte, les résultats ont montré que les novices produisaient 13 concepts (renvoyant à une conception naïve et prototypique du domaine abordé) contre 71 concepts pour les experts. De plus, les novices ont utilisé essentiellement des cartes spécifiant des relations intra-concepts, tandis que la structure cognitive des experts était plus complexe car elle contenait des relations inter-concepts (des interactions). A l'issue de la lecture, les résultats ont montré que les novices produisaient 38 nouveaux concepts contre 33 concepts pour les experts. Il semble donc que la probabilité d'apprentissage à partir d'un texte soit plus importante pour les novices que pour les experts. En revanche,

la variabilité entre les proportions de concepts fournis avant et après la lecture (calculée en appliquant le coefficient r de corrélation) était plus importante pour les experts que pour les novices. Plus précisément, pour les experts, la variabilité la plus élevée a été observée pour les relations inter-concepts. Enfin, deux processus d'apprentissage ont pu être mis en évidence. D'une part, un **processus de différenciation** qui consiste en l'ajout de concepts individuels (ou de groupes de concepts) sans entraîner la modification de la structure initiale ; le nombre de concepts nouveaux inclus dans la structure rend compte de l'intervention d'un tel processus. D'autre part, un **processus de restructuration** au cours duquel l'introduction de concepts nouveaux implique la réorganisation partielle ou totale de la structure initiale ; le nombre de concepts nouveaux impliqués dans cette réorganisation rend compte de la mise en oeuvre d'un tel processus. Alors que Ballstaedt et Mandl (1985) ont prédit que le processus de restructuration interviendrait de façon plus prégnante chez les novices que chez les experts, les résultats ont toutefois montré que les deux groupes d'expertise ne se différenciaient pas quant à la mise en oeuvre de l'un ou l'autre de ces deux processus.

Les travaux de Mitchell et Chi (1986)

Mitchell et Chi (1986) ont également utilisé la tâche d'association de mots dans le but de mettre en évidence les différences entre les structures de connaissances d'experts et de novices dans le domaine des 'motocyclettes'. Pour les experts, les résultats obtenus à cette épreuve ont montré qu'ils possédaient des connaissances abstraites sur le domaine, qui étaient organisées en plusieurs sous-structures hiérarchiques, séparées et autonomes, chacune relative à un type particulier d'informations sur le domaine. En revanche pour les novices, les résultats ont montré que les connaissances qu'ils disposaient semblaient être, pour la plupart, épisodiques, et étaient organisées en une seule et même structure. Pour Mitchell et Chi (1986), la tâche d'association de mots est l'une des plus efficaces pour rendre compte de la structure des connaissances en mémoire. Toutefois, les auteurs conseillent de maintenir les participants dans un état passif, afin qu'ils ne construisent pas de nouvelles informations parallèlement à la tâche d'association de mots.

2.2.1.b La tâche de comparaison de concepts

La tâche de comparaison de concepts est peu dépendante d'un accès direct et conscient aux connaissances en mémoire. Au cours de cette tâche, les sujets sont amenés à juger, à l'aide d'une échelle numérique comprise entre 1 et 7 (ou entre 1 et 9), la similitude ou le

poids de la relation qui unit chaque paire d'une série de concepts relatifs à un domaine de connaissances. Ainsi, les sujets peuvent attribuer à une paire de concepts, soit la note de 2 lorsqu'ils considèrent les concepts peu reliés sémantiquement, soit la note de 6 lorsqu'ils les jugent fortement connectés. Diekhoff (1983) a observé une forte corrélation entre les performances obtenues à la tâche de comparaison de concepts, et celles obtenues à deux tâches de compréhension d'un domaine (la psychologie) (la définition de concepts avec choix multiples pour évaluer la compréhension superficielle du domaine, et la rédaction d'essais sur la relation entre des concepts pour évaluer un niveau de compréhension plus profond). D'après ce résultat, la tâche de comparaison de concepts semble être adaptée pour tester l'organisation des connaissances d'étudiants dans une discipline particulière. Ainsi, Diekhoff (1983) évoque la nécessité d'une telle épreuve lorsqu'il s'agit de rendre compte de l'efficacité d'un enseignement et de motiver l'apprentissage. De plus, dans l'expérience de Diekhoff (1983), cette tâche a été administrée deux fois pour observer la capacité des sujets à émettre des jugements stables. L'auteur a utilisé la vérification de la fiabilité des jugements comme mesure potentielle de la compréhension du domaine. Ainsi, la stabilité d'un jugement était compromise lorsque le sujet n'avait pas réellement compris la relation entre les concepts d'une paire, laquelle était alors évaluée sur la base d'une intuition. Une telle mesure peut donc être utilisée pour différencier ce qui relève d'idées fausses, et ce qui relève d'un manque de connaissances. Une forte fiabilité des jugements associée à une faible similarité entre la structure cognitive d'un étudiant et une structure de référence (celle d'un expert) indiquerait l'existence d'une connaissance incorrecte du domaine abordé (Stanners, Brown, & Holmes, 1983).

Les données de jugement de relation transformées en matrices de distances

Les données de jugement de relation qui sont obtenues pour chaque paire de concepts peuvent être converties en valeurs de proximité (ou de dissimilarité). Pour cela, chaque donnée de jugement de relation est soustraite à la note maximale qui peut être attribuée à une paire de concepts (i.e., 7 ou 9). Ainsi, plus la valeur de proximité est faible, plus le poids de la relation qu'elle représente est élevé, et plus les concepts ainsi associés sont similaires. Ces valeurs constituent une matrice de proximités à n lignes et n colonnes, n correspondant au nombre de concepts proposés. Une telle matrice peut être vue comme une représentation des connaissances du domaine auquel réfèrent les concepts. En effet, pour permettre aux sujets de comparer et coter les paires de concepts proposées au cours de la tâche, une évaluation des connexions entre les noeuds pertinents du réseau activé en mémoire à long-terme serait nécessaire (Stanners & al., 1983).

Néanmoins, les données de proximité restent 'silencieuses', et donc difficiles à interpréter (Goldsmith, Johnson, & Acton, 1991). Aussi, deux procédures peuvent être utilisées pour représenter de façon graphique l'organisation sous-jacente aux données de proximité : les échelles multidimensionnelles (Kruskal, 1977) et l'algorithme Pathfinder (Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1985). Si ces deux procédures ont le point commun de réduire l'information, elles procèdent de façon différente et mettent en avant des aspects différents de la structure sous-jacente. En effet, l'échelle multidimensionnelle convertit les données de jugement de relation en matrice de distances (euclidiennes) dans l'objectif

d'une part, de représenter les dimensions sémantiques qui caractérisent le domaine, et d'autre part, d'arranger les concepts (représentés sous forme de points) dans l'espace dimensionnel. Une telle procédure semble, par conséquent, capter l'information globale (Gonzalvo, Canas, & Bajo, 1994). Cette suggestion est soutenue par les résultats qui montrent que l'échelle multidimensionnelle est capable de prédire des temps de jugement à une épreuve de catégorisation nécessitant une analyse globale des concepts (Rips, Shoben, & Smith, 1973). En revanche, l'objectif de l'algorithme **Pathfinder** est de déterminer s'il existe ou non un lien entre deux concepts donnés. Il s'intéresse donc aux relations locales plutôt qu'à la globalité du réseau. Cooke, Durso et Schvaneveldt (1986) ont ainsi montré que l'algorithme Pathfinder était capable de prédire les performances à des épreuves de rappel libre (ou sériel) dans lesquelles les relations entre les concepts sont généralement cruciales. Par exemple, pour la tâche de rappel sériel, l'organisation des listes d'items définie par l'algorithme Pathfinder permettait un apprentissage plus rapide que celle définie par l'échelle multidimensionnelle (Cooke & al., 1986). Nous allons décrire de façon plus détaillée cette dernière procédure, car nous l'avons utilisée dans notre première expérience pour traiter des données de proximité.

L'algorithme Pathfinder (Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1985)

L'algorithme Pathfinder permet de conceptualiser les données de proximité en un réseau complet de noeuds et de liens directs ou indirects entre ces noeuds - le réseau Datanet. Dans ce réseau, le poids de chaque lien est égal à la distance sémantique entre les entités ainsi reliées. Du fait de la densité des liens dans le réseau Datanet, celui-ci s'avère ne pas être très informatif. Aussi, il est transformé en un réseau Pathfinder selon la règle suivante : un lien dans le réseau Datanet est un lien dans le réseau Pathfinder, si et seulement si ce lien correspond au chemin le plus court entre deux concepts (Cf. figure 4). Un chemin consiste en une séquence de noeuds et de liens connecteurs.

Une matrice de distances

	A	B	C	D	E
A	0	1	3	2	3
B	1	0	1	4	6
C	3	1	0	5	5
D	2	4	5	0	4
E	3	6	5	4	0

Un réseau Pathfinder

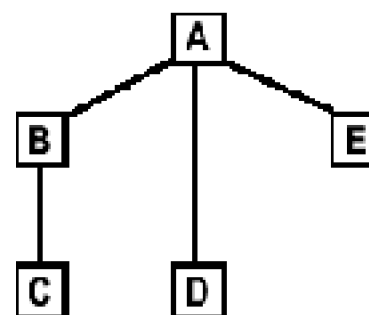


FIGURE 4. Une série de données de proximité hypothétiques et son réseau Pathfinder non-hiérarchique résultant. (Notez que les liens directs qui figurent dans le réseau sont ceux qui relient les éléments les plus étroitement associés.)

La longueur d'un chemin est fonction du poids affecté à chaque lien dans le chemin. Elle est calculée à partir du **paramètre r** (ou r -métrique de Minkowski), dont l'application se base sur l'hypothèse selon laquelle les liens dans un chemin contribuent de façon indépendante au poids total du chemin. Les valeurs du paramètre r sont comprises entre

1 et ∞ . Lorsque $r = 1$, tous les composants (les liens) dans un chemin contribuent de façon équivalente à la détermination du poids du chemin. En revanche, lorsque la valeur de r augmente, seuls les composants qui possèdent les poids les plus importants dans un chemin déterminent le poids total du chemin. Ainsi, lorsque $r = \infty$, la distance totale d'un chemin est équivalente à la distance maximale entre deux des noeuds du chemin (Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1989). Par exemple, si la distance entre les noeuds A et B est égale à 3, et la distance entre les noeuds B et C est égale à 2, alors la longueur du chemin allant de A vers C en passant par B est égale à 3, car 3 est la distance maximale entre deux des noeuds du chemin. Schvaneveldt et ses collaborateurs (1989) conseillent ainsi d'affecter la valeur ∞ au paramètre r , afin d'obtenir une transformation du réseau Datanet qui préserve l'ordre des relations dans les chemins.

Le réseau Pathfinder est également déterminé par les valeurs du **paramètre q** . Le paramètre q impose une limite supérieure quant au nombre de liens dans un chemin. Deux raisons ont été évoquées pour justifier l'utilisation du paramètre q . D'une part, sur le plan psychologique, il est postulé que le nombre de liens connectant de façon significative des noeuds dans un domaine particulier serait limité en mémoire. D'autre part, dans le but d'améliorer l'aspect de la représentation en réseau, le paramètre q permet de contrôler de façon systématique la densité des liens. Les valeurs du paramètre q sont comprises entre 1 et $n-1$. Le réseau minimum (celui qui possède le plus petit nombre de liens) est dérivé à partir des valeurs ∞ pour r et $n-1$ pour q . Les liens dans ce réseau correspondent, pour la plupart, aux paires de concepts qui ont été évalués par les sujets comme étant étroitement associés.

Enfin, l'algorithme Pathfinder permet d'effectuer une **mesure C** (Goldsmith & Davenport, 1991), qui quantifie la similarité configurale entre deux réseaux Pathfinder ayant en commun une série de noeuds. Cette mesure étudie le degré avec lequel le même noeud dans les deux réseaux est entouré par un voisinage similaire de noeuds. Ainsi, la comparaison du voisinage est réalisée pour chaque noeud dans les deux réseaux, la moyenne de ces résultats étant utilisée pour calculer un indice total de similarité. Les valeurs de cet indice varient entre 0 (dans le cas de deux réseaux complémentaires) et 1 (dans le cas de deux réseaux identiques).

Quelques applications de l'algorithme Pathfinder (Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1985)

Goldsmith, Johnson et Acton (1991) ont utilisé l'algorithme Pathfinder (Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1985) dans le cadre d'une étude dont le but était d'observer si des étudiants avec des structures de connaissances similaires sur un domaine particulier (la psychologie) avaient des performances comparables à des examens sur le domaine. Les auteurs ont fait l'hypothèse selon laquelle l'accroissement de l'expertise sur un domaine devrait contraindre la façon dont les concepts spécifiques au domaine sont organisés en mémoire. Précisément, ils ont prédit que les structures de connaissances d'étudiants avec des performances élevées à des examens sur le domaine étudié, devraient être davantage similaires les unes aux autres que celles d'étudiants avec de faibles performances.

Le domaine considéré portait sur la méthodologie expérimentale en psychologie et était l'objet d'un cours de 16 semaines. Une présélection de concepts sur le domaine a été réalisée par le professeur chargé du cours, puis révisée sur la base de suggestions d'autres professeurs. Trente concepts ont été finalement retenus pour former 435 paires de concepts $[(30 \times 29)/2]$. Parmi les étudiants qui suivaient le cours de Psychologie, 40 ont participé volontairement à cette expérience. La tâche de comparaison de concepts leur a été proposée tous les 1^{er} et 15 du mois, et ce pendant les 6 mois au cours desquels le cours a eu lieu. Les sujets devaient donc évaluer la relation formée par chaque paire de concepts, à partir d'une échelle constituée de 7 points, le point 1 correspondant à la proposition 'sont les moins reliés' et le point 7 correspondant à la proposition 'sont les plus reliés'. Le professeur chargé du cours a également effectué cette épreuve, afin de constituer une structure de référence. Enfin, l'apprentissage à partir du cours a été testé à l'aide d'épreuves écrites.

Les évaluations obtenues pour chaque paire de concepts ont été converties en données de proximité à partir desquelles les réseaux Pathfinder ont pu être dérivés. Pour comparer les réseaux de chaque étudiant et celui de leur professeur, deux méthodes ont été utilisées. D'une part, le calcul des corrélations (coefficients r de Bravais-Pearson) entre les distances qui séparent les paires de concepts communes aux deux réseaux (i.e., celui de l'étudiant et celui du professeur). D'autre part, la mesure de l'indice C de similarité structurale entre les deux réseaux (Goldsmith & Davenport, 1991) à partir de l'algorithme Pathfinder (Cf. figure 5).

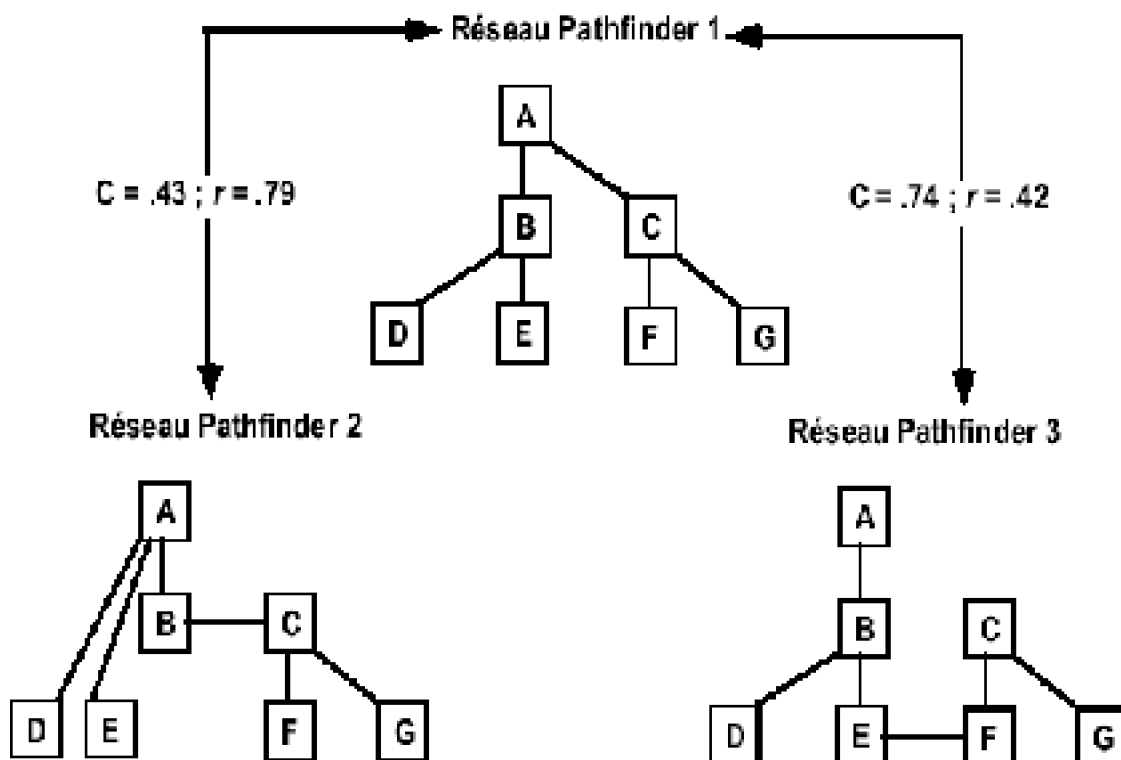


FIGURE 5. Les similarités structurales entre les réseaux Pathfinder 1, 2 et 3 obtenues à partir de la mesure C et du coefficient r de corrélation. (Si l'on tient compte du coefficient r , ce sont les réseaux 1 et 2 qui sont les plus similaires, tandis que si l'on tient compte de la

valeur C, ce sont les réseaux 1 et 3 qui sont les plus similaires)

La figure 5 présentée ci-dessus est une illustration de l'application de la mesure **C**. La similarité structurale entre les réseaux 1 et 2 d'une part, et les réseaux 1 et 3 d'autre part, a été évaluée à la fois par la mesure **C** et par le coefficient de corrélation r . Nous pouvons constater que la mesure **C** appréhende des propriétés de la similarité différentes de celles qui sont considérées par l'approche corrélationnelle (Goldsmith & al., 1991)

Les résultats obtenus à cette expérience ont montré d'abord que la valeur **C** était un meilleur indice de similarité entre les réseaux que le coefficient r de corrélation. De plus, conformément à leur principale prédiction, Goldsmith et collaborateurs (1991) ont observé une relation entre la représentation conceptuelle et le niveau de performance. En effet, les étudiants avec de fortes performances aux examens sur le domaine étudié présentaient des structures de connaissances plus similaires les unes aux autres que celles des étudiants avec de faibles performances. Ce résultat confirme l'hypothèse selon laquelle l'organisation des connaissances des novices dans un domaine est d'abord non spécifique en mémoire, puis tend à se rapprocher de la structure dite 'experte' au fur et à mesure de l'apprentissage. Ce résultat va également dans le sens de ce que Gonzalvo, Canas et Bajo (1994) ont observé. Ces derniers ont démontré, à l'aide d'un protocole proche de celui utilisé par Goldsmith et collaborateurs (1991), que l'organisation des réseaux des novices commence à se focaliser autour d'un nombre restreint de concepts à l'issue d'une deuxième phase d'apprentissage. De tels points d'ancrage correspondraient aux concepts superordonnés autour desquels les réseaux des experts sont structurés.

Pour expliquer une telle évolution des structures de connaissances, Goldsmith et collaborateurs (1991) ont évoqué les deux interprétations proposées par Vosniadou (1987), à savoir [1] la **restructuration faible**, et [2] la **restructuration radicale**. Selon l'hypothèse de la restructuration faible (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981), comparés aux débutants, non seulement les experts représenteraient plus de relations entre les concepts (voire plus de relations différentes), mais également organiseraient davantage leurs connaissances sous la forme de schémas relationnels abstraits. En revanche, selon l'hypothèse de la restructuration radicale, les débutants n'auraient pas simplement une base de connaissances appauvrie comparée à celle des experts ; ils disposeraient tout simplement d'une théorie différente (Vosniadou, 1987). Les performances des débutants ne seraient pas limitées par une absence de théorie s'organisant sous la forme de schémas ; leurs performances seraient faibles plutôt parce qu'ils auraient une théorie fautive. Les résultats obtenus par Goldsmith et collaborateurs (1991) viendraient donc soutenir l'idée selon laquelle les débutants auraient des théories différentes avec le seul point commun d'être fausses.

2.2.1.c La tâche de classification de concepts

Les travaux de Naveh-Benjamin, McKeachie, Lin et Tucker (1986)

Naveh-Benjamin, McKeachie, Lin et Tucker (1986) ont testé la capacité d'une tâche de classement vertical de concepts relatifs à un domaine (la gérontologie), à rendre compte sous la forme d'arbres ordonnés de l'organisation mnésique des informations acquises

par des étudiants à partir d'un cours sur ce domaine.

Cette méthode d'évaluation et de représentation des connaissances (*'the ordered tree technique'*) a été dérivée de la tâche de rappels sériels de Reitman et Rueter (1980), et repose sur deux hypothèses fondamentales. D'une part, les connaissances seraient organisées de façon hiérarchique à l'intérieur de groupements (*chunks*) correspondant chacun à une partie cohérente de la structure cognitive. D'autre part, les sujets devraient rappeler l'ensemble des concepts d'un même groupement avant de récupérer ceux du groupement suivant. Ainsi, cette méthode permet d'apporter des informations sur :

La **quantité d'organisation** dans une structure cognitive donnée. Elle correspond au degré avec lequel les connaissances ont tendance, soit à se distinguer les unes des autres, soit à constituer des groupements. La quantité *d'* se mesure en calculant le nombre d'ordres possibles dans lesquels les mots d'une liste peuvent être classés. Ce nombre est élevé dans le cas d'un classement aléatoire à chaque essai, et faible dans le cas où les mots sont regroupés dans le même ordre à chaque essai. D'une façon générale, plus petit est le nombre d'ordres possibles, et plus fortement organisée est la structure cognitive du sujet ;

La **profondeur hiérarchique** d'une structure cognitive donnée. Elle correspond au degré avec lequel des concepts d'un niveau hiérarchique donné sont reliés à des concepts superordonnés (i.e., plus généraux). Elle se mesure en calculant le nombre moyen de noeuds entre les items initial et final du classement. Ainsi, plus importante est la profondeur hiérarchique, et plus fortement organisée est la structure cognitive du sujet ;

L'**ordre de classement** des items de la liste (ou d'un groupement de la liste). L'ordre de classement des concepts peut apporter des informations sur la façon dont les sujets parcourent leur structure cognitive. Un groupement peut être défini comme étant, soit *unidirectionnel* lorsque l'ordre du classement produit par le sujet se fait toujours du concept A vers le concept B vers le concept C, soit *bidirectionnel* lorsque l'ordre du classement se fait du concept A vers le concept B vers le concept C ou du concept C vers le concept B vers le concept A. Il peut être également *non-directionnel* lorsqu'il n'y a pas d'ordre cohérent entre les concepts classés;

La **quantité de similarité** entre deux structures cognitives. Cette quantité de similarité est mesurée en divisant le nombre de groupements en commun dans les deux arbres par la somme totale des groupements dans les deux arbres.

L'expérience de Naveh-Benjamin et collaborateurs (1986) avait deux buts. D'une part, pour chaque étudiant en gérontologie ayant participé à l'expérience, la mesure de sa structure cognitive (représentée en arbre ordonné) a été comparée à ses performances à des tâches classiques d'évaluation des connaissances (questionnaire, rédaction d'essais sur le domaine traité). D'autre part, pour chaque étudiant, la corrélation a été observée

entre les mesures de la quantité d'organisation et de la profondeur hiérarchique de sa structure cognitive, et les mesures de la similarité entre sa structure cognitive et celle de l'enseignant (structure de référence).

L'expérience a été proposée aux étudiants au cours du dernier jour de cours sur la gérontologie. Au cours de quatre essais, les étudiants devaient classer verticalement 16 concepts importants, que le professeur a désigné comme étant illustratifs du domaine enseigné. Le classement devait s'effectuer de telle façon que les concepts reliés dans le cours devaient être proches les uns des autres. Dans les premier et dernier essais, les étudiants pouvaient démarrer le classement avec l'un des 16 concepts de leur choix (i.e., essai non indicé), tandis que dans les deuxième et troisième essais, ils devaient débiter le classement par un concept présélectionné par l'expérimentateur (i.e., essai indicé). L'alternance d'essais non-indicés et indicés était censée encourager les étudiants à ne pas produire de classements stéréotypés. Après cette tâche de classement, des questions à choix multiples et des dissertations sur le thème évoqué par le cours ont été proposés, pour évaluer les informations nouvelles acquises à partir du cours.

Les résultats ont montré une corrélation significative entre les mesures de la quantité d'organisation, de la profondeur hiérarchique et de la similarité. De plus, les étudiants dont la structure cognitive était fortement organisée (structure avec un nombre faible d'ordres possibles) ont obtenu de bonnes performances aux épreuves d'évaluation des connaissances, uniquement lorsque leur structure cognitive était similaire à celle de leur professeur. Les étudiants avec une structure fortement organisée mais différente de celle de leur professeur avaient tendance à la répétition et à la stéréotypie : leur structure ne reflétait pas une compréhension conceptuelle du cours (Naveh-Benjamin & al., 1986). Les étudiants dont la structure possédait un nombre important de groupements (souvent des groupements uni- et bidirectionnels) ont mieux réussi que ceux dont la structure présentait un nombre faible de groupements (souvent des groupements non-directionnels).

Les travaux de McNamara, E. Kintsch, Butler-Songer et W. Kintsch (1996)

McNamara, Kintsch, Butler-Songer et Kintsch (1996) ont utilisé une tâche de classification de cartes avant la lecture d'un texte explicatif pour évaluer la structure cognitive d'experts et de débutants dans le domaine évoqué par le texte (les mammifères), mais également après la lecture pour apprécier les modifications de cette structure comme effet de l'apprentissage à partir du texte. Les auteurs ont postulé que '**ces changements seraient des indicateurs du modèle de situation construit par le lecteur**' (McNamara & al., 1996, p. 10). Les sujets avaient donc pour tâche de classer 16 cartes sur lesquelles étaient inscrites des caractéristiques d'animaux. Parmi ces 16 items, 7 correspondaient à des caractéristiques a priori propres aux mammifères (e.g., a des poils, a plusieurs types de dents, a des comportements innés et acquis), 4 à des caractéristiques partagées par les mammifères avec d'autres espèces (e.g., hiberne, a un système nerveux central), et 5 à des caractéristiques non-associées aux mammifères (e.g., donne plusieurs portées en une seule fois, a uniquement des comportements instinctifs). Les expérimentateurs ont pris soin de ne pas mettre les sujets au courant de l'existence de ces trois catégories de caractéristiques. Les sujets regroupaient ainsi les cartes en autant de piles qu'ils le désiraient, le nombre de cartes dans chacune de ces piles ne devant pas nécessairement

être le même. Ils pouvaient modifier leur classement plusieurs fois et étaient avertis qu'il n'y avait pas de façon correcte ou incorrecte d'organiser les cartes. Après avoir terminé la tâche, les sujets expliquaient pourquoi ils avaient regroupé les cartes de cette manière, et essayaient de dénommer chaque série de cartes.

Pour l'analyse des performances par item qui ont été obtenues aux pré- et post-tests, une matrice de similarités (à 16 lignes et 16 colonnes ; 16 étant le nombre d'items proposés) a été construite dont les valeurs indiquaient la fréquence avec laquelle chaque item était classé dans la même catégorie que tous les autres items considérés. De plus, chaque sujet a été affecté d'un score qui indiquait le degré de correspondance (ou *harmonie*) entre son classement et celui suggéré par le texte (i.e., le classement idéal, c'est-à-dire une pile pour chaque catégorie de caractéristiques proposée). La mesure de l'harmonie résultait d'une comparaison statistique entre les matrices du classement d'un sujet et du classement idéal. Dans la matrice du classement d'un sujet, la valeur 1 affectée à une paire d'items indiquait que ces derniers ont été classés ensemble, tandis que la valeur 0 indiquait qu'ils n'ont pas été classés ensemble. La matrice du classement idéal a été construite en assignant un poids égal à 1 à toutes les cellules de la matrice représentant des paires de caractéristiques qui étaient soit spécifiques aux mammifères, soit partagées par les mammifères avec d'autres espèces animales, soit non-associées aux mammifères. Sur la base de ces deux types d'analyses, McNamara et al. (1996) ont montré que la tendance des sujets à classer les items en deux groupes (les mammifères et les non-mammifères) augmentait entre les pré- et post-tests.

2.2.1.d La rédaction d'essais

Wolfe, Schreiner, Rehder, Laham, Foltz, W. Kintsch et Landauer (1998) ont souhaité tester l'hypothèse selon laquelle la capacité à apprendre à partir d'un texte dépendrait de l'adéquation entre les connaissances initiales du lecteur et la difficulté de l'information textuelle. L'expérience réalisée par les auteurs comportait trois phases. L'objectif de la première phase était d'évaluer les connaissances initiales des participants ($n = 106$) sur le domaine abordé par le texte expérimental (le fonctionnement cardiaque). Parmi les participants, 12 étaient des étudiants en médecine. Au cours de cette étape, les sujets ont réalisé trois tâches successives : [1] la rédaction d'un essai de 250 mots sur le domaine, [2] le classement de 20 cartes sur lesquelles étaient inscrits des mots relatifs au domaine (e.g., ventricule droit, oxygène), et [3] la résolution de 17 questions ouvertes sur le domaine (e.g., dans quelle partie du coeur rentre le sang qui revient du corps?). Le but de la seconde phase était de tester la compréhension de quatre textes expérimentaux de difficulté croissante : [1] un texte A qui était le plus simple, car issu d'un livre sur le corps humain destiné à des enfants, [2] un texte B qui était une introduction sur la circulation sanguine rédigée pour des lecteurs adultes, [3] un texte C qui était issu d'un cours d'introduction à l'anatomie donné à des étudiants, et [4] un texte D qui était le plus difficile, car issu d'un ouvrage médical sur les différentes pathologies du coeur. Chaque participant lisait donc l'un des quatre textes auquel il était affecté aléatoirement. Au cours d'une troisième phase dont le but était de quantifier l'apprentissage à partir du texte, les sujets effectuaient de nouveau les trois tâches proposées au pré-test, soit 5 minutes, soit 2 jours après la lecture du texte.

Les quatre textes expérimentaux (A, B, C et D) ainsi que les essais rédigés par les participants aux pré- et post-tests ont été examinés à l'aide de l'Analyse Sémantique Latente, et ont été représentés sous forme de vecteurs dans un espace à 100 dimensions. LSA a été appliquée pour mesurer le chevauchement conceptuel entre les connaissances des lecteurs et les contenus textuels, et pour déterminer à terme une zone intermédiaire d'apprentissage (Kintsch, 1994). Dans cette zone, les textes d'apprentissage sont censés être suffisamment distants de ce que les lecteurs connaissent déjà, sans toutefois en être trop éloignés. L'espace dans lequel les textes et les essais ont été représentés sous forme de vecteurs, a été construit à partir d'un corpus de 36 articles encyclopédiques sur le fonctionnement cardiaque. Le cosinus **EC** calculé entre les vecteurs représentant l'essai effectué au pré-test (i.e., vecteur **E**) et le texte expérimental (i.e., vecteur **C**) est une mesure de la correspondance sémantique entre ces deux types de textes. En accord avec l'hypothèse d'une zone intermédiaire d'apprentissage, Wolfe et collaborateurs (1998) ont fait la prédiction que le nombre de connaissances acquises à partir du texte devrait être peu important lorsque la valeur du cosinus **EC** est, soit trop faible (Cas 1 : texte expérimental trop difficile), soit trop élevée (Cas 2 : texte trop facile). En revanche, l'apprentissage devrait être optimal pour des valeurs intermédiaires du cosinus **EC** (Cas 3 : texte ni trop facile, ni trop difficile). Les résultats ont confirmé cette prédiction, et ont mis en évidence une relation non-monotone entre la quantité d'apprentissage et les connaissances initiales du lecteur. De plus, ils ont montré que le vecteur **E** représentant l'essai réalisé par le sujet au pré-test était un bon prédicteur du niveau de connaissances initiales du sujet. Rehder, Schreiner, Wolfe, Laham, Landauer et W. Kintsch (1998) ont complété cette recherche (Wolfe & al., 1998), en apportant des précisions sur la valeur prédictive de l'essai. D'une part, l'essai doit contenir entre 70 et 200 mots (les 60 premiers mots n'étant pas prédictifs du niveau d'expertise initial). D'autre part, il n'est pas nécessaire de faire la distinction entre les termes scientifiques et non scientifiques utilisés par le sujet pour décrire le domaine testé, puisque les deux catégories de mots contribuent de façon équivalente à la prédiction du niveau d'expertise.

2.2.2. Des méthodes pour évaluer le contenu des connaissances

Les formalismes de représentation des connaissances qui se basent sur une description des domaines à l'intérieur desquels s'organisent les connaissances (i.e., formalisation en systèmes, Baudet & Denhière, 1991) ont été utilisés pour mettre en place des méthodes expérimentales dont le but est d'évaluer les individus (ou objets), états et événements qui existent dans le domaine (i.e., l'*ontologie* du domaine). Ce sont, pour la plupart, des techniques de questionnement. Avant d'aborder les caractéristiques des questionnaires proposés, il nous semble pertinent de décrire les phases de traitement des questions, en nous appuyant sur le modèle QUEST de Graesser et Franklin (1990).

2.2.2.a Le modèle QUEST de Graesser et Franklin (1990)

Le modèle QUEST décrit le traitement d'une question en trois phases : [1] l'encodage de la question, [2] la récupération en mémoire des sources d'informations, et [3] la

recherche de réponses potentielles.

La phase d'encodage de la question consiste à extraire l'information à rechercher en mémoire et à la catégoriser. Une question comporte deux parties : la *particule* et le *concept* de la question. La particule de la question (e.g., pourquoi, comment, quand, où) renseigne le sujet quant aux règles spécifiques à appliquer pour rechercher une réponse adaptée. Ainsi, la particule 'pourquoi' signale que la question requiert l'évocation soit d'un but, soit d'un antécédent causal comme réponse. Le concept de la question renvoie à l'information présupposée qui est extraite de la question (e.g., la question 'Pourquoi Marie pose-t-elle un livre sur la table?' présuppose que 'Marie pose un livre sur la table'). Le modèle QUEST a ainsi distingué 20 catégories de questions sur la base du type de particules qui introduit la question (e.g., pourquoi), et de la catégorie sémantique du concept de la question (e.g., objets, états, événements). Ainsi, la question <pourquoi-événement> (i.e., une particule 'pourquoi' couplée à un concept 'événement') est catégorisée comme une question sur un antécédent causal, la question <pourquoi-action> comme une question sur un but superordonné.

Les sources d'informations qui sont récupérées en mémoire durant la deuxième phase sont les structures de connaissances activées par le concept (et le contexte) de la question pour effectuer la recherche de réponses potentielles. Elles incluent la base de connaissances (générales ou spécifiques à un domaine) en mémoire à long-terme, et la représentation mentale du texte en mémoire épisodique. Le modèle QUEST représente les sources d'informations sous forme de graphes conceptuels (Graesser & Clark, 1985), qui consistent en une série de noeuds, répartis en plusieurs catégories (e.g., les états, les événements) et reliés par des plusieurs types d'arcs (e.g., la raison, la conséquence). La recherche des portions de représentation susceptibles de contenir le noeud-source (qui représente le concept de la question), s'effectue d'abord globalement puis localement.

La recherche de réponses potentielles dans les sources d'informations activées procède par diffusion de l'activation à partir du noeud-source (noeud de référence). Pour réduire le nombre de réponses possibles en une série plus petite et donc plus facilement manipulable, trois mécanismes de convergence interviennent dans le modèle QUEST : la procédure de recherche d'arcs, le mécanisme de distance structurale, et le mécanisme de satisfaction de contraintes. La procédure de recherche d'arcs permet de spécifier les arcs qui partent du noeud-source, et qui sont traversés durant la recherche de réponses potentielles. L'identification des arcs dépend du type de question. En effet, le traitement d'une question 'pourquoi' nécessite le parcours des liens causaux (ou de raison) à partir du noeud-source, le traitement d'une question 'où', le parcours des liens de localisation. Concernant la question 'pourquoi', les noeuds du chemin causal peuvent être considérés comme les réponses *légales* à la question, ceux des autres chemins comme des réponses *illégalles*. Le mécanisme de distance structurale a pour fonction d'évaluer les réponses potentielles sur la base du nombre d'arcs dans le chemin le plus court qui relie le noeud-source et la réponse. Généralement, les réponses les plus proches du noeud-source sont les plus acceptables. Enfin, le mécanisme de satisfaction de contraintes permet de tester si la réponse enfreint les champs conceptuels, sémantiques et pragmatiques imposés par la question (e.g., si la réponse contredit le noeud-source au niveau temporel, spatial ou causal).

2.2.2.b Des questionnaires construits à partir de la structure du domaine

Sur la base de la description en système fonctionnel du démarrage d'une automobile, Baudet et Denhière (1991) ainsi que Jhean-Larose (1991) ont produit des questionnaires causaux pour évaluer les micro- et macrostructures du modèle mental de ce domaine. Chaque état et événement défini ont ainsi fait l'objet d'un double questionnement. Afin de tester la cohérence *locale* du modèle de situation, c'est-à-dire sa structure en système transformationnel, des questions 'comment' (questions <comment-état> et <comment-événement>) incitaient les sujets à effectuer une recherche de moyens et d'antécédents dans les sources d'informations activées en mémoire. Afin de tester la cohérence *globale* du modèle de situation, c'est-à-dire sa structure en système téléologique, des questions 'pourquoi' (questions <pourquoi-état> <pourquoi-événement>) ont été ensuite posées, qui conduisaient les sujets à effectuer une recherche de buts et de motifs. Deux types de questionnaires causaux ont été distingués en fonction de leur exigence en activités de recouvrement en mémoire. Par ordre croissant : le questionnaire à choix multiples qui correspondait à la reconnaissance, et le questionnaire ouvert qui correspondait à la recherche guidée en mémoire.

Un questionnement guidé par la structure du domaine

Poitrenaud (1987) a mis au point un logiciel QASH (**Q**uestionnement et **A**cquisition de **D**omaines à **S**tructure **H**iéarchique) permettant le questionnement et la présentation de connaissances sur des domaines. Ce logiciel évalue l'état initial des connaissances d'un apprenant pour déterminer l'information nécessaire à l'atteinte de l'état final désiré. La construction des questionnaires est commandée par l'analyse en système fonctionnel des domaines. Le domaine qui a été exploité par QASH portait sur le système de démarrage (Cf. Tapiero, Poitrenaud, & Denhière, 1988), et était représenté sous la forme d'une structure hiérarchique (structure en arbre). Aux trois aspects de la structure (relationnel, transformationnel et téléologique) correspondaient des questions. Au niveau relationnel, les questions portaient sur l'existence des individus du domaine, leurs propriétés et les états dans lesquels ils se trouvent. Du point de vue transformationnel, elles portaient sur l'apparition (ou la disparition) d'individus, sur les modifications des propriétés ou des états des individus. Enfin, du point de vue téléologique, seule la relation causale entre deux événements faisait l'objet de questions. Le questionnement de l'apprenant débutait par l'interrogation sur l'existence du but superordonné fixé au système. Si la réponse de l'apprenant était fausse, l'opérateur SORTIR stoppait l'exploitation de la structure, et toute l'information associée à la question était présentée à l'apprenant. En revanche, si la réponse était correcte, l'opérateur DESCENDRE proposait à l'apprenant d'étudier la structure subordonnée (soit dans sa totalité, soit dans l'une ou l'autre de ses branches). Tous les états et les événements de la structure subordonnée donnaient ainsi lieu à un questionnement dont la structure obéissait aux trois aspects du système.

2.3. Synthèse : Structures de connaissances d'experts

et de débutants dans un domaine, et accroissement de l'expertise

Les études expérimentales que nous avons décrites dans le cadre de la présentation des différentes méthodes d'évaluation des connaissances en mémoire, ont été menées dans le but d'une part, d'étudier les différences entre les structures de connaissances de sujets de niveaux d'expertise différents, et d'autre part, de rendre compte des processus qui sont sous-jacents à l'apprentissage, c'est-à-dire à l'accroissement de l'expertise. Nous avons choisi de faire une synthèse, sous la forme d'un schéma récapitulatif (Cf. figure 6), des observations qui ont été faites dans ces travaux, et sur la base desquelles nous pouvons faire des hypothèses quant à la représentation et l'acquisition de connaissances spécifiques à un domaine scientifique (le neurone) à l'aide d'un texte informatif chez des sujets de niveaux d'expertise différents (experts et débutants).

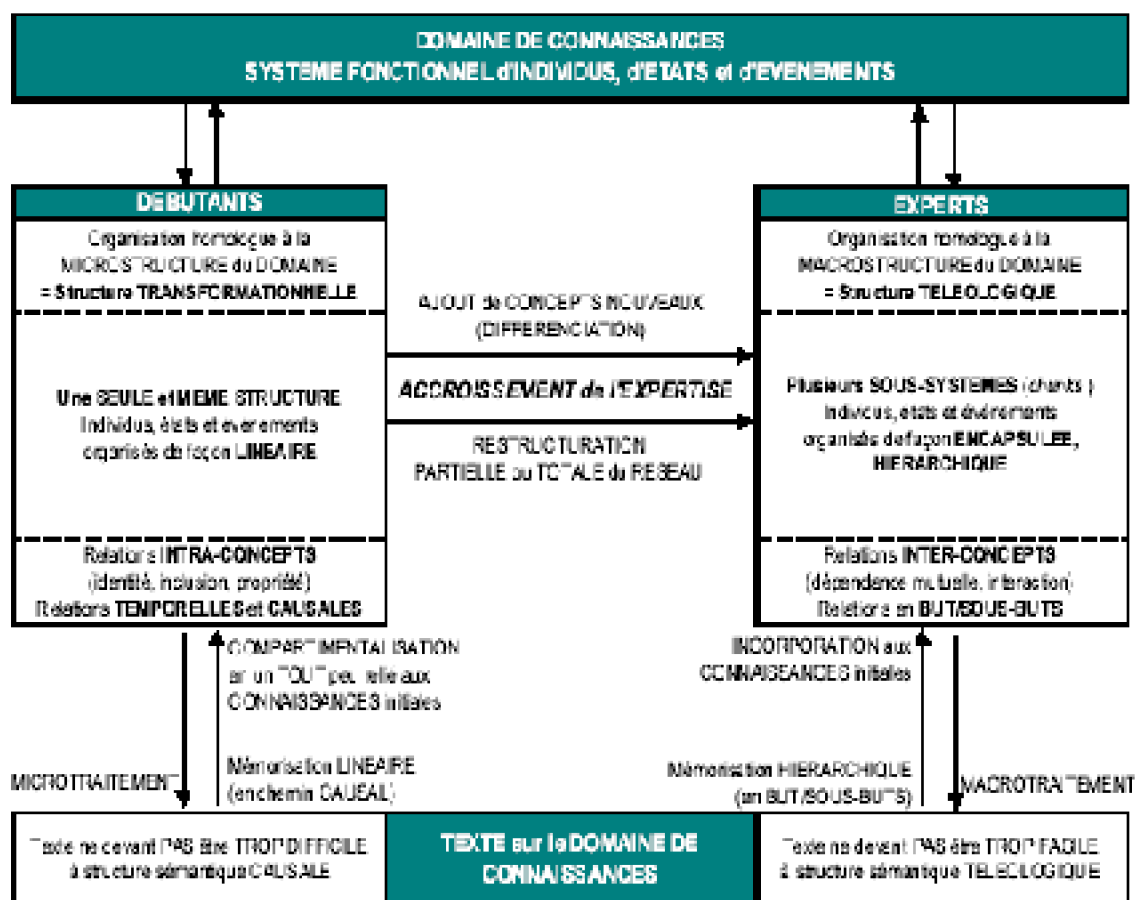


FIGURE 6. Synthèse des différences entre les structures de connaissances des sujets débutants et experts dans un domaine de connaissances particulier

A partir de cette synthèse présentée dans la figure 6, nous pouvons émettre des hypothèses quant à la représentation et l'acquisition de connaissances spécifiques à un domaine scientifique (i.e., le neurone) à l'aide d'un texte chez des sujets de niveaux d'expertise différents (experts et débutants). L'apprentissage d'un domaine scientifique qui peut être décrit en un système fonctionnel (Baudet & Denhière, 1991), consisterait d'une part, en la construction des représentations mentales des individus, des états et des événements qui constituent la microstructure du domaine (différenciation du réseau), et d'autre part, en l'organisation de ces représentations en une structure homologue à la structure globale du domaine (restructuration du réseau). La maîtrise de la structure locale du domaine serait donc une condition à la maîtrise de sa structure globale. De plus, nous supposons que, pour comprendre la structure du domaine, la connaissance préalable de ses aspects statiques (les états qui le spécifient) devrait être une condition à la connaissance de ses aspects dynamiques (les événements qui modifient les états du

domaine).

Plus précisément, les débutants devraient organiser leurs connaissances de façon linéaire (en une séquence temporo-causale), à l'intérieur d'une seule et même structure qui devrait être homologue à la structure locale du domaine. Durant la lecture d'un texte sur le domaine, les débutants devraient se centrer sur les informations relatives aux états du domaine (i.e., recherche de la constance ; Tapiero, 1992), et les mémoriser de façon linéaire, en une sous-structure unique et compartimentalisée (Potts & Peterson, 1985) en mémoire à long-terme.

En revanche, la structure de connaissances des experts devrait être homologue à la structure globale du domaine. Elle devrait être composée de sous-structures (ou sous-systèmes) représentant chacune, de façon cohérente, un type particulier d'informations sur le domaine, et reliées par des relations en but/sous-buts. Dans chaque sous-structure, les connaissances devraient être organisées sous un mode 'encapsulé' ; elles devraient se focaliser autour d'un nombre restreint de concepts de haut-niveau (i.e., avec le même pouvoir explicatif), formant alors les points d'ancrage de la représentation. Durant la lecture d'un texte sur le domaine, les experts devraient se focaliser sur les informations relatives aux événements du domaine, et les incorporer directement à leur structure de but/sous-buts en mémoire à long-terme.

Afin de tester ces hypothèses, nous avons mené deux expériences (expériences 1 et 2) que nous allons présenter dans le cadre du chapitre 3.

CHAPITRE 3 Apprentissage à partir d'un texte scientifique : Effet d'un domaine, du niveau d'expertise initial des lecteurs, de la structure et de la nature sémantique du texte

Ce chapitre présente deux recherches que nous avons menées dans le but de déterminer les caractéristiques sémantiques d'un texte scientifique qui peuvent faciliter la compréhension et l'apprentissage d'un domaine particulier (i.e., le neurone) chez des lecteurs de niveaux d'expertise différents (experts, débutants). Nous supposons qu'un même texte ne peut pas être adapté à tous les lecteurs. Ainsi, pour les lecteurs avec peu de connaissances sur le domaine décrit par le texte, la compréhension doit être rendue plus facile, soit en réécrivant le texte de sorte que les relations entre les faits représentés par le texte soient explicites (e.g., Britton & Gulgoz, 1991 ; McKeown, Beck, Sinatra, & Loxterman, 1992 ; McNamara, Kintsch, Butler-Songer, & Kintsch), soit en leur fournissant des connaissances préalables sur le domaine sous la forme d'un organisateur initial (*advance organizer*) qui sont pertinentes pour le thème évoqué par le texte (e.g., Mannes & Kintsch, 1987 ; Mannes, 1994 ; Mannes & Hoyer, 1996). Pour les lecteurs avec de nombreuses connaissances initiales, la compréhension doit être rendue plus difficile pour

les inciter à un traitement plus actif et plus profond du texte, soit en rendant le texte moins cohérent (e.g., McNamara, Kintsch, Butler-Songer, & Kintsch, 1996), soit en créant des interférences entre le modèle de situation qu'ils ont construit à partir d'un organisateur initial, et celui qu'ils ont formé à partir du texte d'apprentissage subséquent (e.g., Mannes & Kintsch, 1987 ; Mannes & Hoyer, 1996).

Trois principaux objectifs ont motivé notre première expérience. Le premier objectif était de définir de façon précise la structure (locale et globale) du domaine à acquérir (le *neurone*) à partir de la formalisation en *systèmes* proposée par Baudet et Denhière (1991). Le deuxième était d'étudier l'effet de l'adéquation entre la structure du domaine et la structure des connaissances des lecteurs sur la compréhension et l'apprentissage à partir du texte scientifique. Nous avons supposé que l'accroissement de l'expertise se traduirait non seulement par l'expansion de la structure de connaissances initiales, mais également par la restructuration de cette structure de sorte qu'elle soit homologue à celle du domaine d'apprentissage. Le troisième était de rendre compte d'une interaction entre les connaissances des lecteurs et la structure sémantique du texte. Nous nous sommes inspirées de l'expérience de McNamara et collaborateurs (1996) qui ont étudié l'effet de la cohérence référentielle (locale et globale) d'un texte scientifique (i.e., sur les mammifères) sur l'apprentissage par des experts et des novices. La particularité de notre travail de recherche est de tester l'effet de la structure temporo-causale du texte telle qu'elle est définie par la structure du domaine à acquérir. Il nous semblait pertinent de manipuler ce type de cohérence sémantique, sachant que les rapports de causalité entre les faits relatifs à un domaine sont déterminants dans la compréhension de textes scientifiques. Nous avons ainsi supposé que les débutants profiteraient davantage d'un texte dont l'organisation est homologue à la structure temporo-causale des états et des événements du domaine représenté. En revanche, les experts devraient tirer davantage profit d'un texte dans lequel les relations de causalité sont supprimées et la séquentialité des informations perturbée.

Notre deuxième expérience s'inscrit dans le cadre de travaux empiriques sur le rôle d'un organisateur initial sur la compréhension ultérieure d'un texte par des sujets de niveaux d'expertise différents (experts et débutants) (Mannes & Kintsch, 1987 ; Mannes & Hoyer, 1996). Ces travaux ont montré que, lorsque la structure (ou la perspective) du texte subséquent diffère de celle de l'organisateur initial, la compréhension de ce texte entraîne la révision du modèle mental initial (sa mise à jour) : il y a alors intégration des informations apportées par le texte aux connaissances acquises à partir de l'organisateur initial. L'objectif de cette expérience était double. D'une part, pour étendre les résultats de la première expérience quant à l'effet différentiel de deux types de représentations – états et événements – sur la construction du modèle de situation, nous avons étudié la relation entre la nature sémantique des connaissances apportées par l'organisateur initial et celle des informations nouvelles évoquées dans le texte subséquent. Nous avons ainsi supposé que les débutants profiteraient davantage d'une condition d'apprentissage dans laquelle la catégorie sémantique (états versus événements) des connaissances apportées par un organisateur initial est identique à celle des informations évoquées dans un texte subséquent (i.e., condition de *congruence*). En revanche, les experts bénéficieraient davantage d'une condition d'apprentissage dans laquelle la catégorie sémantique des connaissances de l'organisateur initial est différente de celle des informations du texte

subséquent (i.e., condition de *non-congruence*). D'autre part, nous avons étudié l'effet des exigences de la tâche proposée aux lecteurs à l'issue de l'étude de l'organisateur initial, sur la compréhension du texte subséquent. D'après Graesser, Singer et Trabasso (1994), la réalisation d'une tâche à l'issue de la première phase d'apprentissage peut influencer les buts et stratégies de compréhension que les lecteurs adoptent au cours de la seconde phase d'apprentissage. Deux types de tâches ont été proposés aux lecteurs. Ils devaient réaliser soit un résumé sur la base de leur représentation sémantique de l'organisateur initial, soit un schéma sur la base de leur modèle de situation. Nous avons supposé que la tâche de résumé devrait inciter les lecteurs à se focaliser sur la mémorisation du texte subséquent, et donc à construire une représentation sémantique du texte plus détaillée que le modèle mental de la situation décrite. En revanche, nous nous attendons à l'inverse pour la tâche de schéma.

3.1. Effet de la structure d'un domaine, des connaissances initiales des lecteurs, et de la structure sémantique du texte

3.1.1. Les travaux empiriques antérieurs et les hypothèses

3.1.1.a Relation entre les connaissances initiales et le domaine

Comme il a été dit plus haut, l'un des objectifs de la première expérience était d'étudier la relation entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure du domaine traité dans le texte scientifique. Deux hypothèses sous-tendent cette piste de recherche. D'une part, le domaine à acquérir à partir du texte a une structure propre, dont la description serait nécessaire qu'il s'agisse d'évaluer les connaissances initiales des lecteurs sur ce domaine, ou de déterminer les caractéristiques de la représentation mentale qu'ils ont formée durant la lecture du texte. D'autre part, la construction d'un modèle approprié de la situation décrite dans le texte, dont dépend l'apprentissage à partir du texte (Kintsch, 1994), serait fonction de l'adéquation entre la structure des connaissances initiales des lecteurs et de celle du domaine évoqué.

Effet des connaissances initiales des lecteurs

Pour rendre compte de l'effet principal des connaissances initiales des lecteurs sur la compréhension et l'apprentissage à partir d'un texte scientifique, nous nous sommes appuyées sur le modèle théorique de la compréhension de textes proposé par van Dijk et Kintsch (1983). Dans ce modèle, deux niveaux de représentation sont postulés : d'une part, la représentation sémantique du texte, et d'autre part, le modèle de situation. Ainsi, la représentation sémantique (propositionnelle) correspond au niveau d'organisation de la signification locale (la microstructure) et globale (la macrostructure) du texte. Elle est une

représentation relativement compartimentalisée (ou encapsulée) en mémoire, sur la base de laquelle les lecteurs peuvent réaliser des tâches purement mnésiques telles que le rappel ou le résumé du texte. Ainsi, la trace mnésique de la représentation sémantique du texte décroît rapidement en mémoire. Le niveau du modèle de situation correspond à la représentation de ce que le lecteur a appris à partir du texte, détachée de la structure textuelle, et directement intégrée à ses connaissances initiales en mémoire. A partir du modèle de situation, le lecteur peut réaliser des tâches cognitives complexes telles que la vérification d'inférences, la classification de concepts relatifs au domaine évoqué dans le texte. Le poids de la trace mnésique du modèle de situation reste élevé, et ce quel que soit le délai. Dans ce cadre, les connaissances initiales du lecteur sur le domaine à acquérir sont un facteur déterminant dans l'interprétation des informations du texte.

Ainsi, de nombreux travaux ont montré que si tous les lecteurs étaient capables de former une représentation sémantique appropriée du texte, seuls certains pouvaient élaborer un modèle de situation adéquat (e.g., Fincher-Kiefer & al., 1988 ; Kintsch, & al., 1990 ; Tardieu & al., 1992). En particulier, les connaissances initiales des lecteurs sur le domaine auquel réfère le texte, auraient une influence sur la formation du modèle de situation. Ainsi, Tardieu et collaborateurs (1992) ont montré qu'à l'issue de la lecture d'un texte (se rapportant à la mémoire), des experts et novices du domaine évoqué, ne se différenciaient pas dans les performances à des questions de type 'paraphrases' qui testaient la représentation sémantique du texte. En revanche, les experts étaient plus rapides que les novices pour répondre à des questions de type 'inférences' qui testaient le modèle de situation. Kintsch et collaborateurs (1990) ont aussi mis en évidence un effet des connaissances initiales sur la vérification d'inférences. Ils ont ainsi démontré qu'un temps supplémentaire accordé au traitement des inférences a entraîné une hausse de la fréquence des réponses 'vraies' pour les experts et, en revanche, un déclin de cette même mesure pour les débutants. Pour interpréter ce résultat, les auteurs (Kintsch & al., 1990) ont fait la distinction entre une stratégie de traitement immédiat qui opèrerait au niveau de la représentation sémantique du texte, et une stratégie '*wait and see*' qui interviendrait au niveau du modèle de situation. Ces différents résultats nous conduisent donc à supposer qu'un expert dans le domaine évoqué par le texte scientifique, devrait former un modèle approprié et élaboré de la situation, tandis qu'un débutant ne serait capable de construire qu'un modèle du texte scientifique.

Les précédentes études que nous venons d'évoquer, ont démontré que les experts avaient la capacité, sur la base de leur modèle de situation, de produire plus d'inférences à partir des informations explicites du texte, comparés aux débutants. D'autres travaux ont étudié la relation directe entre la production d'informations implicites et les niveaux d'expertise (e.g., Gobbo & Chi, 1986 ; Stein, Bransford, Franks, Vye, & Perfetto, 1982 ; Yekovich, Walker, Ogle, & Thompson, 1990). Stein et collaborateurs (1982) ont ainsi observé une différence dans la production spontanée d'élaborations entre des experts et des novices sur le domaine – les robots. Les élaborations sont une catégorie d'inférences qui enrichissent le contenu de la représentation initiale en apportant, par exemple, des spécifications de relation. Dans l'expérience proposée, les auteurs ont construit deux versions d'un même texte sur le domaine (versions explicite et non-explicite). La version non-explicite décrivait un robot, sans établir de liens entre les structures et les fonctions

de ce robot. La version explicite apportait des explications sur ces liens. Les résultats de cette expérience ont montré que la compréhension des débutants était meilleure pour la version explicite que pour celle non-explicite, tandis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux versions pour les experts. De plus, les experts traitaient plus longuement la version non-explicite que celle explicite, alors que l'inverse a été observé pour les débutants. Ainsi, il semble que les experts aient produit des élaborations pour relier les différentes caractéristiques du robot pendant la lecture de la version non-explicite, et que cette activité consomme du temps. En revanche, les débutants n'ont pas su estimer la difficulté de la version non-explicite, et l'ont traitée rapidement.

Gobbo et Chi (1986) ont aussi étudié la production d'informations explicites et implicites sur un domaine particulier (les dinosaures) par des enfants plus ou moins familiers du domaine. La tâche des enfants était de nommer vingt dinosaures, tous présentés sur des photos, et d'écrire tout ce qu'ils connaissaient sur ces différents animaux. Les protocoles de production ont été analysés, en tenant compte du type d'informations produites (explicites et implicites). Les informations étaient jugées comme explicites, lorsqu'elles étaient élaborées à partir d'indices perceptifs directement observables sur chaque photo, et comme implicites lorsqu'elles étaient relatives à des caractéristiques non directement perceptibles ou interprétables à partir de ces supports. Ainsi, Gobbo et Chi (1986) ont démontré que les experts et les novices du domaine ne se différenciaient pas dans le nombre d'informations explicites produites. En revanche, comparés aux débutants, les experts ont proposé un plus grand nombre d'informations implicites, et ce même pour les dinosaures dont ils n'avaient jamais eu connaissance. Ainsi, il apparaît que les experts peuvent utiliser leurs connaissances pour générer de l'information sur des concepts nouveaux du domaine. Enfin, Yekovich, Walker, Ogle et Thompson (1990) ont montré que des lecteurs avec de faibles aptitudes verbales et de nombreuses connaissances sur le domaine représenté par le texte, produisaient au cours de la lecture autant d'inférences que des lecteurs avec de fortes aptitudes verbales. Les connaissances initiales sur un domaine permettraient, par conséquent, non seulement d'accéder à des informations pertinentes pour la compréhension, mais aussi d'élargir les capacités de traitement verbal à l'intérieur du domaine.

Il semble donc que la construction du modèle de la situation évoquée dans le texte, ainsi que la production d'inférences (élaboratives) sur la base de ce modèle, soient fonction des connaissances initiales des lecteurs. Dans le premier chapitre de cette thèse, nous avons évoqué le caractère incrémentatif du modèle de situation (Cf., Garnham et Oakhill, 1993). Ainsi, le modèle de situation qui est construit à un moment donné de la lecture guide l'intégration des informations subséquentes du texte. Dans ce cadre, nous pouvons supposer que les connaissances initiales du lecteur ont un effet sur le traitement *on-line* du texte. Selon Deschênes (1988), les processus qui sont les plus influencés par les connaissances initiales des lecteurs au cours de la lecture d'un texte sont l'activation de concepts et la hiérarchisation des informations textuelles. Dès le début de la lecture, un processus d'activation s'enclenche pour rendre disponibles en mémoire les concepts pertinents pour l'interprétation du texte subséquent (Kintsch & van Dijk, 1978 ; van den Broek & al., 1996). L'activation de concepts serait plus rapide chez les experts que chez les débutants du domaine décrit par le texte, ce qui conduirait à des temps de lecture du

texte plus longs pour les débutants que pour les experts. Deux arguments peuvent être avancés pour expliquer une telle différence experts-novices. D'une part, contrairement aux débutants, les experts ont la capacité d'associer les portions pertinentes de la représentation initiale du texte en mémoire à long-terme à des indices de récupération stockés en mémoire de travail (Ericsson & W. Kintsch, 1995). L'activation momentanée des indices par le traitement du texte subséquent permet ainsi de rétablir partiellement les conditions d'encodage des informations en mémoire à long-terme, et facilite par là-même leur récupération. D'autre part, les structures de connaissances des experts et des débutants se différencient en termes de quantité d'organisation (Naveh-Benjamin & al., 1986). Les connaissances des experts sont organisées sous un mode encapsulé (Schmidt & Boshuizen, 1993), c'est-à-dire regroupées en plusieurs sous-séries (*chunks*) contenant chacune un petit nombre de faits (ou propositions), et pouvant être récupérées de façon sélective (McCloskey & Bigler, 1980). L'accès à l'information pertinente en mémoire serait rapide chez les experts, car il consisterait à sélectionner la sous-série appropriée, et à effectuer une recherche parmi un nombre restreint de faits. En revanche, les connaissances des débutants forment le plus souvent une seule liste non-structurée, ou peuvent être organisées en quelques regroupements contenant chacun un grand nombre de faits. Pour les débutants, l'information pertinente serait moins rapidement accessible, car la recherche en mémoire aurait lieu soit dans la liste complète, soit dans une sous-série plus large de faits.

Le second processus qui semble être influencé par les connaissances initiales des lecteur, concerne la sélection des informations importantes pour la progression du thème évoqué, et qui constituent la macrostructure du texte. Pour Rossi (1991), l'importance qui est accordée par le lecteur en fonction de ses connaissances initiales est considérée comme l'importance subjective. Birkmire (1985) a montré que des experts en physique moderne traitaient plus longuement les phrases qui occupaient une place élevée dans la macrostructure d'un texte portant sur le laser que les phrases de niveaux intermédiaire ou inférieur. En revanche, ces différences n'ont pas été observées lorsqu'ils lisaient un texte sur un domaine pour lequel ils ne disposaient pas (ou de peu) de connaissances (la musique) ou lorsqu'ils lisaient un texte narratif. Les travaux de Roller (1985) cité par Deschênes (1988) ont également illustré la contribution des connaissances initiales dans le traitement de l'importance des informations textuelles. Dans l'expérience réalisée par Roller (1985), deux groupes de sujets ont été distingués : des sujets qui recevaient un enseignement sur le domaine évoqué par le texte subséquent (sujets avec des connaissances initiales), et des sujets qui ne recevaient pas cet enseignement (sujets novices). Les deux groupes de sujets ont effectué une tâche de jugement d'importance des informations évoquées dans le texte. Les résultats ont ainsi montré que les sujets avec des connaissances initiales évaluaient comme importantes les mêmes informations textuelles, ce qui n'était pas le cas pour les sujets novices. Ce résultat renforce donc l'idée selon laquelle plus les sujets sont experts dans un domaine, plus leurs structures de connaissances sont similaires les unes aux autres, et plus les macrostructures qu'ils construisent d'un même texte sont susceptibles d'être équivalentes : ils attribueraient à l'information textuelle une même place dans leurs structures de connaissances.

Les connaissances initiales des lecteurs semblent être un facteur déterminant à la fois dans la construction du modèle de situation, dans la production d'inférences et dans

le traitement *on-line* des informations textuelles. D'autres travaux ont également mis en évidence un effet des connaissances initiales sur le rappel des informations textuelles (e.g., Kintsch, 1982 ; Patel & Groen, 1991 ; Schmidt & Boshuizen, 1993 ; Spilich, Vesonder, Chiesi, & Voss, 1979). Spilich et collaborateurs (1979) ont observé que des experts dans le domaine du base-ball rappelaient plus d'informations pertinentes sur le compte-rendu d'un match de base-ball que les novices. Kintsch (1982) explique cette différence experts-novices en évoquant le fait que les connaissances initiales permettent la mise en oeuvre de stratégies mnésiques de structuration du matériel textuel, et par là-même l'augmentation de la capacité de la mémoire de travail. Les informations du texte seraient alors organisées en groupements (*chunks*), directement reliés à une structure hiérarchique en mémoire à partir de laquelle le recouvrement pourrait être effectué plus facilement (Ericsson & W. Kintsch, 1995). Patel et Groen (1991), ainsi que Schmidt et Boshuizen (1993) se sont intéressés aux niveaux intermédiaires dans le domaine de l'expertise médicale. Ils ont mis en évidence un résultat qui semble être contradictoire avec ce qui a été observé par Spilich (Spilich & al., 1979), et qui a montré que des sujets intermédiaires (étudiants en 3^e année de médecine) rappelaient plus d'informations sur un cas clinique que des experts (médecins expérimentés). Pour expliquer ce résultat qui est appelé 'effet intermédiaire', Schmidt et Boshuizen (1993) ont évoqué le fait que les experts ont une représentation mentale du domaine qui est relativement condensée en des concepts de haute généralité. Ainsi, étant donné l'organisation 'encapsulée' de leurs connaissances, les experts auraient tendance à traiter les informations textuelles selon un mode d'encapsulation. En d'autres termes, le modèle mental que les experts disposent sur un cas clinique les conduisent à sélectionner les indices critiques pour la situation évoquée (informations sur les symptômes), et à écarter les autres (connaissances sur les principes qui sous-tendent la manifestation des symptômes).

En résumé, nous pouvons supposer que la construction du modèle de situation dont dépend l'apprentissage à partir du texte (Kintsch, 1994) serait favorisée lorsque le lecteur dispose suffisamment de connaissances sur la situation (i.e., le domaine) décrite dans le texte scientifique. En retour, à partir du modèle formé à un moment donné de la lecture, le lecteur pourrait produire (automatiquement) des inférences qui faciliteraient le traitement et l'intégration des informations subséquentes du texte. D'autre part, plus le lecteur dispose de connaissances sur le domaine évoqué par le texte, plus son modèle mental serait élaboré, et plus il effectuerait un traitement différentiel des informations du texte en fonction de leur importance dans la compréhension du domaine traité.

Effet des connaissances initiales des lecteurs en relation avec le domaine

Pour décrire le domaine traité par le texte scientifique, nous nous sommes appuyées sur la formalisation en systèmes proposée par Baudet et Denhière (1991). Ce formalisme de représentation s'inscrit dans le cadre d'une sémantique cognitive (Cf. Baudet, 1990 ; François, 1989, 1990, 1997 ; Jackendoff, 1983) qui définit les individus, états et événements comme des invariants cognitifs des domaines et de leurs modèles mentaux. Selon Baudet et Denhière (1991), la structure des domaines et des modèles mentaux (de situation) qui les représentent, peut être décrite à deux niveaux : ceux de la micro- et de la macrostructure. Ces deux niveaux peuvent être mis en relation avec ceux qui organisent

la structure sémantique des textes, i.e., la micro- et la macrostructure prévues par le modèle de Kintsch et van Dijk (1978). Baudet et Denhière (1991) postulent que pour former la microstructure du modèle de situation, le lecteur doit construire les représentations des individus, des états et des événements de la situation décrite par le texte. Pour former la macrostructure du modèle de situation, le lecteur doit restructurer la microstructure en une structure hiérarchique ou *système*. Trois types de systèmes ont été distingués : [1] un système relationnel dans lequel les individus sont reliés par des relations statives (e.g., relations spatiales), [2] un système transformationnel dans lequel les états et les événements sont reliés par des relations temporo-causales, et [3] un système fonctionnel dans lequel les états et les événements sont reliés par des relations en but/sous-buts. Cette notion de système a été validée au niveau expérimental (e.g., Baudet & Denhière, 1991 ; Cailliès & Tapiero, 1997 ; Tapiero, 1991). Tapiero (1991) a observé un effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs (i.e., experts, novices) et la structure d'un domaine particulier (les animaux marins) sur les temps de lecture. Le domaine évoqué a été décomposé en quatre sous-domaines (ou sous-systèmes) (deux correspondant à des catégories - les poissons et les mammifères marins - et deux à des sous-catégories - les dauphins et les lamantins), à partir desquels quatre textes ont été construits. Les résultats ont indiqué qu'en phase d'apprentissage, les experts lisaient plus longuement les textes sur les catégories que les débutants. En revanche, l'inverse a été observé pour les textes sur les sous-catégories. Il apparaît donc que les experts se focalisent davantage sur les informations qui sont relatives à la macrostructure du domaine, tandis que les débutants s'attachent à traiter préférentiellement les informations relatives à la microstructure du domaine. De plus, Baudet et Denhière (1991) ont étudié la structure de la représentation mentale d'un système fonctionnel complexe (le démarrage d'une automobile) à partir de textes chez des experts et des novices du domaine. Les résultats de cette expérience (qui a déjà fait l'objet d'une présentation, Cf. p. 66) ont montré que les experts et les novices se différenciaient non seulement dans le nombre de connaissances présentes en mémoire, mais aussi dans l'organisation en système fonctionnel (et en sous-systèmes). D'autre part, les auteurs ont observé que l'apprentissage à partir des textes se traduisait par une augmentation du nombre de connaissances, et par une meilleure organisation de la représentation mentale en système. Enfin, Cailliès et Tapiero (1997) ont étudié les effets de la structure sémantique du texte – telle qu'elle est déterminée par l'analyse en système – sur la compréhension et l'apprentissage d'un autre système fonctionnel (le texteur Word) chez des sujets novices, intermédiaires et experts. Elles ont construit deux types de textes d'apprentissage présentant les mêmes états et événements du système, mais se différenciant par leurs caractéristiques de cohérence déterminées par l'analyse du domaine en système fonctionnel. Les trois groupes de sujets lisaient un des deux types de texte (causal et téléologique), puis effectuaient un rappel indicé ainsi qu'une tâche de reconnaissance d'énoncés. Les résultats ont montré que l'accroissement de l'expertise peut être décrite par une évolution de la structuration des représentations vers un système fonctionnel autonome formé de sous-systèmes reliés par des relations en buts/sous-buts, évolution qui se traduit par une augmentation de la rapidité de lecture et par une plus grande facilité à relever les informations pertinentes du texte. De plus, il apparaît que les experts ont une représentation mentale homologue de la macrostructure

du domaine (téléologique) par rapport aux novices et aux intermédiaires qui structurent leurs connaissances de façon causale. Ainsi, un novice qui apprend le fonctionnement d'un système, mémoriserait les informations de façon linéaire (temporo-causalement). Enfin, Caillies et Tapiro (1997) ont mis en évidence un effet 'intermédiaire' (Schmidt & Boshuizen, 1993) : les sujets intermédiaires ont rappelé autant d'informations suite à la lecture du texte causal que les sujets experts. Pour interpréter ce résultat, les auteurs ont alors supposé que les sujets intermédiaires ont compartimentalisé les connaissances apprises, ce qui leur faciliterait l'accès à certaines informations (celles sur le texte causal), et leur permettrait de récupérer facilement les informations lues comme un tout, ce tout étant peu relié à leurs connaissances préexistantes.

Sur la base de ces différents résultats, nous avons élaboré des hypothèses quant à l'effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs (experts, débutants) et la structure du domaine scientifique particulier que nous étudions – le *neurone*. L'analyse en systèmes (Cf. Baudet & Denhière, 1991) nous a conduit à envisager une description du neurone en deux niveaux : local (la microstructure du domaine) et global (la macrostructure du domaine). Au niveau local, le neurone est représenté comme une structure relationnelle, décomposable en plusieurs constituants anatomiques qui ont des propriétés stables, et qui sont reliés par des relations spatiales. Au niveau global, le neurone est décrit comme une structure fonctionnelle : chaque constituant est affecté d'une fonction particulière au cours du traitement de l'information nerveuse, et les états et événements sont organisés par des relations temporo-causales. Nous supposons un effet de cette interaction sur le traitement *on-line* du texte scientifique. Plus précisément, les experts devraient se centrer davantage sur les informations relatives aux aspects fonctionnels du système, que sur celles relatives à ses aspects relationnels. En revanche, le pattern inverse devrait être observé pour les débutants. De plus, selon Tapiro (1992), un débutant qui apprend le fonctionnement d'un système '**rechercherait la constance**', tandis qu'un expert manifesterait un intérêt cognitif plus important pour les transformations qui opèrent sur le système. En conséquence, les débutants devraient traiter préférentiellement les informations qui décrivent les aspects statiques du système (i.e., les états du système), tandis que les experts devraient se focaliser davantage sur les informations qui décrivent les aspects dynamiques du système (i.e., les événements du système). Nous supposons également un effet de cette interaction sur l'apprentissage à partir du texte scientifique. Ainsi, les deux niveaux d'expertise devraient se différencier davantage dans le nombre de connaissances sur la structure fonctionnelle du neurone, que dans le nombre de connaissances relatives à sa structure relationnelle. Par ailleurs, l'accroissement de l'expertise dans le domaine du neurone pourrait se traduire par une meilleure organisation de la représentation mentale du fonctionnement du système. Plus précisément, nous avons supposé que pour apprendre le fonctionnement du système, la connaissance de ses aspects statiques (i.e., de ses états) serait une condition nécessaire à la connaissance de ses aspects dynamiques (i.e., de ses événements).

3.1.1.b Relation entre les connaissances initiales et la cohérence du texte

Comme nous l'avons déjà précisé, l'objectif de la première expérience était également d'étudier l'effet de l'interaction entre les connaissances initiales et la structure textuelle.

L'hypothèse qui sous-tend cette piste de recherche postule qu'une même structure de texte ne peut pas être adaptée à tous les niveaux d'expertise. Les chercheurs s'accordent quant à l'idée selon laquelle la cohérence d'un texte est un facteur déterminant dans la compréhension. Ainsi, différents travaux (e.g., Britton & Gulgoz, 1991 ; McNamara & al, 1996) ont montré que des révisions qui avaient pour fonction de renforcer la cohérence structurale (locale et globale) et explicative d'un texte, entraînaient une augmentation des performances de rappel du texte. Ces révisions consistent généralement en l'ajout d'informations détaillées qui viennent suppléer les lacunes du matériel textuel original, et expliquer les relations causales entre les faits évoqués. Elles consistent également en l'ajout d'indices linguistiques de surface (e.g., référents anaphoriques, synonymes, ou connexions). La faiblesse des études empiriques qui ont démontré un effet bénéfique de la cohérence textuelle sur la compréhension, est de n'avoir utilisé que des mesures de la qualité de la représentation sémantique du texte (e.g., reconnaissance, questions basées sur le texte, rappel reproductif ou résumé). En conséquence, elles n'ont pas pu rendre compte d'un tel effet sur la construction du modèle de situation. Or, Kintsch (1994) a montré que les processus qui sous-tendent la mémorisation d'un texte sont différents de ceux qui sous-tendent l'apprentissage à partir de ce texte. Rendre la compréhension du texte plus facile en augmentant sa cohérence, ne favorise pas toujours l'apprentissage à partir du texte. Ainsi, Mannes et Kintsch (1987), et McDaniel, Blischak et Einstein (1995) ont observé que l'acquisition et le transfert de connaissances pouvaient être améliorés en rendant la tâche du lecteur plus difficile. Par exemple, dans l'expérience de Mannes et Kintsch (1987), les lecteurs apprenaient davantage lorsqu'ils avaient étudié, au préalable, un organisateur initial de connaissances dont la structure était différente de celle du texte d'apprentissage subséquent. Cette condition de *non-congruence* les aurait encouragés à traiter plus activement le texte subséquent, et à produire des inférences pour relier les informations du texte à celles de l'organisateur initial. Cette constatation a conduit McNamara et collaborateurs (1996) à tester l'hypothèse selon laquelle un texte faiblement cohérent inciterait les lecteurs à produire plus d'inférences sur la base de leurs connaissances initiales pour construire une macrostructure cohérente du texte, et favoriserait donc la construction d'un modèle de situation plus riche. Toutefois, l'effet bénéfique du texte faiblement cohérent ne pourrait être observé que si les lecteurs ont suffisamment de connaissances sur la situation évoquée, et si ces derniers intègrent leurs connaissances aux informations textuelles.

Nous allons présenter l'expérience de McNamara et collaborateurs (1996) sur laquelle nous nous sommes appuyées pour élaborer notre hypothèse quant à l'effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure temporo-causale du texte scientifique. Les résultats de l'expérience de McNamara (McNamara & al., 1996) confirment l'hypothèse de l'effet bénéfique d'un texte faiblement cohérent sur l'apprentissage par des experts dans le domaine traité, et s'opposent à ceux qui ont été observés par McKeown (McKeown, Beck, Sinatra, & Loxterman, 1992) :

La cohérence favoriserait l'intervention des connaissances (McKeown & al., 1992)

McKeown, Beck, Sinatra et Loxterman (1992) ont étudié la relation entre la cohérence

textuelle et les connaissances des lecteurs. Il ont ainsi testé l'hypothèse de Roller (1990) selon laquelle l'effet de la structure textuelle devrait varier en fonction de la familiarité du contenu textuel. Les auteurs ont ainsi fourni à tous les sujets qui ont participé à leur expérience des connaissances de base pertinentes pour la compréhension d'un texte subséquent. Ils ont évalué les effets de ces connaissances sur la compréhension de deux versions d'une suite de quatre extraits de textes sur la Révolution Américaine : d'une part, une version faiblement cohérente (version originale) et d'autre part, une fortement cohérente (version révisée) qui explicitait les relations temporelles et causales entre les différents événements évoqués dans les textes. Après la lecture, les sujets devaient rappeler les principales informations contenues dans chaque texte, et répondre à des questions ouvertes sur la séquentialité des événements ou sur les relations entre les acteurs de la Révolution et les événements. Les protocoles de rappel ont été analysés en distinguant les propositions (unités de contenu) qui décrivaient des acteurs, des états, des événements ou des localisations. Les résultats ont montré que les sujets affectés à la lecture de la version révisée ont rappelé plus d'unités de contenu, et ont obtenu des performances aux questions ouvertes plus importantes comparés à ceux affectés à la lecture de la version originale. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par d'autres chercheurs (e.g., Britton & Gulgoz, 1991 ; McNamara & al., 1996) qui ont montré un bénéfice lié à la cohérence du matériel textuel. D'autre part, les sujets qui ont lu la version originale, bien qu'ils aient reçu les mêmes connaissances préalables de base que ceux affectés à la lecture de la version révisée, ont obtenu des performances aux questions sur les aspects complexes du thème (e.g., celles sur les principes motivant les actions des agents de la Révolution) moins élevées. Les auteurs ont donc conclu qu'un texte fortement cohérent favorise davantage l'intervention des connaissances initiales dans le processus de compréhension qu'un texte faiblement cohérent. La critique qui peut être faite quant à cette expérience, concerne le fait qu'aucun test n'a été utilisé pour vérifier si les lecteurs ont réellement intégré en mémoire à long-terme les connaissances sur le thème qui leur ont été fournies avant la lecture du texte subséquent. En effet, l'intervention des connaissances initiales des lecteurs au cours du traitement de la version révisée ne peut être justifiée que si ces connaissances ont réellement été acquises.

Une trop grande cohérence ne favoriserait pas un traitement actif du texte (McNamara & al., 1996)

Contrairement à McKeown et collaborateurs (1992), McNamara, E. Kintsch, Butler-Songer et W. Kintsch (1996) ont fait l'hypothèse que les experts sur le domaine auquel réfère le texte devraient bénéficier davantage de sa version faiblement cohérente que de sa version fortement cohérente, tandis que le pattern inverse devrait être observé pour les débutants. Placer des obstacles au cours de la lecture empêcherait en effet l'expert d'adopter un mode superficiel de traitement, en l'obligeant à utiliser ses connaissances pour produire des inférences de liaison et construire par là-même un modèle de situation plus élaboré (E. Kintsch & W. Kintsch, 1995). Pour tester cette hypothèse, McNamara (McNamara & al., 1996) a mené une expérience qui consistait à étudier l'apprentissage d'un domaine scientifique (les maladies cardio-vasculaires) par des sujets de niveaux d'expertise différents (experts et débutants), à partir de deux versions d'un même texte

sur le domaine (i.e., fortement ou faiblement cohérente aux niveaux local et global). Les sujets effectuaient une tâche de classification de concepts relatifs au domaine, avant (pré-test) et à l'issue de la lecture (post-test). Avant la lecture, ce pré-test permettait d'évaluer la structure des connaissances initiales des lecteurs. Après la lecture, ce post-test permettait de rendre compte des modifications de la structure initiale, qui étaient considérées comme des indicateurs de la construction d'un modèle de situation. D'autre part, la représentation sémantique du texte scientifique a été évaluée à l'aide d'une tâche de rappel libre et de questions basées sur le texte, tandis que les performances des sujets à des questions sur des inférences étaient censées refléter la qualité de leur modèle de situation. Les résultats ont montré que les sujets affectés à la lecture du texte cohérent, avaient des performances de rappel supérieures à celles des sujets affectés à la lecture de la version faiblement cohérente, et ce aussi bien pour les experts que pour les débutants. De plus, les performances des débutants aux questions sur les inférences ont été plus importantes après la version fortement cohérente qu'après celle faiblement cohérente, tandis que le pattern inverse a été observé pour les experts. Enfin, l'analyse des données obtenues à la tâche de classification de concepts a indiqué que les experts organisaient plus volontiers les concepts selon l'ordre déterminé par la structure textuelle lorsque la version était faiblement cohérente, tandis que ce principe d'organisation n'était observé pour les débutants que lorsqu'ils ont lu le texte fortement cohérent. L'hypothèse qui a été formulé par McNamara et collaborateurs (1996) a donc été confirmée.

McNamara et Kintsch (1996) ont souhaité répliquer ces résultats (McNamara & al., 1996) en étudiant l'apprentissage d'un autre domaine à partir de textes - la guerre du Vietnam. Le domaine d'un texte est un facteur important dont la compréhension dépend plus ou moins de la construction d'un modèle mental. Cette étude avait également pour but d'apporter des mesures *on-line* de la compréhension, en collectant les temps de lecture pour les deux versions du texte (faiblement et fortement cohérentes). Les auteurs ont ainsi fait l'hypothèse que si des processus inférentiels sont requis pour le traitement du texte peu cohérent, alors les temps de lecture pour cette version devraient être plus longs comparés à ceux observés pour le texte cohérent. D'autre part, la différence de temps de lecture entre les deux versions devrait être plus importante pour les experts qui, du fait de leurs connaissances initiales, produisent plus facilement des inférences. Ces deux prédictions ont été confirmées. De plus, les résultats de cette expérience ont également montré que les experts avaient des performances plus importantes à la tâche de classification et à des questions ouvertes (qui étaient censées activer le modèle de situation comparées aux questions à choix multiples) à l'issue de la lecture de la version faiblement cohérente.

Ces données nous conduisent donc à faire l'hypothèse d'un effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs, et la structure du texte scientifique (sur le neurone) sur l'apprentissage. La particularité de notre travail de recherche est de tester l'effet de la structure temporo-causale du texte (McNamara et collaborateurs ont testé l'effet de la cohérence référentielle du texte). Deux raisons ont justifié ce choix. D'une part, il nous semblait pertinent de manipuler ce type de cohérence textuelle, sachant que les rapports de causalité entre les faits relatifs à un domaine sont déterminants dans la compréhension de textes scientifiques. D'autre part, la structure temporo-causale du texte

a été déterminée par l'analyse en système fonctionnel du domaine – le neurone, sur lequel porte le texte. Ainsi, nous pouvons supposer que les débutants du domaine devraient bénéficier davantage de la version du texte scientifique dont l'organisation respecte l'enchaînement temporo-causal des états et des événements du domaine (i.e., version structurée). En revanche, les experts du domaine devraient tirer davantage profit de la version dans laquelle les relations de causalité sont supprimées, et la séquentialité des informations perturbée (i.e., version non-structurée).

3.1.2 EXPERIENCE 1 Effet d'un domaine scientifique, du niveau d'expertise initial des lecteurs, et de la structure temporo-causale du texte

Cette première expérience portait sur la compréhension et l'apprentissage d'un domaine scientifique particulier – le neurone – par des sujets de niveaux d'expertise différents (i.e., experts et débutants), à l'aide de deux versions d'un même texte qui différaient par leur structure temporo-causale (structurée et non-structurée).

Le domaine de connaissances considéré était relatif au neurone. La formalisation en systèmes (Baudet & Denhière, 1991) nous a permis d'envisager une description du domaine à deux niveaux (i.e., la microstructure et la macrostructure du domaine). La microstructure du domaine correspond à la description du neurone en une unité structurale du système nerveux. Le neurone peut être ainsi décomposable en plusieurs sous-structures anatomiques qui possèdent une organisation spatiale particulière (e.g., membrane, dendrites, axone). La macrostructure du domaine correspond à la description du neurone en une unité fonctionnelle du système nerveux. Ainsi, chaque sous-structure anatomique du neurone est affectée d'une fonction particulière dans le traitement de l'information nerveuse (e.g., les dendrites captent les signaux électriques). De plus, le fonctionnement du neurone peut être décomposé en quatre phases, qui correspondent à quatre phénomènes bioélectriques qui ont pour siège la membrane du neurone : [1] le potentiel de repos, [2] le potentiel d'action, [3] la repolarisation, et [4] la période réfractaire. Les états et les événements qui spécifient chaque phénomène sont reliés par des relations temporelles et causales. Sur la base de cette description en deux niveaux du domaine, nous avons construit deux types de tâches d'évaluation des connaissances des deux niveaux d'expertise (i.e., experts et débutants). D'une part, un questionnaire à choix multiples testait leur représentation mentale de la structure et du fonctionnement du neurone. D'autre part, une tâche de classification de concepts (qui a été inspirée de celle proposée par McNamara et collaborateurs, 1996), était utilisée pour mettre en évidence l'organisation en mémoire des concepts d'individus (i.e., les sous-structures anatomiques), d'états et d'événements relatifs au neurone. Ces deux épreuves ont été proposées, avant et après la lecture du texte scientifique, afin de rendre compte des modifications (quantitatives et qualitatives) de la structure initiale des lecteurs, qui sont considérées comme des indicateurs du modèle de la situation qu'ils ont construit durant la lecture (McNamara & al., 1996). Les données de la tâche de classification de concepts ont été converties en valeurs de proximité (sémantique) entre chaque paire de concepts, puis transformées en réseaux de connaissances à partir de l'algorithme 'Pathfinder'

(Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1989). Nous nous sommes également appuyées sur la description de la structure du domaine pour déterminer la structure sémantique du texte scientifique. Les états et les événements qui sont relatifs au fonctionnement du neurone étant reliés par des relations temporo-causales, le texte qui les représente doit être caractérisé par une cohérence sémantique causale. Ainsi, nous avons construit deux versions d'un texte se rapportant à la transmission synaptique, qui présentaient les mêmes informations sur la structure et le fonctionnement du neurone, mais qui se différenciaient par leur structure sémantique : une version structurée qui respectait l'enchaînement temporo-causal des états et des événements qu'elle représentait, et une version non-structurée dans laquelle les relations de causalité étaient supprimées et la séquentialité des états et des événements perturbée. Enfin, pour tester la qualité et l'accessibilité du modèle mental de la structure et du fonctionnement du neurone que les lecteurs ont construit durant la lecture du texte scientifique, nous avons proposé une épreuve de vérification d'inférences.

3.1.2.1. Méthode

3.1.2.1.a Matériel

Le domaine de connaissances

Le domaine de connaissances considéré décrivait la structure anatomique du neurone ainsi que son fonctionnement. La consultation d'ouvrages scientifiques sur le domaine (manuels scolaires proposés à des élèves de Terminale Scientifique ou à des étudiants en médecine), ainsi que les définitions apportées par trois experts (deux professeurs de biologie, et un pharmacien), nous ont permis d'envisager une description du neurone aux niveaux local et global (Baudet & Denhière, 1991). Au niveau local (i.e., la microstructure), le neurone peut être décrit comme une structure relationnelle. Voici une brève définition des différents constituants anatomiques du neurone :

Le corps cellulaire du neurone est prolongé par un axone de longueur variable. L'axone peut être entouré par une gaine de myéline qui est interrompue par des noeuds de Ranvier. Le corps cellulaire présente de nombreuses et fines extensions, les dendrites. L'axone se projette sur les dendrites, sur les axones ou les corps cellulaires d'autres neurones, où il se termine au niveau d'une zone appelée synapse.

Au niveau global (i.e., la macrostructure), le neurone peut être considéré comme une structure fonctionnelle. Les fonctions de chaque constituant anatomique du neurone au cours du traitement de l'information nerveuse sont présentées ci-dessous :

Les dendrites captent les signaux (excitateurs ou inhibiteurs) de provenance diverse. Le corps cellulaire fait la somme de ces informations contradictoires. De cette intégration naissent des trains d'ondes électriques qui constituent le message nerveux. Ces trains d'ondes se propagent le long de l'axone jusqu'à la synapse où ils sont transmis à d'autres neurones.

La structure fonctionnelle du neurone peut être décomposable en quatre sous-structures correspondant respectivement aux quatre phénomènes bioélectriques qui ont pour siège

la membrane du neurone et qui s'enchaînent temporo-causalement : [1] le potentiel de repos ; [2] le potentiel d'action ; [3] la repolarisation ; et [4] la période réfractaire. Voici une description courte de chaque phénomène :

Le potentiel de repos se traduit par une tension électrique (-70 mV) de part et d'autre de la membrane qui est due à une répartition inégale des ions sodium (Na⁺) et potassium (K⁺) entre les milieux intra- et extracellulaires. Le potentiel d'action correspond à une modification momentanée de la perméabilité membranaire (dépolariation) : les canaux à ions Na⁺ s'ouvrent et l'entrée des ions Na⁺ entraîne une positivité à l'intérieur du neurone. La repolarisation est caractérisée par la fermeture des canaux à ions Na⁺ et par l'ouverture des canaux à ions K⁺ : la sortie des ions K⁺ vers le milieu extracellulaire permet alors le retour au potentiel de repos. Enfin, la période réfractaire se définit comme une période durant laquelle la région de la membrane du neurone qui vient d'être dépolariée n'est plus excitable tant qu'elle n'a pas retrouvé son potentiel de repos.

Par ailleurs, ces quatre phénomènes peuvent être décrits à partir des représentations d'état et d'événement (Cf. Baudet, 1990). Par exemple, pour le potentiel d'action, 'la perméabilité momentanée aux ions Na⁺' est un état dans lequel se trouve la membrane du neurone ; 'l'ouverture des canaux à ions Na⁺' est un événement qui a lieu au niveau de la membrane. Les états et les événements qui spécifient chaque phénomène, sont également reliés par des relations temporelle et causales.

Le questionnaire à choix multiples

A partir de la structure du domaine de connaissances que nous avons définie en deux niveaux (i.e., relationnelle et fonctionnelle), nous avons construit un questionnaire qui testait la représentation mentale de la structure et du fonctionnement du neurone (Cf. annexe 1.1). Ainsi, 8 sous-structures anatomiques du neurone ont été retenues pour le questionnaire (i.e., les dendrites, le corps cellulaire, l'axone, les arborisations terminales, la membrane, le milieu intracellulaire, le milieu extracellulaire, les canaux), et ont fait chacune l'objet de trois questions à choix multiples. Les questions étaient classées en deux catégories. Dix-huit questions-structure portaient sur les propriétés de chaque sous-structure anatomique ou sur leurs relations spatiales, et référaient à la représentation du neurone en structure relationnelle. Dix questions-fonctionnement étaient relatives aux fonctions de chaque constituant anatomique, et référaient à la représentation du neurone en structure fonctionnelle. Les questions à choix multiples ont été proposées avant (pré-test) et après (post-test) la lecture du texte expérimental. Au pré-test, elles permettaient d'évaluer les connaissances initiales des sujets. Au post-test, elles testaient ce que les sujets avaient mémorisé sur le domaine au cours de la lecture du texte scientifique. Pour la majorité des questions, la réponse était explicitement mentionnée dans le texte. Voici, à titre d'exemple, les questions à choix multiples qui étaient relatives au constituant – les dendrites :

Voici les questions sur les dendrites proposées avant et après la lecture :

Les dendrites peuvent être définies comme : (une seule réponse possible)

- (a) Les parties centrales des neurones
- (b) Des prolongements courts et nombreux des neurones
- (c) Des prolongements longs et uniques des neurones

Donner deux structures les plus proches des dendrites :

- (a) Les arborisations terminales de neurones avec qui elles font synapses
- (b) Les corps cellulaires
- (c) Les axones
- (d) Les noyaux Schwanniens

Donner deux fonctions des dendrites :

- (a) Transmission du message nerveux à d'autres neurones
- (b) Réception des messages afférents (qui arrivent sur les neurones)
- (c) Propagation des stimulations vers les corps cellulaires
- (d) Somme des messages afférents (qui arrivent sur les neurones)

La classification de concepts

Au cours de cette tâche, les sujets ont reçu une série de 28 cartes à classer (Cf. annexe 1.2). Un concept spécifique au neurone était inscrit sur chaque carte proposée. Nous avons ainsi distingué deux catégories de concepts : 6 concepts-structure référaient à des sous-structures anatomiques du neurone (e.g., membrane cellulaire) ; 22 concepts-fonctionnement référaient soit à des états ($n = 12$) (e.g., négativité intracellulaire), soit à des événements ($n = 10$) (e.g., dépolarisation) dans lesquels sont impliqués les sous-structures anatomiques du neurone considérées. Les sujets devaient choisir les cartes qui permettaient de définir les quatre phénomènes bio-électriques qui sont relatifs à la structure fonctionnelle du neurone : [1] le potentiel de repos ; [2] le

potentiel d'action ; [3] la repolarisation ; et [4] la période réfractaire. Par exemple, pour définir le potentiel d'action, les sujets pouvaient choisir la carte 'corps cellulaire' parmi les concepts de structure, la carte 'positivité intracellulaire' référant à un état ainsi que la carte 'dépolariation' référant à un événement parmi les concepts de fonctionnement. La tâche de classification de concepts a été proposée avant (pré-test) et après (post-test) la lecture du texte scientifique. Dans les deux phases de l'expérience, elle succédait toujours au questionnaire. Ainsi, au pré-test, elle permettait d'évaluer l'organisation des connaissances initiales des sujets. Au post-test, elle était utilisée pour étudier la façon dont la lecture du texte modifiait l'organisation des connaissances en mémoire à long-terme. Selon McNamara, E. Kintsch, Songer et W. Kintsch (1996), ces modifications devraient être '*des indicateurs du modèle de situation construit par les lecteurs*' (McNamara & al., 1996, p.10).

Les textes

A partir de la description de la structure du domaine de connaissances, nous avons construit deux types de textes portant sur la transmission du message nerveux entre deux neurones (Cf. annexe 1.3). D'une part, un texte à cohérence temporo-causale (ou version structurée) : les informations textuelles étaient organisées de façon telle que les états et les événements qu'elles décrivaient étaient causalement déterminés et que leur enchaînement temporel était respecté. D'autre part, un texte non-cohérent (ou version non-structurée) : les relations de causalité étaient supprimées, et la séquentialité des informations perturbée. Les deux textes avaient le même contenu sémantique ; seul l'ordre de présentation des informations différait entre eux. Ils comportaient le même nombre de phrases ($n = 29$) dont 8 décrivaient le neurone comme une structure relationnelle (phrases-structure) et 21 comme une structure fonctionnelle (phrases-fonctionnement). Les phrases-structure étaient relatives aux huit sous-structures anatomiques du neurone qui ont fait l'objet de questions à choix multiples, et précisaient pour chaque sous-structure leurs propriétés et leur localisation au sein du neurone. Les phrases-fonctionnement étaient catégorisées soit en états ($n = 8$), soit en événements ($n = 13$), et décrivaient les quatre phénomènes bioélectriques (potentiel de repos, potentiel d'action, repolarisation, période réfractaire) qui étaient à définir dans la tâche de classification de concepts. Voici, à titre d'exemples, des phrases issues de la version structurée du texte. Ces mêmes phrases ont été proposées dans la version non-structurée dans un ordre de présentation différent.

Exemples de phrases issues de la version structurée du texte :

1.
La première étape de la transmission synaptique consiste en la conversion du message nerveux en un message chimique par le neurone pré-synaptique. **(fonctionnement, événement)**
2.
Pour que le message nerveux appelé potentiel d'action apparaisse, la stimulation excitatrice doit être égale ou supérieure à un seuil: c'est la loi du tout ou rien. **(fonctionnement, état)**

3.
Lorsqu'elle est inférieure à ce seuil, le message nerveux ne peut être produit au niveau du neurone pré-synaptique. **(fonctionnement, état)**

4.
Dans ce cas, la membrane cellulaire pré-synaptique reste soumise à un potentiel électrique de repos de -70 millivolts, car elle est chargée positivement sur sa face externe et négativement sur sa face interne. **(fonctionnement, état)**

5.
Elle recouvre l'ensemble des constituants anatomiques du neurone et délimite les milieux extracellulaire et intracellulaire. **(structure anatomique)**

6.
Le potentiel de repos appelé également potentiel de membrane, est dû à une distribution inégale des ions sodium et potassium entre ces deux milieux. **(fonctionnement, état)**

7.
En effet, l'intérieur de la membrane possède une forte concentration d'ions potassium, tandis que le milieu extracellulaire possède une forte concentration d'ions sodium. **(fonctionnement, état)**

8.
Lorsque la stimulation est supérieure au seuil, le message nerveux est généré au niveau du corps cellulaire du neurone présynaptique. **(fonctionnement, événement)**

La vérification des inférences

Immédiatement après la lecture, les sujets devaient juger de la véracité de 24 inférences construites sur la base des informations du texte expérimental (Cf. annexe 1.4). Les inférences étaient identiques pour les deux types de textes. Deux types d'inférences ont été proposés en fonction du niveau de représentation auquel elles référaient : 12 inférences locales (dont 6 vraies et 6 fausses) portaient sur des informations précises du texte et nécessitaient, pour être jugées, l'activation de la représentation sémantique du texte ; 12 inférences globales (dont 6 vraies et 6 fausses) portaient sur des informations générales du texte et requérait, pour être jugées, la construction d'un modèle de situation. Pour chaque type d'inférences, nous avons distingué : des inférences qui étaient relatives à la structure anatomique du neurone et qui référaient donc à sa représentation en structure relationnelle ($n = 6$) ; des inférences qui portaient sur le fonctionnement du neurone et qui référaient donc à sa représentation en structure fonctionnelle ($n = 6$). Nous proposons quelques exemples d'inférences locales et globales (vraies et fausses) relatives à la structure et au fonctionnement du neurone :

Exemples d'inférences locales et globales proposées après la lecture du texte :

1.
Le message nerveux n'est pas transmis mais ré-émis dans le neurone postsynaptique. **(Inférence globale vraie sur le fonctionnement)**

2.
La libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique est provoquée par un potentiel de repos de -70 millivolts. **(Inférence globale fausse sur le fonctionnement)**
3.
La membrane cellulaire du neurone émetteur s'appelle la membrane présynaptique. **(Inférence globale vraie sur la structure)**
4.
Le neurone présynaptique ne possède pas de dendrites. **(Inférence globale fausse sur la structure)**
5.
Le message nerveux provoque la libération du neurotransmetteur. **(Inférence locale vraie sur le fonctionnement)**
6.
Les milieux intracellulaire et extracellulaire sont tous deux chargés positivement. **(Inférence locale fausse sur le fonctionnement)**
7.
L'arborisation terminale est l'extrémité ramifiée de l'axone. **(Inférence locale vraie sur la structure)**
8.
La membrane ne recouvre qu'une partie des constituants anatomiques du neurone. **(Inférence locale fausse sur la structure)**

3.1.2.1.b Dispositif expérimental

La passation de l'expérience a été effectuée sur un ordinateur de type Macintosh Ici pour l'ensemble de l'expérience qui avait été mise au point à partir du logiciel Psyscope (Cohen, MacWinney, Flatt & Provost, 1993).

3.1.2.1.c Sujets

Trente-huit étudiants de l'Université Lumière Lyon II, ont participé volontairement à cette expérience. Ils étaient répartis aléatoirement en deux groupes de lecture : 17 sujets ont lu la version structurée du texte, et 21 la version non-structurée. Chaque groupe était réparti en deux sous-groupes correspondant à deux niveaux d'expertise différents sur le domaine : 18 experts dont 9 étaient affectés à la lecture de la version structurée et 9 à la lecture de la version non-structurée, et 20 débutants dont 8 étaient affectés à la lecture de la version structurée et 12 à la lecture de la version non-structurée. Le domaine décrivait la structure anatomique et le fonctionnement du neurone. La répartition des sujets en deux niveaux d'expertise (experts et débutants) a été effectuée sur la base de leurs performances à une épreuve de production proposée en début d'expérience et qui nécessitait la recherche libre en mémoire des connaissances sur le domaine : "Vous avez dix minutes pour écrire tout ce que vous connaissez sur la morphologie et le fonctionnement du neurone, ainsi

que sur les relations entre sa morphologie et son fonctionnement'. L'analyse des protocoles a été réalisée en fonction du type de concepts (i.e., concepts-structure et concepts-fonctionnement). Les sujets étaient considérés comme experts, lorsqu'ils fournissaient une proportion élevée de concepts à la fois sur la structure et sur le fonctionnement du neurone.

3.1.2.1.d Procédure et consignes

Les participants ont été testés individuellement, dans une salle insonorisée, au Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs de l'Université Lumière Lyon II. L'expérience durait 1h15, et se déroulait en trois phases. L'objectif de la première phase était d'évaluer les connaissances initiales des sujets, celui de la deuxième phase était de tester la compréhension des deux versions du texte expérimental, et celui de la troisième phase était d'évaluer les connaissances acquises lors de la lecture.

Durant la première phase de l'expérience, le sujet répondait en temps libre au questionnaire. Chaque page du questionnaire comportait les questions à choix multiples relatives à l'un des 8 constituants considérés du neurone. Pour chaque question, le sujet était informé qu'il devait cocher soit une, soit deux réponses. La consigne l'avertissait qu'il ne pouvait ni rectifier ses réponses, ni les consulter pour répondre à d'autres questions. Immédiatement après avoir complété le questionnaire, le sujet participait à la tâche de classification de concepts. Afin de se familiariser avec les concepts présentés sur les cartes, il était invité à les lire. Puis, il devait choisir les cartes qui lui semblaient les plus pertinentes pour définir le premier phénomène bioélectrique proposé (i.e., le potentiel de repos). La consigne l'informait qu'il était libre de modifier son choix autant de fois qu'il le souhaitait. Une fois que le sujet était certain d'avoir retenu les concepts les plus appropriés, il était amené à les organiser selon un ordre qui lui semblait le plus logique possible. Enfin, à partir de ces concepts, il construisait une phrase qui devait décrire le phénomène. L'expérimentatrice notait sur papier les cartes sélectionnées, leur ordre de classement ainsi que la phrase de définition donnée oralement. Cette procédure était répétée pour les trois autres phénomènes (le potentiel d'action, la repolarisation et la période réfractaire).

Lors de la deuxième phase de l'expérience, le sujet lisait un des deux types de textes (versions structurée ou non-structurée) sur l'écran de l'ordinateur. Les phrases apparaissaient successivement au centre de l'écran. Le sujet devait appuyer sur la barre d'espacement pour faire apparaître les phrases les unes après les autres. L'ordinateur mesurait en millisecondes le temps écoulé entre deux appuis. La consigne renseignait le sujet sur l'impossibilité de revenir sur la phrase une fois que celle-ci avait disparu, et l'encourageait à prendre du temps pour bien la comprendre. Immédiatement après la lecture du texte, le sujet devait juger le plus justement et le plus rapidement possible les inférences. La consigne lui précisait qu'il s'agissait d'énoncés en relation avec des informations spécifiques ou générales sur le texte. Les inférences étaient présentées au centre de l'écran de l'ordinateur. Le sujet devait appuyer sur la touche '1' du clavier numérique, lorsque l'inférence présentée lui paraissait correcte, ou sur la touche '2' lorsqu'elle lui semblait incorrecte. L'appui sur la touche '1' ou '2' faisait disparaître l'inférence vérifiée et apparaître la suivante. L'ordinateur mesurait en millisecondes le

temps de vérification de l'inférence. Les réponses aux inférences étaient également automatiquement enregistrées. L'ordre d'apparition des inférences était le même pour les deux groupes de lecture, et il n'y avait jamais plus de deux inférences de même type (locales et globales) consécutives.

Au cours de la troisième phase de l'expérience, le sujet effectuait de nouveau le questionnaire et la tâche de classification. La procédure et les consignes utilisées pour ces deux épreuves étaient en tous points identiques à celles de la phase initiale.

3.1.2.2. Facteurs et variables dépendantes

Les facteurs inter-sujets étaient le Niveau d'Expertise des sujets (Experts, Débutants) et la Cohérence du texte (Version structurée, Version non-structurée). Les facteurs intra-sujets correspondaient au Thème (Structure du neurone, Fonctionnement du neurone), à la Catégorie Sémantique (Sous-structures anatomiques, Etats, Événements), au Type d'Inférences (Inférence locale, Inférence globale), et à la Passation (Avant la lecture, Après la lecture).

Les temps de lecture des phrases des deux versions du texte expérimental, les réponses correctes aux questions à choix multiples, les concepts correctement choisis lors de la classification, les réponses correctes et les temps des réponses correctes à la vérification d'inférences, étaient les variables dépendantes mesurées dans la présente expérience.

3.1.2.3. Prédictions

3.1.2.3.a Le questionnaire à choix multiples

Cette tâche a été proposée, avant et après la lecture du texte, dans l'objectif d'évaluer l'acquisition de connaissances sur la structure et le fonctionnement du neurone à partir du texte. Ainsi, l'apprentissage à partir du texte devrait se traduire par une proportion de réponses correctes au questionnaire plus importante à l'issue de la lecture (comparée à celle observée avant la lecture).

Nous avons supposé un effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure du domaine à acquérir. Précisément, nous avons fait l'hypothèse que les experts et les débutants devraient se différencier davantage dans le nombre de connaissances sur le fonctionnement du neurone que dans le nombre de connaissances sur sa structure. En conséquence, la proportion de réponses correctes aux questions sur le fonctionnement du neurone devrait être plus importante pour les experts que pour les débutants. Par contre, aucune différence significative entre les deux niveaux d'expertise ne devrait être observée pour les questions sur la structure du neurone.

De plus, nous avons supposé que l'accroissement de l'expertise dans le domaine du neurone, se traduirait par une meilleure organisation de la représentation mentale du fonctionnement du domaine. La proportion de réponses correctes devrait augmenter à l'issue de la lecture, de façon plus prononcée pour les questions sur le fonctionnement du neurone que pour celles sur sa structure. De plus, l'augmentation de la proportion de

réponses correctes pour les questions sur le fonctionnement du neurone devrait être plus importante pour les débutants que pour les experts du domaine.

Enfin, nous avons supposé un effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure temporo-causale du texte. Précisément, les débutants qui ont été affectés à la lecture de la version structurée du texte devraient présenter une proportion de réponses correctes au questionnaire plus importante, comparée à celle des débutants qui ont été affectés à la lecture de la version non-structurée. En revanche, le pattern inverse devrait être observé pour les experts.

3.1.2.3.b La tâche de classification de concepts

Cette tâche a été proposée, avant et après la lecture du texte. Avant la lecture, elle avait pour but d'étudier l'organisation en mémoire des concepts d'individus (i.e., les sous-structures anatomiques), d'états et d'événements relatifs au neurone, chez les experts et les débutants du domaine. Après la lecture, elle permettait d'évaluer les modifications (i.e., quantitatives et structurales) de la structure de connaissances initiales des lecteurs comme effets de la lecture.

Nous avons fait l'hypothèse que pour apprendre le fonctionnement du système, la connaissance de ses aspects statiques (de ses états) serait une condition nécessaire à la connaissance de ses aspects dynamiques (de ses événements). En d'autres termes, nous nous attendons à ce que l'apprentissage à partir du texte soit plus important pour les concepts relatifs aux états du domaine que pour ceux relatifs aux événements. Ainsi, le nombre de concepts correctement sélectionnés durant la tâche de classification, devrait augmenter après la lecture, et ce de façon plus importante pour les concepts relatifs aux états du domaine que pour ceux relatifs aux événements. De plus, l'augmentation du nombre de concepts d'état correctement sélectionnés à l'issue de la lecture, devrait être plus importante pour les débutants que pour les experts, tandis que nous nous attendons à l'inverse pour les concepts d'événement.

Enfin, nous avons supposé un effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure temporo-causale du texte. Les débutants affectés à la lecture de la version structurée devraient sélectionner un plus grand nombre de concepts corrects que les débutants affectés à la lecture de la version non-structurée. En revanche, l'inverse devrait être observé pour les experts. D'autre part, les données de la tâche de classification de concepts ont été dérivées en réseaux (associatifs) de connaissances à l'aide du logiciel Pathfinder (Schvaneveldt & al., 1989). Ainsi, nous nous attendons à ce que la valeur **C** (Cf. Goldsmith & Davenport, 1991) qui a été calculée par le logiciel pour rendre compte de la similarité entre les réseaux des experts et des débutants, soit plus élevée à l'issue de la lecture de la version structurée qu'à l'issue de la lecture de la version non-structurée. De plus, la modification structurale du réseau des experts devrait être plus prononcée à l'issue de la lecture de la version non-structurée qu'à l'issue de la lecture de la version structurée.

3.1.2.3.c La lecture

Nous avons supposé un effet principal des connaissances initiales des lecteurs. Ainsi, les

temps de lecture du texte devraient être plus importants pour les débutants que pour les experts.

Nous avons fait l'hypothèse d'un effet de l'interaction entre les connaissances des lecteurs et la structure du domaine (relationnelle, fonctionnelle). Plus précisément, nous avons supposé que les experts devraient se focaliser davantage sur les informations textuelles relatives aux aspects fonctionnels du domaine, que sur celles relatives à ses aspects relationnels. En revanche, l'effet inverse devrait être observé pour les débutants. En d'autres termes, les experts devraient lire plus longuement les phrases portant sur le fonctionnement du neurone que celles portant sur sa structure, tandis que le pattern inverse devrait être observé pour les débutants. Nous avons également supposé que les débutants devraient traiter préférentiellement les informations textuelles qui décrivent les aspects statiques du domaine, tandis que les experts devraient se focaliser davantage sur celles qui décrivent ses aspects dynamiques. Aussi, nous pouvons prédire que les débutants devraient lire plus longuement les phrases relatives à des états du neurone que celles relatives à des événements, tandis que le pattern inverse devrait être observé pour les experts.

Enfin, nous avons postulé un effet de l'interaction entre les connaissances des lecteurs et la structure temporo-causale du texte. Si des processus inférentiels sont mis en oeuvre pour rétablir la cohérence de la version non-structurée du texte scientifique, alors les temps de lecture pour cette version devraient être plus longs comparés à ceux observés pour la version structurée. De plus, la différence de temps de lecture entre les deux versions devrait être plus importante pour les experts que pour les débutants. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que les experts produisent plus facilement des inférences, comparés aux débutants.

3.1.2.3.d La vérification des inférences

Cette tâche avait pour objectif de tester la qualité et l'accessibilité des représentations mentales de la structure et du fonctionnement du neurone, que les experts et débutants ont élaborées durant la lecture de l'une des deux versions (structurée ou non-structurée) du texte. Nous avons supposé un effet principal des connaissances initiales des lecteurs sur la construction du modèle de la situation évoquée dans le texte. Ainsi, les experts et les débutants ne devraient pas se différencier dans les performances (réponses correctes et temps de réponses correctes) aux inférences locales qui se basent sur la représentation sémantique du texte. Par contre, comparés aux débutants, les experts devraient présenter une proportion de réponses correctes plus importante et des temps de vérification plus courts aux inférences globales qui se basent sur le modèle de situation.

De plus, nous avons fait l'hypothèse que la structure du domaine (relationnelle, fonctionnelle) déterminerait les caractéristiques de la représentation mentale élaborée au cours de la lecture du texte. Plus précisément, la représentation mentale de la structure du neurone devrait être dominée par la représentation sémantique du texte, tandis que la représentation mentale du fonctionnement du neurone devrait être plutôt dominée par le modèle de situation. En effet, pour élaborer la représentation de la structure anatomique

du neurone, le sujet n'a besoin que des informations sur les constituants (i.e., les sous-structures) du neurone qui peuvent être directement dérivées du texte, ainsi que sur les relations spatiales entre les constituants qui peuvent être automatiquement inférées à l'aide des indices de surface. En revanche, pour construire une représentation appropriée du fonctionnement du neurone, une simulation mentale (i.e., la construction du modèle de situation) des conséquences de chaque événement sur l'état du neurone et de leur enchaînement temporo-causal est nécessaire. Cette hypothèse nous conduit à prédire que les inférences sur la structure du neurone devraient être plus précisément et plus rapidement vérifiées lorsqu'elles réfèrent à la représentation sémantique du texte (i.e., inférences locales) plutôt qu'au modèle de situation (i.e., inférences globales), tandis que l'effet inverse devrait être observé pour les inférences sur le fonctionnement.

Nous avons également supposé un effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure du domaine. Précisément, la représentation mentale des débutants devrait correspondre à la description du neurone en structure relationnelle (i.e., anatomique), tandis que celle des experts devrait correspondre à la description du neurone en structure fonctionnelle. Ainsi, pour les inférences sur le fonctionnement du neurone, les experts devraient avoir une proportion de réponses correctes plus élevée et des temps de vérification plus courts que ceux des débutants. En revanche, la différence dans les performances entre les deux niveaux d'expertise ne devrait pas être observée pour les inférences sur la structure.

Enfin, nous avons postulé un effet de l'interaction entre les connaissances des lecteurs et la structure temporo-causale du texte sur la qualité du modèle de situation. En conséquence, les experts affectés à la lecture de la version non-structurée devraient présenter des performances (i.e., réponses correctes et temps de réponses correctes) aux inférences globales (qui se basent sur le modèle de situation) plus importantes que celles des experts affectés à la lecture de la version structurée. En revanche, le pattern inverse devrait être observé pour les débutants.

3.1.2.4. Résultats

Les analyses de variance présentées ci-dessous ont été calculées, sur les données des deux groupes de sujets (experts et débutants), à l'aide du logiciel SuperAnova, Abacus Concepts, 1989.

3.1.2.4.a Le questionnaire à choix multiples

Une analyse de variance a été réalisée sur le nombre de réponses correctes aux questions à choix multiples selon le plan suivant :

- **S < C2*Ne2 > *T2*P2**
- dans lequel les lettres **S**, **C**, **Ne**, **T** et **P** renvoient respectivement aux facteurs Sujet (source de variation aléatoire) ; **Cohérence du texte** (C1 = Version structurée, C2 = Version non-structurée) ; **Niveau d'expertise** (NE1 = Experts, NE2 = Débutants) ; **Thème de la question** (T1 = Structure du neurone, T2 = Fonctionnement du neurone) ;

Passation (P1 = Avant la lecture, P2 = Après la lecture).

Le nombre de réponses correctes a augmenté de façon significative après la lecture ($F(1, 34) = 54.48, p < .01$), les moyennes aux pré- et post-tests étaient égales à 0.68 et 0.82, respectivement. L'apprentissage était significativement plus important à partir de la version structurée qu'à partir de la version non-structurée : $F(1, 34) = 4.59, p < .05$. Les différences dans le nombre de réponses correctes entre les pré- et post-tests étaient les suivantes : 0.18 pour la version structurée et 0.11 pour la version non-structurée. Enfin, alors qu'au pré-test, les sujets présentaient un nombre de réponses correctes plus important pour les questions sur la structure ($M = 0.71$) que pour celles sur le fonctionnement ($M = 0.65$) ($F(1, 34) = 5.3, p < .05$), au post-test, aucune différence entre les deux catégories de questions n'a été observée (les moyennes pour les questions sur la structure et pour celles sur le fonctionnement étaient égales à 0.82 et 0.81, respectivement) : $F(1, 34) < .01$.

L'effet du facteur Niveau d'Expertise était significatif : $F(1, 34) = 11.81, p < .01$. Les performances des experts ($M = 0.81$) étaient supérieures à celles des débutants ($M = 0.69$). De plus, les débutants avaient tendance à apprendre davantage à partir du texte, comparés aux experts : $F(1, 34) = 3.25, p = .08$. Ainsi, les différences dans le nombre de réponses correctes entre les pré- et post-tests étaient les suivantes : 0.17 pour les débutants et 0.11 pour les experts. Nous avons obtenu une interaction significative entre les facteurs Niveau d'Expertise et Cohérence du texte : $F(1, 34) = 5.71, p < .05$ (Cf. figure 7). Alors que les performances des experts de la version non-structurée étaient supérieures ($M = 0.86$) à celles des experts de la version structurée ($M = 0.76$), un effet inverse était observé pour les débutants (les moyennes pour les versions non-structurée et structurée étaient égales à 0.66 et 0.74, respectivement). Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

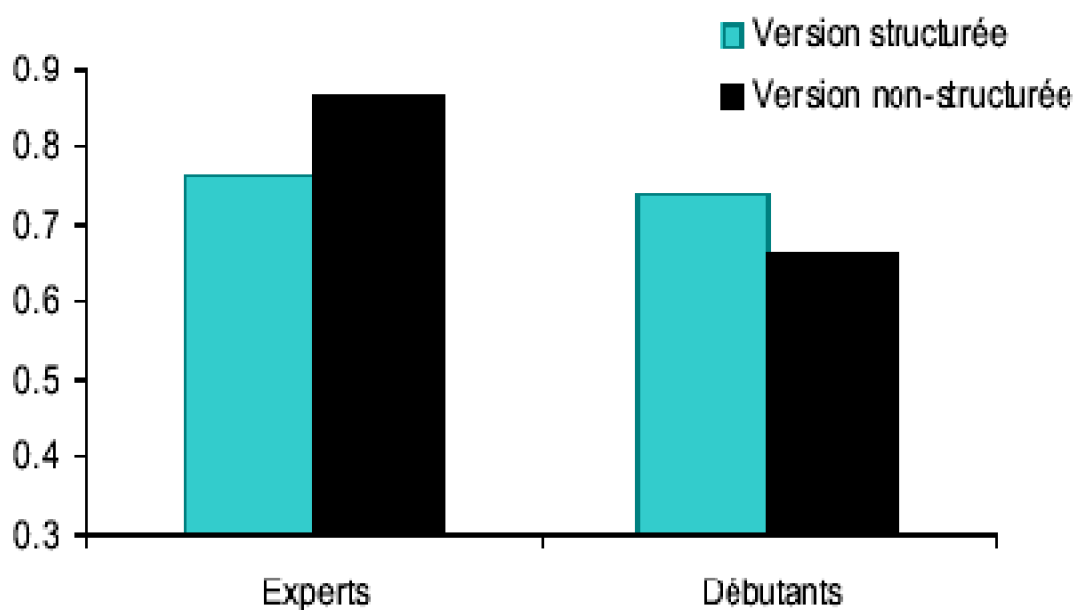


FIGURE 7. Nombre de réponses correctes au questionnaire en fonction des facteurs

Cohérence du texte (Version structurée, Version non-structurée) et Niveau d'Expertise (Experts, Débutants)

En résumé, conformément à nos attentes, l'apprentissage du domaine qui réfère au neurone à partir du texte scientifique semble se traduire par l'ajout en mémoire d'un plus grand nombre de connaissances relatives aux aspects fonctionnels du domaine. Nous avons aussi observé un effet principal de la structure temporo-causale du texte : la version structurée du texte scientifique semble être plus bénéfique à l'apprentissage, comparée à la version non-structurée. Enfin, les résultats ont pu mettre en évidence une interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure temporo-causale du texte. Ainsi, conformément à nos attentes, les experts semblent profiter davantage de la version non-structurée du texte que de sa version structurée, tandis que l'inverse tend à être observé pour les débutants.

3.1.2.4.b La classification de concepts

Une analyse de variance a été calculée sur le nombre de concepts correctement choisis durant la tâche de classification, selon le plan expérimental suivant :

- **S < C2*Ne2 > *Cs3*P2**
- dans lequel les lettres **S**, **C**, **Ne**, **Cs** et **P** renvoient respectivement aux facteurs Sujet (source de variation aléatoire) ; **Cohérence du texte** (C1 = Version structurée, C2 = Version non-structurée) ; **Niveau d'expertise** (NE1 = Experts, NE2 = Débutants) ; **Catégorie sémantique des concepts** (CS1 = Constituants anatomiques du neurone, CS2 = Etats, CS3 = Evénements) ; **Passation** (P1 = Avant la lecture, P2 = Après la lecture)

La proportion de concepts correctement sélectionnés augmentait significativement après la lecture ($F(1, 34) = 21.17, p < .01$) ; les moyennes aux pré- et post-test étaient égales à 0.24 et 0.31, respectivement.

L'effet du facteur Catégorie Sémantique des concepts était significatif : $F(2, 34) = 89.10, p < .01$. Les sujets sélectionnaient plus de concepts-état ($M = 0.42$) que de concepts-événement ($M = 0.31$) : $F(1, 34) = 17.56, p < .01$, la proportion la plus faible étant observée pour les concepts-constituant ($M = 0.09$). L'apprentissage à partir du texte était par ailleurs significatif uniquement pour les concepts-état : $F(1, 34) = 48.47, p < .01$, les moyennes aux pré- et post-tests étant égales à 0.33 et 0.50, respectivement.

Le facteur Cohérence du texte exerçait un effet proche du seuil de signification : $F(1, 34) = 3.17, p = .08$. Les performances des lecteurs de la version structurée ($M = 0.31$) tendaient à être supérieures à celles des lecteurs de la version non-structurée ($M = 0.25$). L'interaction entre les facteurs Cohérence du texte et Catégorie Sémantique des concepts avait également un effet significatif sur l'apprentissage : $F(1, 34) = 3.54, p = .04$. Les contrastes calculés ont montré que les lecteurs de la version structurée acquéraient plus de concepts-état que ceux de la version non-structurée : $F(1, 34) = 4.18, p < .05$. Les différences dans la proportion de concepts-état correctement choisis entre les pré- et post-tests étaient les suivantes : 0.24 pour la version structurée, et 0.11 pour celle

non-structurée. Pour les autres catégories sémantiques, aucun autre contraste entre les deux groupes de lecture n'a été significatif.

Le facteur Niveau d'Expertise exerçait également un effet significatif : $F(1, 34) = 7.62$, $p < .01$. Les performances des experts ($M = 0.32$) étaient supérieures à celles des débutants ($M = 0.23$). Nous avons obtenu une interaction significative entre les facteurs Niveau d'Expertise et Catégorie sémantique des concepts : $F(2, 34) = 4.65$, $p < .05$. Les contrastes effectués ont montré que les experts sélectionnaient plus de concepts-état ($M = 0.51$) que de concepts-événement ($M = 0.36$) ($F(1, 34) = 10.72$, $p < .01$), tandis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux catégories de concepts pour les débutants (les moyennes pour les états et les événements étant égales à 0.33 et 0.27, respectivement). Enfin, les experts et débutants ne se différenciaient pas dans la proportion de concepts-constituant correctement sélectionnés, les moyennes pour les experts et les débutants étant égales à 0.10 et 0.09, respectivement. Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

En résumé, ces résultats mettent en évidence un effet de la structure du domaine. Il semble que les sujets se représentent mieux les aspects statiques du domaine (les états dans lesquels se trouvent le neurone et ses composants durant le fonctionnement) que ses aspects dynamiques (les événements qui entraînent des modifications d'états). De plus, en accord avec ce qui a été prédit, l'apprentissage de la structure fonctionnelle du neurone semble nécessiter la construction de la représentation mentale des états relatifs au domaine avant celle de la représentation mentale des événements. Par ailleurs, les résultats rendent compte d'une interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure du domaine. Pour représenter le fonctionnement du domaine, les experts semblent sélectionner davantage de concepts relatifs à des états que de concepts relatifs à des événements du domaine. En revanche, les débutants semblent ne pas procéder à une sélection des concepts en fonction de leur catégorie sémantique. Ce résultat peut être interprété en supposant que les experts ont élaboré une représentation mentale condensée (ou encapsulée) du fonctionnement du neurone (Cf. Schmidt & Boshuizen, 1993) : les concepts relatifs aux événements auraient tendance à se regrouper autour des concepts relatifs aux états, lesquels formeraient les points d'ancrage de la représentation mentale du fonctionnement du neurone.

Enfin, les résultats montrent une interaction entre la structure du domaine, et la structure temporo-causale du texte. Alors que nous ne l'avions pas prédit, il semble que la version structurée soit plus bénéfique à l'apprentissage des concepts relatifs aux états du domaine que la version non-structurée. En revanche, l'apprentissage des concepts relatifs aux événements ne semble pas dépendre de la cohérence causale du texte.

3.1.2.4.c La lecture

Les temps de lecture des phrases des deux versions du texte expérimental ont été analysés, en millisecondes par syllabe, selon le plan expérimental suivant :

- **S < C2*Ne2 > *Cs3**
- dans lequel les lettres **S**, **C**, **Ne**, et **CS** renvoient respectivement aux facteurs Sujet

(source de variation aléatoire) ; **Cohérence du texte** (C1 = Version structurée, C2 = Version non-structurée) ; **Niveau d'expertise** (NE1 = Experts, NE2 = Débutants) ; **Catégorie sémantique de la phrase** (CS1 = Constituants anatomiques du neurone, CS2 = Etats, CS3 = Événements).

Bien que l'effet du facteur Catégorie Sémantique de la phrase ne soit pas significatif, $F(2, 34) = 2.10$, $p = .13$., les contrastes effectués ont montré que les phrases sur les événements étaient traitées plus rapidement ($M = 313.9$ ms) que celles sur les états ($M = 342.9$ ms) : $F(1, 34) = 4.16$, $p < .05$. Conformément à nos attentes, durant l'apprentissage à partir du texte, les lecteurs semblent s'être focalisés davantage sur les états que sur les événements du domaine. Aucun autre contraste entre les catégories n'a été significatif.

D'autre part, l'interaction entre les facteurs Catégorie Sémantique de la phrase et Cohérence du texte était significative : $F(2, 34) = 4.95$, $p < .01$. Les phrases relatives à des événements du neurone ont été plus rapidement traitées par les lecteurs de la version structurée ($M = 259.2$ ms) que par ceux de la version non-structurée ($M = 358.2$ ms) : $F(1, 34) = 4.54$, $p < .05$. En revanche, les deux groupes de lecture ne se différencient pas dans la lecture des phrases relatives aux constituants anatomiques et aux états du neurone. Par conséquent, l'organisation temporo-causale du texte ne faciliterait que le traitement *on-line* des informations textuelles portant sur les événements du domaine. Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

3.1.2.4.d La vérification des inférences

Le plan d'analyse de variance pour les temps de vérification sur les réponses correctes (mesurés en millisecondes par syllabe), ainsi que pour l'exactitude des réponses était le suivant :

- **S < C2*Ne2 > *Ti2*T2**
- dans lequel les lettres **S**, **C**, **Ne**, **Ti** et **T** renvoient respectivement aux facteurs **Sujet** (source de variation aléatoire) ; **Cohérence du texte** (C1 = Version structurée, C2 = Version non-structurée) ; **Niveau d'expertise** (NE1 = Experts, NE2 = Débutants) ; **Type d'inférences** (TI1 = Inférences locales, TI2 = Inférences globales) ; **Thème de l'inférence** (T1 = Structure du neurone, T2 = Fonctionnement).

Les réponses correctes

Le facteur Niveau d'Expertise exerçait un effet significatif : $F(1, 34) = 7.9$, $p < .01$. Ainsi, les performances des experts ($M = 0.86$) étaient supérieures à celles des débutants ($M = 0.78$). D'autre part, l'effet de l'interaction entre les facteurs Type d'Inférences et Thème de l'inférence était significatif : $F(1, 34) = 5.47$, $p < .05$. Ainsi, les sujets répondaient plus précisément aux inférences relatives à la structure du neurone, lorsqu'elles référaient à la représentation sémantique du texte (i.e., inférences locales ; $M = 0.86$) plutôt qu'au modèle de situation (i.e., inférences globales ; $M = 0.78$) : $F(1, 34) = 4.47$, $p < .05$. Pour les inférences sur le fonctionnement du neurone, aucune différence dans le nombre de

réponses correctes n'a été observée entre les inférences locales et globales, les moyennes étant égales à 0.80 et 0.83, respectivement (Cf. figure 8). Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

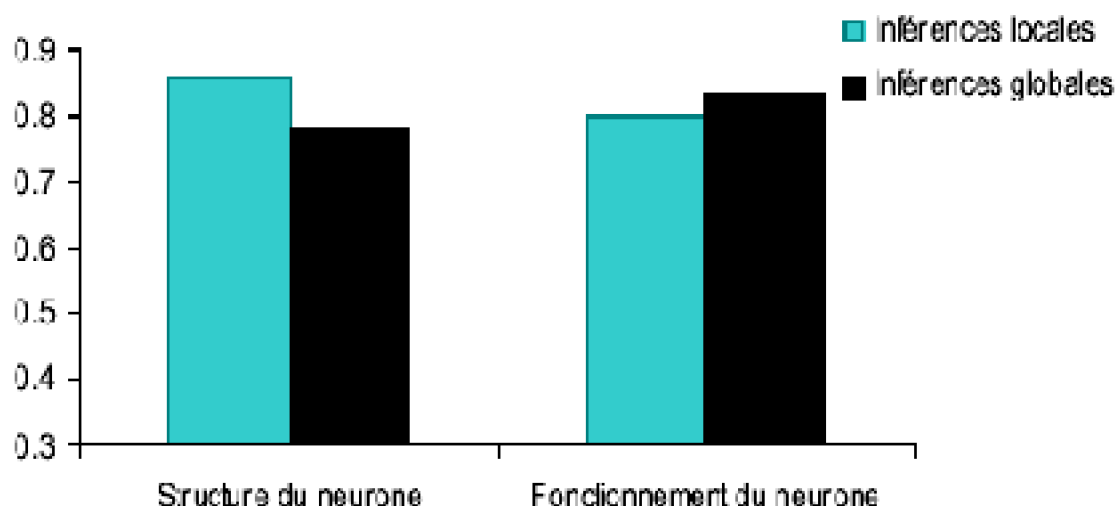


FIGURE 8. Proportion de réponses correctes aux inférences locales et globales en fonction du facteur Thème de l'inférence (Structure du neurone et Fonctionnement)

En résumé, nos résultats ont montré un effet principal des connaissances initiales des lecteurs. Conformément à nos attentes, les experts ont construit une représentation mentale du texte plus précise en mémoire, comparés aux débutants. D'autre part, les résultats ont mis en évidence une interaction entre la structure du domaine et les niveaux de représentation (sémantique et situationnel) du texte. Comme nous l'avions prédit, la structure anatomique du neurone semble être mieux représentée au niveau sémantique qu'au niveau du modèle de situation. Les lecteurs semblent, en revanche, avoir élaboré des représentations sémantique et situationnelle appropriées de la structure fonctionnelle du neurone (et ceci quel que soit leur niveau d'expertise).

Les temps pour les réponses correctes

L'effet du facteur Cohérence du texte était proche du seuil de signification : $F(1, 34) = 3.29$, $p = .08$. Les sujets affectés à la lecture de la version non-structurée tendaient à mettre plus de temps à vérifier les inférences ($M = 417.96$ ms) que ceux de la version structurée ($M = 358.71$ ms). En d'autres termes, les lecteurs de la version non-structurée ont formé une représentation mentale du contenu textuel moins accessible en mémoire, comparés aux lecteurs de la version structurée. Pour expliquer ce résultat, nous pouvons supposer qu'à l'issue de la lecture de la version non-structurée, les lecteurs sont encore engagés dans des activités inférentielles pour pallier au manque de cohérence du texte.

Le facteur Type d'Inférences exerçait un effet significatif : $F(1, 34) = 7.56$, $p < .01$. Les inférences locales étaient plus rapidement vérifiées ($M = 370.17$ ms) que les inférences globales ($M = 412.74$ ms). Il semble donc que le modèle de situation que les lecteurs ont formé durant la lecture soit moins rapidement accessible en mémoire que la représentation sémantique du texte.

Enfin, l'effet du facteur Thème de l'inférence était significatif : $F(1, 34) = 20.75, p < .01$. Les inférences relatives au fonctionnement du neurone étaient plus rapidement vérifiées ($M = 351.69$ ms) que celles sur la structure du neurone ($M = 431.21$ ms). Ainsi, la représentation mentale du fonctionnement du neurone élaborée au cours de la lecture semble être plus facilement accessible en mémoire que celle de la structure anatomique du neurone. Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

3.1.2.5. Discussion

3.1.2.5.a Connaissances initiales des lecteurs et structure du domaine

Conformément à nos hypothèses, les résultats ont mis en évidence un effet de la structure du domaine qui réfère au neurone, sur la représentation de ce qui a été appris à partir du texte. A partir de l'analyse en systèmes (Cf. Baudet & Denhière, 1991), la structure de ce domaine a été définie en deux niveaux. Au niveau local, le neurone peut être représenté comme une structure relationnelle (anatomique), et comme une structure fonctionnelle au niveau global. En accord avec ce qui a été observé par Baudet et Denhière (1991) ainsi que par Cailliès et Tapiéro (1997), l'accroissement de l'expertise dans le domaine qui réfère au neurone consiste en une meilleure compréhension de son fonctionnement, et donc en une structuration des connaissances en système fonctionnel. De plus, il semble que la maîtrise préalable de la structure relationnelle (anatomique) du domaine soit une condition à la maîtrise de sa structure fonctionnelle.

Par ailleurs, les résultats ont montré que l'acquisition de connaissances sur les aspects statiques du domaine (i.e., sur les états dans lequel se trouve le neurone et ses constituants au cours du fonctionnement) serait une condition nécessaire à l'intégration des informations relatives à ses aspects dynamiques (i.e., aux événements qui modifient les états du neurone et de ses constituants). De plus, les résultats rendent compte d'une interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la structure du domaine. Pour représenter le fonctionnement du domaine, les experts semblent sélectionner davantage de concepts relatifs à des états du domaine que de concepts relatifs à des événements. En revanche, les débutants semblent ne pas procéder à une sélection des concepts en fonction de leur catégorie sémantique. Ainsi, d'après ces résultats, l'accroissement de l'expertise dans le domaine du neurone se traduirait par un traitement différencié des informations relatives aux états et aux événements du domaine, et par une focalisation sur les états qui constitueraient alors les points d'ancrage de la représentation mentale du domaine : les états joueraient le rôle d'informations-noyaux à partir desquelles les événements pourraient être intégrés.

3.1.2.5.b Connaissances initiales des lecteurs et structure textuelle

Les résultats ont mis en évidence une interaction entre les connaissances initiales et la structure temporo-causale du texte. L'un de nos objectifs était de répliquer les résultats de McNamara et collaborateurs (1996), en étudiant l'effet d'un autre type de cohérence sémantique, i.e., la cohérence temporo-causale du texte (telle qu'elle a été déterminée par l'analyse en système fonctionnel du domaine) sur l'apprentissage du domaine par des

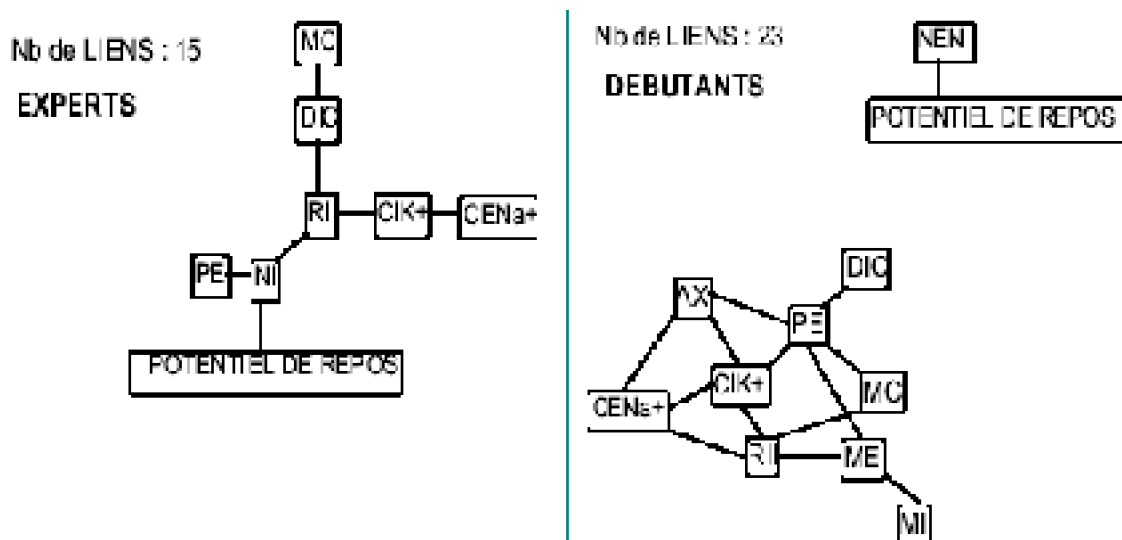
sujets de niveaux d'expertise différents (experts et débutants). Ainsi, conformément à notre hypothèse, la version non-structurée du texte semble avoir incité les lecteurs à produire des inférences pour construire une signification cohérente du contenu textuel. Au cours de la lecture de la version non-structurée du texte, la production d'inférences sur la base de leurs connaissances initiales a permis aux experts de former un modèle de situation plus élaboré, et par là-même d'acquérir plus de connaissances à partir du texte. En revanche, les débutants semblent avoir profité davantage de la version du texte dont l'organisation sémantique respectait l'enchaînement temporo-causal des faits évoqués.

3.1.2.5.c Apprentissage à partir du texte et Réseaux 'Pathfinder'

Afin de rendre compte des différences entre les structures de connaissances initiales des experts et des débutants du domaine, et des modifications (qualitatives) de ces structures à l'issue de la lecture du texte, les données issues de la tâche de classification ont été converties en valeurs de proximité puis dérivées en réseaux associatifs de connaissances à partir du logiciel 'Pathfinder' (Schvaneveldt & al., 1989).

Ainsi, pour chacun des quatre phénomènes bioélectriques (i.e., le potentiel de repos, le potentiel d'action, la repolarisation et la période réfractaire) que les sujets ont définis avant et après la lecture à partir des 28 concepts proposés, nous avons construit six matrices de distances à n lignes et n colonnes ($n = 29$, n étant le nombre de concepts proposés plus le phénomène à définir). Dans les matrices, deux types de paires d'items ont été distingués : [1] des paires qui représentaient les liens entre un phénomène et les concepts sélectionnés pour le définir (e.g., lien <potentiel de repos-négativité intracellulaire>), et [2] des paires qui représentaient les liens entre deux concepts sélectionnés ensemble pour définir un phénomène (e.g., lien <négativité intracellulaire-positivité extracellulaire>). A chaque paire d'items, une valeur de proximité a été assignée en appliquant deux règles de conversion des données brutes de la tâche de classification. Selon la première règle, la fréquence avec laquelle un concept a été sélectionné pour définir l'un des quatre phénomènes détermine le poids du lien entre ces deux items. Par exemple, 67% des sujets ont choisi la carte 'négativité intracellulaire' pour définir le phénomène 'potentiel de repos'. Nous avons considéré cette proportion comme étant équivalente à la force de liaison entre ces deux items dans la matrice. Ce poids a été transformé en une estimation de distance en le soustrayant à la valeur 100 qui est la valeur théorique de la force de liaison maximale entre deux items. Ainsi, la valeur de proximité assignée à la paire 'potentiel de repos-négativité intracellulaire' était égale à 33. Selon la seconde règle, la fréquence avec laquelle deux concepts ont été sélectionnés ensemble pour définir un phénomène détermine le poids du lien entre les deux concepts. Par exemple, 71% des sujets ont choisi à la fois la carte 'négativité intracellulaire' et la carte 'positivité extracellulaire' pour définir le phénomène 'potentiel de repos'. De la même façon que précédemment, cette proportion a été transformée en une estimation de distance en la soustrayant à la valeur 100. Ainsi, la valeur de proximité assignée à la paire 'négativité intracellulaire-positivité extracellulaire' était égale à 29. A partir des valeurs de proximité que nous avons calculées, le logiciel Pathfinder (Schvaneveldt & al., 1989) a été utilisé pour dériver des réseaux dans lesquels les items étaient représentés par des noeuds reliés par des liens indirects. Nous avons affecté la valeur ∞ au paramètre r pour

préserver l'ordre des relations dans les chemins. La valeur du paramètre q a été fixée à 28 (égale à $n-1$). Pour chaque phénomène, six réseaux ont donc été dérivés, représentant : [1] les structures de connaissances des experts et des débutants avant l'apprentissage (soit deux réseaux), les structures des experts et des débutants à l'issue de la lecture de la version structurée (deux réseaux), et les structures des experts et des débutants à l'issue de la lecture de la version non-structurée (deux réseaux). Nous présentons, à titre d'exemples, les réseaux des experts et des débutants qui ont été dérivés des données de la classification obtenues pour le phénomène 'potentiel de repos' avant la lecture (Cf. figure 9).



Légende (Figure 9). - Les constituants : MC (Membrane Cellulaire), MI (Milieu intracellulaire), ME (Milieu Extracellulaire), AX (Axeux) ; Les états : DIC (Distribution négale des Charges), RI (Répartition négale des ions Na^+ et K^+), PE (Positivité Extracellulaire), NI (Négativité Intracellulaire), CIK+ (Concentration interne élevée en ions K^+), CENa+ (Concentration Externe élevée en ions Na^+), et NEN (Non-Excitabilité du neurone).

FIGURE 9. Les réseaux Pathfinder des experts et des débutants obtenus avant la lecture pour le 'potentiel de repos'. Notez que les deux réseaux diffèrent dans le nombre de liens et de concepts du groupement principal (formé par les concepts directement reliés au phénomène et leurs voisins)

Pour chaque phénomène (le potentiel de repos, le potentiel d'action, la repolarisation, et la période réfractaire), nous avons procédé à une analyse descriptive des réseaux des experts et des débutants qui ont été dérivés avant (pré-test) et après (post-test) la lecture du texte (version structurée et version non-structurée). Cette description (Cf. tableaux I à IV) a été effectuée sur la base de critères tels que : [1] le nombre total de liens dans le réseau (Cf. colonne 2 des tableaux), [2] le nombre de groupements de concepts dans le réseau (Cf. colonne 3), [3] le nombre de concepts d'état et d'événement corrects qui étaient directement reliés au phénomène et qui constituaient sa signification centrale (Cf. colonnes 4 et 5), et [4] le nombre de concepts incorrects dans le groupement principal (i.e., celui qui contenait le phénomène à définir) (Cf. colonne 6). Enfin, pour chaque phénomène, nous avons pu évaluer la similarité structurale entre les réseaux des experts et des débutants avant et après l'apprentissage, en calculant à partir du logiciel Pathfinder

l'indice **C** (Goldsmith & Davenport, 1991) qui détermine le nombre de liens communs aux deux réseaux. Les valeurs de l'indice varient entre 0 (réseaux différents) et 1 (réseaux identiques) (remarque : ces valeurs ne paraissent pas dans les tableaux, et sont données directement dans l'analyse descriptive des réseaux).

POTENTIEL DE REPOS	Total liens	Total groupes	Nombre d'états directement liés au phénomène	Nombre d'états indirectement liés au phénomène	Nombre de concepts incorrects dans le groupement principal
EXP-AVLECT	15	4	1	0	0
EXP-APECTcohérent	10	2	3	0	0
EXP-APECTnon-cohérent	17	2	1	0	0
DEB-AVLECT	23	4	1 (concept incorrect)	0	1
DEB-APECTcohérent	13	2	1	0	0
DEB-APECTnon-cohérent	23	4	1	0	0

Légende (Tableaux I à IV). - EXP-AVLECT (réseau des experts dérivés avant la lecture), DEB-AVLECT (réseau des débutants dérivés avant la lecture), EXP-APECTcohérent (réseau des experts dérivés après la lecture de la version structurée), DEB-APECTcohérent (réseau des débutants dérivés après la version structurée), EXP-APECTnon-cohérent (réseau des experts dérivés après la version non-structurée), DEB-APECTnon-cohérent (réseau des débutants dérivés après la version non-structurée).

TABLEAU I. Analyse des réseaux Pathfinder des experts et des débutants obtenus pour le phénomène 'potentiel de repos'

Avant la lecture. L'indice **C** de similarité Experts-Débutants était égal à 0.11. Le réseau des débutants était constitué d'un plus grand nombre de liens ($n = 23$) que celui des experts ($n = 15$) (Cf. colonne 2). D'autre part, le phénomène 'potentiel de repos' était directement relié à un état correct ('négativité intracellulaire') dans le réseau des experts, tandis qu'il était directement relié à un état incorrect ('non-excitabilité du neurone') dans celui des débutants (Cf. colonne 4).

Après la lecture. La valeur de l'indice **C** de similarité Experts-Débutants a augmenté après la lecture de la version structurée (**C** = 0.21) et diminué après la version non-structurée (**C** = 0.02). Pour les experts, les réseaux des deux groupes de lecture ne se différenciaient que par le nombre de concepts-états directement liés au phénomène qui avait tendance à être plus élevé pour les experts de la version structurée ($n = 3$) que pour ceux de la version non-structurée ($n = 2$) (Cf. colonne 4). Le réseau des débutants de la version non-structurée comportait un plus grand nombre de liens ($n = 23$) que celui des débutants de la version structurée ($n = 13$) (Cf. colonne 2).

POTENTIEL D'ACTION	Total liens	Total groupes	Nombre d'états directement liés au phénomène	Nombre d'événements directement liés au phénomène	Nombre de concepts incorrects dans le groupement principal
EXP - AVLECT	30	2	2	4	2
EXP - APLECTcorrect	33	2	4	6	5
EXP - APLECTnon-correct	30	3	2	5	0
DEB - AVLECT	16	6	1	1	2
DEB - APLECTcorrect	26	1	2	3	2
DEB - APLECTnon-correct	16	2	1	1 (dont 1 incorrect)	2

TABLEAU II. Analyse des réseaux Pathfinder des experts et des débutants obtenus pour le phénomène 'potentiel d'action'

Avant la lecture. L'indice **C** de similarité Experts-Débutants était égal à 0.09. Le réseau des débutants était constitué d'un plus grand nombre de groupements de concepts ($n = 6$) que celui des experts ($n = 2$) (Cf. colonne 3). Le phénomène 'potentiel d'action' était directement lié à plus d'états et d'événements corrects dans le réseau des experts que dans celui des débutants (Cf. colonnes 4 et 5). La différence entre les deux groupes d'expertise avait tendance à être plus importante pour les événements (débutants : $n = 1$; experts : $n = 3$) que pour les états (débutants : $n = 1$; experts : $n = 2$).

Après la lecture. La valeur de l'indice **C** de similarité Experts-Débutants a augmenté après la lecture de la version structurée (**C** = 0.18). Après la version non-structurée, elle restait identique à celle observée avant la lecture. De plus, pour les débutants de la version structurée, le 'potentiel d'action' était directement lié à deux état et deux événements corrects. En revanche, pour les débutants de la version non-structurée, le 'potentiel d'action' était directement lié à un événement incorrect ('ouverture des canaux à ions K+') qui référait à la 'repolarisation' (Cf. colonne 5). Pour les experts, leur réseau était constitué d'un plus grand nombre de liens et de concepts directement liés au phénomène après la version structurée (33 liens et 7 concepts) qu'après la version non-structurée (30 liens et 5 concepts) (Cf. colonnes 2 et 4-5). Toutefois, pour les experts de la version structurée, le groupement principal de leur réseau comportait des concepts incorrects, alors qu'il n'y en avait pas dans le réseau des experts de la version non-structurée (Cf. colonne 6).

REPOLARISATION	Total liens	Total groupes	Nombre d'items directement liés au phénomène	Nombre d'éléments directement liés au phénomène	Nombre de concepts incorrects dans le groupement principal
EXP-AVLECT	7	4		1	0
EXP-AVLECTcohérent	23	3		3	3
EXP-AVLECTnon-cohérent	13	5		1	0
DES-AVLECT	12	5	Le phénomène n'est lié à aucun concept et reste isolé des autres groupes		
DES-AVLECTcohérent	18	2		2	9
DES-AVLECTnon-cohérent	8	6		1	0

TABLEAU III. Analyse descriptive des réseaux Pathfinder des experts et des débutants obtenus pour le phénomène 'repolarisation'

Avant la lecture. L'indice **C** de similarité Experts-Débutants était égal à 0.12. Le réseau des débutants était constitué d'un plus grand nombre de liens ($n = 12$) que celui des experts ($n = 7$) (Cf. colonne 2). Dans le réseau des experts, le phénomène 'repolarisation' était connecté à un seul concept de type 'événement' ('retour à la négativité intracellulaire'), tandis qu'il n'était relié à aucun concept et restait isolé dans celui des débutants (Cf. colonne 5). Les débutants ne maîtrisaient pas la notion de repolarisation.

Après la lecture. Le calcul de l'indice **C** a indiqué que la similarité des réseaux des débutants et des experts a augmenté après la lecture de la version non-structurée (**C** = 0.17). Après la version structurée, elle restait identique à celle observée avant la lecture. Pour les experts, la modification de leur réseau était plus importante après la version structurée qu'après la version non-structurée : leur réseau était constitué d'un plus grand nombre de liens et de concepts directement liés au phénomène après la version structurée (23 liens et 3 concepts) qu'après la version non-structurée (13 liens et 1 concept) (Cf. colonnes 2 et 4-5). Toutefois, pour les experts de la version structurée, le groupement principal de leur réseau comportaient des concepts incorrects, alors qu'il n'y en avait pas dans le réseau des experts de la version non-structurée.

PERIODE REFRACTAIRE	Total liens	Total groupes	Nombre de liens directement liés au phénomène	Nombre d'événements directement liés au phénomène	Nombre de concepts incorrects dans le groupement principal
EAP - APLECT	19	2	1	1	0
EAP - APLECTcohérent	7	2	1	1 (concept incorrect)	1
EAP - APLECTnon-cohérent	5	2	1	0	1
DEB - APLECT	12	4	Le phénomène n'est lié à aucun concept et reste isolé dans les autres groupes		
DEB - APLECTcohérent	9	2	1	0	0
DEB - APLECTnon-cohérent	9	2	1	0	0

TABLEAU IV. Analyse descriptive des réseaux Pathfinder des experts et des débutants obtenus pour le phénomène 'période réfractaire'

Avant la lecture. L'indice **C** de similarité Experts-Débutants était égal à 0.03. Le réseau des débutants comportait un plus grand nombre de groupements de concepts ($n = 4$) que celui des experts ($n = 2$) (Cf. colonne 3). Dans le réseau des experts, le phénomène 'période réfractaire' était directement relié à un état et à un événement corrects ('non-excitabilité du neurone et postdépolarisation') tandis qu'il n'était relié à aucun concept et restait isolé dans celui des débutants (Cf. colonnes 4 et 5). Les débutants ne maîtrisaient donc pas la notion de période réfractaire.

Après la lecture. La valeur de l'indice **C** de similarité Experts-Débutants a augmenté de façon plus importante après la lecture de la version structurée (**C** = 0.14) qu'après celle de la version non-structurée (**C** = 0.08). Pour les experts, la seule distinction que nous avons pu observer entre les réseaux des deux groupes de lecture concernait le nombre de concepts directement reliés au phénomène (Cf. colonnes 4 et 5). Celui-ci avait tendance à être plus élevé pour ceux de la version structurée ($n = 2$) que pour ceux de la version non-structurée ($n = 1$). Toutefois, pour les experts de la version structurée, un événement incorrect ('retour à la négativité interne') référant à la 'repolarisation' était observé parmi les concepts reliés au phénomène.

En résumé, avant la lecture, les réseaux des débutants étaient constitués d'un plus grand nombre soit de liens, soit de groupements de concepts que ceux des experts. Dans les réseaux des débutants, le phénomène à définir était soit connecté à des concepts incorrects, soit non-relié et isolé des autres groupements de concepts. Conformément à nos attentes, la similarité structurale entre les réseaux des experts et des débutants a augmenté après la lecture, et ce de façon plus importante après celle de la version structurée. Pour les experts, le nombre de concepts directement reliés au phénomène à définir et de liens dans leurs réseaux a augmenté de façon plus importante après la lecture de la version structurée qu'après celle de la version non-structurée. D'autre part, nous avons remarqué que pour les experts qui ont étudié la version structurée, leurs réseaux avaient tendance à comporter des concepts incorrects tandis qu'il n'y en avait

pas dans les réseaux des experts de la version non-structurée.

3.2. Effet d'un organisateur initial sur la compréhension et l'apprentissage à partir d'un texte subséquent

La deuxième expérience s'inscrit dans le cadre de travaux sur le rôle d'un organisateur initial dans la compréhension d'un texte subséquent par des sujets de différents niveaux d'expertise (e.g., Mannes & Kintsch, 1987 ; Mannes & Hoyer, 1996). Un organisateur initial peut être décrit comme un outil textuel situé avant un texte d'apprentissage, dont la fonction principale est de fournir des connaissances pertinentes pour l'interprétation et l'intégration des informations évoquées dans le texte d'apprentissage. Ainsi, il peut être considéré comme une aide à la construction du modèle de la situation évoquée dans le texte d'apprentissage.

Le but de cette expérience était double. D'une part, nous avons étudié la relation entre la nature sémantique des connaissances apportées par l'organisateur initial et celle des informations nouvelles évoquées dans le texte subséquent. Cette piste de recherche a émergé des résultats de la première expérience quant à l'effet différentiel des deux types de représentations, i.e., les états et les événements qui définissent la structure fonctionnelle du neurone, sur l'apprentissage à partir de textes chez des experts et des débutants. Les résultats ont montré que l'apprentissage de la structure fonctionnelle du neurone semble nécessiter la construction de la représentation mentale des états avant celle de la représentation des événements. Par ailleurs, l'analyse des performances à la tâche de classification de concepts a indiqué que les experts sélectionnent davantage de concepts relatifs à des états que de concepts relatifs à des événements pour représenter le fonctionnement du neurone. En revanche, les débutants semblent ne pas procéder à une sélection des concepts en fonction de leur catégorie sémantique. Pour interpréter ces résultats, nous avons postulé que les experts ont construit une représentation mentale encapsulée (Cf. Schmidt & Boshuizen, 1993) du fonctionnement du neurone, dans laquelle les concepts relatifs aux événements se regrouperaient autour des concepts relatifs aux états. L'accroissement de l'expertise dans le domaine qui réfère au neurone consisterait alors en la construction d'un réseau de connaissances dans lequel les états joueraient le rôle des concepts-noyaux à partir desquels les événements pourraient être intégrés. A partir de cette hypothèse, nous pouvons supposer que, pour les débutants, l'apport de connaissances sur les états du domaine par le biais d'un organisateur initial pourrait faciliter l'intégration des informations apportées par un texte d'apprentissage subséquent, et donc favoriser la construction d'un modèle de situation plus élaboré. En revanche, les experts devraient bénéficier davantage d'un organisateur initial qui fournit des connaissances sur les événements du domaine. Nous pouvons également supposer que les débutants profiteraient davantage d'une condition d'apprentissage dans laquelle la catégorie sémantique (états, événements) des connaissances de l'organisateur initial

est identique à celle des informations du texte subséquent (condition de *congruence*). Par contre, les experts devraient tirer davantage profit du texte subséquent lorsque celui-ci comporte des informations dont la catégorie sémantique est différente de celle des connaissances de l'organisateur initial (condition de *non-congruence*). En effet, dans la condition de non-congruence, la compréhension du texte subséquent nécessite la mise à jour du modèle de situation formé durant la lecture de l'organisateur initial. La révision du modèle requiert la mise en oeuvre d'activités inférentielles qui ont un effet bénéfique sur l'apprentissage chez les experts (Cf. Kintsch, 1994 ; Mannes & Kintsch, 1987).

Le deuxième objectif était d'étudier l'effet des exigences de la tâche proposée aux lecteurs à l'issue de l'étude de l'organisateur initial, sur la compréhension du texte subséquent. Deux types d'épreuves ont été proposées aux lecteurs. Ils devaient réaliser soit un résumé, soit un schéma des informations centrales évoquées dans l'organisateur initial. D'après Graesser, Singer et Trabasso (1994), les exigences des tâches proposées aux lecteurs doivent être étudiées dans la mesure où elles déterminent les buts et les stratégies de compréhension qu'ils adoptent et donc les inférences qu'ils génèrent. Ainsi, nous pouvons supposer que la tâche de schéma qui se base sur le modèle mental de la situation évoquée dans l'organisateur initial, devrait inciter les lecteurs à se focaliser sur l'apprentissage à partir du texte subséquent, et par là-même à former une représentation situationnelle du texte plus élaborée. La tâche de résumé se base sur la représentation sémantique de l'organisateur initial ; elle devrait donc conduire les lecteurs à traiter plus 'superficiellement' le texte subséquent, comparée à la tâche de schéma. D'autre part, l'effet des exigences de la tâche consécutive à l'étude de l'organisateur initial devrait être fonction des connaissances initiales des lecteurs. Les experts devraient bénéficier davantage d'une tâche qui les encourage à effectuer un traitement 'situationnel' du texte subséquent (schéma), tandis que les débutants devraient profiter davantage d'une tâche qui les amène à se focaliser sur la mémorisation du texte subséquent (résumé).

Avant de décrire plus précisément cette expérience, nous allons présenter les travaux empiriques (e.g., Ausubel & Youssef, 1963 ; Mannes & Kintsch, 1985 ; Mannes & Hoyes, 1996 ; Mayer & Bromage, 1980) sur lesquels nous sommes appuyées pour élaborer nos hypothèses quant à l'effet de l'organisateur initial.

3.2.1. Les premiers travaux sur le rôle de l'organisateur initial

3.2.1.a L'organisateur initial, une définition

Dans le cadre de la compréhension de textes à visée informative, des recherches ont étudié le rôle d'une certaine catégorie d'aides qui sont appelées 'organiseurs initiaux' (ou advance organizers selon Ausubel, 1968). Heurley (1994) les définit comme suit :

'Un organisateur peut être défini comme un outil textuel situé avant un passage et dont la principale fonction consiste à conduire le lecteur à mobiliser les connaissances pertinentes pour l'intégration des informations apportées par ce passage (Heurley, 1994, p. 265). '

Un organisateur initial peut être envisagé comme une aide à l'intégration d'informations textuelles nouvelles aux connaissances initiales du lecteur, et donc à la construction du

modèle de situation (Cf. van Dijk & Kintsch, 1983). L'étude du texte d'apprentissage est précédée de celle d'un organisateur initial qui contient des concepts familiers sur le domaine auquel réfère le texte et à partir desquels le texte peut être compris à un niveau plus profond, plus abstrait.

Ausubel et Youssef (1963) ont ainsi montré que le rappel des informations textuelles pouvait être facilité par la présentation préalable d'un organisateur initial. Les participants à leur expérience devaient lire un texte-cible sur le Bouddhisme. Avant la lecture de ce texte-cible, un premier groupe de sujets devait étudier un organisateur initial dont le rôle était de souligner la relation entre le Bouddhisme et le Christianisme. Le second groupe devait lire une introduction historique sur le domaine qui ne pouvait pas être utilisée comme cadre d'interprétation du texte-cible. Les auteurs (i.e., Ausubel & Youssef, 1963) ont observé que les performances de rappel du groupe qui a étudié l'organisateur initial étaient significativement supérieures à celles du groupe affecté à la lecture de l'introduction. D'autre part, le groupe qui a étudié l'organisateur initial pouvait comprendre des concepts nouveaux sur le Bouddhisme à partir de connaissances sur le Christianisme. Ausubel (1968) a interprété ces résultats en postulant que l'organisateur initial influençait la façon dont les informations textuelles nouvelles étaient encodées en mémoire.

3.2.1.b L'organisateur initial influence-t'il l'encodage ou la récupération ?

L'hypothèse de l'encodage qui a été proposée par Ausubel (1968) s'oppose à celle de la récupération (Mayer & Bromage, 1980) selon laquelle l'organisateur initial serait utilisé comme une aide au recouvrement des informations en mémoire plutôt que comme un contexte d'encodage. Afin de résoudre ce dilemme, Mayer et Bromage ont étudié l'apprentissage d'un domaine particulier, la programmation informatique, à partir d'un texte-cible chez des sujets répartis en deux groupes. Le premier groupe de sujets étudiait l'organisateur initial avant la lecture du texte-cible, tandis que le second ne recevait pas l'organisateur initial tant qu'il n'avait pas terminé la lecture du texte. Après la lecture, une tâche de rappel était proposée. Les résultats ont montré que les deux groupes de lecture se différencient dans le type d'informations correctement rappelées. Ainsi, les sujets qui ont étudié l'organisateur initial avant la phase d'apprentissage rappelaient plus d'informations conceptuelles et produisaient plus d'inférences. Les sujets qui ont été confrontés à l'organisateur initial après la lecture du texte-cible rappelaient plus d'informations techniques et produisaient plus de résumés. La différence qualitative qui a été observée entre les patterns de rappel obtenus par les deux groupes expérimentaux, a conduit Mayer et Bromage (1980) à conclure que l'influence de l'organisateur initial sur le rappel était liée à un phénomène strictement d'encodage. Cette différence a aussi montré que la structure de connaissances du groupe qui a étudié l'organisateur initial avant la lecture du texte-cible était plus élaborée et plus intégrée que celle du groupe qui a étudié l'organisateur initial après la lecture. Selon les auteurs, ces résultats soutiennent l'hypothèse de l'assimilation postulée par Mayer (1979) selon laquelle la présentation d'un organisateur initial permettrait aux apprenants d'activer des connaissances initiales pertinentes qui faciliteraient le traitement des informations textuelles subséquentes. Du fait de l'organisateur initial, les informations nouvelles apportées par le texte pourraient

s'intégrer plus facilement dans le réseau en mémoire à long-terme ce qui conduirait alors à une restructuration de la structure de connaissances initiales.

Les résultats des recherches réalisées par Ausubel (Ausubel, 1968 ; Ausubel & Youssef, 1963) et par Mayer (Mayer, 1979 ; Mayer & Bromage, 1980) nous permettent donc de supposer qu'un organisateur initial serait plus bénéfique à la construction d'un modèle approprié de la situation évoquée dans le texte subséquent lorsqu'il apporte des connaissances qui sont directement reliées au thème développé par le texte subséquent, que lorsqu'il fournit des connaissances qui ne peuvent pas être utilisées comme cadre d'interprétation des informations textuelles subséquentes.

3.2.1.c Relation entre l'organisateur initial et les niveaux d'expertise

Lambiotte et Dansereau (1990) ont étudié l'effet différentiel de 3 types d'organisateur initiaux (une carte sémantique, un résumé et une liste de mots-clé) sur l'apprentissage d'un domaine particulier (la biologie) à partir de textes chez des sujets répartis en deux niveaux d'expertise (experts et débutants). L'apprentissage du domaine s'effectuait en deux phases de lecture d'un même texte sur le domaine (i.e., la deuxième lecture était proposée 20 minutes après la fin de la première). Chaque groupe d'expertise était réparti en trois sous-groupes en fonction du type d'organisateur initial qu'il devait étudier au cours des deux lectures. Le premier sous-groupe devait consulter une carte sémantique qui correspondait à un réseau d'informations interconnectées et expliquait le thème présenté. Le second sous-groupe lisait un résumé du thème évoqué tandis que le troisième étudiait une liste de mots-clé sur le thème. La compréhension du texte a été testée deux jours après la lecture à partir d'une tâche de rappel libre. Les auteurs (i.e., Lambiotte & Dansereau, 1990) ont ainsi constaté que les débutants qui ont étudié la carte sémantique avaient des performances de rappel plus importantes que celles des deux autres sous-groupes de débutants, alors que le pattern inverse a été observé pour les experts. Les experts qui ont étudié la liste de mots-clé rappelaient plus d'items sur le thème que ceux des deux autres sous-groupes. D'autre part, les scores de rappel les plus faibles ont été obtenus par les experts qui ont étudié la carte sémantique. Pour les débutants, la carte sémantique a donc été bénéfique et leur a apporté une structure qu'ils ont su utiliser au cours du traitement du texte. Or, les experts possédaient déjà une telle structure. Lambiotte et Dansereau (1990) ont supposé que l'organisation des informations dans la carte devait différer de celle des connaissances initiales des experts et par là-même interférer avec l'information traitée. En revanche, l'effet facilitateur de la liste de mots-clé sur les performances des experts s'expliquait par le fait que les mots dans la liste pouvaient correspondre à des éléments dans la structure de connaissances des experts, et par conséquent entraîner leur activation.

L'ensemble de ces résultats nous conduit à supposer que les débutants dans le domaine à acquérir à partir du texte d'apprentissage subséquent devraient profiter davantage de l'organisateur initial que les experts.

3.2.2. Effet de l'organisateur initial sur les niveaux de représentation du texte subséquent : les travaux de Mannes (1987, 1994, 1996)

3.2.2.a Structure de l'organisateur initial et structure du texte

Mannes et Kintsch (1987) ont étudié l'effet de la structure de l'organisateur initial sur les deux niveaux de représentation du texte subséquent : la représentation sémantique et le modèle de situation (Cf. van Dijk & Kintsch, 1983). Deux types d'organiseurs initiaux qui apportaient des connaissances générales sur le domaine évoqué par le texte (l'application industrielle des bactéries) ont été construits. Dans le premier organisateur initial, les informations étaient structurées de la même façon que dans le texte subséquent, et portaient sur l'utilisation des bactéries en industrie (i.e., organisateur *congruent*). L'organisation thématique de ces mêmes informations était différente dans le second organisateur initial (les informations qui étaient centrales dans le premier organisateur initial étaient des détails dans le second) (i.e., organisateur *non-congruent*). Après l'étude de l'organisateur initial, les sujets devaient lire un article scientifique sur les applications industrielles des bactéries. La moitié des sujets de chaque condition effectuaient immédiatement après la lecture les épreuves suivantes : la rédaction d'un résumé, la vérification d'énoncés (phrases originales du texte, paraphrases, inférences), le rappel indicé, la résolution d'un problème spécifique, et le classement de solutions au problème. L'autre moitié des sujets complétaient ces mêmes tests deux jours après la lecture. Mannes et Kintsch (1987) ont fait l'hypothèse que l'organisateur congruent faciliterait la construction de la représentation sémantique du texte ; cet effet positif devrait se traduire par des performances élevées aux tâches mnésiques (résumé, rappel libre, vérification de phrases originales et de paraphrases). En revanche, l'organisateur non-congruent faciliterait la formation du modèle de situation ce qui devrait se traduire par des performances élevées à la vérification des inférences, aux épreuves de résolution de problèmes et au classement. En effet, les sujets de la condition de non-congruence doivent traiter activement les informations et produire des inférences pour relier les connaissances de l'organisateur à celles du texte subséquent. Les résultats ont confirmé ces prédictions. La congruence entre la structure de l'organisateur initial et celle du texte subséquent a facilité la mémorisation des informations textuelles, tandis que la non-congruence structurale a favorisé l'apprentissage à partir du texte subséquent. De plus, les résultats ont montré que la représentation mnésique du texte se modifie avec le délai. La macrostructure du texte prend ainsi plus de poids que sa microstructure (Cf. Kintsch & van Dijk, 1978), et la différenciation entre les connaissances initiales des lecteurs et les informations textuelles décline, ce déclin étant plus important pour les sujets de la condition de non-congruence que pour ceux de la condition de congruence.

3.2.2.b Perspective de l'organisateur initial et perspective du texte

La recherche de Mannes et Kintsch (1987) peut être rapprochée de celle de McDonald (1987). McDonald (1987) a construit deux types de textes qui se rapportaient au même thème – les violons : [1] un texte qui expliquait le développement historique des violons, et [2] un texte qui décrivait le rôle des violons dans les arrangements orchestraux. Les sujets lisaient soit le même passage deux fois (*perspective simple*), soit les deux textes différents (une fois chacun) (*perspective multiple*). Pour les sujets qui ont lu le même texte deux fois, la première lecture permettait d'activer des concepts pertinents en mémoire. Le

modèle mental construit lors de la première lecture était ensuite renforcé par la seconde lecture. Pour les sujets qui ont lu les deux textes différents, le modèle formé lors de la première lecture n'était pas compatible avec celui élaboré lors de la seconde lecture. Les résultats ont montré que les sujets qui ont lu le même passage deux fois avaient des performances supérieures à celles des sujets qui ont lu les deux textes différents à une tâche qui consistait à vérifier des énoncés directement extraits des textes, et qui testait la représentation sémantique des textes. En revanche, l'inverse a été observé à une tâche qui consistait à vérifier des inférences, et qui testait donc le modèle de la situation évoquée dans les textes.

L'étude d'un domaine particulier dans une perspective multiple est donc liée à une augmentation du traitement relationnel qui favorise la construction d'un modèle de situation plus élaboré (Mannes, 1994). Mannes et St. George (1996) ont aussi montré que les lecteurs de la condition 'perspective multiple' connectaient plus facilement les informations du texte subséquent à celles de l'organisateur initial dans une tâche de création de réseaux, ou produisaient un nombre plus élevé d'élaborations en réponse à des termes-amorces relatifs au thème évoqué dans le texte subséquent (i.e., tâche de réponses indicées).

3.2.2.c L'intégration *on-line* des informations issues des deux sources

Mannes et Hoyer (1996) ont distingué deux types de processus qui peuvent intervenir au cours de la lecture du texte subséquent : [1] un processus de rétablissement, et [2] un processus d'intégration. Le processus de rétablissement consiste à réactiver en mémoire de travail les connaissances qui ont été acquises à partir de l'organisateur initial et qui sont pertinentes pour la compréhension du texte subséquent. Au cours du processus d'intégration, les concepts issus du contexte original d'apprentissage (de l'organisateur initial), et les concepts nouveaux apportés par le texte subséquent sont reliés les uns aux autres grâce à la production d'inférences de liaison (i.e., relations de cohérence) et d'élaborations. Dans une perspective *simple*, c'est-à-dire lorsque les deux contextes d'apprentissage (original et nouveau) activent la même série d'informations, la stratégie consiste alors à renforcer le poids des liens préexistants en mémoire (i.e., à renforcer le modèle de la situation évoquée dans l'organisateur initial). Les informations textuelles apportées par le texte subséquent sont alors compartimentalisées (Cf. Potts & Peterson, 1985, Potts & al., 1989), i.e., regroupées en une sous-structure isolée des connaissances acquises à partir de l'organisateur initial. Dans une perspective *multiple*, lorsque les deux contextes activent deux séries distinctes d'informations, la stratégie consiste à créer des combinaisons nouvelles entre les informations du texte subséquent et celles de l'organisateur initial, et donc à réviser le modèle de situation initial. Les informations textuelles apportées par le texte subséquent sont alors directement incorporées à la base des connaissances acquises à partir de l'organisateur initial. Pour Mannes et Hoyer (1996) qui s'appuient sur les modèles de la compréhension de textes de Kintsch (1988) et de van den Broek (van den Broek & al., 1996), la mise à jour du modèle de situation aurait lieu au cours de la lecture du texte subséquent. Mannes et Hoyer (1996) ont ainsi démontré que les lecteurs dont l'organisateur initial défendait une perspective sur un thème (les aspects sociaux de l'alcoolisme) différente de celle du texte subséquent (les

aspects biologiques de l'alcoolisme) lisaient plus longuement les informations du texte subséquent que les lecteurs de la perspective simple. Précisément, ils ont observé que pour les lecteurs de la perspective multiple, les temps de lecture des phrases nouvelles du texte subséquent (i.e., phrases qui apportaient des informations nouvelles par rapport à l'organisateur initial) étaient plus longs que ceux des phrases anciennes, tandis qu'il n'y avait pas de différence de temps de lecture entre ces deux types de phrases pour les lecteurs de la perspective simple.

Sur la base des résultats des travaux de Mannes (i.e., Mannes, 1994 ; Mannes & Hoyer, 1996 ; Mannes & Kintsch, 1987 ; Mannes & St. George, 1996), nous pouvons supposer qu'un organisateur initial dont les connaissances réfèrent à la même catégorie sémantique (états ou événements) que celles du texte subséquent décrivant la structure fonctionnelle du neurone (i.e., *congruence* sémantique) devrait favoriser la construction d'une représentation sémantique appropriée de ce texte. En revanche, un modèle plus élaboré de la situation évoquée dans le texte devrait être observé dans la condition où la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte subséquent diffèrent (i.e., *non-congruence* sémantique). De plus, en accord avec ce qui a été observé par Mannes et Hoyer (1996), nous nous attendons à ce que le texte subséquent soit plus longuement traité dans la condition de non-congruence sémantique que dans celle de congruence. Enfin, les experts du domaine qui réfère au neurone devraient traiter plus longuement et plus activement le texte subséquent dans la condition de non-congruence sémantique que dans celle de congruence. Les débutants de la condition de congruence sémantique devraient tirer davantage profit du texte subséquent que ceux de la condition de non-congruence.

3.2.3. EXPERIENCE 2 Relation entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte subséquent, et niveau d'expertise initial des lecteurs

Le but de cette deuxième expérience était d'étudier l'effet de la nature sémantique d'un organisateur initial sur la mémorisation et l'apprentissage à partir d'un texte subséquent sur le fonctionnement du neurone, chez des experts et des débutants du domaine. Nous avons ainsi construit deux types d'organiseurs initiaux qui différaient par la catégorie sémantique des connaissances générales qu'ils apportaient sur les quatre phénomènes bioélectriques (le potentiel de repos, le potentiel d'action, la repolarisation et la période réfractaire) abordés par le texte d'apprentissage subséquent. Ainsi, dans le premier type d'organiseurs initiaux, les connaissances étaient relatives à des états du neurone qui spécifient chaque phénomène, tandis qu'elles portaient sur les événements qui modifient les états du neurone dans le second type d'organiseurs initiaux.

D'autre part, nous avons choisi d'étudier la relation entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte d'apprentissage subséquent. Deux conditions d'apprentissage ont été ainsi distinguées : une condition de *congruence* sémantique dans laquelle les connaissances de l'organisateur initial référaient à la même catégorie (états ou événements) que les informations du texte d'apprentissage ; et une condition de *non-congruence* dans laquelle la catégorie des connaissances de l'organisateur initial

était différente de celle des informations du texte subséquent.

Nous nous sommes également intéressées à l'effet des exigences de la tâche à l'issue de l'étude de l'organisateur initial sur les stratégies de compréhension que les sujets peuvent mettre en oeuvre durant la lecture du texte d'apprentissage subséquent (Cf. Graesser & al., 1994). Les sujets effectuaient soit un résumé sur la base de leur représentation sémantique de l'organisateur initial (i.e., cette épreuve devait les inciter à effectuer un traitement 'sémantique' du texte subséquent), soit un schéma sur la base de leur modèle de situation (i.e., cette tâche devait les encourager à effectuer un traitement 'situationnel' du texte subséquent).

Pour évaluer les différents niveaux de représentation qui ont été construits durant la lecture du texte subséquent, nous avons utilisé une tâche de reconnaissance d'énoncés (Cf., Kintsch & al., 1990 ; Tapiero, 1992). Alors que dans la première expérience, les épreuves de vérification d'inférences et de classification de concepts ne testaient que la qualité du modèle de situation construit, la tâche de reconnaissance d'énoncés avait l'avantage de rendre compte des effets de la catégorie sémantique des connaissances du domaine (états et événements) et de l'épreuve consécutive à l'étude de l'organisateur initial à la fois sur les processus de mémorisation et d'apprentissage à l'oeuvre durant la lecture du texte d'apprentissage subséquent.

3.2.3.1. Méthode

3.2.3.1.a Matériel

Le domaine de connaissances

Le domaine de connaissances consistait en la description de la structure fonctionnelle du neurone, et plus particulièrement sur les quatre phénomènes bioélectriques qui ont pour siège la membrane du neurone : [1] le potentiel de repos, [2] le potentiel d'action, [3] la repolarisation, et [4] la période réfractaire. Ces quatre phénomènes ont déjà fait l'objet d'une définition au cours de la présentation du matériel relatif à l'expérience précédente (Cf. paragraphe 3.1.2.1.a matériel, p. 107). Tout comme dans la première expérience, chacun de ces phénomènes est décrit à partir des catégories sémantiques fondamentales que sont celles d'état et d'événement (Cf. Baudet, 1990). Le tableau V présente, à titre d'exemples, des états et des événements qui sont spécifiques à chaque phénomène.

TABLEAU V. Exemples d'états et d'événements qui définissent chaque phénomène bio-électrique (le potentiel de repos, le potentiel d'action, la repolarisation, la période réfractaire)

	ETAT	EVENEMENT
Potentiel de repos	Différence de potentiel électrique entre l'extérieur et l'intérieur du neurone	Migration des ions potassium (K ⁺) à l'extérieur du neurone
Potentiel d'action	Positivité intracellulaire	Ouverture des canaux à ions sodium
Repolarisation	Sur-perméabilité de la membrane du neurone aux ions K ⁺	Passage des ions K ⁺ à l'extérieur du neurone
Période réfractaire	Inexcitabilité de la membrane du neurone	Propagation unidirectionnelle du potentiel d'action

Les organisateurs initiaux

Durant la première phase de lecture, les sujets devaient étudier un organisateur initial dont le but était de leur apporter des connaissances générales sur les quatre phénomènes bioélectriques abordés par le texte d'apprentissage subséquent. Afin d'étudier l'effet différentiel de deux types de représentation – les états et les événements – qui décrivent la structure fonctionnelle du neurone sur l'apprentissage à partir d'un texte, nous avons construit quatre types d'organiseurs initiaux en fonction de la catégorie sémantique des informations qu'ils évoquaient (Cf. annexe 2.2). Chaque organisateur était constitué de quatre paragraphes (i.e., un par phénomène) précédés chacun d'un titre qui précisait le nom du phénomène décrit. L'ordre d'évocation des phénomènes correspondait à leur enchaînement temporel au cours du traitement d'un signal nerveux. Chaque paragraphe des organisateurs contenait quatre phrases qui faisaient référence soit à un état, soit à un événement du domaine. Dans le premier organisateur (Organisateur ET+/EV-), chaque phénomène était défini avec plus de phrases relatives à des états ($n = 3$) que de phrases relatives à des événements ($n = 1$) (soit 12 états et 4 événements). Le principe inverse était utilisé pour construire le second organisateur (Organisateur ET-/EV+). Dans le troisième organisateur (Organisateur EV+) étaient présentés uniquement des phrases sur des événements ($n = 16$), dans le quatrième (Organisateur ET+) uniquement des phrases sur des états ($n = 16$). Bien que ces quatre organisateurs aient différé par la catégorie sémantique qu'ils privilégiaient pour représenter le domaine, ils étaient équivalents d'un point de vue informationnel et reliés thématiquement au texte d'apprentissage. Enfin, pour constituer une condition d'apprentissage sans apport de connaissances initiales sur les thèmes du texte subséquent, nous avons construit un organisateur-contrôle décrivant la structure de quatre composants du neurone (le corps cellulaire, les dendrites, l'axone, la membrane cellulaire). Comme les précédents, cet organisateur était composé de quatre paragraphes (un par constituant), chacun précédé d'un titre qui indiquait le nom du constituant abordé. Nous présentons, à titre d'exemples, des phrases issues de chacun des cinq organisateurs initiaux présentés dans la première phase d'apprentissage.

Exemples de phrases de l'organisateur initial ET+/EV- :

- Le potentiel de repos (**titre**)
- Au repos, la membrane du neurone se comporte comme un générateur de courant électrique dont le pôle négatif est à l'intérieur de la membrane et le pôle positif à l'extérieur. (**état**)
- La polarisation électrique de repos est la conséquence d'un équilibre dynamique de la répartition inégale de certains ions de part et d'autre de la membrane. (**état**)
- Ces différences de concentration ionique entre les milieux intérieur et extérieur résultent d'une perméabilité de la membrane plus importante pour certains ions par rapport à d'autres. (**état**)
- Pour maintenir ce déséquilibre ionique, un transport actif des ions s'oppose à leur diffusion passive en se faisant vers le milieu où ils sont les plus concentrés. (**événement**)

Exemples de phrases de l'organisateur initial ET-/EV+ :

- Le potentiel de repos (**titre**)
- Au repos, les ions diffusent passivement à travers la membrane selon leur gradient de concentration, c'est-à-dire vers le milieu où ils sont les moins concentrés. (**événement**)
- Lorsque les ions sont chargés positivement (cations), ils diffusent vers le pôle négatif situé à l'intérieur de la membrane, tandis que les ions négatifs (anions) migrent vers le pôle positif situé à l'extérieur. (**événement**)
- Un transport des ions s'oppose à leur diffusion passive en se faisant contre leur gradient de concentration, c'est-à-dire vers le milieu où ils sont les plus concentrés. (**événement**)
- Ces mécanismes de transport transmembranaire (la diffusion passive et le transport actif) entretiennent un équilibre 'dynamique' de la répartition inégale des ions entre les milieux intérieur et extérieur. (**état**)

Exemples de phrases de l'organisateur initial ET+ :

- Le potentiel d'action (**titre**)
- Lorsque l'intensité d'une stimulation excitatrice du neurone dépasse une certaine valeur, la polarité électrique de la membrane est momentanément inversée. (**état**)
- Cette inversion de la polarisation initiale est la conséquence d'une altération passagère de la perméabilité membranaire à certains ions. (**état**)
- Quelle que soit l'intensité de la stimulation excitatrice, la réponse du neurone est toujours la même : c'est la loi du tout ou rien. (**état**)

De fait, tout accroissement de la force de la stimulation n'a aucun effet sur l'amplitude du signal (le potentiel d'action) qui est émis par le neurone. (**état**)

Exemples de phrases de l'organisateur initial EV+ :

- Le potentiel d'action (**titre**)
- Une stimulation excitatrice agit sur la membrane du neurone en induisant une inversion de sa polarité électrique de repos. (**événement**)
- Cette variation de la polarisation initiale qui est appelée potentiel de récepteur, augmente en fonction de l'intensité de la stimulation jusqu'à une certaine valeur. (**événement**)
- Au delà de cette valeur, le potentiel de récepteur déclenche un signal sous la forme d'impulsions électriques qui se propagent le long de la membrane du neurone. (**événement**)
- Les variations d'intensité de la stimulation entraîne des variations de fréquence du signal, c'est-à-dire des variations du nombre d'impulsions électriques émises. (**événement**)

Exemples de phrases de l'organisateur-contrôle :

- Le corps cellulaire du neurone (**titre**)
- Le corps cellulaire est la partie centrale du neurone qui a la forme d'une sphère ou d'une pyramide. (**structure**)
- Le corps cellulaire possède un noyau volumineux qui est détenteur de l'information génétique. (**structure**)
- Le corps cellulaire renferme également des mitochondries qui fournissent de l'énergie nécessaire à la cellule. (**structure**)
- La taille du corps cellulaire est très variable : le corps cellulaire des grains du cervelet ne dépasse pas 5 micromètres de diamètre, il est donc plus petit qu'un globule rouge. (**structure**)

Les textes d'apprentissage

Durant une seconde phase de lecture, les sujets devaient lire un texte d'apprentissage qui évoquait des informations sur les quatre phénomènes bioélectriques qui étaient plus spécifiques que celles apportées par l'organisateur initial. Une connaissance spécifique était une information précise sur la valeur des potentiels évoqués (e.g., -70 mV pour le potentiel de repos) ainsi que sur la nature et la quantité des ions (i.e., Na⁺ : sodium et K⁺ : potassium) impliqués dans le fonctionnement du neurone. Afin d'étudier la relation

entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte d'apprentissage subséquent, nous avons construit deux types de textes d'apprentissage qui différaient par la catégorie sémantique (états ou événements) des informations qu'ils évoquaient (Cf. annexe 2.3). L'organisation des deux textes d'apprentissage était la même que celle des organisateurs (i.e., un paragraphe par phénomène précédé d'un titre). Dans les deux textes, chaque paragraphe contenait quatre phrases qui référaient soit à un état, soit à un événement du domaine. Dans le premier texte (texte ET+/EV-), chaque phénomène était défini avec plus d'états ($n = 3$) que d'événements ($n = 1$) (soit au total 12 états et 4 événements). Le principe inverse était utilisé pour construire le deuxième texte (texte ET-/EV+). Si les informations que ces deux textes évoquaient différaient par leur catégorie sémantique, leur contenu informationnel était toutefois équivalent. Ainsi, le texte ET+/EV- était congruent avec les organisateurs initiaux ET+/EV- et ET+ présentés précédemment, tandis que le texte ET-/EV+ était congruent avec les organisateurs ET-/EV+ et EV+. A titre d'exemples, voici des phrases issues des deux types de textes qui ont été proposés dans la seconde phase d'apprentissage :

Exemples de phrases du texte ET+/EV- :

- Le potentiel de repos (**titre**)
- Il existe une différence de potentiel de -70 mV entre l'intérieur (négatif) et l'extérieur (positif) de la membrane qui est la conséquence d'une répartition inégale des ions positifs sodium et potassium. (**état**)
- A l'intérieur de la membrane, la concentration en ions potassium est 35 fois plus grande tandis que la concentration en ions sodium est 20 fois plus faible qu'à l'extérieur. (**état**)
- La membrane est plus perméable aux ions potassium qu'aux ions sodium, ce qui signifie que la conductance (perméabilité x concentration) du potassium est plus élevée que celle du sodium. (**état**)
- Ainsi, les ions potassium qui sont chargés positivement, migrent vers l'extérieur de la membrane où les autres charges positives les repoussent. (**événement**)

Exemples de phrases du texte ET-/EV+ :

- Le potentiel de repos (**titre**)
- Il existe une différence de potentiel de -70 mV entre l'intérieur (négatif) et l'extérieur (positif) de la membrane qui est la conséquence d'une répartition inégale des ions positifs sodium et potassium. (**état**)
- Les ions potassium qui sont chargés positivement, migrent vers l'extérieur de la membrane où les autres charges positives les repoussent. (**événement**)
- Les ions sodium qui sont chargés positivement, rentrent en grande quantité à l'intérieur de la membrane car les charges négatives les attirent. (**événement**)
- Par l'intermédiaire d'une protéine de la membrane, 2 ions potassium sont pompés en

permanence à l'intérieur de la membrane tandis que 3 ions sodium sont rejetés activement à l'extérieur. (**événement**)

La reconnaissance d'énoncés

La tâche de reconnaissance d'énoncés permettait d'évaluer l'effet des représentations d'état et d'événement en relation avec les connaissances initiales des lecteurs sur les trois niveaux de représentation du texte d'apprentissage qui sont prévus par le modèle proposé par van Dijk et Kintsch (1983) : la structure de surface, la base de texte et le modèle de situation. Reliés à ces niveaux, quatre types d'énoncés ont été élaborés : [1] des phrases originales, [2] des paraphrases, [3] des inférences et [4] des distracteurs. Afin que les énoncés présentés soient identiques pour les deux groupes de lecture (celui affecté à la lecture du texte ET+/EV- et celui à la lecture du texte ET-/EV+), les phrases originales ($n = 8$) qui ont été directement extraites, étaient communes aux deux types de textes d'apprentissage. Elles portaient sur chaque phénomène évoqué (le potentiel de repos, le potentiel d'action, la repolarisation, la période réfractaire), soit deux phrases originales par phénomène. Les paraphrases ($n = 8$) ont été construites en effectuant des transformations lexicales et syntaxiques des phrases originales sélectionnées pour cette tâche. Elles n'étaient pas représentées au niveau de surface, mais avaient un contenu qui restait analogue à celui de la base de texte et du modèle de situation. Les inférences ($n = 8$) correspondaient à des élaborations produites à partir des énoncés originaux à reconnaître. Elles se différenciaient des représentations de la structure de surface et du contenu sémantique, mais étaient censées faire partie du modèle de situation. Enfin, les distracteurs ($n = 4$) étaient des variations sémantiques lointaines relatives au neurone qui ne portaient pas sur le même modèle de situation que celui représenté par le texte d'apprentissage. De plus, pour chaque type d'énoncés (i.e., originaux, paraphrases, inférences, distracteurs), nous avons distingué des énoncés qui référaient à des états ($n = 14$), et d'autres à des événements ($n = 14$). A titre d'exemples, nous présentons, pour les paraphrases, les inférences et les distracteurs, un énoncé relatif à un état et un énoncé relatif à un événement.

Exemples de paraphrases proposées à l'issue de la lecture du texte d'apprentissage :

- Au repos, l'intérieur de la membrane est chargé négativement et est fortement concentré en ions potassium, tandis que l'extérieur est chargé positivement et est fortement concentré en ions sodium. (**état**)
- Le passage des ions sodium à l'intérieur de la membrane amplifie l'inversion de la polarité électrique, et entraîne une augmentation du potentiel jusqu'à une valeur d'équilibre, celle du potentiel d'action (+30mV). (**événement**)

Exemples d'inférences proposées à l'issue de la lecture du texte d'apprentissage :

- Au repos, l'intérieur de la membrane est chargé négativement et est fortement concentré en ions potassium, tandis que l'extérieur est chargé positivement et est fortement concentré en ions sodium. (**état**)

- L'entrée des ions sodium entraîne une augmentation des charges positives à l'intérieur de la membrane, ce qui explique pourquoi le potentiel d'action a une valeur positive (+30 mV). (**événement**)

Exemples de distracteurs proposés à l'issue de la lecture du texte d'apprentissage :

- La sommation des potentiels d'action présynaptiques peut être spatiale (potentiels issus de plusieurs neurones) ou temporelle (potentiels successifs dans un même neurone). (**état**)
- L'arrivée d'un potentiel d'action dans la terminaison de l'axone présynaptique déclenche la libération d'un neurotransmetteur. (**événement**)

3.2.3.1.b Dispositif expérimental

Les organisateurs initiaux, les textes d'apprentissage et les énoncés de reconnaissance ont été présentés sur un ordinateur de type Macintosh lici (le même que celui utilisé dans la première expérience). La présente expérience a été construite à l'aide du logiciel Psyscope (Cohen & al., 1993) qui enregistrait automatiquement les temps de lecture, les réponses et les temps de réponse à la reconnaissance. Seul le résumé (ou le schéma) a été effectué selon une procédure papier-crayon.

3.2.3.1.c Sujets

Quatre-vingt étudiants volontaires de l'Université Lumière Lyon II ont participé à cette expérience. Ils ont été répartis en deux groupes de 40 sujets qui correspondaient à deux niveaux d'expertise différents sur la structure fonctionnelle du neurone (i.e., experts et débutants). Un questionnaire écrit au cours duquel les sujets devaient fournir une définition brève de chaque phénomène considéré (i.e., le potentiel de repos, le potentiel d'action, la repolarisation, la période réfractaire) permettait d'évaluer leur niveau de connaissances initiales (Cf. annexe 2.1). Les sujets de chaque groupe d'expertise ont été répartis en cinq sous-groupes ($n = 8$), chacun affecté à l'étude d'un des 4 organisateurs initiaux (organisateur ET+/EV-, organisateur ET-/EV+, organisateur ET+, organisateur EV+) ou de l'organisateur-contrôle. Les 8 experts et les 8 débutants de chaque condition de lecture préalable étaient ensuite assignés à une des quatre conditions résultant du croisement de deux facteurs : le type de tâches à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (Résumé versus Schéma), et le type de textes d'apprentissage (Texte ET+/EV- versus Texte ET-/EV+).

3.2.3.1.d Procédures et consignes

Tous les sujets ont été testés individuellement, dans une salle insonorisée, au Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs de l'Université Lyon II. L'expérience durait 45 minutes et se déroulait en 4 phases. Toutes les consignes étaient affichées sur ordinateur. Une consigne générale qui était présentée avant la passation de l'expérience, informait les participants des épreuves à effectuer et de leur ordre. La première phase de l'expérience

avait pour but de fournir aux participants, par le biais d'un organisateur initial, des connaissances générales sur le neurone qui étaient reliées ou non aux thèmes développés dans le texte subséquent. Ainsi, les sujets lisaient sur ordinateur, en temps libre et phrase par phrase, l'organisateur initial auquel ils étaient affectés (Organisateurs ET+/EV-, ET+, ET-/EV+, EV+ ou Organisateur-contrôle). La consigne leur demandait d'effectuer cette lecture dans le but d'acquérir des connaissances sur le fonctionnement du neurone. Elle comprenait aussi des renseignements sur l'auto-présentation des phrases ainsi que sur l'impossibilité de revenir en arrière une fois la phrase disparue.

Immédiatement après la lecture de l'organisateur initial, les sujets effectuaient sur papier, soit un résumé, soit un schéma des informations lues qu'ils jugeaient les plus centrales. En fonction du type de tâche à laquelle ils étaient affectés, la représentation qu'ils réactivaient en mémoire appartenait soit au niveau sémantique (résumé), soit au niveau situationnel (schéma). Cette deuxième phase était limitée à 10 minutes.

La troisième phase avait pour but d'apporter aux participants, par le biais d'un texte d'apprentissage, des informations spécifiques sur le fonctionnement du neurone. Les sujets lisaient le texte d'apprentissage auquel ils étaient affecté (Texte ET+/EV- ou Texte ET-/EV+) sur ordinateur par autoprésentation. La consigne leur précisait que les informations présentées étaient plus précises que celles abordées dans le premier texte (i.e., l'organisateur initial).

Une fois la lecture du texte d'apprentissage achevée, les sujets étaient soumis à une tâche de reconnaissance d'énoncés. Le but de cette quatrième phase de l'expérience était de tester les trois niveaux de représentation du texte d'apprentissage (i.e., structure de surface, base de texte et modèle de situation). La passation de cette tâche se déroulait en temps libre, sur ordinateur. La consigne informait les sujets que des phrases allaient être présentées une à une par l'ordinateur. Pour chaque phrase, les participants devaient décider, le plus justement et le plus rapidement possible, si la phrase présentée était une phrase qu'ils avaient lue dans le texte précédent. Si la phrase présentée était strictement identique à une phrase lue antérieurement, les sujets répondaient 'oui' en appuyant sur la touche '1' du clavier numérique ; si elle n'était pas identique, ils devaient appuyer sur la touche '2' du clavier. L'appui sur l'une de ces deux touches faisait disparaître l'énoncé reconnu et apparaître l'énoncé suivant.

3.2.3.2. Facteurs et variables dépendantes

Les facteurs inter-sujets étaient le Niveau d'Expertise des sujets (Experts, Débutants), les Organisateurs Initiaux (Organisateurs-états : ET+/EV- et ET+, Organisateurs-événements : ET-/EV+ et EV+, Organisateur-contrôle), la Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (Résumé, Schéma), et les Textes d'Apprentissage (Texte-états ou ET+/EV-, Texte-événements ou ET-/EV+). La Catégorie Sémantique (Etats, Événements) et le Type d'Énoncés à reconnaître (Originaux, Paraphrases, Inférences et Distracteurs) constituaient les facteurs intra-sujets.

Les variables dépendantes mesurées dans cette expérience étaient les temps de lecture des phrases des deux types de textes d'apprentissage, les latences et l'exactitude des réponses pour les quatre types d'énoncés de reconnaissance.

3.2.3.3. Prédiction

3.2.3.3.a La lecture du texte d'apprentissage

Nous avons supposé un effet principal de la nature sémantique de l'organisateur initial. Plus précisément, un organisateur initial qui apporte des connaissances sur les états du domaine (le neurone) devrait davantage faciliter l'intégration des informations du texte d'apprentissage subséquent qu'un organisateur initial qui apporte des connaissances sur les événements du domaine. Les temps de lecture du texte d'apprentissage devraient donc être plus longs pour les sujets qui ont étudié un organisateur-états (ET+/EV- ou ET+) que pour ceux qui ont étudié un organisateur-événements (ET-/EV+ ou EV+).

De plus, nous avons fait l'hypothèse d'une interaction entre la nature sémantique de l'organisateur initial et les connaissances initiales des lecteurs. Nous avons supposé que les débutants auraient tendance à intégrer plus facilement les informations du texte d'apprentissage lorsqu'ils ont, au préalable, étudié un organisateur initial qui apporte des connaissances sur les états du domaine. Les experts devraient lire plus activement le texte d'apprentissage lorsqu'ils ont, au préalable, étudié un organisateur initial qui apporte des connaissances sur les événements du domaine. Aussi, les débutants qui ont étudié un organisateur-états devraient traiter plus longuement le texte d'apprentissage que ceux qui ont étudié un organisateur-événements, tandis que l'inverse devrait être observé pour les experts.

Nous avons fait l'hypothèse d'une interaction entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte d'apprentissage. Le texte d'apprentissage devrait être ainsi plus longuement traité lorsqu'il évoque des informations dont la catégorie sémantique est différente de celle des connaissances de l'organisateur initial (conditions de non-congruence : organisateurs-états et texte-événements ; organisateurs-événements et texte-états) que lorsqu'il est de même nature sémantique que l'organisateur initial (conditions de congruence : organisateurs-états et texte-états ; organisateurs-événements et texte-événements). Nous nous attendons également à ce que les experts du domaine traitent plus longuement le texte d'apprentissage dans les conditions de non-congruence que dans celles de congruence, tandis qu'il ne devrait pas avoir de différence de temps de lecture entre les deux conditions pour les débutants.

Enfin, nous avons supposé un effet principal du type de tâches consécutives à la lecture de l'organisateur initial. Les sujets qui ont effectué la tâche de schéma devraient traiter plus longuement le texte d'apprentissage que ceux qui ont réalisé la tâche de résumé. Nous pouvons supposer que l'effet du type de tâches à l'issue de l'organisateur initial devrait varier en fonction du niveau d'expertise initial des lecteurs. La différence de temps de lecture entre la condition 'résumé' et la condition 'schéma' devrait alors être plus importante pour les experts que pour les débutants.

3.2.3.3.b La tâche de reconnaissance d'énoncés

Les sujets qui ont étudié un organisateur-états (ET+/EV-, ET+) devraient présenter une proportion de réponses correctes plus importante et des temps de réponse plus courts à

la tâche de reconnaissance que ceux qui ont étudié un organisateur-événements (ET-/EV+, EV+). De plus, la proportion de réponses correctes devrait être plus élevée et les temps de réponses plus courts pour les débutants qui ont étudié un organisateur-états que pour ceux qui ont étudié un organisateur-événements, tandis que l'inverse devrait être observé pour les experts.

Nous pouvons aussi supposer un effet différentiel des états et des événements sur les niveaux de représentation du texte d'apprentissage (i.e., de surface, sémantique et situationnel). Pour les inférences, la probabilité de les rejeter devrait être plus élevée lorsqu'elles réfèrent à des événements plutôt qu'à des états. En effet, si les sujets ont produit des inférences sur les états durant la lecture, au moment de la reconnaissance, ils ne sauront plus distinguer si les énoncés 'inférences' relatifs aux états étaient présents ou non dans le texte d'apprentissage. Pour les autres types d'énoncés (i.e., originaux, paraphrases, et distracteurs), leur catégorie sémantique (états ou événements) ne devrait pas avoir d'effet sur leur reconnaissance.

Nous avons fait l'hypothèse selon laquelle les sujets qui ont lu un organisateur initial dont la nature sémantique était identique à celle du texte d'apprentissage (i.e., congruence) devraient élaborer une représentation sémantique plus appropriée du texte que ceux qui ont lu un organisateur initial dont la nature sémantique était différente (i.e., non-congruence). Par conséquent, pour les originaux et les paraphrases, la proportion de réponses correctes devrait être plus importante et les temps de réponse plus courts dans les conditions de congruence sémantique que dans celles de non-congruence. De plus, nous avons supposé qu'un modèle de situation plus élaboré devrait être construit dans le cas où la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte d'apprentissage sont différentes, et ce d'autant plus que les sujets sont experts dans le domaine évoqué par le texte. Pour les inférences, la probabilité de les rejeter devrait donc être plus faible dans les conditions de non-congruence que dans celles de congruence, cette différence devant être plus importante pour les experts que pour les débutants.

Enfin, nous avons supposé que la tâche de résumé devrait inciter les lecteurs à se focaliser sur la mémorisation du texte d'apprentissage, tandis que la tâche de schéma devrait les encourager à traiter plus profondément le texte. Ainsi, pour les originaux et les paraphrases, la proportion de réponses correctes devrait être plus élevée et les temps de réponses plus courts dans la condition 'résumé' que dans la condition 'schéma'. Pour les inférences, la probabilité de les rejeter devrait être plus faible dans la condition 'schéma' que dans la condition 'résumé', cette différence devant être par ailleurs plus importante pour les experts que pour les débutants.

3.2.3.4. Résultats

Les analyses de variance ci-dessous ont été calculées à l'aide du logiciel SuperAnova, Abacus Concepts, 1989.

3.2.3.4.a La lecture des textes d'apprentissage

Les temps moyens de lecture des phrases des deux types de textes d'apprentissage ont été analysés en millisecondes par syllabe, selon le plan expérimental suivant :

· $S < Ne2 * O5 * T2 * Ta2 > * Cs2$

- dans lequel les lettres **S**, **Ne**, **O**, **T**, **Ta**, et **Cs** renvoient respectivement aux facteurs Sujet (source de variation aléatoire) ; **Niveau d'Expertise** (NE1 = Experts, NE2 = Débutants) ; **Organisateurs initiaux** (O1 = Organisateurs-états, O2 = Organisateurs-événements, O3 = Organisateur-contrôle) ; **Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial** (T1 = Résumé, T2 = Schéma) ; **Textes d'Apprentissage** (T1 = Texte-états ou ET+/EV-, T2 = Texte-événements ou ET-/EV+) ; **Catégorie Sémantique de la phrase** (CS1 = Etats, CS2 = Evénements).

Le facteur Textes d'Apprentissage exerçait un effet significatif : $F(1, 40) = 5.02$, $p < .05$. Le texte ET+/EV- était plus rapidement traité ($M = 354$ ms) que le texte ET-/EV+ ($M = 422$ ms). Nous avons observé que le facteur Textes d'Apprentissage interagissait avec le facteur Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial : $F(1, 40) = 5.45$, $p < .05$ (Cf. figure 10). Les sujets qui ont fait un résumé de l'organisateur initial traitaient plus longuement le texte ET+/EV- ($M = 460.81$ ms) que le texte ET-/EV+ ($M = 322.44$ ms) : $F(1, 40) = 10.47$, $p < .01$. Aucune différence entre les deux types de texte n'a été observée pour les sujets qui ont réalisé un schéma (les moyennes pour les textes ET+/EV- et ET-/EV+ étaient égales à 382.29 ms et 385.12 ms, respectivement).

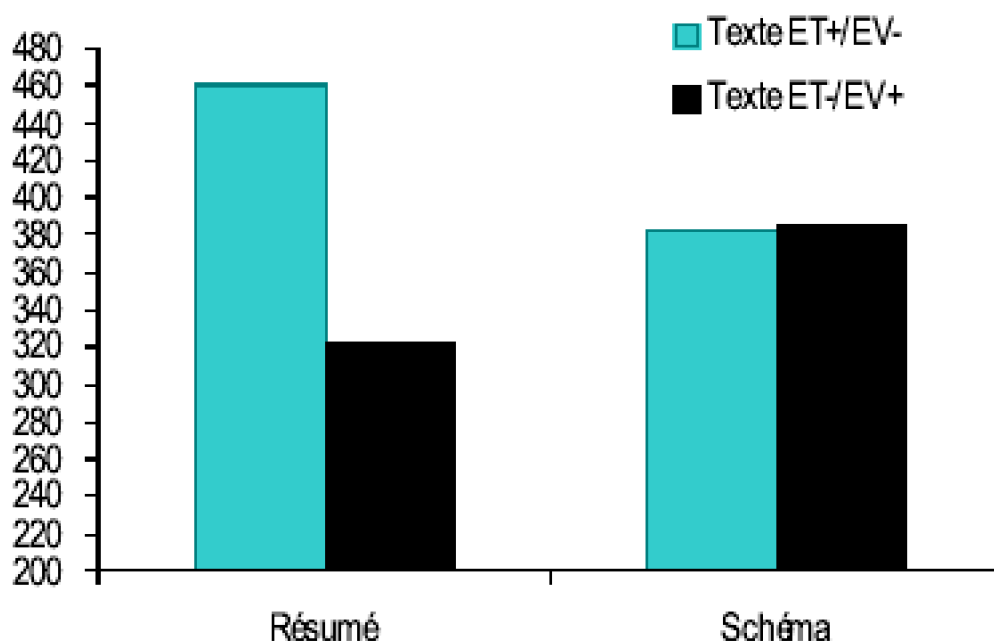


FIGURE 10. Temps moyens de lecture (en ms par syllabe) du texte ET+/EV- et du texte ET-/EV+ en fonction du facteur Tâches à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (Résumé, Schéma)

Nous avons obtenu une double interaction significative entre les facteurs Organisateurs Initiaux, Tâches à l'issue de la lecture de l'organisateur initial et Textes d'Apprentissage ($F(4, 40) = 3$, $p < .05$). Comme l'indique le tableau VI, pour les sujets qui ont réalisé le résumé, le texte d'apprentissage était plus longuement traité dans les

conditions de non-congruence (i.e., organisateurs-états et texte ET-/EV+; organisateurs-événements et texte ET+/EV-) que dans les conditions de congruence sémantique (i.e., organisateurs-états et texte ET+/EV-; organisateurs-événements et texte ET-/EV+). En revanche, il n'y avait pas de différence de temps de lecture entre les deux types de conditions pour les sujets qui ont réalisé le schéma.

TABLEAU VI. Temps moyens de lecture (en ms par syllabe) pour les sujets qui ont réalisé le résumé et pour ceux qui ont réalisé le schéma dans les conditions de congruence et de non-congruence

	CONGRUENCE sémantique		NON-CONGRUENCE	
	OI	TA	OI	TA
	Etats Evénements	ET+/EV- ET-/EV+	Etats Evénements	ET-/EV+ ET+/EV-
RESUME	<u>M</u> = 347.70 ms		<u>M</u> = 440.36 ms	
SCHEMA	<u>M</u> = 377.59 ms		<u>M</u> = 386.87 ms	
Légende. - OI (Organisateurs Initiaux), TA (Texte d'Apprentissage)				

Le facteur Catégorie Sémantique des phrases exerçait un effet significatif : $F(1, 40) = 22.96$, $p < .01$. Les phrases sur les événements étaient plus longuement traitées (M = 411.66 ms) que celles sur les états (M = 363.68 ms). Nous avons obtenu une interaction significative entre les facteurs Catégorie Sémantique des phrases et Textes d'Apprentissage : $F(1, 40) = 13.76$, $p < .01$. Lors de la lecture du texte ET-/EV+, les sujets se focalisaient davantage sur les événements (M = 396.35 ms) que sur les états (M = 311.22 ms), tandis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux catégories de phrases pour le texte ET+/EV- (les moyennes pour les états et les événements étaient égales à 416.14 ms et 426.97 ms, respectivement).

Le facteur Niveau d'Expertise ne présentait pas d'effet simple ($F(1, 40) = 2.1 < 1$). Toutefois, l'interaction entre les facteurs Niveau d'Expertise et Catégorie Sémantique de la phrase était significative : $F(1, 40) = 12.62$, $p < .01$ (Cf. figure 11). Les experts se concentraient davantage sur les événements (M = 407.47 ms) que sur les états (M = 323.92 ms), tandis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux catégories de phrases pour les débutants (les moyennes pour les états et pour les événements étaient égales à 413.44 ms et 415.85 ms, respectivement).

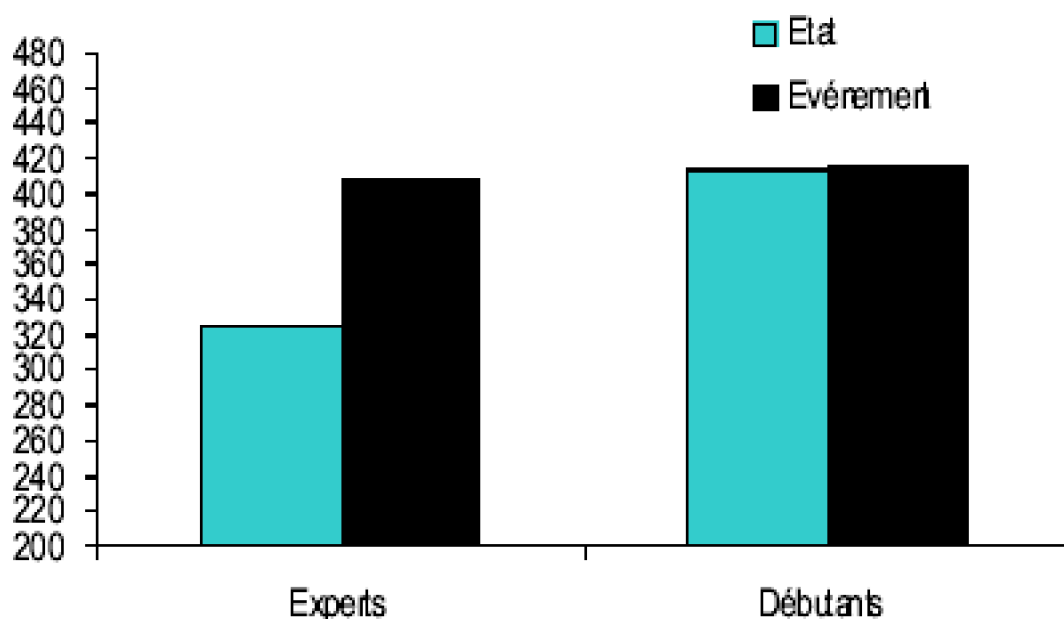


FIGURE 11. Temps moyens de lecture (en ms par syllabe) des phrases sur les états et sur les événements en fonction du facteur Niveau d'Expertise (Experts, Débutants)

Enfin, la double interaction entre les facteurs Niveau d'Expertise, Organismes Initiaux et Textes d'Apprentissage était significative ($F(4, 40) = 3.02, p < .05$). Comme l'indique le tableau VII, les débutants traitaient plus longuement le texte d'apprentissage dans les conditions de non-congruence sémantique (i.e., organisateurs-états et texte ET-/EV+ ; organisateurs-événements et texte ET+/EV-) que dans celles de congruence (i.e., organisateurs-états et texte ET+/EV- ; organisateurs-événements et texte ET-/EV+). Il n'y avait pas de différence notable entre les deux conditions pour les experts.

TABLEAU VII. Temps moyens de lecture (en ms par syllabe) pour les experts et pour les débutants dans les conditions de congruence et de non-congruence sémantique

	CONGRUENCE sémantique		NON-CONGRUENCE	
	OI	TA	OI	TA
	Etats Evénements	ET+/EV- ET-/EV+	Etats Evénements	ET-/EV+ ET+/EV-
EXPERTS	<u>M</u> = 387.90 ms		<u>M</u> = 346.97 ms	
DEBUTANTS	<u>M</u> = 337.40 ms		<u>M</u> = 480.24 ms	
Légende. - OI (Organisateurs Initiaux), TA (Texte d'Apprentissage)				

En résumé, ces résultats rendent compte d'un effet différentiel des deux types de représentation qui décrivent le domaine – les états et les événements. Précisément, les lecteurs semblent se centrer davantage sur les informations relatives aux événements que sur celles relatives aux états. Ce résultat est donc contraire à celui observé dans la première expérience. De plus, nous avons observé que lorsque le texte d'apprentissage privilégie les représentations d'événement pour décrire le domaine (texte ET-/EV+), il

semble inciter les lecteurs à se focaliser davantage sur les informations relatives aux événements que sur celles relatives aux états. En revanche, les sujets ne semblent pas effectuer de traitement différencié de ces deux catégories d'informations au cours de la lecture du texte qui privilégie les représentations d'états (texte ET+/EV-).

Conformément à nos attentes, les résultats montrent que l'effet des deux types de représentation est fonction des connaissances initiales des lecteurs. Les experts se concentrent davantage sur les informations relatives aux événements que sur celles relatives aux états, ce qui semble être contraire à ce qui a été observé dans la première expérience. Les débutants ne semblent pas traiter de façon différenciée les informations du texte d'apprentissage en fonction de leur catégorie sémantique.

Alors que nous ne l'avions pas prédit, les résultats mettent en évidence une interaction entre la nature sémantique du texte d'apprentissage et la tâche proposée aux lecteurs à l'issue de la lecture de l'organisateur initial. Plus précisément, il semble que les lecteurs traitent plus facilement le texte qui privilégie les représentations d'état (texte ET+/EV-) dans la condition où ils ont réalisé une tâche qui se base sur le modèle de la situation décrite dans l'organisateur initial (schéma). Ils traitent plus facilement le texte qui privilégie les représentations d'événement (texte ET-/EV+) dans la condition où ils ont réalisé une tâche qui se base sur la représentation sémantique de l'organisateur initial (résumé). En d'autres termes, les lecteurs bénéficient davantage d'une tâche qui les incite à effectuer un traitement 'situationnel' du texte d'apprentissage lorsqu'il s'agit de comprendre les états du domaine. En revanche, ils semblent tirer davantage profit d'une tâche qui les incite à effectuer un traitement 'sémantique' du texte lorsqu'il s'agit de comprendre les événements du domaine.

D'autre part, les résultats montrent que l'effet de la tâche proposée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial est fonction de la relation entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte d'apprentissage. Ainsi, dans la condition de non-congruence sémantique entre les deux sources d'informations (i.e., organisateur initial et texte d'apprentissage), les lecteurs qui ont effectué la tâche de schéma traitent plus rapidement le texte d'apprentissage que ceux qui ont réalisé la tâche de résumé, tandis qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes de lecteurs dans la condition de congruence. L'intégration des informations du texte d'apprentissage aux connaissances acquises à partir de l'organisateur initial semble être facilitée par une tâche qui incite les lecteurs à effectuer un traitement 'situationnel' du texte d'apprentissage (schéma).

Enfin, conformément à nos attentes, nous observons que l'effet de la relation entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte d'apprentissage est fonction des connaissances initiales des lecteurs. Les débutants mettent plus de temps à traiter le texte d'apprentissage dans la condition de congruence que dans la condition de non-congruence, tandis qu'il n'y a pas de différence entre les deux conditions pour les experts. Ainsi, en accord avec notre hypothèse, les débutants ont plus de difficultés que les experts à produire des inférences pour combiner les informations des deux sources (i.e., organisateur initial et texte d'apprentissage).

3.2.3.4.b La reconnaissance d'énoncés

Des analyses de variance ont été calculées sur les performances (i.e., réponses correctes et temps des réponses correctes et incorrectes analysés en millisecondes par syllabe) aux énoncés de reconnaissance avec comme source de variation aléatoire les sujets (F_1) ou les items (F_2) (les analyses par items qui ont été calculées dans nos expériences avaient pour but de rendre compte plus précisément de l'effet de la catégorie sémantique des items étudiés). Le plan expérimental était le suivant :

- **S < Ne2*O5*T2*Ta2 > *Cs2*Te4**
- Les lettres **S**, **NE**, **O**, **T**, **TA**, **CS** et **TE** renvoient respectivement aux facteurs **Sujet** ; **Niveau d'Expertise** (NE1 = Experts, NE2 = Débutants) ; **Organisateurs initiaux** (O1 = Organisateurs-états, O2 = Organisateurs-événements, O3 = Organisateur-contrôle) ; **Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial** (T1 = Résumé, T2 = Schéma) ; **Textes d'Apprentissage** (T1 = Texte-états ou ET+/EV-, T2 = Texte-événements ou ET-/EV+) ; **Catégorie Sémantique de l'énoncé** (CS1 = Etats, CS2 = Evénements) ; **Type d'Énoncés à reconnaître** (TE1 = Originaux, TE2 = Paraphrases, TE3 = Inférences, TE4 = Distracteurs).

Exactitude de reconnaissance

Le facteur Catégorie Sémantique de l'énoncé exerçait un effet significatif : $F_1(1, 40) = 4.19$, $p < .05$. Les sujets reconnaissent mieux les énoncés lorsqu'ils portaient sur des événements ($M = 0.71$) plutôt que sur des états ($M = 0.68$).

L'interaction entre les facteurs Catégorie Sémantique de l'énoncé et Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial était également significative : $F_1(1, 40) = 5.23$, $p < .05$ (Cf. figure 12). Les sujets qui ont effectué le résumé de l'organisateur initial reconnaissaient mieux les énoncés lorsqu'ils portaient sur des événements ($M = 0.73$) plutôt que sur des états ($M = 0.67$), tandis qu'il n'y avait pas de différence entre ces deux catégories d'énoncés pour les sujets qui ont réalisé le schéma (les moyennes pour les états et les événements étaient toutes les deux égales à 0.69).

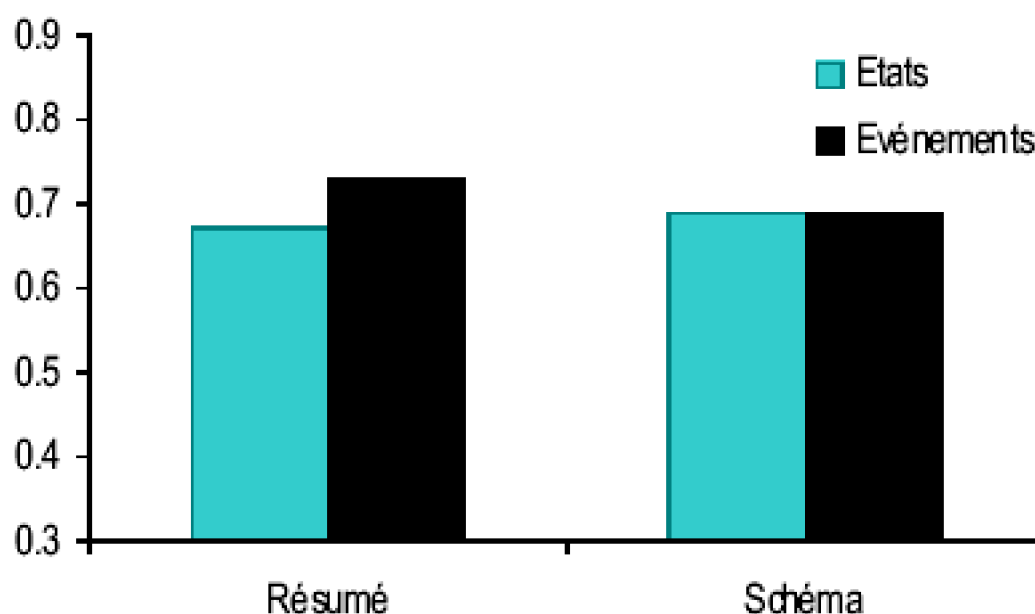


FIGURE 12. Proportion de réponses correctes aux énoncés sur les états et les événements en fonction du facteur Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (Résumé, Schéma)

Nous avons observé une interaction entre les facteurs Catégorie Sémantique de l'énoncé et Textes d'Apprentissage : $E_1(1, 40) = 7.67, p < .01$. Les sujets qui ont été affectés à la lecture du texte ET+/EV- présentaient une proportion de réponses correctes plus élevée pour les énoncés sur les événements ($M = 0.74$) que pour ceux sur les états ($M = 0.67$), alors qu'il n'y avait pas de différence entre ces deux catégories d'énoncés pour les lecteurs du texte ET-/EV+ (les moyennes pour les énoncés sur les états et pour ceux sur les événements étaient toutes les deux égales à 0.68).

L'effet du facteur Type d'Énoncés à reconnaître était significatif : $E_1(3, 40) = 125, p < .01$ et $E_2(3, 20) = 6.17, p < .01$. La proportion de réponses correctes diminuait des distracteurs ($M = 0.97$) aux inférences ($M = 0.71$) aux énoncés originaux ($M = 0.62$) et aux paraphrases ($M = 0.48$). Les contrastes calculés ont montré que : [1] les distracteurs étaient plus fréquemment rejetés que les inférences ($E_1(1, 40) = 99.84, p < .01$) ; [2] les sujets ont fait moins d'erreurs pour rejeter les inférences que pour reconnaître les originaux ($E_1(1, 40) = 11.36, p < .01$) ; [3] les sujets ont fait moins d'erreurs pour reconnaître les originaux que pour rejeter les paraphrases ($E_1(1, 40) = 29.35, p < .01$).

L'interaction entre les facteurs Type d'Énoncés à reconnaître et Catégorie Sémantique de l'énoncé était significative : $E_1(3, 120) = 29.53, p < .01$ (Cf. figure 13). Plusieurs contrastes effectués étaient significatifs : [1] les originaux étaient mieux reconnus lorsqu'ils portaient sur des états ($M = 0.69$) plutôt que sur des événements ($M = 0.55$) ($E_1(1, 120) = 20.12, p < .01$) ; [2] les sujets faisaient moins d'erreurs pour rejeter les paraphrases lorsqu'elles portaient sur des événements ($M = 0.61$) plutôt que sur des états ($M = 0.36$) ($E_1(1, 120) = 67.85, p < .01$). Il n'y avait pas de différence entre les deux catégories sémantiques pour les inférences (les moyennes pour les états et pour les événements étaient égales à 0.70 et 0.72, respectivement) ainsi que pour les distracteurs

(les moyennes pour les états et pour les événements étaient égales à 0.98 et 0.96, respectivement). Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

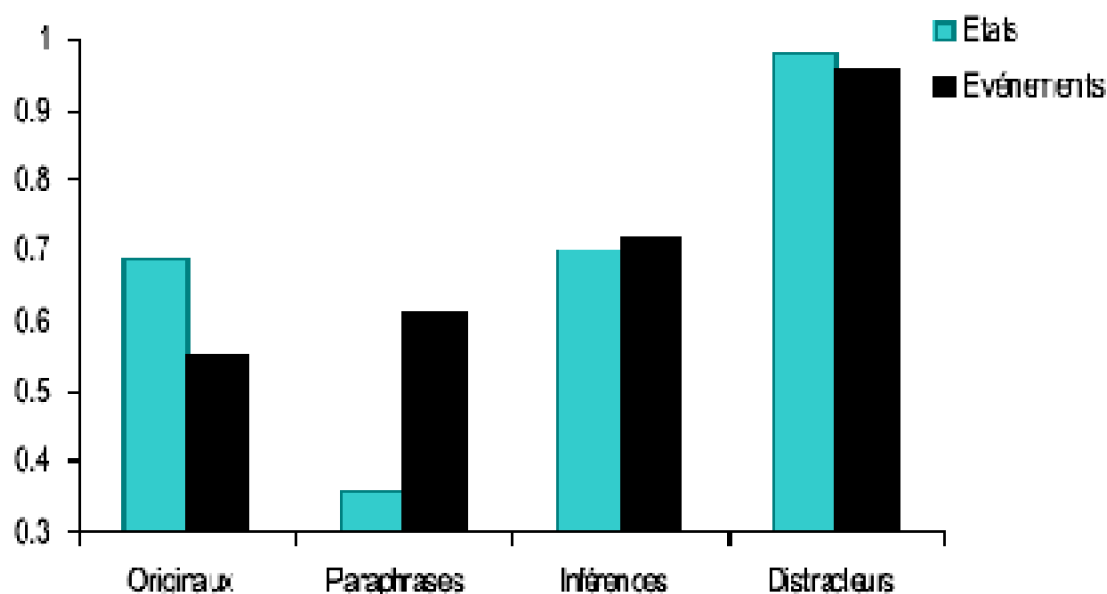


FIGURE 13. Proportion de réponses correctes à la reconnaissance en fonction des facteurs Type d'Enoncés (Originaux, Paraphrases, Inférences, Distracteurs) et Catégorie Sémantique de l'énoncé (Etats, Evénements)

En résumé, les résultats montrent que la trace mnésique des événements semble avoir un poids plus élevé que celle des états. De plus, le texte d'apprentissage qui privilégie les représentations d'état (texte ET+/EV-) semble être plus bénéfique à la mémorisation des événements, comparé au texte qui privilégie les représentations d'événement (texte ET-/EV+). La mémorisation des états ne semble pas être fonction de la catégorie sémantique des informations que le texte évoque. Ce résultat va dans le sens de notre hypothèse selon laquelle les états consisteraient en des points d'ancrage de la représentation mentale à partir desquels pourraient être intégrés les événements.

D'autre part, conformément à nos attentes, nous observons un effet différentiel des représentations d'état et d'événement sur les trois niveaux de représentation du texte d'apprentissage (i.e., de surface, sémantique et situationnel). Les lecteurs semblent avoir plus de difficultés à différencier les paraphrases de ce qu'ils ont réellement lu dans le texte d'apprentissage lorsqu'elles sont relatives à des états plutôt qu'à des événements. En conséquence, au niveau de surface, le poids des représentations d'état décline plus rapidement que celui des représentations d'événement. En d'autres termes, les sujets ont effectué un traitement plus 'sémantique' des informations relatives aux états que des informations relatives aux événements. Les deux types de représentation ne semblent pas se différencier en termes de poids mnésique au niveau du modèle de situation.

Enfin, les résultats montrent que l'effet des deux types de représentation est fonction de la tâche proposée à l'issue de l'étude de l'organisateur initial. Pour les sujets qui ont réalisé la tâche de résumé, la trace mnésique des événements semble avoir un poids plus élevé que la trace mnésique des états. Pour les sujets qui ont effectué la tâche de schéma, les états et les événements ne se différencient en termes de poids mnésique. Il

semble que la tâche qui se base sur la représentation sémantique de l'organisateur initial (résumé) incite les lecteurs à se centrer sur la mémorisation des événements. La tâche qui se base sur le modèle mental de la situation évoquée par l'organisateur initial semble conduire le lecteur à ne pas effectuer de traitement différencié des deux types de représentation.

Temps de reconnaissance

Le facteur Organismes initiaux exerçait un effet significatif : $F_{2(4, 20)} = 7.26, p < .01$. Les temps de reconnaissance étaient plus longs pour les sujets affectés à la lecture d'un organisateur initial dont les connaissances référaient à des événements ($M = 186.56$ ms) que pour ceux affectés à un organisateur initial dont les connaissances étaient relatives à des états ($M = 169.32$ ms) ($F_{2(1, 20)} = 6.95, p = .01$). Les temps de reconnaissances les plus courts ont été observés pour les sujets qui ont été affectés à l'organisateur-contrôle ($M = 163.27$ ms).

L'effet du facteur Type d'Énoncés à reconnaître était significatif : $F_{1(3, 40)} = 185.23, p < .01$ et $F_{2(3, 20)} = 3.92, p < .05$. Les temps de reconnaissance des inférences étaient plus longs ($M = 197.47$ ms) que ceux des paraphrases ($M = 173.45$ ms), ces derniers ne se différenciant pas des originaux ($M = 171.70$ ms). Les latences les plus courtes ont été observées pour les distracteurs ($M = 111.67$ ms).

Le facteur Catégorie Sémantique de l'énoncé présentait un effet significatif : $F_{1(1, 40)} = 115.69, p < .01$. Ainsi, les temps de reconnaissance étaient plus courts pour les énoncés sur les états ($M = 149.26$ ms) que pour ceux sur les événements ($M = 177.91$ ms). Nous avons aussi montré que les facteurs Type d'Énoncés à reconnaître et Catégorie Sémantique de l'énoncé interagissaient de façon significative : $F_{1(3, 120)} = 22.61, p < .01$. Pour les originaux, les temps de reconnaissance étaient plus courts lorsqu'ils portaient sur des états ($M = 164.41$ ms) plutôt que sur des événements ($M = 178.99$ ms) ($F_{1(1, 120)} = 7.37, p < .01$). Le même pattern a été observé pour les paraphrases ($F_{1(1, 120)} = 96.99, p < .01$; les moyennes pour les états et les événements étant respectivement égales à 147.04 ms et 199.95 ms) et pour les distracteurs ($F_{1(1, 120)} = 77.2, p < .01$; les moyennes pour les états et les événements étant égales à 88.07 ms et 135.27 ms, respectivement). En revanche, il n'y avait pas de différence de temps de reconnaissance entre les deux catégories d'énoncés pour les inférences.

Nous avons obtenu une interaction significative entre les facteurs Organismes Initiaux et Niveau d'Expertise : $F_{2(4, 20)} = 15.54, p < .01$ (Cf. tableau VIII).

TABLEAU VIII. Temps moyens de reconnaissance des énoncés (en ms par syllabe) en fonction des facteurs Organismes Initiaux (OI-états, OI-événements, OI-contrôle) et Niveau d'Expertise (Experts, Débutants)

	OI-ETATS	OI-EVENEMENTS	OI-CONTROLE
DEBUTANTS	$M = 170.01$ ms	$M = 165.21$ ms	$M = 190.36$ ms
EXPERTS	$M = 168.63$ ms	$M = 187.90$ ms	$M = 136.18$ ms
Légende. - OI (Organismes Initiaux)			

Le tableau VII indique que, lorsque l'organisateur initial privilégiait les représentations

d'événement pour décrire le domaine, les latences étaient plus longues pour les experts que pour les débutants ($F_{2(1, 20)} = 12.43, p < .01$). En revanche, les deux groupes d'expertise ne se différençaient pas dans les temps de reconnaissance lorsque l'organisateur initial privilégiait les représentations d'état. D'autre part, lorsque l'organisateur initial n'apportait pas de connaissances thématiquement reliées au texte subséquent (organisateur-contrôle), les latences étaient plus longues pour les débutants que pour les experts ($F_{2(1, 20)} = 51.17, p < .01$).

Nous avons obtenu une interaction significative entre les facteurs Organisateurs Initiaux et Textes d'Apprentissage : $F_{2(4, 20)} = 13.96, p < .01$. Les latences étaient ainsi plus longues dans les conditions de non-congruence sémantique ($M = 185.76$ ms) (i.e., organisateurs-états et texte ET-/EV+ ; organisateurs-événements et texte ET+/EV-) que dans celles de congruence ($M = 160.12$ ms) (i.e., organisateurs-états et texte ET+/EV- ; organisateurs-événements et texte ET-/EV+) ($F_{2(1, 20)} = 46.07, p < .01$).

L'interaction entre les facteurs Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial et Niveau d'Expertise était significative : $F_{2(1, 20)} = 36.65, p < .01$ (Cf. figure 14). Pour les débutants, les temps de reconnaissance étaient plus longs lorsqu'ils ont réalisé le schéma de l'organisateur initial ($M = 186.76$ ms) plutôt que le résumé ($M = 157.55$ ms) ($F_{2(1, 20)} = 11.73, p < .01$). Le pattern inverse a été observé pour les experts (les moyennes pour les conditions 'résumé' et 'schéma' étaient égales à 179.7 ms et 159.99 ms, respectivement) ($F_{2(1, 20)} = 26.38, p < .01$).

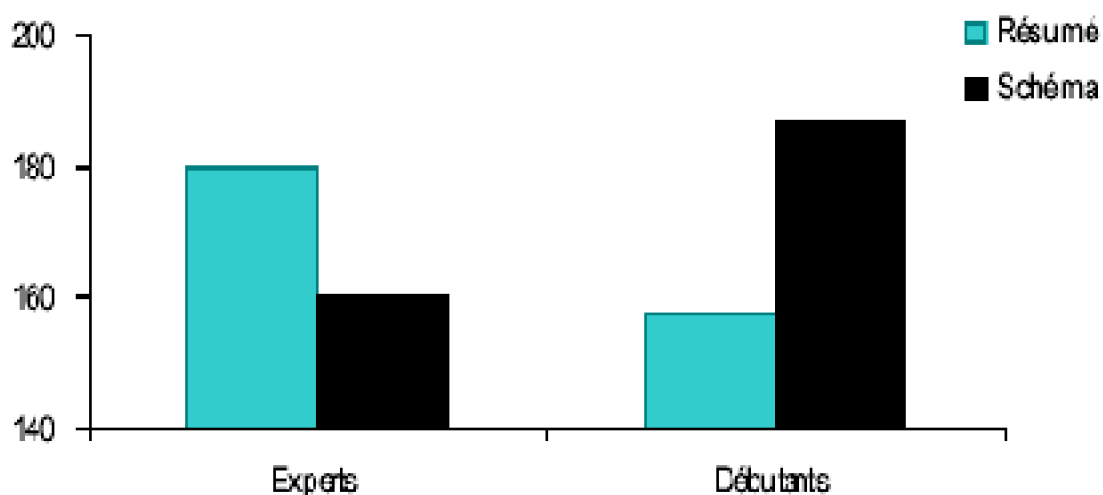


FIGURE 14. Temps moyens de reconnaissance (en ms par syllabe) pour les experts et les débutants en fonction du facteur Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (Résumé, Schéma)

L'interaction entre les facteurs Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial et Textes d'Apprentissage était également significative : $F_{2(1, 20)} = 23.79, p < .01$ (Cf. figure 15). Les sujets qui ont réalisé le résumé de l'organisateur initial avaient des temps de reconnaissance plus longs après la lecture du texte ET+/EV- ($M = 178.06$ ms) qu'après celle du texte ET-/EV+ ($M = 159.19$ ms) ($F_{2(1, 20)} = 22.55, p < .01$), tandis que le pattern inverse était observé pour ceux qui ont effectué le schéma ($F_{2(1, 20)} = 4.62, p < .05$) (les moyennes pour les textes ET+/EV- et ET-/EV+ étaient égales à 169.62 ms et 177.13 ms,

respectivement).

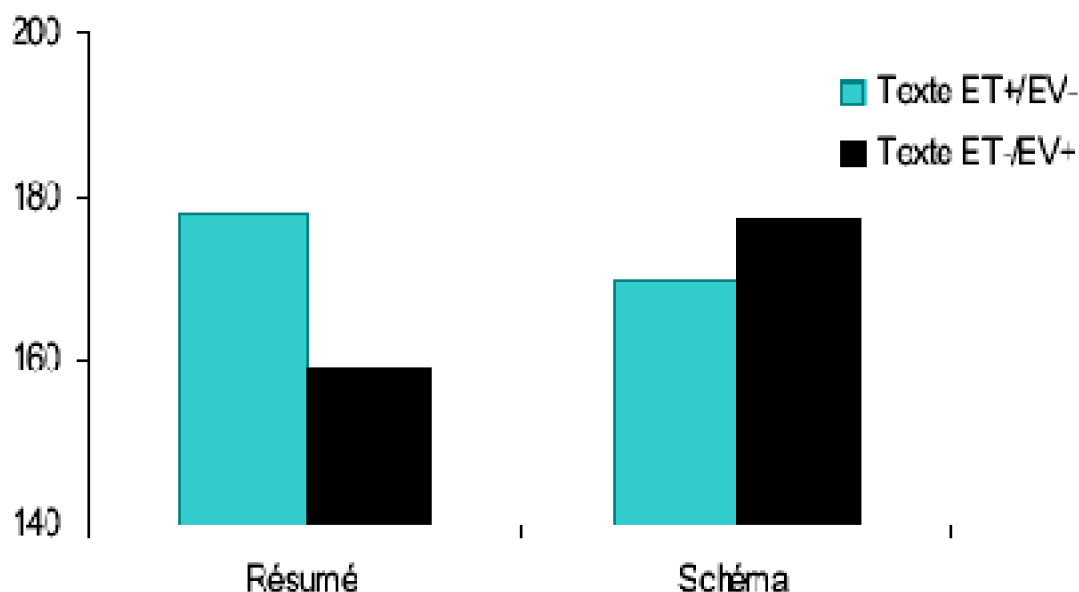


FIGURE 15. Temps moyens de reconnaissance (en ms par syllabe) en fonction des facteurs Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (Résumé, Schéma) et Textes d'apprentissage (Texte ET+/EV-, Texte ET-/EV+)

Enfin, l'interaction entre les facteurs Textes d'Apprentissage et Niveau d'Expertise était significative : $F_{2,20} = 4.64$, $p < .05$. Les contrastes effectués ont montré qu'après la lecture du texte ET+/EV-, les temps de reconnaissance étaient plus longs pour les débutants ($M = 178.92$ ms) que pour les experts ($M = 168.76$ ms) ($F_{2,20} = 5.37$, $p < .05$), tandis qu'il n'y avait pas de différence de latences entre les deux groupes d'expertise après la lecture du texte ET-/EV+ (les moyennes pour les experts et les débutants étaient égales à 170.93 ms et 165.39 ms, respectivement). Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

En résumé, conformément à notre hypothèse, les résultats montrent un effet de la nature sémantique de l'organisateur initial. Comme nous l'avions supposé, les sujets qui ont lu l'organisateur initial dont les connaissances sont relatives aux états du domaine, ont une représentation du texte d'apprentissage plus accessible en mémoire, comparés à ceux qui ont lu l'organisateur initial dont les connaissances portent sur des événements. De plus, les sujets qui ont lu l'organisateur-contrôle semblent accéder plus rapidement à la représentation du texte d'apprentissage, comparés à ceux qui ont lu un organisateur qui apporte des connaissances initiales sur les thèmes évoqués dans le texte. Pour interpréter ce dernier résultat, nous pouvons supposer que les sujets qui ont étudié un organisateur de connaissances initiales ont plus de difficultés à dissocier ce qu'ils ont appris durant la première phase de lecture de ce qu'ils ont réellement lu dans le texte d'apprentissage subséquent, comparés aux sujets qui ont lu l'organisateur-contrôle.

D'autre part, conformément à nos attentes, nous observons une interaction entre la nature sémantique de l'organisateur initial et les connaissances initiales des lecteurs. Dans la condition où l'organisateur initial apporte des connaissances sur les événements

du domaine, les experts mettent plus de temps à récupérer la représentation mentale du texte d'apprentissage que les débutants. Il n'y a pas de différence entre les deux niveaux d'expertise dans la condition où l'organisateur initial apporte des connaissances sur les états du domaine. Dans la condition où l'organisateur ne fournit pas de connaissances en relation avec les thèmes évoqués dans le texte d'apprentissage, les débutants mettent plus de temps que les experts à accéder à leur représentation du texte en mémoire. Ainsi, comme nous l'avions supposé, les experts semblent être encouragés à produire plus d'inférences pour intégrer les informations du texte d'apprentissage à leurs connaissances en mémoire lorsqu'ils ont étudié, au préalable, un organisateur initial qui fournit des connaissances sur les événements du domaine. Les débutants semblent avoir profité des connaissances sur les états apportées par l'organisateur initial pour construire une représentation plus accessible du texte d'apprentissage.

Nous observons également une interaction entre la nature sémantique du texte d'apprentissage et les connaissances initiales des lecteurs. Les experts accèdent plus rapidement à la représentation du texte qui privilégie les représentations d'état pour décrire le domaine (texte ET+/EV-), comparés aux débutants. Les deux niveaux d'expertise ne se différencient dans le temps de recouvrement de la représentation du texte qui privilégie les représentations d'événement (texte ET-/EV+). Les experts semblent donc avoir produit plus d'inférences pour comprendre le texte se rapportant aux événements relatifs au neurone (aux aspects dynamiques du domaine), et donc pour relier les informations de ce texte à ses connaissances initiales.

Comme dans l'analyse des temps de lecture, les résultats mettent en évidence une interaction entre la nature sémantique du texte d'apprentissage et la tâche proposée aux lecteurs à l'issue de la lecture de l'organisateur initial. Les sujets qui ont réalisé la tâche de résumé accèdent plus rapidement à la représentation du texte qui privilégie les représentations d'événement pour décrire le domaine (ET-/EV+) qu'à celle du texte qui privilégie les représentations d'état (ET+/EV-), tandis que l'inverse est observé pour les sujets qui ont réalisé la tâche de schéma. Il semble que la mémorisation des événements soit facilitée par une tâche qui incite les lecteurs à effectuer un traitement 'sémantique' du texte. La mémorisation des états semble être facilitée par une tâche qui encourage les lecteurs à effectuer un traitement 'situationnel' du texte.

Les résultats montrent enfin que l'effet de la tâche proposée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial est fonction des connaissances initiales des lecteurs. Plus précisément, les débutants qui ont réalisé la tâche de résumé accèdent plus rapidement à la représentation du texte d'apprentissage, comparés à ceux qui ont réalisé la tâche de schéma. L'inverse est observé pour les experts. Conformément à nos attentes, les débutants semblent donc profiter davantage d'une tâche qui les incite à se focaliser sur la mémorisation du texte, tandis que les experts bénéficient davantage d'une tâche qui les encourage à effectuer un traitement 'situationnel' du texte.

3.2.3.5. Discussion

Le premier but de cette deuxième expérience était d'étendre les résultats de la première expérience quant à l'effet des deux types de représentation – les états et les événements

qui définissent le fonctionnement du neurone sur l'apprentissage à partir d'un texte. Pour cela, nous avons étudié la relation entre la catégorie sémantique des connaissances apportées par un organisateur initial et celle des informations évoquées dans un texte subséquent. Les résultats de la deuxième expérience confirment l'idée selon laquelle les lecteurs réalisent un traitement différencié des deux catégories d'informations. Durant la lecture du texte subséquent, les sujets se sont centrés davantage sur les informations relatives aux événements que sur celles relatives aux états du domaine, ce qui les a conduit à mieux mémoriser les événements que les états. Ce résultat est contraire à ce qui a été observé dans la première expérience. La différence entre les deux expériences réside dans le fait que les participants de la première expérience n'ont été soumis qu'à une seule et même phase d'apprentissage. Nous pouvons alors supposer que la catégorie sémantique des informations sur lesquelles les sujets se focalisent pourrait être fonction de la phase d'apprentissage. Par ailleurs, nous observons un effet différentiel des états et des événements sur les niveaux de représentation du texte subséquent. Il semble que les lecteurs effectuent un traitement plus 'sémantique' des informations textuelles relatives aux états que des informations relatives aux événements, tandis que les deux catégories d'informations ne se différencient pas en termes de poids mnésique au niveau du modèle de situation. Les résultats montrent également que les événements sont mieux mémorisés lorsqu'ils sont présentés dans un texte qui privilégie les représentations d'états pour décrire le domaine. En revanche, la mémorisation des états ne semble pas être fonction de la nature sémantique du texte dans lequel ils sont évoqués. En d'autres termes, les événements relatifs au domaine sont mieux mémorisés lorsqu'ils s'intègrent dans une représentation dont les points d'ancrage sont constitués par les états. Conformément à notre hypothèse, nous observons que les lecteurs bénéficient davantage d'un apport de connaissances initiales sur les états du domaine (par le biais d'un organisateur initial) que de connaissances initiales sur les événements. L'apport de connaissances initiales sur les états du domaine semble faciliter davantage l'accès en mémoire de la représentation mentale du texte subséquent. Ce résultat va aussi dans le sens de notre hypothèse selon laquelle l'accroissement de l'expertise dans le domaine qui réfère au neurone consisterait en la construction d'un réseau de connaissances dans lequel les états joueraient le rôle de concepts-noyaux. De plus, les résultats montrent que l'effet de la nature sémantique de l'organisateur initial dépend du niveau d'expertise initial des lecteurs. Ainsi, conformément à notre hypothèse, les débutants semblent tirer davantage profit d'un organisateur initial qui apporte des connaissances sur les états du domaine. Il semble que les experts qui ont étudié un organisateur initial qui se centre sur la description des aspects dynamiques du domaine, produisent davantage d'inférences pour intégrer les informations du texte subséquent à leurs connaissances en mémoire. Ce résultat est à rapprocher de ce qui a été observé dans l'analyse des temps de lecture du texte d'apprentissage. En effet, il semble que les experts se focalisent davantage sur les informations relatives aux événements que sur celles relatives aux états, tandis que les débutants ne font pas de traitement différencié des informations du texte en fonction de leur catégorie sémantique.

Conformément à notre hypothèse, les résultats montrent un effet de la relation entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte d'apprentissage. Plus précisément, cet effet est fonction des connaissances initiales des lecteurs. Les débutants

semblent traiter plus longuement le texte subséquent dans la condition où la catégorie sémantique des informations du texte et celle des connaissances de l'organisateur initial sont différentes (condition de non-congruence) que dans la condition de congruence. En revanche, il n'y a pas de différence de temps de lecture entre les deux conditions pour les experts. Ainsi, comparés aux experts, les débutants ont plus de difficultés à produire des inférences pour combiner les deux sources d'informations (i.e., organisateur initial et texte), et donc pour réviser le modèle mental du domaine qu'ils ont construit lors de la première phase d'apprentissage. Les experts semblent produire de façon automatique des inférences pour mettre à jour leur modèle initial dès le début de la lecture du texte d'apprentissage.

Notre second objectif était d'étudier l'effet des exigences de la tâche proposée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial sur le traitement du texte subséquent. Alors que nous ne l'avions pas prédit, cet effet est fonction du type de représentation qui décrivent le domaine (états, événements). Précisément, le traitement et la mémorisation des événements du domaine semblent être facilités par une tâche qui incite les lecteurs à effectuer un traitement 'sémantique' du texte d'apprentissage subséquent (résumé). Le traitement et la mémorisation des états du domaine semblent être facilités par une tâche qui encourage les lecteurs à effectuer un traitement 'situationnel' du texte (schéma). De plus, l'effet de la tâche consécutive à l'étude de l'organisateur initial dépend du niveau d'expertise initial des lecteurs. Comme attendu, les experts semblent profiter davantage d'une tâche qui requiert l'activation de leur modèle de situation initial (schéma), et qui les incite à effectuer un traitement plus approfondi du texte subséquent. Les débutants bénéficient davantage d'une tâche qui les incite à se focaliser sur la mémorisation (i.e., le traitement sémantique) du texte d'apprentissage subséquent (résumé). Enfin, nous observons que l'effet des exigences de la tâche est fonction de la relation entre la nature sémantique de l'organisateur initial et celle du texte d'apprentissage. Ainsi, la tâche de schéma facilite l'intégration des deux sources d'informations (organisateur initial, texte) et la révision du modèle mental initial lorsque les deux sources d'informations diffèrent par leur catégorie sémantique (condition de non-congruence), comparée à la tâche de résumé. Dans la condition de congruence sémantique, le traitement du texte subséquent ne semble pas dépendre du type de tâches effectuées après la lecture de l'organisateur initial.

CHAPITRE 4 Apprentissage à partir d'un texte scientifique accompagné d'illustrations : Effet du niveau d'expertise initial des lecteurs, du type d'informations illustrées, et de la place des illustrations dans le déroulement de la lecture

Ce chapitre présente deux expériences que nous avons réalisées dans l'objectif d'étudier l'effet des illustrations analogiques (i.e., des schémas) sur l'apprentissage d'un domaine scientifique (le neurone) à partir de textes chez des experts et des débutants du domaine. Deux principales raisons ont motivé cette piste de recherche. D'une part, en consultant les ouvrages scientifiques et scolaires traitant du neurone, nous avons pu constater l'omniprésence des illustrations dont la fonction est d'expliquer la structure et le fonctionnement du neurone (i.e., illustrations analogiques). En conséquence, il nous semblait nécessaire de justifier au niveau expérimental, l'usage extensif des illustrations dans la représentation de ce domaine particulier. D'autre part, cette piste de recherche a

émergé des résultats de la deuxième expérience, qui étaient relatifs à l'effet différentiel des deux types de tâches consécutives à la lecture de l'organisateur initial (i.e., résumé, schéma) sur le traitement du texte subséquent. Au même titre que le schéma effectué par le lecteur, nous supposons que les illustrations analogiques seraient des représentations (externes) de certains aspects du modèle de la situation décrite dans le texte, et qu'elles seraient par là-même bénéfiques à la construction (ou à la révision) de ce modèle. Pour élaborer cette hypothèse, nous nous sommes appuyées sur le modèle d'acquisition de connaissances à partir de textes et d'illustrations proposé par Schnotz (Schnotz & al., 2002) que nous présentons. Ce modèle s'oppose à la théorie du double codage de Paivio (1971, 1986) selon laquelle, au cours de la lecture d'un texte accompagné d'illustrations, les lecteurs formeraient deux modèles mentaux dont les formats seraient différents : un modèle basé sur le texte, stocké dans un format propositionnel ; un modèle basé sur les illustrations, stocké dans un format imagé. Pour Schnotz qui s'appuie sur le modèle théorique de compréhension de textes de van Dijk et Kintsch (1983), les informations textuelles et picturales s'intégreraient en une représentation propositionnelle unifiée : le modèle de situation. D'après le modèle de Schnotz (Schnotz & al., 2002), il serait plus rapide et plus facile de construire un modèle de situation à partir des informations picturales qu'à partir des informations textuelles. En effet, le modèle de situation peut être directement construit à partir de la représentation mentale visuelle du dispositif graphique perçu. En revanche, il est élaboré sur la base de la représentation sémantique du texte, laquelle doit être préalablement 'dérivée' de la représentation de la structure de surface du texte.

En plus de notre objectif de rendre compte d'un effet bénéfique des illustrations analogiques dans la formation d'un modèle mental approprié du domaine du neurone, notre intention était également d'étudier l'influence de trois facteurs sur l'apprentissage à partir d'un texte scientifique illustré : [1] le niveau d'expertise initial des lecteurs dans le domaine (experts et débutants) ; [2] la catégorie sémantique (états versus événements) des informations illustrées du texte ; et [3] la place des illustrations dans le déroulement de la lecture (i.e., illustrations placées avant, en même temps, ou après leurs descriptions verbales). Ainsi, concernant l'effet des deux premiers facteurs, nous avons élaboré nos hypothèses sur la base des résultats de la deuxième expérience, qui étaient relatifs à leur interaction avec le type de tâche consécutive à la lecture de l'organisateur initial (i.e., résumé, schéma). D'une part, ces résultats ont montré que les experts tiraient davantage profit de la tâche de schéma (qui les incitait à réactiver leur modèle de situation), que la tâche de résumé, tandis que le pattern inverse a été observé pour les débutants. D'autre part, la représentation mentale des états du domaine semblait être plus précise dans la condition où les sujets ont réalisé le schéma après la lecture de l'organisateur initial que dans la condition 'résumé'. En revanche, l'inverse a été observé pour la représentation mentale des événements. Ainsi, ces résultats nous ont conduit à supposer qu'il serait préférable d'illustrer les états plutôt que les événements du domaine. Par ailleurs, pour les experts, les illustrations devraient être plus bénéfiques à la construction du modèle de situation qu'à celle de la représentation sémantique du texte scientifique. Par contre, l'inverse devrait être observé pour les débutants. Enfin, d'après les travaux empiriques de Dean et Enemoh (1983), et de Mayer et Anderson (1991, 1992), la fonction des illustrations diffère en fonction de la position qu'elles occupent dans le déroulement de la

lecture. Placées avant leurs descriptions verbales, elles jouent le rôle d'organisateur initial de connaissances, et aident le lecteur à comprendre et à encoder les informations textuelles. Placées en même temps, elles représentent les informations textuelles en chaque point. Placées après leurs descriptions verbales, elles participent à la vérification et à la révision du modèle de situation élaboré à partir des informations textuelles. Dans les deux expériences que nous avons menées, nous nous sommes plus particulièrement intéressées à la relation entre les connaissances initiales des lecteurs et la disposition temporelle des illustrations dans la lecture. Précisément, nous avons supposé que les illustrations devraient être plus bénéfiques aux débutants qu'aux experts dans la condition où elles sont placées avant leurs correspondants textuels, tandis que l'inverse devrait être observé dans la condition où elles sont placées après leurs descriptions verbales. Enfin, les experts et les débutants devraient moins se différencier à l'issue de la lecture du texte scientifique dans lequel les illustrations sont présentées en même temps que les informations textuelles qui leur sont reliées. Pour tester ces hypothèses, nous avons construit deux versions illustrées d'un texte d'apprentissage sur le neurone : une version dans laquelle seules les phrases sur les états du domaine étaient accompagnées d'illustrations analogiques (schémas), et une version dans laquelle seules les phrases sur les événements étaient illustrées. Dans la troisième expérience, les informations textuelles et picturales étaient placées de façon contiguë dans le temps et dans l'espace. Dans la quatrième expérience, les illustrations étaient placées soit avant, soit après leurs descriptions verbales. Une tâche de reconnaissance amorcée (inspirée de celle proposée par van den Broek et Lorch, 1993), commune à ces deux expériences, permettait d'évaluer, au niveau situationnel, le degré d'intégration (incorporation versus compartimentalisation ; Potts & Peterson, 1985 ; Potts, St. John, & Kirson, 1989) des informations apportées par le texte d'apprentissage aux connaissances préalablement acquises à partir d'un organisateur initial.

4.1. La compréhension de textes accompagnés d'illustrations

4.1.1. Le concept d'illustrations

4.1.1.a Les caractéristiques structurales des illustrations

Pour Bétrancourt (1996), le terme 'illustration' désigne : '**des dispositifs graphiques qui utilisent les relations spatiales pour transmettre des informations sur des dimensions spatiales, temporelles, causales ou tout autre dimension**' (Bétrancourt, 1996, p. 27). Vézin et Vézin (1988) ont distingué trois types d'illustrations en fonction de leur degré de réalisme. Ainsi, les photographies sont des illustrations réalistes (ou représentatives) qui facilitent l'identification d'un objet, et par conséquent sa

reconnaissance et sa reproduction. Les schémas sont des illustrations analogiques (impliquant une similarité) qui expliquent la structure et le fonctionnement d'un objet. Enfin, les diagrammes (e.g., organigrammes, graphes bi-dimensionnels) sont des illustrations logiques qui présentent des informations abstraites de manière plus concrète en utilisant les analogies spatiales. Dans le sens que nous leur attribuons, les illustrations s'opposent aux représentations descriptives (textes, représentations propositionnelles) (Schnotz & Grzondziel, 1999), et ce pour deux raisons principales :

D'une part, les représentations descriptives sont des chaînes de symboles arbitraires structurées comme le langage, alors que les illustrations contiennent des signes iconiques qui partagent des caractéristiques structurales avec les objets auxquels ils réfèrent. Cette correspondance structurale peut être soit concrète dans le cas des illustrations réalistes (on parle alors de similarité), soit abstraite dans le cas des illustrations logiques (on parle d'analogie). C'est ce lien d'isomorphie qui confère aux illustrations leur caractère de facilité sur le plan de la mémorisation (Lieury, 1992) ;

D'autre part, alors que les liens entre les objets référencés sont spécifiés par des adjectifs, des prépositions, des verbes et des adverbes dans les représentations descriptives, ils ne sont pas explicitement évoqués dans les illustrations. Ces liens doivent donc être inférés sur la base des propriétés structurales inhérentes que les illustrations partagent avec les objets représentés. Ainsi, pour Schnotz et Grzondziel (1999), les illustrations sont des représentations intrinsèques.

Enfin, l'illustration en tant que représentation externe des qualités perceptives d'un objet est à distinguer de l'image mentale (représentation interne) de l'objet que le sujet peut générer à partir de l'illustration. En effet, l'image mentale est une représentation schématique de l'objet qui se forme à partir d'une abstraction des traits figuratifs les plus saillants de l'illustration, et qui peut atteindre un degré relativement élevé d'abstraction jusqu'à perdre éventuellement ses composantes figuratives (Denis & de Vega, 1993).

4.1.1.b Les caractéristiques fonctionnelles des illustrations

Pour étudier l'effet des illustrations sur la compréhension de textes, il est nécessaire de tenir compte des différentes fonctions que peuvent remplir les illustrations. D'une façon générale, les illustrations réalistes, de par la liberté de lecture à laquelle elles conduisent, incitent à des activités de questionnement et de recherche de la signification. En revanche, les illustrations analogiques et logiques sont des 'raccourcis' pour la pensée : elles aident à la sélection des informations pertinentes et facilitent par là-même l'activité interprétative (Bétrancourt, 1996).

Duchastel, Fleury et Provost (1988) ont identifié trois rôles que peuvent jouer les illustrations dans un texte didactique : un rôle attentionnel, un rôle explicatif et/ou un rôle rétentionnel. Ainsi, les illustrations peuvent susciter l'intérêt du lecteur pour le contenu du texte. En isolant certaines variables, elles lui permettent de se focaliser sur les informations centrales pour la compréhension. Elles peuvent également faciliter la

compréhension d'informations qui sont difficiles à décrire verbalement. Enfin, elles peuvent réduire la probabilité d'oubli, peut-être du fait du codage supplémentaire en mémoire que leur traitement implique (Paivio, 1971, 1986).

Levie et Lentz (1982) ont évoqué quatre autres fonctions : [1] de représentation, [2] d'organisation, [3] d'interprétation, et [4] de transformation. Les illustrations qui ont une fonction de représentation répètent des contenus du texte. Elles constituent alors une source redondante d'informations qui peut être une seconde opportunité pour la mémorisation du texte. Les illustrations qui ont une fonction d'organisation renforcent la cohérence globale du texte en mettant en évidence les relations (spatiales, causales) entre les concepts simples et familiers évoqués par le texte. Elles ont aussi l'avantage de présenter les notions essentielles du texte en situation de proximité (Vézin, 1980). Les illustrations qui ont une fonction d'interprétation illustrent par le biais d'analogies et de métaphores visuelles, des textes dont le contenu est difficile à comprendre ou qui portent sur des faits abstraits et non familiers. Moins fréquentes, les illustrations qui ont une fonction de transformation recodent les informations textuelles sous une forme plus facilement mémorisable, en les reliant dans un contexte organisé souvent différent de celui représenté par le texte. Elles constituent ainsi des aides mnémotechniques.

4.1.2. Les modèles de l'intégration des informations textuelles et picturales

Pour traiter des informations qui sont issues à la fois du texte et d'illustrations, le lecteur doit mettre en oeuvre des processus de sélection, d'organisation et de coordination. Ainsi, il doit [1] évaluer l'information textuelle et décider quels points particuliers des illustrations il est pertinent d'explorer (Hegarty & Just, 1993), [2] structurer et maintenir simultanément en mémoire des informations de nature différente, pour [3] les coordonner et construire ainsi une représentation unifiée de la situation évoquée.

Bétrancourt (1996) a évoqué trois modèles distincts, qui rendent compte des mécanismes cognitifs sous-jacents à l'intégration 'texte-illustrations' :

- Le **modèle à simple codage** (Pylyshyn, 1973) selon lequel, malgré leur diversité d'origine, toutes les informations seraient traitées par un système unique (une sorte de processeur central) et stockées dans un format amodal, propositionnel ;
- Le **modèle à double codage** (Paivio, 1971, 1986) qui postule l'existence de deux systèmes de représentations symboliques structurellement et fonctionnellement distincts : le système verbal et le système imagé ;
- Le **modèle mixte ou 'hybride'** qui est un compromis entre les deux précédentes approches. Basé sur la théorie des modèles mentaux (ou de situation) (i.e., Johnson-Laird, 1983 ; van Dijk & Kintsch, 1983), il postule l'existence de représentations modales en mémoire de travail, qui s'intégreraient en une représentation mentale unifiée en mémoire à long-terme.

D'après la position amodale soutenue par Pylyshyn (1973), la mémorisation d'une information ne dépendrait pas de son mode de présentation. Toutefois, il a été observé que le rappel est supérieur pour des concepts lorsqu'ils sont présentés sous une forme imagée plutôt que verbale (Lieury, 1992). D'autre part, les illustrations sont reconnues comme étant bénéfiques à la mémorisation de textes (Gyselinck, 1995, 1996). Cette théorie étant donc difficilement défendable, nous nous ciblerons sur la description des deux autres modèles.

4.1.2.a La théorie du double codage (Paivio, 1971, 1986)

À l'origine, la théorie du double codage a été proposée par Paivio (1971, 1986) pour donner une explication hypothétique aux effets bénéfiques de l'activité d'imagerie sur la mémoire verbale ainsi que pour rendre compte des comparaisons que l'on peut faire entre cette mémoire et celle d'un matériel constitué de dessins d'objets (Florès, 1987). Denis (1975) (évoqué par Florès, 1987) a ainsi observé dans le cadre d'une tâche de rappel d'une liste de mots, que les performances étaient plus importantes pour les sujets qui avaient reçu la consigne préalable d'élaborer une image mentale à propos de chaque objet désigné par les mots que pour ceux qui n'avaient pas reçu une telle consigne. D'autre part, Denis (1973) (évoqué par Florès, 1987) a montré que le rappel verbal de dessins d'objets était plus important que celui des noms correspondants, et que cette supériorité pouvait se prolonger pendant un délai de plusieurs semaines.

Pour expliquer les effets facilitateurs de l'activité d'imagerie sur la rétention du matériel verbal, Paivio (1971, 1986) a fait l'hypothèse selon laquelle deux sortes de systèmes interviendraient dans la mémorisation : le système de l'imagerie mentale (ou système imagé), basé sur une 'sémantique de la ressemblance' (Denis & al., 1993) et lié à l'expérience perceptive de notre environnement, et le système verbal résultant de notre expérience du langage. La figure 16 ci-dessous illustre ce modèle :

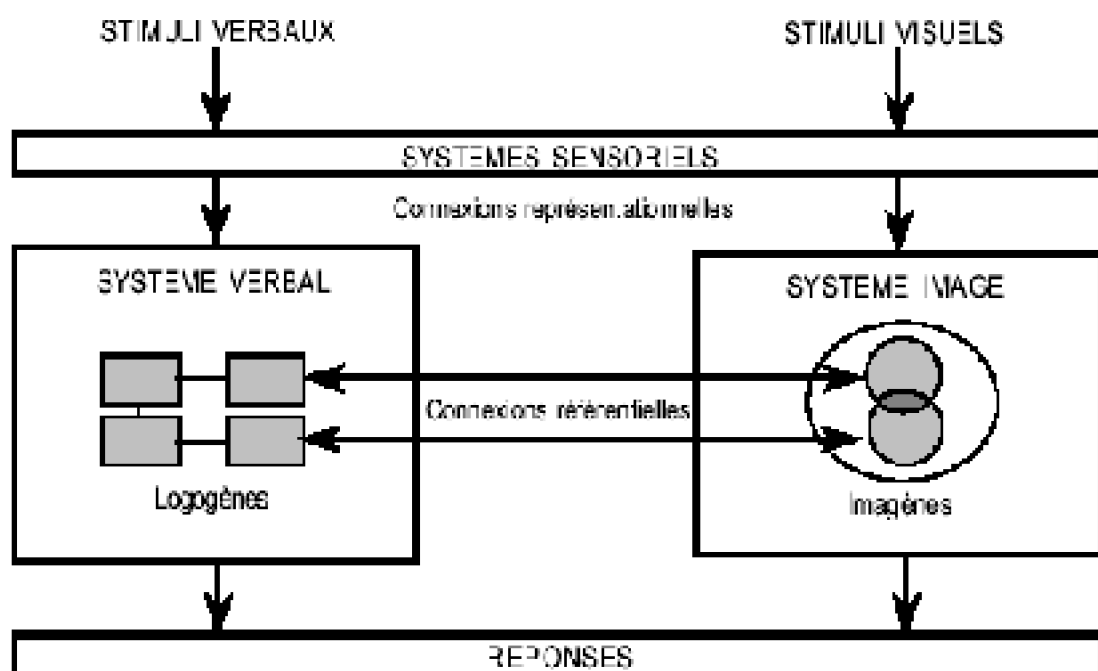


FIGURE 16. Le modèle à double codage proposé par Paivio (1971, 1986)

Dans le système imagé, les illustrations sont encodées de façon simultanée sous la forme d'imagènes (images mentales), organisées en termes de rapports 'parties-tout'. Dans le système verbal, les informations textuelles sont encodées séquentiellement sous la forme de logogènes (propositions) formant un réseau associatif et hiérarchique.

Ces deux systèmes de codage fonctionnent indépendamment l'un de l'autre, car chacun peut être actif sans que l'autre le soit. Ainsi, par l'intermédiaire de connexions représentationnelles, la perception d'objets ou de dessins d'objets active le système imagé, la perception de mots le système verbal. Cette activation s'effectue de façon quasi-automatique pour les matériels figuratifs, alors que tel n'est pas nécessairement le cas pour des matériels verbaux (Florès, 1987).

Comme le montre la figure 16, bien que séparés, les deux systèmes sont reliés par des connexions référentielles. Ils peuvent donc fonctionner en liaison : le dessin d'un objet peut, par l'intermédiaire du système d'imagerie, activer les processus verbaux ce qui a pour conséquence la traduction verbale de l'objet illustré. La verbalisation des matériels figuratifs aurait lieu, même si elle n'est pas demandée ni suggérée par les conditions de la tâche. Ainsi, Florès (1987) souligne qu'aucune différence remarquable n'a été constatée entre le rappel de dessins d'objets qui ont été présentés accompagnés de leur nom et le rappel de ces mêmes dessins présentés seuls. Réciproquement, le langage peut déclencher une activité d'imagerie, comme c'est le cas pour les mots concrets dont la valeur d'imagerie est plus importante que celle pour les mots abstraits (Denis, 1975). Le double codage surviendrait toutefois de façon moins fréquente dans l'acte de mémorisation lorsqu'il s'agit de matériels verbaux (Florès, 1987).

D'après le modèle du double codage, la supériorité de rappel verbal observée pour les dessins d'objets serait donc due au fait que les deux systèmes (verbal et imagé) coderaient ensemble ces informations. Les dessins d'objets seraient traités à la fois dans leurs aspects figuratifs et dans leurs aspects verbaux. Ainsi, lors de la récupération en mémoire, les sujets disposeraient de deux traces mnésiques au lieu d'une. Plusieurs faits expérimentaux se sont avérés compatibles avec la théorie du double codage. Fraisse (1970) (évoqué par Florès, 1987) a fait l'hypothèse selon laquelle le processus de double codage (verbal et imagé) devrait se caractériser par un temps d'élaboration plus long qu'un processus de simple codage (verbal ou imagé). Il a ainsi montré que le temps de dénomination de dessins d'objets était plus long que le temps de lecture des mots désignant ces objets. Ceci se justifiait par le fait que pendant la lecture des mots, seul le système verbal était sollicité, tandis que la dénomination des dessins exigeait l'activation du système verbal à partir du fonctionnement préalable du système imagé. Paivio et Csapo (1971) ont par ailleurs, montré que le double codage pouvait être rendu impossible lorsque les stimuli à mémoriser étaient présentés de façon accélérée : les objets ou dessins d'objets étaient identifiés sans pouvoir être verbalisés ; les mots étaient lus, mais ne pouvaient pas induire d'activités d'imagerie. Dans ces situations où le temps de traitement des stimuli a été diminué et où un seul codage était en jeu, le matériel figuratif n'était pas mieux mémorisé que le matériel verbal.

Le modèle cognitif de l'apprentissage multimédia (Mayer & Anderson, 1991,

1992)

Plus récemment, Mayer et Anderson (1991, 1992) se sont basés sur la théorie du double codage de Paivio (1971, 1986) pour proposer un modèle cognitif de l'apprentissage 'multimédia'. L'objectif de ce modèle était de décrire la relation entre des explications verbales et des animations visuelles de systèmes scientifiques (e.g., gonflement d'une roue, mécanisme de freinage). Dans ce modèle, le traitement des informations textuelles et picturales nécessite la mise en oeuvre de trois types de processus (i.e., sélection, organisation, et intégration) :

- Les **processus de sélection** interviennent dans la construction d'une base de texte (propositionnelle) d'une part, et d'une base d'image (imagée) d'autre part.

- Les **processus d'organisation** permettent la formation de deux modèles mentaux, l'un basé sur le texte, l'autre sur les illustrations. Les processus d'organisation ont lieu dans la mémoire de travail, dans la boucle phonologique pour les informations textuelles, dans le calepin visuo-spatial pour les informations picturales (Baddeley, 1992).

- L'**intégration** des deux modèles mentaux se fait par un appariement des éléments et des relations contenus dans le modèle mental basé sur le texte avec les éléments et les relations contenus dans le modèle mental basé sur les illustrations.

Du fait de la limitation des capacités de traitement, cette intégration requiert que les composants du modèle mental basé sur le texte et ceux du modèle mental basé sur les illustrations soient simultanément activés en mémoire de travail. Mayer et Anderson (1991, 1992) ont ainsi fait l'hypothèse selon laquelle les illustrations et les informations verbales correspondantes doivent être présentées ensemble pour faciliter l'apprentissage (principe de contiguïté). Les résultats obtenus par Mayer et ses collaborateurs (i.e., Mayer & Anderson, 1991, 1992 ; Mayer, Moreno, Boire, & Vagge, 1999) ont confirmé cette hypothèse. Toutefois, comme l'ont suggéré Schnotz et Grzondziel (1999), le parallélisme supposé entre les deux types de traitements (verbaux et picturaux) ainsi que de l'existence des deux modèles mentaux (l'un basé sur le texte et l'autre basé sur les images) n'ont pas pu être mis en évidence au niveau expérimental.

4.1.2.b Intégration des représentations amodales en un modèle mental amodal

Des résultats en faveur d'une théorie 'mixte'

Le modèle du double codage (Paivio, 1971, 1986) que nous venons de présenter a été remis en cause par plusieurs résultats expérimentaux (e.g., McNamara, Halpin, & Hardy, 1992 ; Pezdek, 1977) qui ont mis en évidence une intégration des deux types de codage (verbal et imagé) en une représentation mentale unifiée.

Dans l'expérience de Pezdek (1977) évoquée par Bétrancourt (1996), une série d'images (qui représentaient des objets dans des arrangements spatiaux variés) était présentée aux sujets, immédiatement suivie d'une série de phrases. Chaque image était appariée à une phrase pertinente ou non sémantiquement. Une phrase était pertinente sémantiquement par rapport à une image, lorsqu'elle avait pour rôle de compléter les informations apportées par cette image. Par exemple, l'image d'une voiture (sans porte-skis) garée près d'un arbre était suivie de la phrase : 'La voiture près de l'arbre a des porte-skis'. Une phrase qui n'était pas pertinente pouvait être : 'L'oiseau est perché au sommet de l'arbre'. Une tâche de reconnaissance d'images était ensuite proposée aux sujets. Les images-test étaient soit identiques à celles présentées au pré-test (items originaux), soit un combiné des images originales et des informations apportées par les phrases (e.g., l'image d'une voiture avec un porte-skis) (items intégrateurs). Pezdek (1977) a montré que le nombre de fausses reconnaissances pour les items intégrateurs était plus important lorsque ceux-ci étaient composés des informations issues des phrases pertinentes sémantiquement plutôt que des informations issues des phrases non pertinentes. Il en a conclu que les images et les phrases pertinentes sémantiquement ont été intégrées en mémoire.

McNamara, Halpin et Hardy (1992) ont réalisé une série d'expériences dont l'objectif était d'observer si les sujets pouvaient intégrer des informations non spatiales sur un objet à leurs connaissances initiales sur la localisation spatiale de cet objet. Les sujets apprenaient la localisation de villes à partir d'une carte routière fictive, puis des faits relatifs à ces villes. Après cette phase d'apprentissage, les sujets devaient effectuer une tâche de jugement de localisation au cours de laquelle ils devaient décider si une ville était située dans une région particulière de la carte ou dans une autre. L'intégration des connaissances a été évaluée en comparant les niveaux de performance dans deux conditions d'amorçage. Dans la première condition, l'amorce était un fait concernant une ville proche de celle dont il fallait juger la localisation (condition 'amorce proche'), tandis que dans la seconde condition, la ville-cible était précédée d'un fait relatif à une ville qui lui était distante (condition 'amorce distante'). Les auteurs ont observé que les réponses étaient plus rapides et/ou plus précises dans la condition 'amorce proche' que dans la condition 'amorce distante'. Ils en ont conclu que les informations spatiales et non spatiales ont été intégrées dans une même représentation mnésique.

Face à ces résultats expérimentaux, une théorie 'mixte' a été proposée qui réconcilie les approches uni- et plurimodales. Cette théorie défend l'idée selon laquelle il existerait un traitement spécifique à la modalité d'encodage en mémoire de travail et un stockage amodal dans un format propositionnel en mémoire à long-terme. Schnotz (Schnotz & al., 2002) a ainsi adopté cette position de compromis et proposé un modèle d'acquisition de connaissances à partir de textes et d'illustrations sur lequel nous nous appuyons pour formuler nos hypothèses quant à l'effet des illustrations. L'intérêt du modèle de Schnotz (Schnotz & al., 2002) est de s'inspirer du modèle de la compréhension de textes proposé par van Dijk et Kintsch (1983) pour rendre compte de la façon dont les informations textuelles et picturales participent conjointement à la construction du modèle de situation.

Le modèle intégratif de Schnotz (Schnotz, Bannert, & Seufert, 2002)

Le modèle proposé par Schnotz (Schnotz & al., 2002) (Cf. figure 17) consiste en deux branches de représentations, l'une décrivant les interactions entre des représentations descriptives (à gauche de la figure), l'autre les interactions entre des représentations figuratives (à droite) :

Les **représentations descriptives** sont considérées comme arbitraires, consistant en des symboles qui sont associés aux objets représentés par une convention. La branche descriptive du modèle comprend le texte (représentation externe), la représentation (interne) de la structure de surface du texte, et la représentation propositionnelle (interne) du contenu sémantique (ou base de texte). L'interaction entre ces types de trois représentations descriptives est basée sur des traitements sémantiques.

Les **représentations figuratives** sont qualifiées d'analogiques, car elles entretiennent une relation de ressemblance structurale avec les objets représentés. La branche figurative du modèle comprend l'illustration (représentation externe), la perception visuelle (interne) du dispositif graphique et le modèle mental de la situation décrite. L'interaction entre ces trois types de représentations figuratives est basée sur des processus d'appariement des structures analogiques.

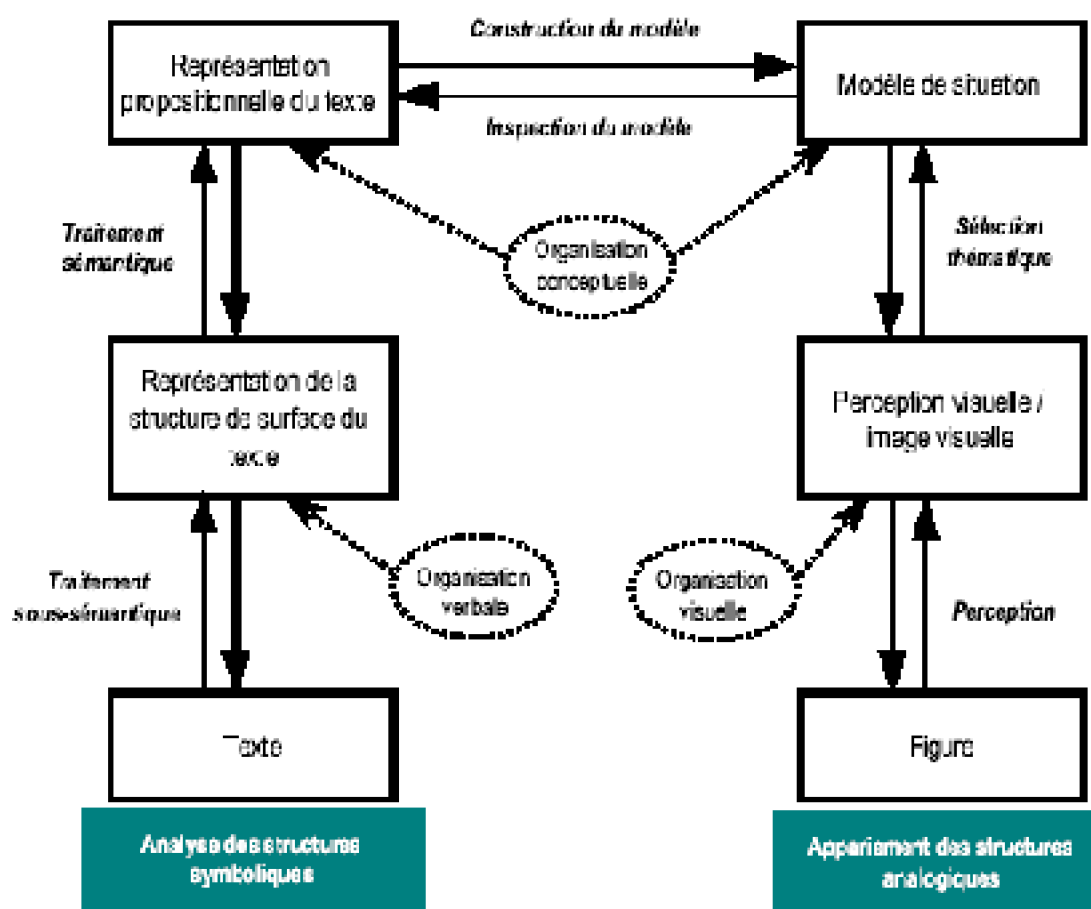


FIGURE 17. Le modèle d'acquisition de connaissances à partir de textes et d'illustrations (Schnotz & al., 2002)

D'après ce modèle, il est plus rapide et plus facile pour le sujet de construire un modèle mental à partir d'informations picturales qu'à partir d'informations textuelles. En effet, dans la branche figurative, il est directement élaboré à partir de l'image visuelle du dispositif graphique perçu. Dans la branche descriptive, il est formé à partir de la représentation propositionnelle du texte laquelle doit être, au préalable, dérivée de la représentation de la structure de surface du texte.

Schnotz (Schnotz & al., 2002) se base sur le modèle de van Dijk et Kintsch (1983) pour décrire les processus de construction à l'oeuvre durant la compréhension du texte (i.e., sélection puis organisation des informations pertinentes en une structure cohérente). Il précise que l'élaboration du modèle mental de la situation évoquée requiert la transition entre une représentation descriptive et une représentation figurative (analogique). Cette transition consiste plus qu'en le simple ajout d'un autre codage mental en mémoire comme le suggère la théorie du double codage (Paivio, 1971, 1986). Selon Schnotz, si les

principes qui sous-tendent la construction des représentations propositionnelles et des modèles de situation sont différents, ils sont toutefois complémentaires. Ainsi, si un modèle de situation a été construit au cours de la lecture du texte, des procédures d'inspection du modèle peuvent être appliquées pour en extraire de nouvelles informations. Le résultat de cette inspection doit être rendu explicite. Les informations nouvelles doivent alors être encodées dans un format propositionnel, puis ajoutées à la représentation propositionnelle qui s'en trouve enrichie sémantiquement. Schnotz suppose ainsi que les représentations propositionnelles et les modèles de situation interagissent continuellement via des processus de construction et d'inspection du modèle.

Dans son modèle, Schnotz décrit également les mécanismes à l'oeuvre dans la perception et la compréhension des illustrations. L'encodage perceptif d'une illustration nécessite deux niveaux de traitements. Au premier niveau, des processus dits 'pré-attentionnels' opèrent en parallèle, de façon automatique et non-consciente pour identifier et discriminer les entités de base du dispositif graphique. Ce sont des processus ascendants, basés sur les données. Au second niveau, les entités graphiques perçues sont combinées en fonction de leur localisation selon les lois de la Gestalt, ce qui requiert une attention focalisée du sujet sur ces différents emplacements. Ce second niveau est sous la dépendance des attentes et des connaissances initiales du sujet. Le résultat de ce traitement perceptif à deux niveaux est une image visuelle structurée.

À partir de cette image visuelle, le modèle mental de la situation illustrée est construit en appariant des entités et relations visuo-spatiales spécifiques à des entités et relations sémantiques spécifiques. Ce processus d'appariement ne prend en compte que les parties du dispositif graphique perçu qui ont été maintenues en mémoire de travail durant la sélection 'thématique', et qui sont pertinentes pour la compréhension. Pour procéder à cet appariement, le sujet peut utiliser les schémas cognitifs qu'il a élaborés en mémoire sur la base de son expérience perceptive de l'environnement, ainsi que ses connaissances sur le monde. Du fait de la symétrie des relations de ressemblance entre les structures visuo-spatiales saillantes et les structures sémantiquement significatives, le processus d'appariement peut intervenir dans les deux directions. En effet, il est possible de former un modèle de situation sur la base d'illustrations, tout comme il est possible de produire des illustrations sur la base d'un modèle de situation.

Le modèle de situation doit être distingué de l'image visuelle à partir de laquelle il a été formé, et ce pour plusieurs raisons. D'une part, il est une représentation dont le format n'est pas spécifique à la modalité sensorielle d'encodage, et en ce sens, il est plus abstrait que l'image visuelle. D'autre part, sa construction nécessite l'intervention de processus descendants orientés par la tâche, et l'intégration d'informations qui ne sont pas représentées dans l'illustration et qui sont par conséquent inférées sur la base des connaissances du sujet. Comme au cours de la compréhension du texte, des procédures d'inspection du modèle de situation qui a été élaboré à partir des informations picturales interviennent pour en extraire de nouvelles informations. Pour pouvoir être verbalisées, ces informations nouvelles doivent être encodées dans un format propositionnel. Elles peuvent donc être utilisées pour élaborer la représentation sémantique du texte. Ainsi, sur la base du modèle de Schnotz (Schnotz & al., 2002), nous pouvons supposer que la

représentation propositionnelle (descriptive) du texte et le modèle (analogique) de la situation évoquée dans le texte interagissent à la fois dans la compréhension du texte et des illustrations qui l'accompagnent à travers un effet réciproque des processus de construction et d'inspection du modèle de situation.

4.1.3. Rôle des illustrations dans la compréhension de textes scientifiques

Il semble y avoir un consensus quant au fait que les illustrations ont un effet bénéfique sur la compréhension de textes (pour une revue de questions à ce sujet, voir Reinwein, 1998). Ainsi, elles améliorent la compréhension des informations illustrées du texte par rapport au texte seul (Levie & Lentz, 1982). De plus, cet effet facilitateur est observé aussi bien pour le texte narratif que pour le texte informatif, et ce alors même que les illustrations fournissent des informations redondantes par rapport au texte (Bétrancourt, 1996). Ainsi, pour les textes informatifs qui sont souvent incomplets et partiellement incompréhensibles, les illustrations ont le rôle de paraphrases ou de définitions verbales.

A partir du modèle de Schnotz (Schnotz & al., 2002) que nous venons de décrire, nous pouvons formuler des hypothèses quant à l'effet des illustrations sur l'apprentissage à partir d'un texte scientifique. Dans ce modèle, l'illustration est définie comme une représentation analogique externe de certains aspects du modèle mental de la situation représentée. Aussi, nous pouvons supposer que l'effet bénéfique des illustrations associées à un texte scientifique s'expliquerait par le fait qu'elles facilitent la construction du modèle de situation, et donc l'intégration des informations nouvelles apportées par le texte aux connaissances initiales du lecteur (van Dijk & Kintsch, 1983).

Plusieurs études ont tenté de montrer la pertinence de ce point de vue. Pour certaines, leur objectif était d'étudier l'effet des illustrations sur les deux niveaux de représentation du texte (i.e., sémantique, situationnel) (van Dijk & Kintsch, 1983). Pour d'autres, il s'agissait de mettre en évidence un effet des illustrations sur la construction *on-line* du modèle de situation.

4.1.3.a Effet des illustrations sur les niveaux de représentation du texte

Dans ce type d'expériences, les tests qui sont utilisés à l'issue de la lecture des textes accompagnés ou non d'illustrations, mettent en jeu soit des informations explicites du texte, soit des informations implicites (des inférences). Ils permettent d'évaluer l'effet des illustrations à la fois sur la représentation propositionnelle du texte et sur le modèle mental de la situation évoquée. Ainsi, pour la plupart, ces recherches ont montré un effet différentiel des illustrations sur ces deux niveaux de compréhension (van Dijk & Kintsch, 1983).

Moore et Skinner (1985) ont étudié l'effet des illustrations sur la compréhension de deux types de textes (un texte concret et un texte abstrait) chez des lecteurs âgés de 12 ans. Les enfants devaient lire les deux textes, soit dans une version illustrée (textes accompagnés de dessins en noir et blanc), soit dans une version non-illustrée. A l'issue de la lecture, la compréhension a été évaluée à l'aide de deux types de questions : [1] des

questions de compréhension littérale, et [2] des questions de type inférentiel qui nécessitaient l'intégration des informations du texte et qui exigeaient de la part du lecteur d'utiliser ses connaissances sur le monde. Les résultats ont montré que pour le texte concret, les sujets affectés à la lecture des versions illustrée et non-illustrée ne se différenciaient pas dans les performances aux deux types de questions. Dans le cas du texte abstrait, les performances aux inférences étaient plus importantes pour les sujets qui ont lu sa version illustrée que pour ceux qui ont lu sa version non-illustrée. En revanche, aucune différence significative entre ces deux groupes n'a été observée pour les questions de compréhension littérale. Ainsi, il semble que le lecteur doit produire davantage d'inférences pour construire un modèle de la situation évoquée par le texte abstrait que pour comprendre le texte concret, et que les illustrations facilitent la mise en oeuvre d'activités inférentielles.

Mayer (1989) s'est interrogé sur la façon de construire un texte scientifique de sorte que les lecteurs puissent être capables d'utiliser les informations acquises à partir de ce texte pour résoudre des problèmes. Selon Mayer (1989), les moyens qui doivent être mis en oeuvre pour améliorer la compréhension de ce type de textes sont ceux qui favorisent la construction d'un modèle mental des systèmes décrits. L'illustration semble être l'un de ces moyens. En effet, l'illustration aide le lecteur à centrer son attention sur les informations pertinentes du texte, et apporte un contexte pour relier les informations du texte. L'auteur suggère que différentes conditions doivent néanmoins être remplies pour qu'une illustration puisse faciliter l'apprentissage à partir de textes scientifiques. Concernant le texte, il doit être de type explicatif, c'est-à-dire décrire une séquence de changements d'état selon un système de causes à effets. Concernant les illustrations qui sont associées à ce type de textes, elles doivent signaler au lecteur les informations explicatives. Elles doivent attirer son attention sur les éléments principaux du système et lui montrer comment un changement d'état d'un de ces éléments peut affecter le changement d'état des autres éléments.

Mayer (1989) a ainsi réalisé une série d'expériences dans lesquelles les sujets lisaient un texte sur le fonctionnement des systèmes de freinage pour automobiles. Ce texte était présenté soit seul, soit accompagné d'illustrations. Parmi ces illustrations, certaines représentaient les parties-clé du système, tandis que d'autres représentaient les changements d'état de chaque partie lorsque le système fonctionnait. D'autre part, les illustrations étaient accompagnées de légendes qui reprenaient les mêmes termes que ceux utilisés dans le texte pour décrire les états et les actions dans le système. La compréhension était évaluée à l'issue de la lecture par trois catégories d'épreuves : [1] une tâche de rappel libre, [2] une épreuve de résolution de problèmes (i.e., questions ouvertes nécessitant l'établissement de connexions logiques), et [3] une épreuve de reconnaissance de phrases littérales et de paraphrases. Les résultats ont montré que les sujets qui ont lu le texte accompagné d'illustrations légendées rappelaient deux fois plus d'informations explicatives que d'informations non-explicatives, comparés à ceux qui ont lu le texte présenté seul. D'autre part, lorsque le texte était illustré, les sujets ont utilisé leur modèle mental de la situation pour produire plus de réponses créatives aux problèmes que ceux n'ayant eu que le texte seul. En revanche, ces deux groupes ne se différenciaient pas dans les performances à la tâche de reconnaissance.

Les résultats de l'expérience de Mayer (1989) montrent donc que les illustrations ont plus d'influence sur le modèle de situation que sur la représentation propositionnelle du texte. Par conséquent, nous pouvons supposer que les illustrations devraient favoriser davantage l'intégration des informations apportées par le texte aux connaissances des lecteurs que la construction d'une représentation cohérente de la signification du texte.

4.1.3.b Effet des illustrations sur la construction *on-line* du modèle de situation

Gyselinck (1995, 1996) s'est intéressée au rôle des illustrations sur la construction *on-line* du modèle mental de la situation évoquée par un texte. Elle a ainsi mené une série de quatre expériences, durant lesquelles les sujets lisaient des textes à visée didactique qui expliquaient des notions simples de physique-chimie (e.g., pression atmosphérique) ainsi que leurs relations causales et temporelles. Les textes étaient présentés soit seuls, soit accompagnés d'illustrations (chaque phrase du texte était illustrée). L'état des représentations a été testé d'une part, durant la lecture (test *on-line*), et d'autre part, immédiatement après la lecture (test *off-line*), par le biais de deux types de questions : [1] des questions qui mettaient en jeu des paraphrases du texte et qui évaluaient la représentation sémantique du texte, et [2] des questions qui mettaient en jeu des inférences et qui évaluaient le modèle mental de la situation décrite. Les résultats aux tests *on-line* et *off-line* ont indiqué que les pourcentages et les temps de réponses correctes aux questions étaient meilleurs dans la condition 'texte illustré' que dans la condition 'texte seul'. De plus, la différence de performances entre les deux conditions était plus importante pour les questions de type 'paraphrases' que pour celles de type 'inférences'. En conséquence, les illustrations facilitent le traitement du texte, et plus particulièrement la construction *on-line* du modèle de situation.

A l'aide de mesures des fixations oculaires, Hegarty et Just (1989) ont étudié la façon dont les sujets pouvaient utiliser un diagramme durant la lecture pour construire un modèle mental du système décrit par un texte. Les auteurs ont présenté à des sujets des textes portant sur la structure et le fonctionnement de systèmes de poulies, chaque texte étant accompagné d'un diagramme qui représentait la configuration du système. Deux types de textes ont été ainsi construits qui différaient par leur longueur. Dans les textes longs, les relations spatiales entre les composants des systèmes étaient décrites à la fois aux niveaux verbal et pictural. Dans les textes courts, seuls les diagrammes apportaient des informations sur l'organisation spatiale des systèmes. Trois catégories d'inspections visuelles du diagramme ont été ainsi mesurées durant la lecture : [1] des inspections dites de *formation*, [2] des inspections dites de *réactivation*, et [3] des inspections dites d'*élaboration*. Ces trois types d'inspections visuelles se distinguent par leur rôle respectif dans la construction de la représentation de la situation ainsi que par les éléments du diagramme qu'elles concernent. Ainsi, les inspections de formation interviennent au cours de l'encodage des informations (spatiales) et la vérification de la représentation construite d'après le texte. Les éléments du diagramme qui sont alors observés sont ceux dont il est question dans la dernière phrase lue du texte. Les inspections de réactivation permettent de récupérer en mémoire la représentation du texte qui a été précédemment formée. Dans ce cas, le sujet examine les éléments du diagramme qui ont été mentionnés juste

avant la dernière phrase traitée du texte. Enfin, les inspections d'élaboration ont pour rôle d'encoder de nouvelles informations à partir des éléments du diagramme dont il n'a pas été question dans le texte. Les données recueillies ont montré un plus grand nombre d'inspections visuelles du diagramme pour les sujets qui ont lu la version longue des textes que pour ceux qui ont lu la version courte. Ainsi, le diagramme est principalement utilisé par les lecteurs pour vérifier le modèle mental en cours de formation.

Les résultats des recherches *on-line* nous permettent donc de faire l'hypothèse selon laquelle la présence d'illustrations dans le texte devrait encourager les lecteurs à effectuer un traitement plus approfondi du texte et à produire plus d'inférences sur la base de leurs connaissances en mémoire. Ceci devrait alors se manifester par des temps de lecture plus longs du texte, et des temps de réponse plus courts au test à l'issue de la lecture.

4.1.3.c Les facteurs qui influencent l'intégration 'texte-illustrations'

Comme nous l'avons déjà dit dans l'introduction, les questions que nous nous sommes posées dans le cadre des troisième et quatrième expériences, concernaient l'influence de trois facteurs sur l'apprentissage à partir d'un texte scientifique illustré : [1] le niveau d'expertise initial des lecteurs (experts et débutants) dans le domaine abordé par le texte scientifique (le neurone) ; [2] la catégorie sémantique des informations illustrées du texte (états ou événements) ; et [3] la place des illustrations dans le déroulement de la lecture du texte (illustrations placées avant, en même temps, ou après les informations verbales correspondantes). Nous allons présenter les résultats de recherches antérieures à partir desquels nous avons élaboré nos hypothèses quant à l'effet des illustrations en interaction avec ces facteurs.

Relation entre les illustrations et le niveau d'expertise initial du lecteur

Des études confortent l'idée selon laquelle les débutants dans le domaine décrit par le texte bénéficient davantage des illustrations que les experts. Ainsi, dans l'expérience de Dean et Enemoh (1983), deux groupes d'étudiants universitaires, dont les connaissances initiales en géologie étaient jugées élevées ou faibles sur la base d'un pré-test, ont étudié un texte sur un thème en géologie (i.e., sur les méandres) qui était soit présenté seul, soit accompagné d'une photographie qui lui était reliée. Dans la version illustrée, la photographie était placée soit avant, soit après le texte. L'effet du matériel expérimental a été testé par une tâche de rappel écrit libre. Les résultats ont ainsi montré que pour les débutants, le nombre d'informations correctement rappelées était plus important dans la condition où la photographie a été présentée avant le texte que dans les deux autres conditions (i.e., texte seul, photo après texte). Pour les experts, aucune différence dans les performances de rappel n'a été observée entre les trois conditions de lecture du texte. L'effet bénéfique des illustrations n'a donc été mis en évidence que pour les sujets avec peu de connaissances sur le thème évoqué dans le texte. Les experts semblent être capables de mettre en oeuvre des activités d'imagerie mentale pour construire une représentation de la situation à partir du texte présenté seul.

Contrairement aux résultats de l'expérience de Dean et Enemoh (1983), Reid et Beveridge (1986) ont mis en évidence un effet facilitateur de la version illustrée d'un texte

plus important pour les experts que pour les débutants. Dans cette expérience, les connaissances initiales (i.e., élevées, plutôt élevées, plutôt faibles, faibles) d'élèves du secondaire en biologie ont été évaluées sur la base d'indices scolaires (indices utilisés par les professeurs pour observer l'évolution de leurs élèves en sciences). Après la lecture d'un texte en biologie qui a été présenté avec ou sans illustrations techniques (diagrammes), les élèves ont répondu à des questions qui référaient à des informations fournies dans le texte uniquement, dans les diagrammes uniquement ou dans les deux médias. L'effet de l'interaction entre les connaissances initiales des sujets et le mode de présentation n'a été observé que pour les questions sur les informations évoquées aussi bien dans le texte que dans les diagrammes. Pour les experts, la proportion de réponses correctes à ce type de questions était plus élevée dans la condition 'version illustrée' que dans la condition 'version non-illustrée', tandis que l'inverse a été observé pour les sujets avec des connaissances initiales plutôt faibles ou faibles. Il semble donc que la tâche d'intégrer en un tout cohérent les représentations descriptive et figurative d'une même information est difficile et coûteuse pour les débutants. En effet, Bétrancourt (1996) rapporte que lorsqu'une information est présentée selon deux canaux différents (texte et illustrations), les débutants ont tendance à bloquer le canal le moins familier et à se concentrer sur le plus familier (en l'occurrence le texte). Il semble, en revanche, que les experts traitent plus activement les informations lorsqu'elles sont issues de deux sources différentes.

Hegarty et Just (1989) ont un avis plus nuancé quant à l'effet de l'interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et le mode de présentation (illustré, non-illustré). Selon eux, les experts profiteraient davantage des illustrations dans le cas où ils peuvent en extraire de nouvelles informations (qui ne sont pas fournies dans le texte) pour enrichir leur modèle de situation. En revanche, les illustrations seraient bénéfiques aux débutants lorsqu'elles peuvent les aider à comprendre et à encoder les informations du texte. Ainsi, pour les experts, nous pouvons supposer que les illustrations devraient favoriser davantage la construction d'un modèle approprié de la situation évoquée que la construction de la représentation sémantique du texte, tandis que l'inverse devrait être observé pour les débutants.

Le type d'informations illustrées du texte

Des résultats expérimentaux sont en accord avec l'idée selon laquelle il est préférable d'illustrer certaines informations plutôt que d'autres. Ainsi, les illustrations sont plus efficaces lorsqu'elles représentent les idées importantes du texte plutôt que les détails (Waddill, & McDaniel, 1992) ou lorsqu'elles représentent à la fois les entités décrites dans le texte et les relations entre ces entités plutôt que les entités uniquement (Gyselinck, 1995, 1996).

Par ailleurs, en ce qui concerne la compréhension de textes explicatifs sur la structure et le fonctionnement de systèmes scientifiques, deux types d'informations qui peuvent faire l'objet d'illustrations, sont généralement distinguées : [1] des informations qui portent sur les aspects statiques des systèmes et décrivent les relations spatiales entre leurs composants (i.e., informations configurationnelles), et [2] des informations qui renvoient aux aspects dynamiques des systèmes et décrivent les processus (i.e.,

informations cinétiques). Mayer et Gallini (1990) ont ainsi réalisé une série de trois expériences dans l'objectif d'étudier l'effet différentiel de trois types d'illustrations sur la construction du modèle mental d'un système de pompage : [1] des illustrations des parties du système, [2] des illustrations des étapes du processus de pompage, et [3] des illustrations qui représentaient à la fois les parties et le processus. Les auteurs ont montré qu'en présence d'illustrations qui ne présentaient qu'un seul type d'informations (parties ou processus), les sujets étaient incapables de résoudre des problèmes de transfert sur le système. D'après ce résultat, il serait donc nécessaire d'illustrer à la fois les aspects statiques et dynamiques du système pour améliorer l'apprentissage.

Hegarty et Just (1993) ne partagent pas ce dernier point de vue, et rapportent que si les lecteurs peuvent inférer les relations spatiales entre les composants du système aussi bien du texte que des illustrations, ils ont toutefois besoin de la présence des deux médias pour construire une représentation appropriée de la cinématique du système. Par conséquent, les auteurs suggèrent qu'il vaudrait mieux illustrer les événements plutôt que les états relatifs au système à acquérir. Les résultats de notre deuxième expérience, semblent pourtant soutenir l'inverse. L'un des buts de cette expérience était d'étudier l'effet de la tâche proposée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (résumé versus schéma) sur l'apprentissage à partir d'un texte subséquent. Les résultats ont montré que l'effet de ce facteur est fonction de la catégorie sémantique des informations à acquérir. Ainsi, la tâche de résumé qui se base sur une représentation descriptive (sémantique) de l'organisateur initial semble être plus bénéfique à la mémorisation des événements que qu'à celle des états qui spécifient le domaine abordé (le neurone). Le pattern inverse a été observé pour la tâche de schéma qui s'appuie sur une représentation analogique (i.e., situationnelle) de l'organisateur initial. Aussi, ces résultats nous conduisent à supposer que les illustrations devraient être plus efficaces lorsqu'elles représentent les états plutôt que les événements du domaine décrit.

La place des illustrations dans le déroulement de la lecture

La fonction des illustrations diffère en fonction de la place qu'elles occupent dans le déroulement de la lecture (illustrations placées avant, en même temps ou après leur description verbale) :

- **Placée avant le texte**, l'illustration joue le rôle d'organisateur initial de connaissances et prépare le lecteur à centrer son attention sur des informations spécifiques du texte.

- **Placée après le texte**, l'illustration a plutôt une fonction synoptique : elle synthétise et réorganise les informations lues du texte.

- **Placée pendant le texte**, elle permet de le représenter en chaque point.

Plusieurs chercheurs (Dean & Enemoh, 1983 ; Mayer & Anderson, 1991, 1992) se sont ainsi interrogées sur le type d'agencement temporel entre l'illustration et la description verbale qui pourrait correspondre le mieux aux impératifs ergonomiques en lecture. Dans

l'expérience de Dean et Enemoh (1983), l'ordre de présentation du texte sur les méandres et de la photo qui lui était reliée variait : soit la photo précédait le texte, soit elle le succédait. Les résultats ont montré que les sujets qui ont lu le texte après avoir étudié la photo avaient des performances de rappel supérieures à celles des sujets qui ont vu la photo après le texte. L'illustration serait donc d'autant plus efficace qu'elle fournit un cadre de connaissances à partir duquel les informations du texte peuvent être instanciées. En revanche, l'illustration serait moins bénéfique lorsqu'elle est placée après car, selon Bétrancourt (1996), cette condition n'inciterait pas les lecteurs à porter leur attention sur l'illustration.

A l'inverse de Dean et Enemoh (1983), Mayer et Anderson (1991, 1992) considèrent que les sujets bénéficient davantage d'un document 'multimédia' dans lequel les illustrations et leurs explications verbales sont présentées de façon contiguë (et non isolées les unes des autres) dans le temps ou l'espace. Cet argument repose sur la théorie du double codage (Paivio, 1971, 1986) selon laquelle la compréhension d'un document 'multimédia' nécessite la construction de liens référentiels entre le modèle mental basé sur le texte et celui basé sur les illustrations. Pour que de tels liens puissent être construits, le sujet doit pouvoir maintenir ces deux modèles mentaux simultanément en mémoire de travail (celui basé sur le texte dans la boucle phonologique et celui basé sur les illustrations dans le calepin visuo-spatial). Etant donné les capacités limitées de la mémoire de travail, la tâche du sujet serait moins coûteuse lorsque les informations textuelles et figuratives sont présentées en même temps (Mayer & al., 1999). Pour tester l'hypothèse relative au principe de contiguïté, Mayer et Anderson (1992) ont comparé cinq conditions : [1] animation et explication concurrentes, [2] animation et explication successives, [3] animation seule, [4] explication seule, [5] sans explication (contrôle). Au rappel, les plus faibles performances ont été obtenues par le groupe 'contrôle'. A la résolution d'inférences, les meilleurs scores ont été obtenus par le groupe 'concurrent', tandis que les autres groupes ne différaient pas les uns des autres. Les auteurs ont conclu que lorsque l'animation et l'explication ne sont pas présentées simultanément dans le temps, les lecteurs ne peuvent pas construire de liens référentiels ce qui explique pourquoi ils apprennent aussi peu que ceux qui n'ont reçu aucune explication.

Tout comme les précédents auteurs, nous supposons également que l'intégration en une représentation unifiée d'informations issues de deux sources différentes est un processus qui mobilise de nombreuses ressources cognitives. Nous sommes donc en accord avec l'idée selon laquelle la présentation simultanée (dans le temps et l'espace) des deux sources (informations verbales et illustrations) permet de réduire la charge en mémoire. Dans les troisième et quatrième expériences, nous nous sommes centrées plus particulièrement sur l'effet de la relation entre le niveau d'expertise initial des lecteurs et la disposition temporelle des illustrations dans le texte, puisque cette relation n'a pas fait l'objet de recherches antérieures. Ainsi, nous faisons l'hypothèse selon laquelle les experts et les débutants devraient moins se différencier à l'issue de la lecture d'un texte dans lequel les illustrations sont présentées en même temps que leurs descriptions verbales. Les illustrations devraient être plus bénéfiques aux débutants qu'aux experts lorsqu'elles sont placées avant les informations verbales qui leur sont reliées, tandis que l'inverse devrait être observé dans la condition où les illustrations sont présentées après

leurs correspondants textuels. Placées avant les informations textuelles, les illustrations apporteraient aux débutants des connaissances pertinentes pour la compréhension du contenu sémantique. Placées après les informations textuelles, elles encourageraient les experts à effectuer un traitement plus actif ('situationnel') des informations à acquérir.

4.2. EXPERIENCE 3 Intégration des informations nouvelles aux connaissances acquises à partir d'un organisateur initial : Effet du Niveau d'expertise initial des lecteurs et de la Catégorie sémantique des informations illustrées

4.2.1. Objectifs

Deux principaux objectifs ont motivé notre troisième expérience. Le premier consistait à étudier l'effet des illustrations analogiques (schémas) sur l'apprentissage d'un domaine scientifique (le neurone) à l'aide de textes informatifs. Le second était de rendre compte de l'existence de deux modes d'intégration en mémoire des informations évoquées dans le texte, à savoir l'incorporation et la compartimentalisation (Cf. Potts & Peterson, 1985 ; Potts & al., 1989)

La première piste de travail a émergé des résultats de la deuxième expérience quant à l'effet de la tâche consécutive à la lecture de l'organisateur initial (résumé versus schéma) sur la compréhension d'un texte d'apprentissage subséquent. Dans le modèle d'acquisition de connaissances à partir de textes et d'illustrations de Schnotz (Schnotz & al., 2002), le résumé est considéré comme une représentation descriptive de l'organisateur initial, le schéma comme une représentation figurative. Les résultats de notre deuxième expérience (Cf. chapitre 3) ont montré que, comparés aux débutants, les experts tirent davantage profit d'une tâche qui les incite, à l'issue de la première phase de lecture, à former une représentation figurative du domaine. La représentation des états du domaine semble être également plus précise dans la condition où les sujets ont construit, à l'issue de la première phase de lecture, une représentation du domaine de nature figurative plutôt que descriptive. En revanche, l'inverse a été observé pour la représentation des événements du domaine. A partir de ces résultats ainsi que des travaux antérieurs sur le rôle des illustrations dans la compréhension de textes scientifiques, nous avons fait l'hypothèse selon laquelle l'effet des illustrations devrait être fonction des connaissances initiales des lecteurs (experts, débutants) et de la catégorie sémantique des informations illustrées (états, événements).

Notre second objectif était d'approfondir nos connaissances sur les mécanismes à l'oeuvre dans l'apprentissage à partir d'un texte scientifique. Dans nos précédentes expériences, les épreuves que nous avons utilisées (e.g., vérification des inférences,

reconnaissance d'énoncés) ne rendent compte que de la précision et de l'accessibilité de la représentation mentale à l'issue de la lecture du texte. Il nous a semblé ainsi pertinent d'étudier plus précisément les processus qui sous-tendent l'intégration en mémoire des informations évoquées par le texte. Pour Potts et Peterson (1985), il existerait deux modes d'intégration des informations apportées par un texte en mémoire permanente : soit elles s'incorporeraient directement à la base des connaissances initiales, soit elles formeraient un sous-groupe unique et isolé de la base. Dans un modèle en réseau de la mémoire permanente (e.g., le modèle ACT proposé par Anderson, 1983), il y aurait compartimentalisation lorsque le poids des connexions internes (i.e., qui relient les informations du texte entre elles) est plus élevé que celui des connexions externes (i.e., qui relient les informations du texte aux connaissances initiales). L'incorporation supposerait que les connexions internes et externes ne diffèrent pas en termes de poids. Pour mesurer le poids de ces deux types de connexions (internes, externes), nous avons utilisé un paradigme d'amorçage qui a été inspiré de la tâche de reconnaissance amorcée de van den Broek et Lorch (1993). Deux principales conditions d'amorçage ont été ainsi comparées. Les cibles relatives à des informations nouvelles (i.e., évoquées par un texte d'apprentissage) étaient précédées soit par des amorces relatives à des connaissances initiales (i.e., acquises à partir d'un organisateur initial) dans la première condition, soit par des amorces relatives à des informations nouvelles dans la seconde condition. Ainsi, la première condition permettait d'évaluer le poids des connexions externes, la seconde le poids des connexions internes. Etant donné les résultats des précédentes expériences, nous nous attendons à ce que le mode d'intégration en mémoire soit fonction d'une part, des connaissances initiales des lecteurs et d'autre part, de la catégorie sémantique des informations nouvelles. Précisément, les experts devraient avoir tendance à directement incorporer les informations évoquées par le texte, tandis que les débutants devraient plutôt les compartimentaliser. D'autre part, les états qui décrivent le domaine devraient être des informations plus fortement reliées aux connaissances initiales des lecteurs, comparés aux événements.

4.2.2. Méthode

4.2.2.a Matériel

Le domaine de connaissances

Le domaine de connaissances consistait en la description des caractéristiques électriques et ioniques des potentiels de repos et d'action qui ont pour siège la membrane du neurone. Ces deux phénomènes ont déjà fait l'objet d'une présentation détaillée dans le cadre de nos deux précédentes expériences (Cf. chapitre 3, p.108).

L'organisateur initial

Durant une première phase de lecture, les participants devaient étudier un organisateur initial dont la fonction était de leur apporter des connaissances générales sur les

propriétés électriques et les déterminismes ioniques des potentiels de repos et d'action évoqués par le texte d'apprentissage subséquent. L'organisateur initial que nous avons ainsi construit était constitué de deux paragraphes, le premier se rapportant au potentiel de repos, le second au potentiel d'action. Chaque paragraphe contenait quatre phrases qui référaient soit à un état ($n = 2$), soit à un événement ($n = 2$) relatif au phénomène considéré. Le nombre de syllabes par phrase variait entre 38 et 52. Dans chaque paragraphe, le cycle de présentation des phrases consistait en l'alternance d'un état et d'un événement. L'organisateur initial qui a été proposé était le suivant :

L'organisateur initial présenté lors de la première phase d'apprentissage :

- **Au repos, les charges électriques positives et négatives sont réparties de façon inégale entre les milieux intérieur et extérieur que sépare la membrane du neurone. (ETAT)**
- **Une force électrique d'attraction qui est due à la négativité de l'intérieur du neurone provoque la diffusion passive des ions positifs (sodium et potassium) à travers la membrane. (EVENEMENT)**
- Au repos, la tension électrique du neurone tire son origine d'une inégalité de concentration des ions positifs (sodium et potassium) entre les milieux intérieur et extérieur. **(ETAT)**
- Une force osmotique qui permet la diffusion passive des ions positifs (sodium et potassium) vers le milieu où ils sont les moins concentrés provoque la sortie du potassium. **(EVENEMENT)**
- Sous l'effet d'une stimulation du neurone par un courant électrique, les pôles négatifs et positifs de la membrane sont inversés : c'est le potentiel d'action. **(ETAT)**
- Au cours de la phase ascendante du potentiel d'action (dépolérisation), la tension électrique du neurone augmente parallèlement à une entrée du sodium. **(EVENEMENT)**

La vérification des inférences

Immédiatement après avoir effectué soit le résumé, soit le schéma, les sujets devaient juger de la véracité de 16 énoncés de type inférence qui étaient en relation avec les informations de l'organisateur initial. Cette épreuve nous permettait d'étudier le contenu du modèle de situation construit durant la première phase de lecture. Les inférences étaient réparties de façon égale sur les deux thèmes évoqués par l'organisateur initial : 8 énoncés portaient sur le potentiel de repos, 8 sur le potentiel d'action (Cf. annexe 3.3) (le nombre de syllabes par énoncé variait entre 23 et 33). Pour chaque thème, nous avons construit deux types d'inférences en fonction de la catégorie sémantique à laquelle ces inférences appartenaient. Pour les inférences sur le potentiel de repos, 4 référaient à des états (dont 2 donnaient lieu à une réponse 'vraie', et 2 à une réponse 'fausse'), et 4 référaient à des événements (dont 2 vraies et 2 fausses). Il en était de même pour les inférences sur le potentiel d'action. Pour chaque thème, nous présentons deux exemples d'inférences de type état (1 vraie, 1 fausse) ainsi que deux exemples d'inférences de type

événement (1 vraie, 1 fausse) :

Le potentiel de repos : Deux inférences - ETAT

- Au repos, le milieu externe proche de la membrane du neurone est chargé positivement. (**VRAIE**)
- Au repos, il y a autant de charges positives à l'intérieur du neurone qu'à l'extérieur. (**FAUSSE**)

Le potentiel d'action : Deux inférences - ETAT

- Sous l'effet de la stimulation, l'intérieur du neurone devient chargé positivement. (**VRAIE**)
- L'accroissement de la force de la stimulation n'a pas d'effet sur l'état du neurone. (**FAUSSE**)

Le potentiel de repos : Deux inférences - EVENEMENT

- Au repos, les charges positives du milieu extérieur repoussent les ions positifs. (**VRAIE**)
- Au repos, une faible concentration de sodium à l'extérieur du neurone provoque une sortie du potassium. (**FAUSSE**)

Le potentiel d'action : Deux inférences - EVENEMENT

- Sous l'effet de la stimulation, les charges positives se déplacent vers l'intérieur de la membrane du neurone. (**VRAIE**)
- Au cours de la stimulation, les charges négatives du milieu intérieur se déplacent vers le milieu extérieur. (**FAUSSE**)

Les textes d'apprentissage

Durant une seconde phase de lecture, les sujets devaient lire un texte d'apprentissage qui décrivait les potentiels de repos et d'action plus précisément que l'organisateur initial. Le texte d'apprentissage apportait ainsi des informations nouvelles sur la valeur des potentiels évoqués, ainsi que sur la nature et la concentration des ions impliqués. Comme l'organisateur initial, le texte d'apprentissage comportait deux paragraphes, un paragraphe par phénomène (Cf. annexe 3.4). Chaque paragraphe était composé de quatre phrases qui référaient soit à des états ($n = 2$), soit à des événements ($n = 2$). Le nombre de syllabes par phrase variait entre 36 et 54. Dans chaque paragraphe, le cycle de présentation des phrases consistait en l'alternance d'un état et d'un événement.

Le texte d'apprentissage était présenté soit seul, soit accompagné d'illustrations analogiques (i.e., schémas). Dans le but d'étudier l'effet de la catégorie sémantique des informations illustrées sur la lecture et l'apprentissage, nous avons construit deux versions illustrées du texte d'apprentissage. Ainsi, dans la première version, seules les phrases sur

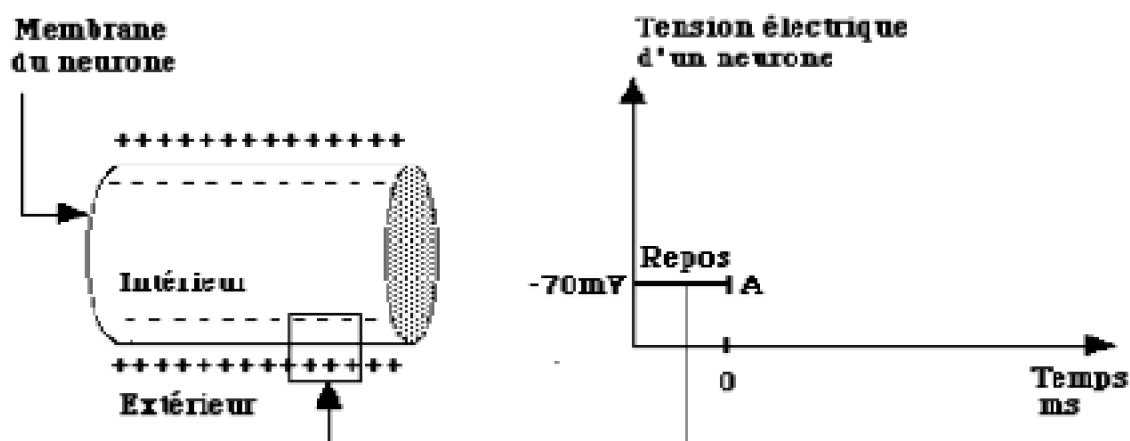
les états étaient illustrées (i.e., version avec 'états illustrés'), tandis que dans la seconde, seules les phrases sur les événements étaient illustrées (i.e., version avec 'événements illustrés').

Dans les illustrations qui étaient relatives à des états, la disposition des charges (positives, négatives) et des ions (sodium, potassium) de part et d'autre de la membrane du neurone était représentée, tandis qu'un graphe bidimensionnel précisait la valeur du potentiel considéré et son déroulement temporel. Dans les illustrations qui étaient relatives à des événements, le déplacement des charges et des ions vers les milieux intérieur et extérieur du neurone était signifié par des flèches. Dans les deux versions illustrées du texte, chaque illustration était présentée en même temps que sa description verbale, et était située au-dessus d'elle (dans une zone encadrée).

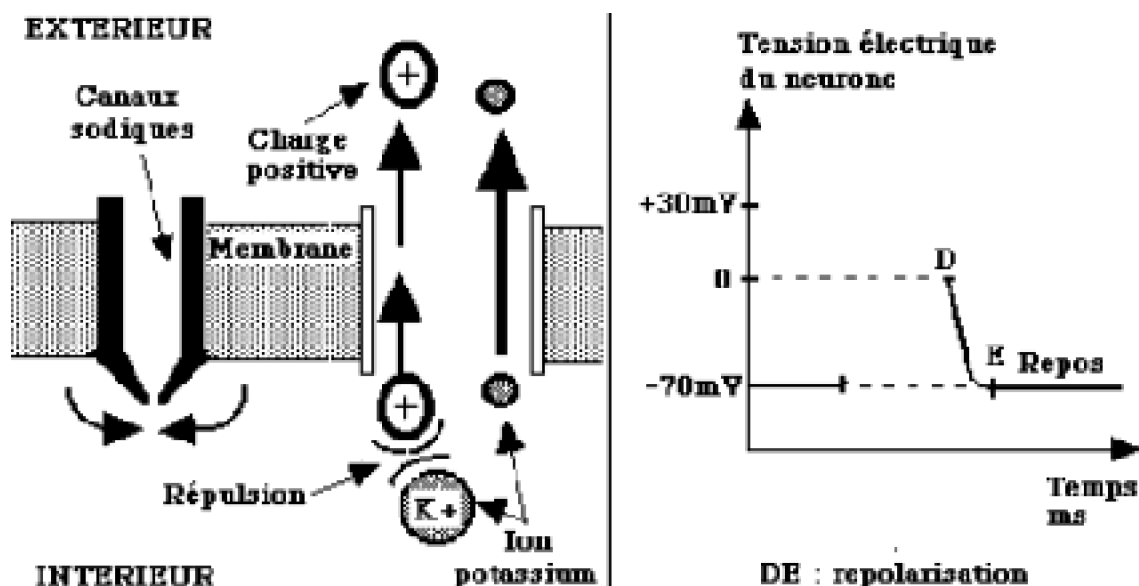
Nous présentons le texte d'apprentissage ainsi que deux exemples d'illustrations (i.e., l'une relative à un état, l'autre relative à un événement) qui l'accompagnaient :

Le texte d'apprentissage présenté lors de la seconde phase d'apprentissage :

- Au repos, la tension électrique (-70 mV) qui existe de part et d'autre de la membrane s'explique par le fait que l'extérieur est positif par rapport à l'intérieur du neurone. **(ETAT)**
- Une force électrique de répulsion qui est due à la positivité de l'extérieur du neurone provoque le déplacement passif du potassium (ions positifs) vers le milieu intérieur. **(EVENEMENT)**
- Au repos, du fait d'une perméabilité membranaire relativement faible pour l'ion Na⁺, la concentration en sodium est 20 fois plus faible à l'intérieur du neurone qu'à l'extérieur. **(ETAT)**
- Une pompe à Na⁺/K⁺ (une protéine de la membrane) rejette activement le sodium qui a tendance à rentrer passivement dans le neurone sous l'effet de la force osmotique. **(EVENEMENT)**
- Lors d'une excitation, la membrane du neurone est dépolarisée : l'extérieur devient négatif par rapport à l'intérieur du neurone.
- **(ETAT)**
- L'ouverture des canaux sodiques provoque un flux de sodium dans le neurone dont la vitesse s'accroît parallèlement à l'augmentation de la force de l'excitation initiale. **(EVENEMENT)**
- Le flux du potassium vers l'extérieur du neurone reste constant, et les canaux sodiques se maintiennent grands ouverts jusqu'à ce que la tension électrique ait atteint +30mV. **(ETAT)**
- Les canaux sodiques se ferment, et la sortie du potassium crée un déplacement de charges positives vers le milieu extérieur jusqu'au rétablissement de la tension de repos (-70 mV). **(EVENEMENT)**



Une phrase-ETAT du texte et son ILLUSTRATION : Au repos, la tension électrique (-70 mV) qui existe de part et d'autre de la membrane s'explique par le fait que l'extérieur est positif par rapport à l'intérieur du neurone.



Une phrase-EVENEMENT du texte et son ILLUSTRATION : Les canaux sodiques se ferment, et la sortie du potassium crée un déplacement de charges positives vers le milieu extérieur jusqu'au rétablissement de la tension électrique de repos (-70mV).

La tâche de reconnaissance amorcée

Cette épreuve avait pour objectif de tester l'existence de deux modes d'intégration des informations apportées par le texte d'apprentissage aux connaissances acquises à partir de l'organisateur initial : l'incorporation et la compartimentalisation (Cf. Potts & Peterson, 1985 ; Potts & al., 1989). Pour les trois versions du texte d'apprentissage (les deux versions illustrées et le texte seul), nous avons ainsi construit 16 paires d'amorces et de cibles qui étaient des énoncés se rapportant aux potentiels de repos et d'action évoqués (Cf. annexe 3.5).

Deux types de cibles ont été proposés : des cibles 'vraies' qui correspondaient à des

paraphrases du texte d'apprentissage ($n = 8$), et des cibles distractrices qui n'étaient pas dans le texte d'apprentissage ($n = 8$). Pour chaque type de cibles, 4 faisaient référence à des états, 4 à des événements ($n = 4$) (le nombre de syllabes par cible variait entre 23 et 40). Nous présentons, à titre d'exemples, des cibles vraies et distractrices pour les deux catégories sémantiques considérées :

Deux exemples de cibles - ETAT

- Au repos, les charges positives sont à l'extérieur et les charges négatives à l'intérieur du neurone. (**VRAIE**)
- La variation du potentiel électrique reste localisée au niveau de la zone de la membrane du neurone stimulée. (**DISTRACTRICE**)

Deux exemples de cibles - EVENEMENT

- Il y a fermeture des canaux sodiques jusqu'au retour du potentiel de repos (-70 mV). (**VRAIE**)
- Immédiatement après la réponse du neurone à la stimulation, la pompe fonctionne en accéléré pour rétablir l'état ionique initial. (**DISTRACTRICE**)

Pour chaque cible, deux types d'amorces ont été élaborées. Des amorces 'anciennes' ($n = 8$) qui étaient des paraphrases de l'organisateur initial et qui faisaient référence à des connaissances préexistantes en mémoire avant la lecture du texte d'apprentissage. Ensuite, des amorces 'nouvelles' ($n = 8$) qui étaient des paraphrases du texte d'apprentissage et qui correspondaient à des informations nouvellement acquises. Pour chaque type d'amorces ('anciennes' et 'nouvelles'), des énoncés décrivaient des états ($n = 4$), d'autres des événements ($n = 4$). Nous présentons à titre d'exemples, des amorces anciennes et nouvelles pour les deux catégories sémantiques considérées :

Deux exemples d'amorces-ETAT

- Au repos, il y a une distribution inégale des charges électriques positives et négatives de part et d'autre de la membrane du neurone. (**ANCIENNE**)
- Jusqu'à un potentiel électrique égal à +30 mV, la vitesse de déplacement du potassium vers l'extérieur reste stable. (**NOUVELLE**)

Deux exemples d'amorces-EVENEMENT

- Au repos, la négativité intracellulaire génère une force électrique qui attire les ions positifs (sodium et potassium). (**ANCIENNE**)
- Jusqu'au retour du potentiel de repos (-70 mV), les charges positives sont expulsées vers l'extérieur du neurone (**NOUVELLE**)

Pour rendre compte de l'existence des deux modes d'intégration (incorporation et

compartimentalisation) des informations du texte d'apprentissage en mémoire à long-terme, nous avons comparé deux conditions expérimentales :

Une condition dans laquelle **les cibles vraies étaient précédées d'amorces anciennes**. Elle permettait d'évaluer le poids des connexions externes et donc de tester l'incorporation des informations nouvelles du texte aux connaissances initiales.

Une condition dans laquelle **les cibles vraies étaient précédées d'amorces nouvelles**. Elle permettait d'évaluer le poids des connexions internes et par conséquent de tester la compartimentalisation des informations nouvelles du texte.

4.2.2.b Dispositif expérimental

La passation a été effectuée sur un ordinateur de type Macintosh Ilci pour les tâches de lecture, de vérification des inférences et de reconnaissance. L'expérience a été mise au point à partir du logiciel PsyScope (Cohen & al., 1993). Les temps de lecture, de vérification des inférences et de reconnaissance, les réponses à la vérification des inférences ainsi qu'à la reconnaissance étaient automatiquement enregistrés. Seule la tâche proposée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (résumé versus schéma) a été réalisée selon une procédure papier-crayon.

4.2.2.c Sujets

Quatre-vingt quatre étudiants de l'Université Lyon II, ont participé volontairement à cette expérience. Ces étudiants étaient répartis en deux groupes en fonction de leur niveau de connaissances initiales sur le domaine : 42 experts, et 42 débutants. Le domaine décrivait les caractéristiques électriques et ioniques des potentiels de repos et d'action qui ont pour siège la membrane du neurone. Un questionnaire écrit (Cf. annexe 3.1) permettait de répartir les sujets dans un groupe de connaissances. Les experts étaient capables de définir de façon précise chaque phénomène considéré, c'est-à-dire d'apporter des informations exactes sur leur valeur respective, sur les répartitions électrique et ionique qui leur sont spécifiques, et sur les mouvements ioniques qui sont à leur origine. Chaque groupe d'expertise était réparti en 6 sous-groupes de 7 sujets affectés à l'une des 6 conditions qui résultaient du croisement des facteurs Tâche effectuée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (Résumé, Schéma) et Mode de présentation du texte d'apprentissage (Seul, avec Etats illustrés, avec Evénements illustrés).

4.2.2.d Procédure et consignes

Les participants étaient testés individuellement, dans une salle insonorisée, au Laboratoire d'Etudes des Mécanismes Cognitifs de l'Université Lyon II. L'expérience durait 45 mn et était divisée en 4 phases : [1] l'étude de l'organisateur initial ; [2] la réalisation de tests de mémoire (résumé ou schéma) et de compréhension (vérification d'inférences) à l'issue de l'étude de l'organisateur initial ; [3] la lecture du texte

d'apprentissage ; et (4) la reconnaissance amorcée :

Phase 1. Les participants étaient informés, par une consigne générale affichée sur l'écran de l'ordinateur, des épreuves à effectuer et de leur ordre. Puis, ils lisaient sur ordinateur, en temps libre et phrase par phrase, l'organisateur initial avec pour objectif d'acquérir des connaissances sur le neurone. Au préalable, une consigne les renseignait sur l'auto-présentation des phrases, et les avertissait de l'impossibilité de revenir en arrière une fois la phrase disparue.

Phase 2. Immédiatement après la première lecture, les sujets effectuaient sur papier soit un résumé de l'organisateur initial, soit un schéma qui devait représenter les informations lues qu'ils jugeaient importantes. Pour réaliser le résumé qui est une représentation descriptive de l'organisateur initial, les sujets devaient avoir construit une représentation propositionnelle du texte. Pour réaliser le schéma qui est une représentation figurative de l'organisateur initial, les sujets devaient se baser sur un modèle mental (de situation). Ce test de mémoire était limité à 10 minutes. Le modèle de situation construit au cours de la première phase de lecture était ensuite évalué à l'aide de la tâche de vérification d'inférences. Les sujets devaient juger le plus justement et le plus rapidement possible si les énoncés qui apparaissaient au centre de l'écran étaient vrais ou faux par rapport à ce qu'ils avaient précédemment lu. Ainsi, les sujets devaient appuyer sur la touche '1' du clavier numérique lorsque l'énoncé présenté leur semblait correct, ou sur la touche '2' lorsqu'il leur semblait incorrect. L'appui sur les touches '1' ou '2' faisait disparaître l'inférence vérifiée et apparaître la suivante. Nous avons pris soin qu'il n'y ait jamais plus de deux inférences de même catégorie sémantique (état, événement) consécutives.

Phase 3. Immédiatement après la vérification des inférences, les participants lisaient la version du texte d'apprentissage à laquelle ils étaient affectés (seul, avec états illustrés, avec événements illustrés). La consigne spécifiait que ce texte différait de celui présenté dans la première phase de l'expérience d'une part, parce qu'il apportait des informations plus précises et plus spécifiques sur les potentiels de repos et d'action, et d'autre part, parce qu'il comportait des illustrations. Comme précédemment, cette seconde lecture se faisait phrase par phrase, avec pour objectif d'acquérir des connaissances nouvelles sur les thèmes évoqués.

Phase 4. Tout de suite après la seconde lecture, les participants effectuaient l'épreuve de reconnaissance amorcée. Ils étaient informés que des paires de phrases portant sur les potentiels de repos et d'action allaient apparaître à l'écran une par une. Pour chaque paire, ils devaient lire la première phrase (l'amorce) qui disparaissait automatiquement après un délai de 3500 ms, puis la seconde phrase (la cible) apparaissait. Les sujets devaient dire le plus justement et le plus rapidement possible si 'oui' ou 'non' la seconde phrase faisait référence à une des informations lues. Dans le cas où ils pensaient avoir effectivement lu cette information, ils devaient appuyer sur la touche '1' du clavier

numérique, tandis qu'ils devaient appuyer sur la touche '2' dans le cas contraire. Plus précisément, la séquence d'un essai pour la phase de reconnaissance amorcée a été inspirée de celle de Quintana (2000), et était constituée de la façon suivante :

- i.
Le mot 'prêt' apparaissait pendant 500 ms
 - ii.
Un écran blanc pendant 200 ms
 - iii.
L'énoncé amorce apparaissait pendant 3500 ms
 - iv.
Un écran blanc pendant 1300 ms
 - v.
L'énoncé cible apparaissait et demeurait à l'écran jusqu'à la réponse du sujet
 - vi.
Un écran blanc apparaissait pendant 2100 ms
- L'ordre de présentation des paires amorce-cible a été contrebalancé selon les sujets.

4.2.3. Facteurs et variables dépendantes

Le Niveau d'expertise des lecteurs (Experts versus Débutants), la Tâche effectuée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (Résumé versus Schéma) et le Mode de présentation du texte d'apprentissage (Seul versus Etats illustrés versus Evénements illustrés) constituaient les facteurs inter-sujets. Les facteurs intra-sujets correspondaient à la Catégorie sémantique des informations (Etats, Evénements), et à la Récence de l'amorce (Ancienne, Nouvelle).

Les temps de lecture des phrases de l'organisateur initial et des trois versions du texte d'apprentissage, les réponses correctes et les temps pour les réponses correctes à l'épreuve de vérification d'inférences, les réponses correctes et les temps de réaction aux cibles vraies de la tâche de reconnaissance amorcée constituaient les variables dépendantes mesurées dans la présente expérience.

4.2.4. Prédictions

4.2.4.a Lecture du texte d'apprentissage

Les illustrations devraient inciter les lecteurs à effectuer un traitement 'situationnel' du texte d'apprentissage, c'est-à-dire à mettre en oeuvre des activités inférentielles durant la lecture du texte. Aussi, les temps de lecture du texte devraient être plus importants dans la condition où il est accompagné d'illustrations que dans la condition où il est présenté seul.

Nous avons supposé un effet de la catégorie sémantique des informations illustrées du texte. Plus précisément, l'effet des illustrations sur le traitement *on-line* du texte devrait être plus important lorsqu'elles représentent des états plutôt que des événements. Aussi, la différence de temps de lecture entre les versions illustrée et non-illustrée du texte devrait être plus importante dans la condition où les illustrations réfèrent à des états plutôt que dans celle où les illustrations réfèrent à des événements.

L'effet des illustrations devrait dépendre des connaissances initiales des lecteurs. Les illustrations devraient inciter les experts à traiter plus activement le texte d'apprentissage. La différence de temps de lecture entre les experts et les débutants (experts < débutants) devrait donc être moins importante dans la condition 'version illustrée' que dans la condition 'texte seul'.

4.2.4.b Tâche de reconnaissance amorcée

La présence d'illustrations dans le texte d'apprentissage devrait améliorer la compréhension du texte. Les sujets affectés à la version illustrée du texte devraient présenter une proportion de réponses correctes plus importante et des temps de réaction plus courts que ceux affectés à la version non-illustrée du texte. Nous avons supposé un effet de la catégorie sémantique des informations illustrées du texte. La différence de performances (proportion de réponses correctes et temps de réaction) entre les versions illustrée et non-illustrée du texte devrait donc être plus importante dans la condition où les illustrations représentent des états que dans celle où les illustrations représentent des événements. D'autre part, l'effet bénéfique des illustrations sur la compréhension devrait être plus important pour les débutants que pour les experts. La différence de performances (proportion de réponses correctes et temps de réaction) entre les versions illustrée et non-illustrée du texte devrait être plus importante pour les débutants que pour les experts.

Nous avons supposé que le degré d'intégration des informations évoquées dans le texte aux connaissances acquises à partir de l'organisateur initial devrait être fonction de la catégorie sémantique des informations (états, événements) et des connaissances initiales des lecteurs. Nous avons distingué deux conditions d'amorçage. Les cibles qui étaient relatives à des informations du texte d'apprentissage (informations 'nouvelles') étaient précédées par des amorces relatives à des connaissances de l'organisateur initial (amorces 'anciennes') dans la première condition, et par des amorces relatives à des informations du texte d'apprentissage (amorces 'nouvelles') dans la seconde condition. La première condition évaluait donc le poids des liens (externes) entre les informations lues dans le texte d'apprentissage et les connaissances acquises à partir de l'organisateur initial. La seconde condition évaluait le poids des liens (internes) qui relient les informations lues dans le texte d'apprentissage les unes aux autres.

Nous avons fait l'hypothèse selon laquelle les experts devraient directement incorporer les informations apportées par le texte d'apprentissage aux connaissances acquises à partir de l'organisateur initial, tandis que les débutants devraient compartimenter les informations du texte d'apprentissage en un tout isolé en mémoire. Ainsi, les experts devraient présenter des temps de réaction plus courts et une proportion

de réponses correctes plus importante pour les cibles précédées par des amorces 'anciennes' que pour celles précédées par des amorces 'nouvelles', tandis que l'inverse devrait être observé pour les débutants.

D'autre part, nous avons supposé que les informations du texte d'apprentissage qui sont relatives à des états devraient être plus directement reliées aux connaissances acquises à partir de l'organisateur initial, comparées aux informations qui sont relatives aux événements. Ainsi, pour les cibles relatives aux états, les temps de réaction devraient être plus courts et la proportion de réponses correctes plus importante dans la condition où elles sont précédées par des amorces 'anciennes' que dans la condition où elles sont précédées par des amorces 'nouvelles', tandis que le pattern inverse devrait être observé pour les cibles relatives aux événements.

4.2.5. Résultats

Les analyses de variance présentées ci-dessous ont été calculées, sur les données des six groupes de participants, à l'aide du logiciel SuperAnova, Abacus Concepts, 1989.

4.2.5.a La lecture de l'organisateur initial

Les temps moyens de lecture des phrases de l'organisateur initial ont été analysés, en millisecondes par syllabe, avec comme source de variation aléatoire les sujets (F 1) ou les items (F 2). Le plan expérimental était le suivant :

- **S < Ne2 > *Cs2**
- dans lequel les lettres **S**, **Ne**, et **Cs** renvoient respectivement aux facteurs **Sujet** ; **Niveau d'expertise** (Ne1 = Experts, Ne2 = Débutants) ; **Catégorie sémantique de la phrase** (Cs1 = Etats, Cs2 = Evénements).

L'effet du facteur Niveau d'expertise était significatif : F 1(1, 82) = 13.37, $p < .01$; F 2(1, 6) = 94.43, $p < .01$. Les débutants lisaient plus longuement l'organisateur initial (M = 550.26 ms) que les experts (M = 431.60 ms). Le facteur Catégorie sémantique de la phrase présentait également un effet simple : F 1(1, 82) = 89.48, $p < .01$; F 2(1, 6) = 8.67, $p < .05$. Les sujets portaient plus d'attention aux phrases sur les événements (M = 565.50 ms) qu'à celles sur les états (M = 416.37 ms). L'interaction entre les facteurs Niveau d'expertise et Catégorie sémantique de la phrase n'était pas significative.

4.2.5.b La vérification des inférences

Des analyses de variance ont été calculées sur les performances (réponses correctes et temps pour les réponses correctes analysés en millisecondes par syllabe) à l'épreuve de vérification des inférences avec comme source de variation aléatoire les sujets (F 1) ou les items (F 2). Le plan expérimental était le suivant :

- **S < Ne2*T2 > *Cs2**

- dans lequel les lettres **S**, **Ne**, **T**, et **Cs** renvoient respectivement aux facteurs **Sujet** ; **Niveau d'expertise** (Ne1 = Experts, Ne2 = Débutants) ; **Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial** (T1 = Résumé, T2 = Schéma) ; **Catégorie sémantique de l'inférence** (Cs1 = Etats, Cs2 = Evénements).

Les réponses correctes

Le facteur Niveau d'expertise exerçait un effet significatif : $F_1(1, 80) = 9.64, p < .01$; $F_2(1, 12) = 6.86, p < .05$. Les experts vérifiaient mieux les inférences ($M = 0.63$) que les débutants ($M = 0.55$). L'effet du facteur Catégorie sémantique de l'inférence était significatif dans l'analyse par sujets ($F_1(1, 80) = 44.18, p < .01$), et était proche du seuil de signification dans l'analyse par items ($F_2(1, 12) = 4.05, p = .07$). Ainsi, les inférences étaient mieux vérifiées lorsqu'elles référaient à des états ($M = 0.68$) plutôt qu'à des événements ($M = 0.50$). Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

Les temps pour les réponses correctes

Le facteur Catégorie sémantique de l'inférence présentait un effet simple dans l'analyse par sujets : $F_1(1, 80) = 6.38, p < .05$. Les temps étaient plus courts pour les inférences sur les états ($M = 321.50$ ms) que pour celles sur les événements ($M = 351.26$ ms). L'effet de la catégorie sémantique de l'inférence était fonction du niveau d'expertise initial des lecteurs : $F_1(1, 67) = 6.4, p < .05$; $F_2(1, 12) = 5.7, p < .05$. Les experts vérifiaient plus longuement les inférences sur les événements ($M = 355.50$ ms) que celles sur les états ($M = 285.93$ ms), tandis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux catégories d'inférences pour les débutants (pour les états : $M = 354.17$ ms ; pour les événements : $M = 347.38$ ms).

En résumé, les résultats aux tâches de lecture et de vérification d'inférences sont en accord avec ce qui a été observé dans nos première et deuxième expériences, et confirment l'idée selon laquelle la construction du modèle de situation est influencée dès le début de la lecture à la fois par les connaissances initiales des lecteurs et la catégorie sémantique des informations apportées par le texte. Ainsi, la représentation est plus précise et plus accessible en mémoire lorsqu'elle a été élaborée par des lecteurs avec de nombreuses connaissances sur le domaine d'une part, et lorsqu'elle porte sur les états du domaine, d'autre part. Les données mettent également en évidence une interaction entre les connaissances initiales des lecteurs et la catégorie sémantique des informations à acquérir. Les experts accèdent moins rapidement aux événements qu'aux états, tandis qu'il n'y a pas de différence entre ces deux catégories pour les débutants. Les experts semblent avoir construit un modèle mental des événements moins approprié que celui des états, tandis que les débutants semblent ne pas avoir effectué de traitement différencié de ces deux catégories d'informations.

4.2.5.c La lecture des textes d'apprentissage

Les temps moyens de lecture des phrases des trois versions du texte d'apprentissage ont été analysés en millisecondes par syllabe, avec comme source de variation aléatoire soit

les sujets (F₁), soit les items (F₂). Le plan expérimental était le suivant :

- **S < Ne2*T2*Mp3 > *Cs2**
- dans lequel les lettres **S**, **Ne**, **T**, **Mp**, et **Cs** renvoient respectivement aux facteurs **Sujet** ; **Niveau d'expertise** (Ne1 = Experts, Ne2 = Débutants) ; **Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial** (T1 = Résumé, T2 = Schéma) ; **Mode de présentation du texte d'apprentissage** (Mp1 : Seul ; Mp2 : Etats illustrés ; Mp3 : Evénements illustrés) ; **Catégorie sémantique de la phrase** (Cs1 = Etats, Cs2 = Evénements).

Le facteur Niveau d'expertise exerçait un effet significatif : F₁(1, 72) = 3.83, *p* = .05 ; F₂(1, 6) = 7.04, *p* < .05. Les experts lisaient plus rapidement le texte d'apprentissage (M = 407.72 ms) que les débutants (M = 466.80 ms). Les temps de lecture des phrases étaient également fonction de leur catégorie sémantique : F₁(1, 72) = 5.03, *p* < .05. A l'inverse de ce qui a été observé pour l'organisateur initial, les sujets lisaient plus longuement les phrases sur les états (M = 452.42 ms) que celles sur les événements (M = 422.07 ms).

Une interaction double entre les facteurs Niveau d'expertise, Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial et Catégorie sémantique de la phrase a été obtenue : F₁(1, 72) = 3.99, *p* < .05 (Cf. tableau IX).

TABLEAU IX. Temps moyens de lecture (en ms par syllabe) des phrases sur les états et les événements en fonction des facteurs Niveau d'expertise (Experts, Débutants) et Tâche (Résumé, Schéma)

	ETATS		EVENEMENTS	
	Résumé	Schéma	Résumé	Schéma
EXPERTS	<u>M</u> = 412.33 ms	<u>M</u> = 418.21 ms	<u>M</u> = 421.95 ms	<u>M</u> = 378.39 ms
DEBUTANTS	<u>M</u> = 488.69 ms	<u>M</u> = 490.45 ms	<u>M</u> = 413.73 ms	<u>M</u> = 475.23 ms

Le tableau X indique que :

Les **phrases sur les événements** étaient plus rapidement traitées par les experts qui ont fait le schéma de l'organisateur initial que par ceux qui ont fait le résumé. Le pattern inverse a été observé pour les débutants.

Pour les **phrases sur les états**, il n'y avait pas de différence entre les conditions 'résumé' et 'schéma', et ce aussi bien pour les experts que pour les débutants.

Dans l'analyse par items, le facteur Mode de présentation présentait un effet significatif : F₂(2, 6) = 20.62, *p* < .01. D'une part, la présence d'illustrations entraînait l'augmentation des temps de lecture du texte d'apprentissage (texte seul : M = 388.36 ms ; version illustrée du texte : M = 454.77 ms) (F₂(1, 6) = 38.95, *p* < .01). D'autre part, la différence de temps de lecture entre les versions illustrée et non-illustrée du texte était plus importante lorsque les illustrations représentaient des états (75.72 ms) plutôt que des événements (57.10 ms) (version avec états illustrés : M = 464.08 ms ; version avec événements

illustrés : $\bar{M} = 445.46$ ms).

L'interaction entre les facteurs Mode de présentation et Catégorie sémantique de la phrase était significative : $F_{1(2, 72)} = 74.61$, $p < .01$; $F_{2(2, 12)} = 123.9$, $p < .01$. Dans la condition de lecture du texte seul, les lecteurs se focalisaient davantage sur les états ($\bar{M} = 415.39$ ms) que sur les événements ($\bar{M} = 361.32$ ms). Il en était également de même dans la condition de lecture de la version avec états illustrés (états : $\bar{M} = 569.78$ ms > événements : $\bar{M} = 358.38$ ms), tandis que l'inverse a été observé dans la condition de lecture de la version avec événements illustrés (états : $\bar{M} = 358.8$ ms < événements : $\bar{M} = 532.13$ ms). Les illustrations semblent avoir une influence uniquement sur la catégorie d'informations qui est illustrée dans le texte.

Les facteurs Mode de présentation et Niveau d'expertise interagissaient de façon significative : $F_{2(2, 12)} = 4.76$, $p < .05$. D'une part, la différence de temps de lecture entre les versions illustrée et non-illustrée du texte d'apprentissage était plus importante pour les experts (100.4 ms) (soit pour la version non-illustrée : $\bar{M} = 338.36$ ms et la version illustrée : $\bar{M} = 438.76$ ms) que pour les débutants (32.37 ms) (soit pour la version non-illustrée : $\bar{M} = 438.4$ ms et la version illustrée : $\bar{M} = 470.77$ ms). D'autre part, les temps de lecture de la version avec états illustrés étaient plus longs pour les débutants ($\bar{M} = 485.76$ ms) que pour les experts ($\bar{M} = 442.40$ ms), tandis que les deux groupes d'expertise ne se différenciaient pas dans la lecture de la version avec événements illustrés (pour les experts : $\bar{M} = 435.12$ ms ; pour les débutants : $\bar{M} = 455.79$ ms).

Enfin, l'analyse par items a indiqué une interaction double entre les facteurs Niveau d'expertise, Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial et Mode de présentation : $F_{2(2, 12)} = 9$, $p < .01$ (Cf. tableau X).

TABLEAU X. Temps moyens de lecture (en ms par syllabe) des phrases des trois versions du texte d'apprentissage (Seul, Etats illustrés, Événements illustrés) en fonction des facteurs Niveau d'expertise (Experts, Débutants) et Tâche (Résumé, Schéma)

	SEUL		ETATS illustrés		EVENEMENTS illustrés	
	Résumé	Schéma	Résumé	Schéma	Résumé	Schéma
EXPERTS	354.49 ms	322.22 ms	415.27 ms	469.54 ms	469.28 ms	400.96 ms
DEBUTANTS	402.63 ms	474.10 ms	519.26 ms	452.25 ms	433.40 ms	478.19 ms

Le tableau X indique que :

Pour la **version non-illustrée du texte**, les temps de lecture étaient plus longs pour les débutants que pour les experts, cette différence étant toutefois plus importante dans la condition 'schéma' (151.88 ms) que dans la condition 'résumé' (48.14 ms)

Pour la **version avec états illustrés**, les temps de lecture étaient plus longs pour les débutants que pour les experts dans la condition 'résumé', tandis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux groupes dans la condition 'schéma'.

Pour la **version avec événements illustrés**, les temps de lecture avaient tendance à être plus longs pour les experts que pour les débutants dans la condition 'résumé', tandis que l'inverse était observé dans la condition 'schéma'.

Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

L'analyse réalisée sur les temps de lecture des phrases du texte d'apprentissage révèle trois principaux résultats. Premièrement, alors que les lecteurs traitent préférentiellement les informations relatives aux événements durant la première phase de lecture (de l'organisateur initial), ils se focalisent sur les informations relatives aux états au cours de la seconde phase de lecture (du texte d'apprentissage). D'autre part, contrairement à ce qui a été observé pour les états, il semble que le traitement des événements soit fonction des connaissances initiales des lecteurs et de la tâche qu'ils ont réalisée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial. Précisément, les experts traitent plus rapidement les événements lorsqu'ils ont, au préalable, effectué une tâche qui se base sur le modèle de la situation évoquée par l'organisateur initial (schéma). Les débutants ont plus de facilités à traiter les événements lorsqu'ils ont, au préalable, réalisé une tâche qui s'appuie sur la représentation sémantique de l'organisateur initial (le résumé).

Deuxièmement, les résultats montrent que la présence d'illustrations dans le texte d'apprentissage entraîne une augmentation des temps de lecture du texte, et confirment notre hypothèse selon laquelle les illustrations ont un effet sur la construction *on-line* du modèle de situation dès le début de la lecture. De plus, en accord avec ce qui a été observé par Levie et Lentz (1982), les illustrations ne semblent influencer que le traitement des informations illustrées du texte (i.e., elles ne semblent pas avoir d'effet sur le traitement des informations qui n'ont pas été illustrées).

Nous observons également que l'effet des illustrations sur la construction *on-line* du modèle de situation est fonction des connaissances initiales des lecteurs et de la catégorie sémantique des informations illustrées. En effet, la plus importante différence de temps de lecture entre les versions illustrée et non-illustrée du texte d'apprentissage est observée d'une part, dans la condition où les illustrations réfèrent aux états du domaine, et d'autre part, pour les lecteurs qui ont de nombreuses connaissances initiales sur le domaine. Par conséquent, les lecteurs semblent s'engager dans un traitement plus actif du texte d'apprentissage lorsque celui-ci est accompagné d'illustrations d'états. Par ailleurs, les débutants semblent sous-estimer la quantité de temps nécessaire pour traiter les illustrations, comparés aux experts.

Enfin, les résultats montrent que le traitement de la version avec les états illustrés et de la version avec les événements illustrés est fonction des connaissances initiales des lecteurs et de la tâche qu'ils ont effectuée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial. Plus précisément, il semble que le traitement de la version avec les états illustrés soit plus rapide [1] pour les experts qui ont fait le résumé de l'organisateur initial et donc élaboré une représentation descriptive du domaine, et [2] pour les débutants qui ont fait le schéma de l'organisateur initial et donc élaboré une représentation figurative du domaine. En revanche, il semble que le traitement de la version avec les événements illustrés soit plus rapide [1] pour les experts qui ont formé une représentation initiale du domaine de nature

figurative (i.e., un schéma), et [2] pour les débutants qui ont construit une représentation initiale du domaine de nature descriptive (i.e., un résumé).

4.2.5.d La tâche de reconnaissance amorcée

Nous avons étudié l'effet des amorces qui étaient des paraphrases soit de l'organisateur initial (amorces 'anciennes'), soit du texte d'apprentissage (amorces 'nouvelles') sur les performances (réponses correctes et temps de réaction analysés en millisecondes par syllabe) à la reconnaissance des cibles vraies (paraphrases du texte d'apprentissage).

Deux types d'analyses de variance ont été calculés avec comme source de variation aléatoire les sujets ($F_{1,72}$) ou les items ($F_{2,72}$). Le premier type d'analyses était ciblé sur l'effet du facteur Catégorie sémantique de l'amorce, le second type sur l'effet du facteur Catégorie sémantique de la cible. Les plans expérimentaux étaient les suivants :

- **S < Ne2*T2*Mp3 > *Ra2*Csa2** pour le premier type d'analyses
- **S < Ne2*T2*Mp3 > *Ra2*Csc2** pour le second type d'analyses
- dans lesquels les lettres **S**, **Ne**, **T**, **Mp**, **Ra**, **Csa**, et **Csc** renvoient respectivement aux facteurs **Sujet** ; **Niveau d'expertise** (Ne1 = Experts, Ne2 = Débutants) ; **Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial** (T1 = Résumé, T2 = Schéma) ; **Mode de présentation du texte d'apprentissage** (Mp1 : Seul ; Mp2 : Etats illustrés ; Mp3 : Evénements illustrés) ; **Récence de l'amorce** (Ra1 : Ancienne ; Ra2 : Nouvelle) ; **Catégorie sémantique de l'amorce** (Csa1 = Etats, Csa2 = Evénements) ; **Catégorie sémantique de la cible** (Csc1 = Etats, Csc2 = Evénements).

Les réponses correctes aux cibles vraies

Nous avons observé que l'effet du facteur Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial était proche du seuil de signification : $F_{1,72} = 3.51$, $p = .06$. La proportion de réponses correctes aux cibles vraies tendait à être plus importante pour les sujets qui ont fait le résumé de l'organisateur initial ($M = 0.74$) que pour ceux qui ont fait le schéma ($M = 0.66$).

Le **premier type d'analyses** révélait un effet du facteur Catégorie sémantique de l'amorce : $F_{1,72} = 6.64$, $p < .05$. La proportion de réponses correctes était plus élevée pour les cibles précédées par des amorces référant à des événements ($M = 0.75$) que pour celles précédées par des amorces référant à des états ($M = 0.65$). L'effet de l'interaction entre les facteurs Catégorie sémantique de l'amorce et Récence de l'amorce était également significatif : $F_{1,72} = 5.82$, $p < .05$. Les amorces anciennes facilitaient davantage la reconnaissance lorsqu'elles référaient à des événements ($M = 0.80$) plutôt qu'à des états ($M = 0.61$) ($F_{1,72} = 14.27$, $p < .01$). En revanche, l'effet des amorces nouvelles ne variait pas en fonction de leur catégorie sémantique (pour celles référant à des états : $M = 0.69$; pour celles référant à des événements : $M = 0.70$). La figure 18 illustre l'effet de cette interaction :

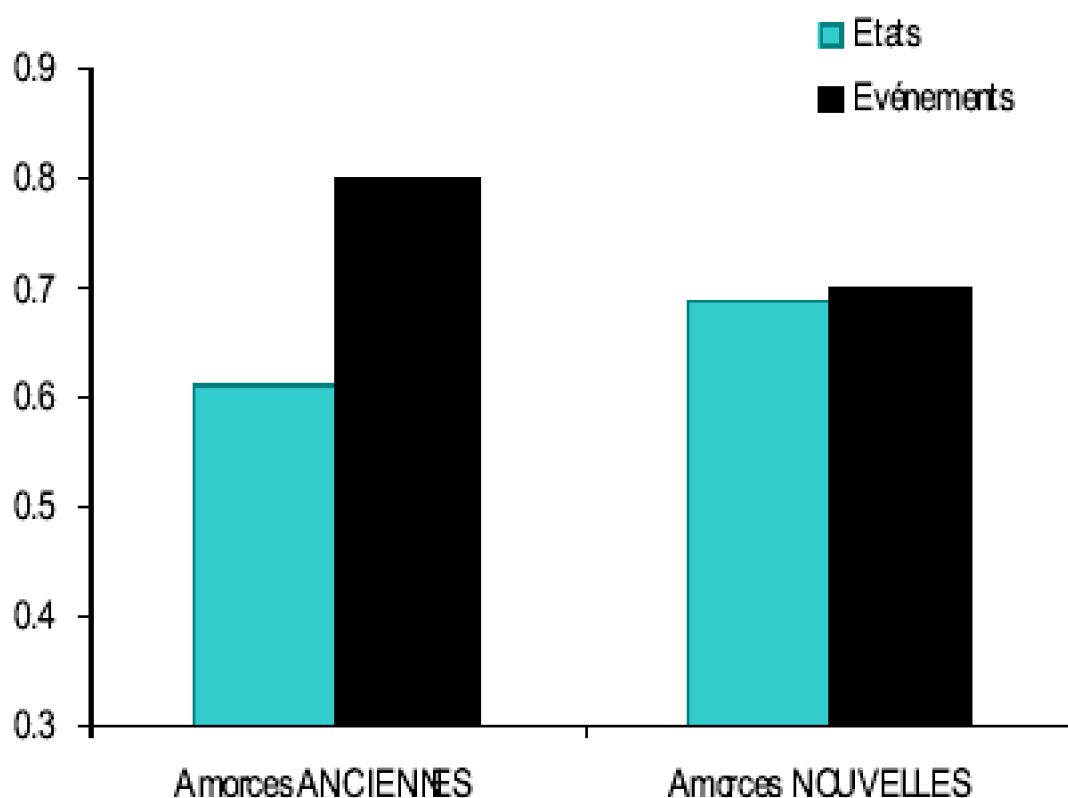


Figure 18. Proportion de réponses correctes aux cibles vraies en fonction de la récence des amorces (Anciennes, Nouvelles) et de la catégorie sémantique des amorces (Etats, Evénements)

Le **second type d'analyses** a mis en évidence un effet significatif de l'interaction entre les facteurs Récence de l'amorce et Catégorie sémantique de la cible : $F_1(1, 72) = 17.6$, $p < .01$. Les cibles référant à des états étaient mieux reconnues lorsqu'elles étaient précédées par des amorces nouvelles ($M = 0.76$) plutôt que par des amorces anciennes ($M = 0.62$) ($F_1(1, 72) = 7.45$, $p < .01$). Le pattern inverse a été observé pour les cibles référant à des événements (pour les amorces nouvelles : $M = 0.63$; pour les amorces anciennes : $M = 0.79$) ($F_1(1, 72) = 10.27$, $p < .01$) (Cf. figure 19).

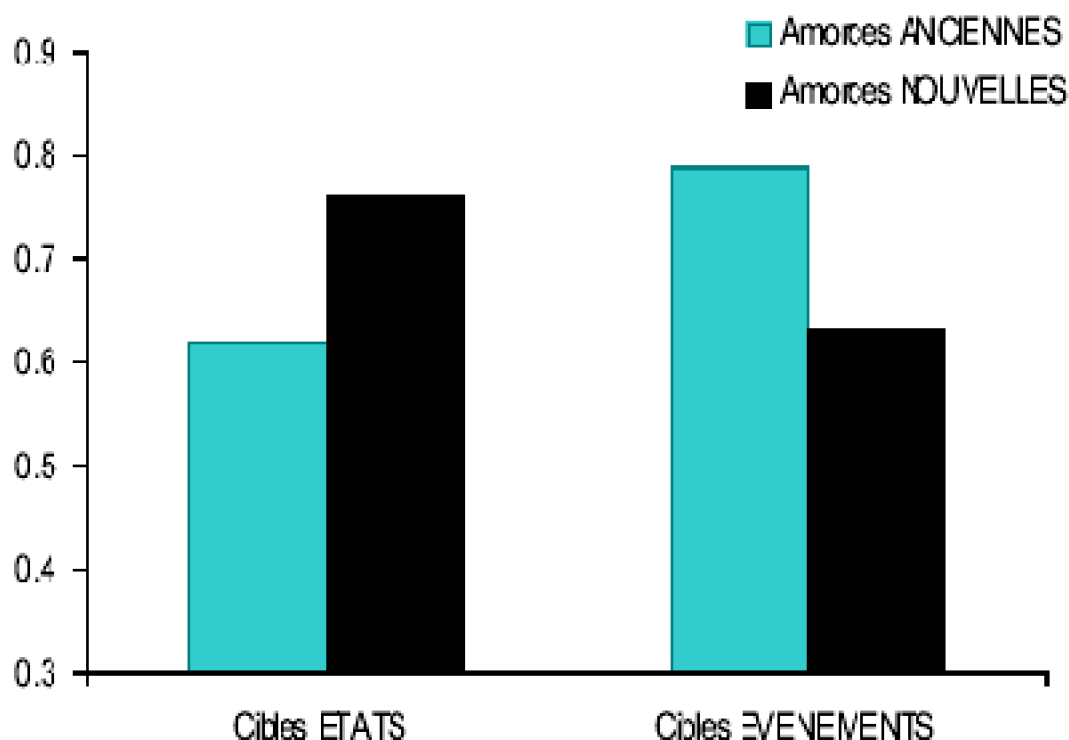


Figure 19. Proportion de réponses correctes aux cibles vraies en fonction de la récence des amorces (Anciennes, Nouvelles) et de la catégorie sémantique des cibles (Etats, Evénements)

L'analyse réalisée sur les réponses correctes à la tâche de reconnaissance amorcée n'a indiqué aucun autre facteur simple ou en interaction significatif.

Les temps de réaction aux cibles vraies

Le facteur Mode de présentation exerçait un effet significatif : $F_{2(2, 4)} = 6.44$, $p < .05$. Les temps de réaction étaient plus longs pour les sujets qui ont lu la version avec états illustrés ($M = 261.38$ ms) que pour ceux qui ont lu la version avec événements illustrés ($M = 242.86$ ms) ($F_{2(1, 4)} = 12.78$, $p < .01$), ces derniers ne se différenciant pas des sujets qui ont lu le texte seul ($M = 250.09$ ms). L'effet de l'interaction entre les facteurs Niveau d'expertise et Mode de présentation était proche du seuil de signification dans l'analyse par sujets ($F_{1(2, 72)} = 2.99$, $p = .06$) et était significatif dans l'analyse par items ($F_{2(2, 4)} = 5.9$, $p < .05$). A l'issue de la lecture de la version avec états illustrés, les temps de réaction étaient plus longs pour les débutants ($M = 287.14$ ms) que pour les experts ($M = 235.61$ ms) ($F_{2(1, 4)} = 5.87$, $p < .05$). En revanche, l'inverse a été observé à l'issue de la lecture de la version avec événements illustrés (pour les experts : $M = 267.4$ ms ; pour les débutants : $M = 218.3$ ms) ($F_{2(1, 4)} = 5.33$, $p < .05$). Les deux groupes d'expertise ne se différenciaient pas dans les temps de réaction à l'issue de la lecture du texte seul (pour les experts : $M = 238.50$ ms ; pour les débutants : $M = 261.68$ ms). La figure 20 illustre l'effet de cette interaction :

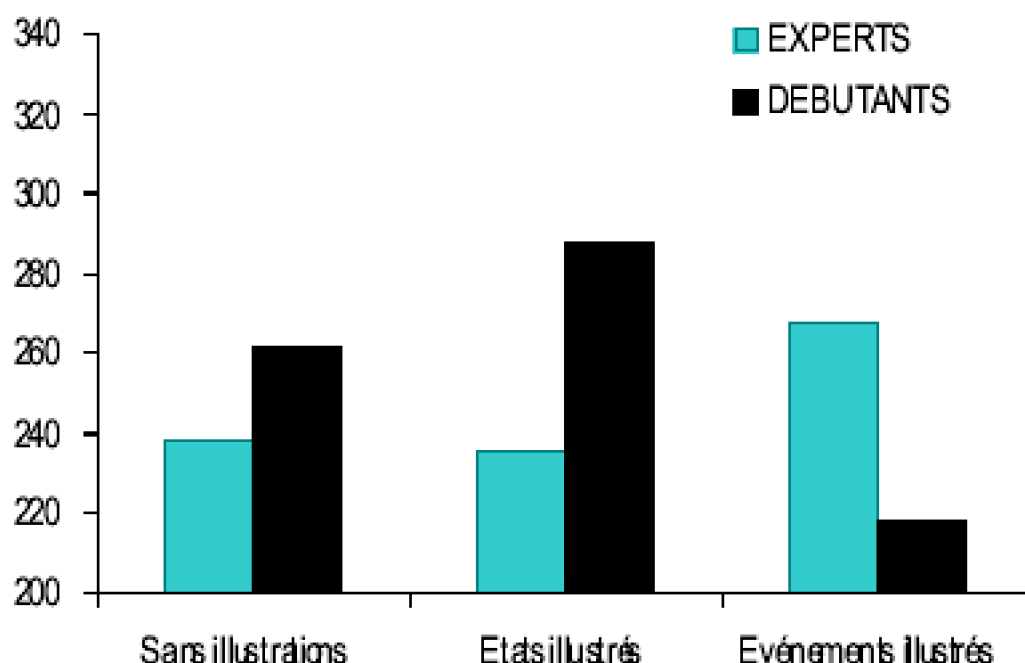


Figure 20. Temps de réaction moyens (en ms par syllabe) aux cibles vraies en fonction des facteurs Niveau d'expertise (Experts, Débutants) et Mode de présentation du texte d'apprentissage (Seul, Etats illustrés, Evénements illustrés).

Une interaction double entre les facteurs Niveau d'expertise, Tâche à l'issue de la lecture de l'organisateur initial et Récence de l'amorce a été obtenue : $F_1(1, 72) = 5.11$, $p < .05$; $F_2(1, 4) = 6.51$, $p = .06$ (Cf. tableau XI).

TABLEAU XI. Temps de réaction moyens (en ms par syllabe) aux cibles vraies précédées par des amorces anciennes et par des amorces nouvelles en fonction des facteurs Niveau d'expertise (Experts, Débutants) et Tâche (Résumé, Schéma)

	Amorces ANCIENNES		Amorces NOUVELLES	
	Résumé	Schéma	Résumé	Schéma
EXPERTS	$\bar{M} = 235.60$ ms	$\bar{M} = 245.32$ ms	$\bar{M} = 265.89$ ms	$\bar{M} = 241.89$ ms
DEBUTANTS	$\bar{M} = 255.41$ ms	$\bar{M} = 246.95$ ms	$\bar{M} = 239.28$ ms	$\bar{M} = 281.19$ ms

Le tableau XI indique que :

Pour les **experts**, les temps de réaction étaient plus longs pour les cibles précédées par des amorces nouvelles que pour celles précédées par des amorces anciennes dans la condition 'résumé', tandis qu'il n'y avait pas de différence entre les deux conditions d'amorçage dans la condition 'schéma'.

Pour les **débutants**, les temps de réaction étaient plus longs pour les cibles précédées par des amorces anciennes que pour celles précédées par des amorces nouvelles dans

la condition 'résumé', tandis que l'inverse a été observé dans la condition 'schéma'.

Le **premier type d'analyses** révélait un effet du facteur Catégorie sémantique de l'amorce : $F_{1(1, 72)} = 38.21, p < .01$. Les temps de réaction étaient plus longs pour les cibles précédées par des amorces référant à des états ($M = 285.07$ ms) que pour celles précédées par des amorces référant à des événements ($M = 217.81$ ms). Une interaction entre les facteurs Récence de l'amorce et Catégorie sémantique de l'amorce a été mise en évidence : $F_{1(1, 72)} = 11.15, p < .01$. Dans la condition d'amorçage par des états, les temps de réaction étaient plus longs lorsque les états étaient des amorces nouvelles ($M = 308.2$ ms) plutôt qu'anciennes ($M = 261.9$ ms). En revanche, l'inverse était observé dans la condition d'amorçage par des événements (anciens : $M = 229.71$ ms ; nouveaux : $M = 205.91$ ms) (Cf. figure 21).

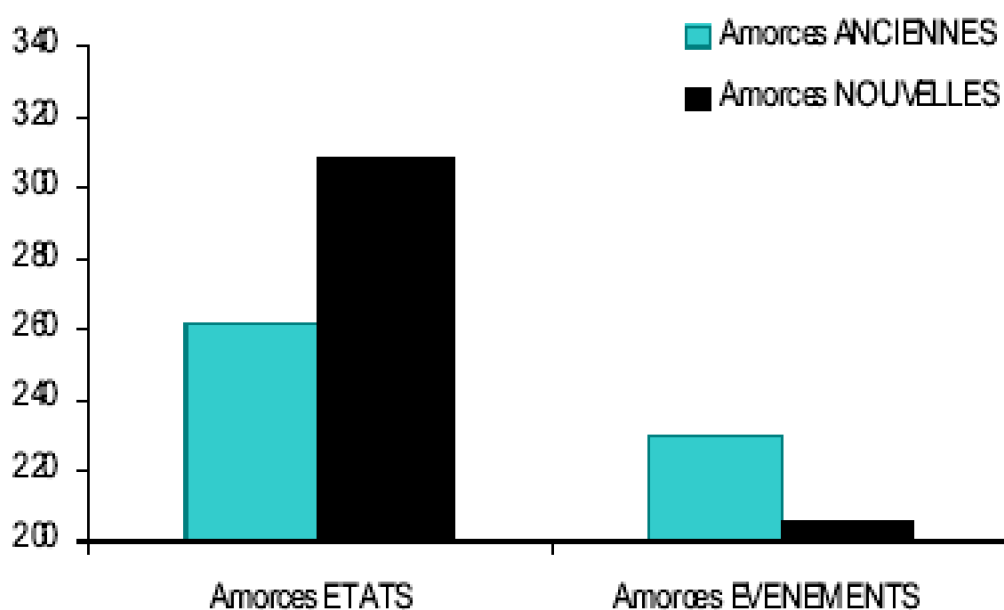


Figure 21. Temps de réaction moyens (en ms par syllabe) aux cibles vraies en fonction de la récence des amorces (Anciennes, Nouvelles) et de la catégorie sémantique des Amorces (Etats, Evénements)

Dans le **second type d'analyses**, un effet principal du facteur Catégorie sémantique de la cible a été observé : $F_{1(1, 72)} = 15.84, p < .01$. Les temps étaient plus longs pour les cibles sur des états ($M = 273.71$ ms) que pour celles sur des événements ($M = 229.17$ ms). Une interaction entre les facteurs Récence de l'amorce et Catégorie sémantique de la cible a également été mise en évidence : $F_{1(1, 72)} = 9.21, p < .01$. Pour les cibles référant à des états, les temps de réaction étaient plus longs lorsqu'elles étaient précédées par des amorces nouvelles ($M = 296$ ms) plutôt que par des amorces anciennes ($M = 251.7$ ms) ($F_{1(1, 72)} = 8.3, p < .01$). Pour les cibles référant à des événements, l'inverse a été observé (après des amorces anciennes : $M = 239.94$ ms ou nouvelles : $M = 218.40$ ms) ; toutefois, cette différence n'était pas significative : $F_{1(1, 72)} = 1.98, p = .16$ (Cf. figure 22).

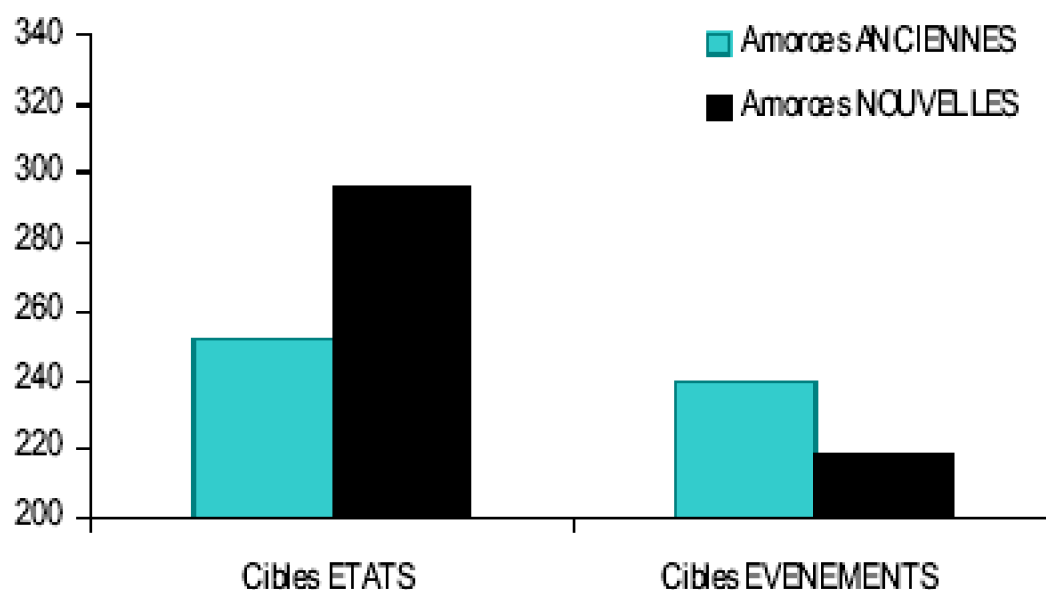


Figure 22. Temps de réaction moyens (en ms par syllabe) aux cibles vraies référant à des états ou à des événements en fonction de la récence des amorces (Anciennes, Nouvelles)

Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

En résumé, l'analyse effectuée sur les réponses correctes montre que la tâche proposée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial détermine la précision de la représentation mentale du texte d'apprentissage. Contrairement à nos attentes, les sujets qui ont réalisé une tâche qui se base sur la représentation sémantique de l'organisateur initial (résumé) se représentent plus précisément le texte d'apprentissage que ceux qui ont réalisé une tâche qui se base sur le modèle de la situation évoquée par l'organisateur initial (schéma). Par ailleurs, les informations du texte d'apprentissage relatives à des états sont plus facilement reconnues dans la condition où la représentation du texte a été pré-activée en phase d'amorçage (cibles précédées par des amorces 'nouvelles'), tandis que les informations du texte d'apprentissage relatives à des événements sont plus facilement reconnues dans la condition où la représentation de l'organisateur initial a été pré-activée en phase d'amorçage (cibles précédées par des amorces 'anciennes').

L'analyse effectuée sur les temps de réaction montre que l'accès à l'information en mémoire est fonction du mode de présentation du texte d'apprentissage. D'une part, les sujets qui ont lu le texte présenté seul accède plus rapidement à l'information que ceux qui ont lu la version illustrée du texte. D'autre part, le recouvrement en mémoire semble être davantage affecté par la présence d'illustrations d'états dans le texte que par la présence d'illustrations d'événements. Les résultats montrent aussi que l'effet du mode de présentation du texte d'apprentissage varie en fonction des connaissances initiales des lecteurs. Alors que les experts et les débutants ne se différencient pas dans les temps de réaction à l'issue de la lecture du texte d'apprentissage présenté seul, les résultats mettent en évidence une différence significative entre les deux niveaux d'expertise à l'issue de la lecture des versions illustrées du texte. Plus précisément, l'accès en mémoire semble être plus rapide pour les experts que pour les débutants à l'issue de la lecture de

la version avec les états illustrés, tandis que le pattern inverse est obtenu à l'issue de la lecture de la version avec les événements illustrés.

L'accès à l'information dans la représentation en mémoire est fonction de la catégorie sémantique de l'information. Les informations relatives aux événements sont plus rapidement accessibles que celles relatives aux états. De plus, les informations du texte d'apprentissage sont plus rapidement reconnues lorsque la représentation mentale des événements a été pré-activée en phase d'amorçage (i.e., cibles précédées par des amorces 'événements'). D'autre part, alors que l'analyse sur les réponses correctes révèle que les informations relatives à des états sont mieux reconnues dans la condition où la représentation du texte d'apprentissage a été pré-activée en mémoire à long-terme (durant la phase d'amorçage), l'analyse sur les temps de réaction montre que l'accès à cette catégorie d'informations semble toutefois être plus rapide dans la condition où la représentation de l'organisateur initial a été pré-activée. Ainsi, bien que les informations relatives aux états semblent être plus fortement connectées aux connaissances initiales qu'à la représentation du texte d'apprentissage, nous pouvons faire l'hypothèse selon laquelle les sujets auraient pour stratégie mnésique de répondre sur la base de leur représentation du texte. Concernant les informations relatives à des événements, alors que l'analyse sur les réponses correctes révèle qu'elles sont mieux reconnues dans la condition où la représentation de l'organisateur initial a été pré-activée durant la phase d'amorçage, l'analyse sur les temps de réaction montre que l'accès à cette catégorie d'informations semble être toutefois plus rapide dans la condition où la représentation du texte d'apprentissage a été pré-activée. Par conséquent, bien que les informations relatives aux événements ont tendance à être plus fortement connectées à la représentation du texte d'apprentissage qu'aux connaissances initiales, nous pouvons faire l'hypothèse selon laquelle les sujets font le choix (stratégique) de répondre sur la base de leurs connaissances initiales.

Enfin, conformément à nos attentes, les résultats montrent que l'effet d'amorçage est fonction des connaissances initiales des lecteurs et de la tâche qu'ils ont effectuée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial. Précisément, l'accès en mémoire est plus rapide dans la condition où la représentation de l'organisateur initial a été pré-activée au cours de la phase d'amorçage pour [1] les experts (et ce d'autant plus lorsqu'ils ont effectué le résumé de l'organisateur initial), et [2] les débutants qui ont effectué le schéma de l'organisateur initial. En revanche, pour les débutants qui ont fait le résumé, l'accès en mémoire est plus rapide dans la condition où la représentation du texte d'apprentissage a été pré-activée. Ainsi, contrairement à nos attentes, il semble que les experts aient tendance à mieux intégrer les informations nouvelles à leurs connaissances initiales lorsqu'ils ont été amenés à construire une représentation initiale du domaine de nature descriptive. En revanche, les débutants ont tendance à mieux intégrer les informations nouvelles à leurs connaissances initiales lorsqu'ils ont été amenés à construire une représentation initiale du domaine de nature figurative.

4.2.6. Discussion

Notre premier but était d'étudier l'effet des illustrations analogiques (schémas) sur la

compréhension et l'apprentissage à partir d'un texte scientifique. Nos résultats mettent en évidence un effet des illustrations au cours de la lecture. Précisément, la présence des illustrations dans le texte d'apprentissage entraîne une augmentation des temps de lecture de ce texte. Par conséquent, l'intégration des informations textuelles et picturales en un modèle mental unifié est un processus qui semble mobiliser de nombreuses ressources cognitives (Schnotz & al., 2002). De plus, conformément à nos hypothèses, l'effet des illustrations est fonction à la fois des connaissances initiales des lecteurs et de la catégorie sémantique des informations illustrées du texte. Premièrement, les résultats montrent que la différence de temps de lecture entre les versions illustrée et non-illustrée du texte d'apprentissage tend à être plus importante pour les experts que pour les débutants. Ainsi, la présence d'illustrations dans le texte semble encourager les experts à s'engager dans un traitement plus actif du texte. En revanche, comparés aux experts, les débutants semblent avoir tendance à 'sous-estimer' la quantité de temps qui est nécessaire à l'intégration des informations textuelles et picturales. Deux interprétations de ce résultat sont possibles. Soit les débutants n'ont pas les connaissances requises pour reconnaître l'utilité des illustrations (Gyselinck & Tardieu, 1999), soit ils ne prennent pas en compte les illustrations qui constituent pour eux une source moins familière d'informations (Bétrancourt, 1996), et ce dans l'objectif de limiter la charge cognitive en mémoire de travail.

Deuxièmement, les résultats montrent d'une part, que les illustrations référant à des états entraînent une augmentation des temps de lecture du texte d'apprentissage plus importante comparés aux illustrations référant à des événements. D'autre part, les lecteurs qui ont lu la version avec les états illustrés semblent accéder moins rapidement à l'information en mémoire que ceux qui ont lu la version avec les événements illustrés (ces derniers ne se différenciant pas de ceux qui ont lu le texte seul). Ainsi, conformément à nos attentes, les illustrations semblent avoir une influence plus importante sur le traitement et la représentation du texte lorsqu'elles représentent des états plutôt que des événements. En l'occurrence, il semblerait que les illustrations d'états incitent davantage les lecteurs à produire des inférences aussi bien durant la lecture qu'à l'issue de cette lecture, ce qui expliquerait le fait que leur représentation mnésique soit moins rapidement accessible. Enfin, alors que nous ne l'avons pas explicitement supposé, nous observons une interaction entre la catégorie des informations illustrées et les connaissances initiales des lecteurs. En effet, les résultats à la tâche de reconnaissance amorcée montrent que les débutants qui ont étudié la version avec les états illustrés mettent plus de temps à accéder à l'information en mémoire que ceux qui ont étudié la version avec les événements illustrés, tandis que le pattern inverse est obtenu pour les experts. Ainsi, alors que les illustrations qui réfèrent à des états semblent exercer une influence importante sur les processus de compréhension mis en oeuvre par les débutants, les experts semblent s'investir dans un traitement plus actif du texte lorsque celui-ci comporte des illustrations qui réfèrent à des événements.

Cette expérience fournit également des éléments supplémentaires quant à l'effet de la catégorie sémantique des informations sur le traitement et l'apprentissage à partir d'un texte. Conformément à ce que nous avons observé dans nos précédentes expériences, les résultats mettent en évidence un traitement différencié des informations relatives aux

états et aux événements du domaine. Il apparaît toutefois que ce traitement différencié varie en fonction de la phase d'apprentissage. Ainsi, au cours de la lecture de l'organisateur initial, les sujets traitent plus rapidement les états que les événements. A l'issue de la première lecture, les résultats à l'épreuve de vérification des inférences montrent que les sujets se représentent mieux les états que les événements au niveau situationnel. Au cours de la lecture du texte d'apprentissage, les sujets se focalisent davantage sur les états que sur les événements. A l'issue de la seconde lecture, les résultats observés à la tâche de reconnaissance amorcée montrent que les sujets accèdent plus rapidement à la représentation des événements qu'à celle des états. Ainsi, nous pouvons supposer que, durant la première phase d'apprentissage, les lecteurs construisent un modèle mental du domaine sur la base des informations relatives aux états, ces dernières leur étant plus faciles à traiter et peut-être plus familières. Durant la seconde phase d'apprentissage, pour mettre à jour leur modèle initial, les lecteurs semblent avoir pour stratégie de se centrer sur les informations relatives aux états qui forment les points d'ancrage de leur modèle initial et à partir desquelles les informations relatives aux événements pourront être plus facilement intégrées. La difficulté d'accéder rapidement aux informations relatives aux états pourrait ainsi s'expliquer par le fait qu'elles formeraient des noeuds de la représentation en réseau du domaine à partir desquels partiraient de nombreuses connexions.

Notre second but était d'étudier le degré d'intégration des informations nouvelles en mémoire à long-terme (incorporation versus compartimentalisation). Ainsi, conformément à notre hypothèse, les résultats à la tâche de reconnaissance amorcée montrent que le degré d'intégration en mémoire est fonction de la catégorie sémantique des informations évoquées. Précisément, l'analyse effectuée sur les temps de réaction montre que les informations sur les états semblent être plus fortement reliées aux connaissances initiales (acquises à partir de l'organisateur initial) qu'elles ne le sont à la représentation du texte d'apprentissage, tandis que l'inverse est obtenu pour les informations sur les événements. Toutefois, ces résultats sont difficiles à interpréter à la lumière de ce qui a été observé dans l'analyse effectuée sur les réponses correctes. En effet, les lecteurs semblent mieux reconnaître les informations sur les états lorsqu'ils se basent sur la représentation du texte d'apprentissage plutôt que sur celle de l'organisateur initial, tandis que le pattern inverse est obtenu pour les informations sur les événements. Par conséquent, si la stratégie de recouvrement en mémoire semble être déterminée par la catégorie sémantique des informations à récupérer, elle ne semble pas être fonction de leur degré d'intégration en mémoire.

Enfin, cette expérience apporte des informations supplémentaires quant à l'effet des exigences de la tâche réalisée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial. Premièrement, alors que les exigences de la tâche proposée immédiatement après l'étude de l'organisateur initial ne semblent pas influencer la construction du modèle de situation initial, elles semblent déterminer les stratégies que les lecteurs mettent en oeuvre dès le cours de la seconde lecture pour mettre à jour le modèle. Ainsi, conformément à ce qui a été observé dans la précédente expérience, l'analyse des temps de lecture du texte d'apprentissage montre que les exigences de la tâche influencent principalement le traitement des informations sur les événements, et que cet effet varie en

fonction des connaissances initiales des lecteurs. Plus précisément, les experts semblent traiter plus rapidement les informations relatives aux événements lorsqu'ils ont, au préalable, effectué une tâche qui se base sur le modèle de situation plutôt que sur la représentation sémantique de l'organisateur initial. En revanche, l'inverse est observé pour les débutants. Ainsi, il apparaît d'une part, que les exigences de la tâche déterminent les stratégies mises en oeuvre pour traiter les informations qui semblent être les plus difficiles à représenter (ou les moins familières) (en l'occurrence, les informations sur les événements). D'autre part, les experts semblent bénéficier d'une tâche qui les incite à activer leur modèle de situation et donc à s'investir davantage dans des activités inférentielles. En revanche, les débutants tirent davantage profit d'une tâche qui les conduit à construire une représentation initiale du domaine de nature sémantique. Les résultats à la tâche de reconnaissance amorcée montrent également que les exigences de la tâche proposée à l'issue de la première phase d'apprentissage ont une influence sur la qualité de la représentation à l'issue de la seconde phase d'apprentissage. Plus précisément, il semble que la représentation sémantique du texte d'apprentissage (évaluée par la tâche de reconnaissance) soit plus précise pour les sujets qui ont réalisé une tâche qui se base sur la représentation sémantique de l'organisateur initial (résumé) que pour ceux qui ont réalisé une tâche qui se base sur le modèle de situation (schéma). Si nous nous référons aux travaux effectués par Mannes et Kintsch (1985), nous pouvons expliquer ce résultat en supposant que la précision de la représentation sémantique du texte d'apprentissage ait été favorisée par la construction d'une représentation initiale du domaine de même nature (i.e., descriptive) (effet de congruence structurale).

4.3. EXPERIENCE 4 Intégration des informations nouvelles aux connaissances acquises à partir d'un organisateur initial : Effet du Niveau d'expertise initial des lecteurs et de la disposition temporelle des illustrations d'états et d'événements

4.3.1. Objectif principal

Notre objectif principal était d'apporter des éléments complémentaires quant à l'effet des illustrations analogiques (schémas) sur la compréhension et l'apprentissage à l'aide de textes scientifiques. Nous avons étudié le rôle des illustrations en fonction de leur place dans le déroulement de la lecture, et plus particulièrement l'intégration du texte et des illustrations dans des conditions où ces deux sources d'informations sont présentées de façon successive dans le temps et dans l'espace. Dans notre quatrième expérience, nous avons distingué deux types de disposition temporelle des deux sources d'informations : les illustrations étaient placées soit avant, soit après leurs descriptions verbales. Plusieurs

études (Dean & Enemoh, 1983 ; Mayer & Anderson, 1991, 1992) ont montré un effet différentiel de ces deux types de disposition temporelle. Présentées avant, les illustrations préparent les lecteurs à centrer leur attention sur des informations textuelles spécifiques, et apportent un cadre de connaissances initiales à partir duquel les informations textuelles peuvent être instanciées. Présentées après, les illustrations permettent d'enrichir et de restructurer le modèle de la situation évoquée par le texte. Nous avons fait l'hypothèse selon laquelle l'effet de ces deux types de disposition temporelle serait fonction des connaissances initiales des lecteurs. Précisément, les débutants devraient bénéficier davantage des illustrations lorsqu'elles ont un rôle d'organisateur initial (illustrations placées avant). En revanche, les experts devraient profiter davantage des illustrations dans le cas où elles sont présentées après les informations textuelles, car elles les inciteraient à compléter et à réorganiser leur modèle de situation.

4.3.2. Méthode

4.3.2.a Matériel

Le matériel de la présente expérience était identique à celui de l'expérience précédente pour le domaine de connaissances, les phrases de l'organisateur initial, les inférences à vérifier, et les énoncés de la tâche de reconnaissance amorcée. Dans cette expérience, nous n'avons pas étudié l'effet des exigences de la tâche effectuée à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (les résultats de la troisième expérience ayant confirmé ceux de la deuxième). Aussi, tous les participants de cette quatrième expérience ont réalisé le résumé de l'organisateur initial immédiatement après l'avoir étudié. Le matériel était également différent pour le texte d'apprentissage. En effet, notre principal but était de rendre compte de l'existence d'un effet différentiel de deux types de disposition temporelle des illustrations (placées soit avant, soit après leur description verbale). Nous avons ainsi conservé les deux versions illustrées du texte d'apprentissage proposées dans la précédente expérience (version avec états illustrés versus avec événements illustrés). Dans chacune des deux versions illustrées, nous avons fait varier la position relative des illustrations par rapport aux informations textuelles qui leur étaient reliées : elles étaient ainsi placées soit avant (versions 'illustrations d'états avant' et 'illustrations d'événements avant'), soit après le texte (versions 'illustrations d'états après' et 'illustrations d'événements après').

4.3.2.b Dispositif expérimental

Comme précédemment, la présente expérience a été construite à l'aide du logiciel PsyScope (Cohen & al., 1993), et la passation se déroulait sur un ordinateur de type Macintosh Ilci pour les tâches de lecture, de vérification des inférences et de reconnaissance amorcée. Seule l'épreuve à l'issue de la lecture de l'organisateur initial (i.e., résumé) était réalisée selon une procédure papier-crayon.

4.3.2.c Sujets

Cinquante six étudiants de l'Université Lumière Lyon II, ont volontairement participé à cette expérience (aucun n'avait participé à l'expérience précédente). Sur la base de leurs réponses au questionnaire (écrit) d'évaluation de leur niveau de connaissances initiales sur le domaine (le même que celui de l'expérience précédente), les participants étaient répartis en deux groupes d'expertise : 28 experts et 28 débutants. Chaque groupe d'expertise était réparti en 4 sous-groupes de 7 sujets affectés à l'une des 4 conditions qui résultaient du croisement des facteurs Type de disposition temporelle des illustrations (Avant versus Après l'information textuelle) et Type d'illustrations (Illustrations d'états versus Illustrations d'événements).

4.3.2.d Procédure et consignes

La procédure et les consignes étaient semblables à celles de l'expérience précédente. Dans la première phase de l'expérience, les participants étudiaient, phrase par phrase, l'organisateur initial dans l'objectif d'acquérir des connaissances générales sur les potentiels de repos et d'action. La deuxième phase de l'expérience débutait immédiatement après cette lecture. Les participants avaient pour tâche de rédiger, sur papier et pendant une durée de 10 minutes, le résumé de l'organisateur initial. Puis, le modèle de situation qui a été construit durant la lecture de l'organisateur initial était évalué à l'aide de la tâche de vérification des inférences. Après avoir vérifié les énoncés proposés, la troisième phase de l'expérience consistait à lire, en temps libre et phrase par phrase, l'une des 4 versions illustrées du texte d'apprentissage (versions avec les illustrations d'états ou d'événements présentées avant, versions avec les illustrations d'états ou d'événements présentées après). La consigne précisait aux lecteurs que le texte illustré qu'ils allaient étudier avait pour but de leur apporter des informations sur les potentiels de repos et d'action qui étaient plus précises et plus spécifiques que celles évoquées dans la première phase de l'expérience. D'autre part, cette consigne les informait de la place des illustrations dans le déroulement de la lecture, à savoir soit avant, soit après leur phrase correspondante. Enfin, dans la quatrième et dernière phase de l'expérience, les participants effectuaient la tâche de reconnaissance amorcée.

4.3.3. Facteurs et variables dépendantes

Le Niveau d'expertise des lecteurs (Experts versus Débutants), le Type d'illustrations (Illustrations d'états versus Illustrations d'événements) et le Type de disposition temporelle des illustrations (Avant versus Après l'information textuelle) constituaient les facteurs inter-sujets. Les facteurs intra-sujets correspondaient à la Catégorie sémantique des informations (Etats, Evénements), et à la Récence de l'amorce (Ancienne, Nouvelle).

Les temps de lecture des phrases de l'organisateur initial et des 4 versions illustrées du texte d'apprentissage, les réponses correctes et les temps des réponses correctes à la tâche de vérification des inférences, les réponses correctes et les temps de réaction aux cibles vraies de la tâche de reconnaissance amorcée étaient les variables dépendantes mesurées dans la présente expérience.

4.3.4. Prédiction

Notre but principal était d'étudier l'effet différentiel de deux types de disposition temporelle des illustrations (placées soit avant, soit après leur description verbale). Nous avons supposé que les illustrations devraient être d'autant plus efficaces qu'elles constituent des cadres de connaissances à partir desquels les informations du texte peuvent être instanciées. Aussi, les temps moyens de lecture de la version illustrée du texte d'apprentissage devraient être plus courts dans la condition où les illustrations sont placées avant leur description verbale que dans celle où les illustrations sont placées après. D'autre part, les sujets affectés à la lecture de la version dans laquelle les illustrations sont placées avant leur correspondant textuel devraient présenter une proportion de réponses correctes plus importante et des temps de réaction plus courts à la tâche de reconnaissance amorcée, comparés à ceux affectés à la lecture de la version dans laquelle les illustrations sont placées après.

Nous avons également supposé que l'effet des deux types de disposition temporelle des illustrations devrait varier en fonction des connaissances initiales des lecteurs. Ainsi, les experts devraient bénéficier davantage des illustrations lorsqu'elles sont placées après leur correspondant textuel, c'est-à-dire lorsqu'elles ont le rôle de compléter et de restructurer le modèle initialement construit à partir du texte. En revanche, les débutants devraient tirer davantage profit des illustrations lorsqu'elles sont placées avant leur description verbale, c'est-à-dire lorsqu'elles jouent le rôle d'organiseurs initiaux. Comparés aux débutants, les experts devraient donc traiter plus longuement la version 'illustrations placées après', tandis que l'inverse devrait être observé pour la version 'illustrations placées avant'. D'autre part, les experts affectés à la lecture de la version 'illustrations placées après' devraient présenter une proportion de réponses correctes plus importante et des temps de réaction plus courts à la reconnaissance amorcée, comparés à ceux affectés à la lecture de la version 'illustrations placées avant'. En revanche, le pattern inverse devrait être observé pour les débutants.

4.3.5. Résultats

Les analyses de variance présentées ci-dessous ont été calculées, sur les données des quatre groupes de participants, à l'aide du logiciel SuperAnova, Abacus Concepts, 1989.

4.3.5.a La lecture de l'organisateur initial

Les temps moyens de lecture des phrases de l'organisateur initial ont été analysés, en millisecondes par syllabe, avec comme source de variation aléatoire les sujets (F₁) ou les items (F₂), selon le même plan expérimental que celui présenté dans l'expérience précédente.

Conformément à ce qui a été observé dans la troisième expérience, les temps de lecture des phrases de l'organisateur initial étaient fonction du niveau d'expertise initial des lecteurs (Experts : M = 431.82 ms < Débutants : M = 515.12 ms) (F₂(1, 6) = 145.60,

$p < .01$) et de leur catégorie sémantique (Etats : $\underline{M} = 403.62$ ms < Evénements : $\underline{M} = 543.32$ ms) ($F_{1(1, 54)} = 51.33$, $p < .01$; $F_{2(1, 6)} = 15.27$, $p < .01$). Nous n'avons pas obtenu d'interaction entre les facteurs Niveau d'expertise et Catégorie sémantique de la phrase.

4.3.5.b La vérification des inférences

Des analyses de variance ont été calculées sur les performances (réponses correctes et temps des réponses correctes analysés en millisecondes par syllabe) à l'épreuve de vérification des inférences avec comme source de variation aléatoire les sujets (F_1) ou les items (F_2). Le plan expérimental était le même que celui utilisé dans l'expérience précédente.

En accord avec ce que nous avons précédemment observé, l'analyse réalisée sur les réponses correctes indiquait que la précision des participants était fonction de la catégorie sémantique des inférences : $F_{1(1, 54)} = 21.18$, $p < .01$; $F_{2(1, 14)} = 5.37$, $p < .05$. Les énoncés relatifs aux états étaient jugés plus précisément ($\underline{M} = 0.65$) que ceux relatifs aux événements ($\underline{M} = 0.51$). En revanche, le facteur Niveau d'expertise ne présentait pas d'effet simple, tout comme il n'interagissait pas avec le facteur Catégorie sémantique de l'inférence.

L'analyse effectuée sur les temps des réponses correctes indiquait que les inférences qui référaient à des états nécessitaient des temps de réponse plus longs ($M = 203.01$ ms) que celles qui référaient à des événements ($\underline{M} = 169.30$ ms) ($F_{1(1, 54)} = 7.5$, $p < .01$). Ce pattern est l'inverse de ce qui a été observé dans la troisième expérience. Enfin, tout comme dans l'analyse effectuée sur les réponses correctes, le facteur Niveau d'expertise ne présentait pas d'effet simple et n'interagissait pas avec le facteur Catégorie sémantique de l'inférence.

4.3.5.c La lecture du texte d'apprentissage

Les temps moyens de lecture (analysés en millisecondes par syllabe) des phrases des quatre versions illustrées du texte d'apprentissage ont été analysés avec comme source de variation aléatoire soit les sujets (F_1), soit les items (F_2). Le plan expérimental était le suivant :

- **S < Ne2*Mp2*Td2 > *Cs2**
- dans lequel les lettres **S**, **Ne**, **Ti**, **Td**, et **Cs** renvoient respectivement aux facteurs **Sujet** ; **Niveau d'expertise** (Ne1 = Experts, Ne2 = Débutants) ; **Mode de présentation du texte d'apprentissage** (Mp1 : Etats illustrés ; Mp2 : Evénements illustrés) ; **Type de disposition temporelle des illustrations** (Td1 = Avant l'information textuelle, Td2 = Après l'information textuelle) ; **Catégorie sémantique de la phrase** (Cs1 = Etats, Cs2 = Evénements).

L'effet de la place des illustrations dans le déroulement de la lecture était proche du seuil de signification dans l'analyse par sujets ($F_{1(1, 48)} = 3.74$, $p = .06$) et était significatif dans l'analyse par items ($F_{2(1, 6)} = 13$, $p < .01$). La version illustrée du texte

d'apprentissage était plus rapidement traitée dans la condition où les illustrations étaient présentées avant leur description verbale ($\bar{M} = 286.05$ ms) plutôt qu'après ($\bar{M} = 337.64$ ms).

L'effet de l'interaction entre les facteurs Mode de présentation et Catégorie sémantique de la phrase était proche du seuil de signification dans l'analyse par sujets ($F_{1(1, 48)} = 3.56$, $p = .07$) et était significatif dans l'analyse par items ($F_{2(1, 6)} = 21.98$, $p < .01$). Ainsi, durant la lecture de la version avec les événements illustrés, les sujets traitaient plus longuement les phrases sur les états ($\bar{M} = 328.41$ ms) que celles sur les événements ($\bar{M} = 298.37$ ms), tandis que l'inverse était observé durant la lecture de la version avec les états illustrés (phrases sur les états : $\bar{M} = 303.01$ ms ; phrases sur les événements : $\bar{M} = 319.15$ ms). A l'inverse de ce qui a été observé dans la précédente expérience, il semblerait que les temps de lecture des informations illustrées du texte soient plus courts que ceux des informations non-illustrées.

Nous avons observé une interaction double entre les facteurs Niveau d'expertise, Mode de présentation et Catégorie sémantique de la phrase dont l'effet était proche du seuil de signification ($F_{1(1, 48)} = 3.5$, $p = .07$) (Cf. tableau XIV).

TABLEAU XII. Temps moyens de lecture (en ms par syllabe) des phrases sur les états et sur les événements en fonction des facteurs Niveau d'expertise (Experts, Débutants) et Mode de présentation (Etats illustrés, Evénements illustrés).

	Phrases sur les ETATS		Phrases sur les EVENEMENTS	
	ETATS illustrés	EVENEMENTS illustrés	ETATS illustrés	EVENEMENTS illustrés
EXPERTS	$\bar{M} = 298.46$ ms	$\bar{M} = 317.11$ ms	$\bar{M} = 288.07$ ms	$\bar{M} = 306.30$ ms
DEBUTANTS	$\bar{M} = 307.56$ ms	$\bar{M} = 339.71$ ms	$\bar{M} = 350.24$ ms	$\bar{M} = 290.45$ ms

Le tableau XII indique que :

Les temps de lecture des **phrases sur les états** étaient plus courts lorsqu'elles étaient accompagnées d'une illustration que lorsqu'elles étaient présentées seules. Cette différence de temps de lecture était toutefois plus large pour les débutants (32.20 ms) que pour les experts (18.64 ms).

Lorsque le texte était accompagné d'illustrations représentant des événements, les temps de lecture des **phrases sur les événements** diminuaient pour les débutants (-59.79 ms), tandis qu'ils avaient tendance à augmenter pour les experts (+18.23 ms).

Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif.

En résumé, l'analyse qui a été effectuée sur les temps de lecture des phrases du texte d'apprentissage révèle trois principaux résultats. Premièrement, les résultats montrent que la compréhension *on-line* d'un texte accompagné d'illustrations est fonction de la place des illustrations dans le déroulement de la lecture. Précisément, les sujets

lisent plus rapidement la version du texte d'apprentissage dans laquelle les illustrations sont placées avant leur description verbale que celle dans laquelle les illustrations sont placées après. En accord avec ce qui a été observé par Dean et Enemoh (1983), les illustrations semblent faciliter la lecture du texte d'apprentissage lorsqu'elles fournissent un cadre de connaissances initiales à partir duquel les informations du texte peuvent être instanciées. Deuxièmement, alors que les résultats obtenus dans notre troisième expérience montrent que la présence d'illustrations dans le texte augmente les temps de lecture pour les informations illustrées du texte dans la condition où les deux sources d'informations sont présentées de façon contiguë, le pattern inverse est observé dans la condition où les deux sources d'informations sont présentées de façon successive (diminution des temps de lecture pour les informations illustrées du texte). Enfin, conformément à ce qui a été précédemment observé, il apparaît que l'effet différentiel des deux types d'informations illustrées (i.e., états illustrés, événements illustrés) est fonction des connaissances initiales des lecteurs. Précisément, les temps de lecture des phrases sur les états sont plus courts lorsqu'elles sont illustrées que lorsqu'elles sont présentées seules, cette différence étant plus importante pour les débutants que pour les experts. D'autre part, lorsque les informations relatives aux événements sont illustrées, leur temps de lecture diminue pour les débutants, alors qu'il a tendance à augmenter pour les experts. Ainsi, il semble que les illustrations facilitent le traitement des informations illustrées du texte pour les débutants, et ce quelle que soit la catégorie sémantique des informations illustrées. En revanche, elles ont tendance à inciter les experts à traiter plus longuement les informations illustrées du texte, et ce d'autant plus que ces informations sont relatives aux événements du domaine.

4.3.5.d La tâche de reconnaissance amorcée

Comme dans la troisième expérience, nous avons étudié l'effet des amorces anciennes et nouvelles sur les performances (i.e., réponses correctes et temps de réaction analysés en millisecondes par syllabe) à la reconnaissance des cibles vraies.

Le premier type d'analyses que nous avons effectuées avait pour objectif de rendre compte de l'effet du facteur Catégorie sémantique de l'amorce, tandis que le second type d'analyses était ciblé sur l'effet du facteur Catégorie sémantique de la cible. Les deux types d'analyses ont été calculés avec comme source de variation aléatoire, les sujets (E 1) ou les items (E 2). Les plans expérimentaux étaient le suivant :

- **S < Ne2*Ti2*Td2 > *Ra2*Csa2** pour le premier type d'analyses
- **S < Ne2*Ti2*Td2 > *Ra2*Csc2** pour le second type d'analyses
- dans lesquels les lettres **S**, **Ne**, **Ti**, **Td**, **Ra**, **Csa**, et **Csc** renvoient respectivement aux facteurs **Sujet** ; **Niveau d'expertise** (Ne1 = Experts, Ne2 = Débutants) ; **Mode de présentation du texte d'apprentissage** (Mp1 : Etats illustrés ; Mp2 : Evénements illustrés) ; **Type de disposition temporelle des illustrations** (Td1 = Avant l'information textuelle, Td2 = Après l'information textuelle) ; **Récence de l'amorce** (Ra1 : Ancienne ; Ra2 : Nouvelle) ; **Catégorie sémantique de l'amorce** (Csa1 = Etats, Csa2 = Evénements) ; **Catégorie sémantique de la cible** (Csc1 = Etats, Csc2 = Evénements).

Les réponses correctes aux cibles vraies

Les principaux résultats au **premier type d'analyses** ont montré un effet de l'interaction entre les facteurs Niveau d'expertise et Catégorie sémantique de l'amorce : $F_1(1, 48) = 5.17, p < .05$; $F_2(1, 4) = 7.48, p = .05$. Comme l'indique la figure 23, pour les experts, la proportion de réponses correctes aux cibles vraies était plus importante lorsqu'elles étaient précédées par des amorces référant à des états ($M = 0.76$) plutôt que par des amorces référant à des événements ($M = 0.69$), tandis que l'inverse a été observé pour les débutants (pour les états : $M = 0.63$; pour les événements : $M = 0.74$).

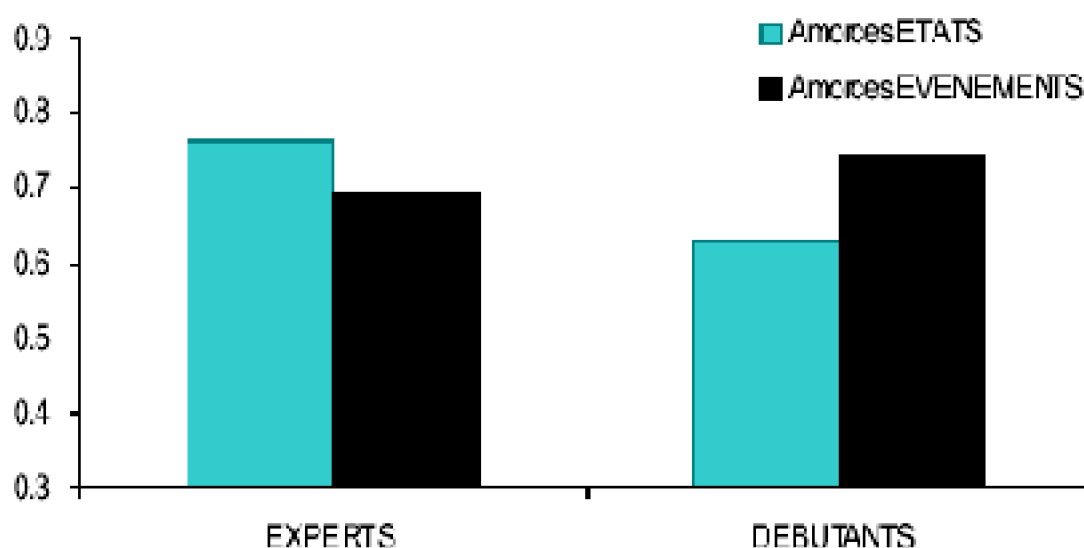


Figure 23. Proportion de réponses correctes aux cibles vraies précédées par des amorces relatives à des états ou à des événements en fonction du facteur Niveau d'expertise (Experts, Débutants)

Une interaction entre les facteurs Récence de l'amorce et Catégorie sémantique de l'amorce a été mise en évidence : $F_1(1, 48) = 8.02, p < .01$. Conformément à ce qui a été observé dans la précédente expérience, les amorces anciennes facilitaient davantage la reconnaissance lorsqu'elles référaient à des événements ($M = 0.78$) plutôt qu'à des états ($M = 0.67$), tandis que l'inverse a été observé pour les amorces nouvelles (celles relatives à des états : $M = 0.71$; celles relatives à des événements : $M = 0.63$).

Le **second type d'analyses** indiquait un effet de l'interaction double entre les facteurs Mode de présentation, Récence de l'amorce et Catégorie sémantique de la cible : $F_1(1, 48) = 5.29, p < .05$ (Cf. tableau XIII).

TABLEAU XIII. Proportion de réponses correctes aux cibles vraies relatives à des états et à des événements en fonction des facteurs Mode de présentation (Etats illustrés, Evénements illustrés) et Récence des amorces (Anciennes, Nouvelles)

		Cibles ETATS		Cibles EVENEMENTS	
		Amorces ANCIENNES	Amorces NOUVELLES	Amorces ANCIENNES	Amorces NOUVELLES
ETATS illustrés	$\underline{M} = 0.77$	$\underline{M} = 0.63$	$\underline{M} = 0.68$	$\underline{M} = 0.68$	
EVENEMENTS illustrés	$\underline{M} = 0.70$	$\underline{M} = 0.77$	$\underline{M} = 0.79$	$\underline{M} = 0.63$	

Le tableau XIII indique que :

- A l'issue de la lecture de la **version avec des états illustrés**, les sujets reconnaissaient mieux les cibles référant à des états lorsqu'elles étaient précédées par des amorces anciennes plutôt que par des amorces nouvelles. En revanche, la proportion de réponses correctes pour les cibles référant à des événements ne variait pas en fonction de la récence des amorces qui les précédaient.
- A l'issue de la lecture de la **version avec des événements illustrés**, les sujets reconnaissaient mieux les cibles référant à des états lorsqu'elles étaient précédées par des amorces nouvelles plutôt que par des amorces anciennes. En revanche, l'inverse était observé pour les cibles référant à des événements.

Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif dans l'analyse effectuée sur les réponses correctes.

Les temps de réaction aux cibles vraies

Comme dans notre troisième expérience, le **premier type d'analyses** révélait un effet du facteur Catégorie sémantique de l'amorce : $F_{1(1, 48)} = 30.91, p < .01$. Les temps de réaction étaient plus longs pour les cibles précédées par des amorces relatives à des états ($\underline{M} = 262.62$ ms) que pour celles précédées par des amorces relatives à des événements ($\underline{M} = 222.19$ ms). Le **second type d'analyses** mettait en évidence une interaction entre les facteurs Récence de l'amorce et Catégorie sémantique de la cible : $F_{1(1, 48)} = 9.92, p < .01$. Conformément à ce qui a été observé précédemment, les temps de réaction aux cibles relatives à des états étaient plus longs lorsqu'elles étaient précédées par des amorces nouvelles ($\underline{M} = 245.06$ ms) plutôt que par des amorces anciennes ($\underline{M} = 227.82$ ms), tandis que l'inverse était obtenu pour les cibles relatives à des événements (précédées par des amorces anciennes : $\underline{M} = 262.6$ ms ; précédées par des amorces nouvelles : $\underline{M} = 234.1$ ms).

L'effet de l'interaction entre les facteurs Niveau d'expertise et Mode de présentation était significatif : $F_{1(1, 48)} = 4.36, p < .05$; $F_{2(1, 4)} = 36.22, p < .01$. A l'issue de la lecture de la version avec des états illustrés, les temps de réaction étaient plus courts pour les experts ($\underline{M} = 218.48$ ms) que pour les débutants ($\underline{M} = 253.25$ ms), tandis que l'inverse était observé à l'issue de la lecture de la version avec des événements illustrés (pour les experts : $\underline{M} = 265.9$ ms ; pour les débutants : $\underline{M} = 231.99$ ms) (Cf. figure 24). Ce résultat est donc en accord avec ce qui a été obtenu avec des illustrations contiguës.

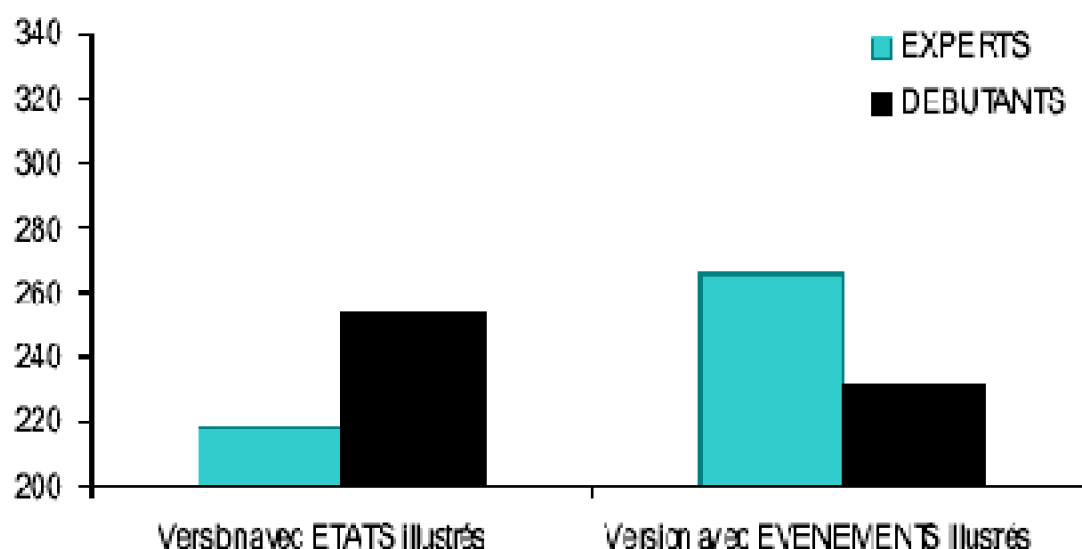


Figure 24. Temps de réaction moyens (en ms par syllabe) aux cibles vraies à l'issue de la lecture de la version avec des états illustrés ou de la version avec des événements illustrés en fonction du facteur Niveau d'expertise (Experts, Débutants)

Une interaction entre les facteurs Type de disposition temporelle des illustrations et Récence de l'amorce a été mise en évidence : $F_{1(1, 48)} = 4.4$, $p = .05$. A l'issue de la lecture de la version dans laquelle les illustrations étaient placées avant leur description verbale, les temps de réaction étaient plus longs pour les cibles précédées par des amorces anciennes ($M = 240.92$ ms) que pour celles précédées par des amorces nouvelles ($M = 218.12$ ms), tandis que la tendance inverse était observée à l'issue de la lecture de la version dans laquelle les illustrations étaient placées après (pour les cibles précédées par des amorces anciennes : $M = 249.53$ ms ; pour les cibles précédées par des amorces nouvelles : $M = 261.05$ ms). La figure 25 illustre cet effet :

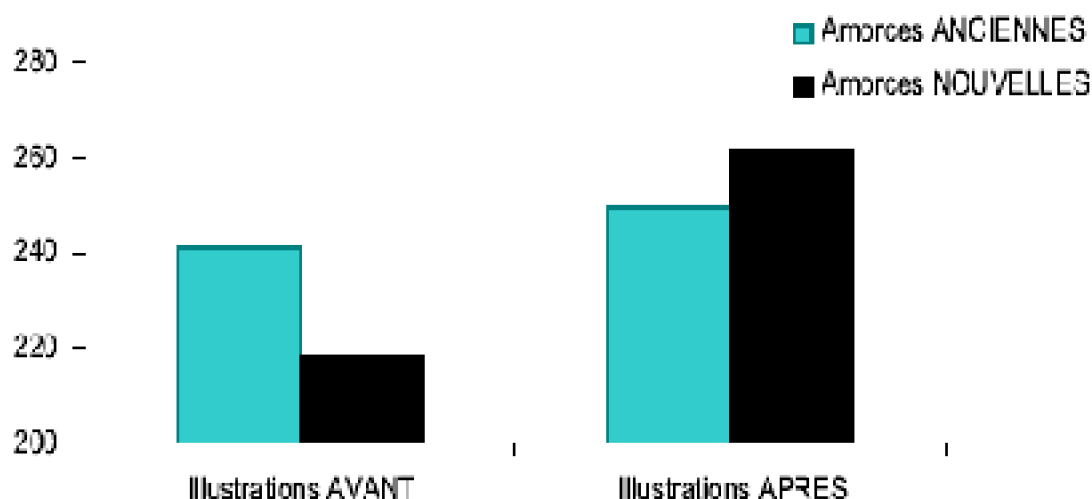


Figure 25. Temps de réaction moyens (en ms par syllabe) aux cibles vraies précédées par des amorces anciennes ou par des amorces nouvelles en fonction du facteur Type de disposition temporelle des illustrations (Avant le texte, Après le texte)

Une interaction double entre les facteurs Niveau d'expertise, Mode de présentation et Type de disposition temporelle des illustrations a été obtenue dans l'analyse par items : $F_{2(1, 4)} = 40.86$, $p < .01$ (Cf. tableau XIV).

TABLEAU XIV. Temps de réaction moyens (en ms par syllabe) aux cibles vraies à l'issue de la lecture de la version avec des états illustrés ou de la version avec des événements illustrés en fonction des facteurs Niveau d'expertise (Experts, Débutants) et Type de disposition temporelle des illustrations (Avant, Après)

	Avec des ETATS illustrés		Avec des EVENEMENTS illustrés	
	Illustrations AVANT	Illustrations APRES	Illustrations AVANT	Illustrations APRES
EXPERTS	$\underline{M} = 213.21$ ms	$\underline{M} = 223.76$ ms	$\underline{M} = 235.66$ ms	$\underline{M} = 296.12$ ms
DEBUTANTS	$\underline{M} = 234.94$ ms	$\underline{M} = 271.56$ ms	$\underline{M} = 234.28$ ms	$\underline{M} = 229.71$ ms

Le tableau XIV indique que :

A l'issue de la lecture de la **version avec des états illustrés**, les temps de réaction étaient plus courts pour les experts que pour les débutants. La différence entre les deux groupes d'expertise était toutefois plus importante dans la condition où les illustrations étaient présentées après leur description textuelle (47.80 ms) que dans la condition où elles étaient présentées avant (21.73 ms).

A l'issue de la lecture de la **version avec des événements illustrés**, les temps de réaction étaient plus courts pour les débutants que pour les experts dans la condition où les illustrations étaient placées après leurs descriptions verbales. En revanche, il n'y avait pas de différence entre les deux groupes d'expertise dans la condition où les illustrations étaient placées avant.

Enfin, l'analyse sur les temps de réaction a mis en évidence une interaction double entre les facteurs Niveau d'expertise, Type de disposition temporelle des illustrations et Récence de l'amorce ($F_{1(1, 48)} = 3.53$, $p = .07$, $F_{2(1, 4)} = 17.5$, $p < .05$). Le tableau XV rend compte de cette double interaction :

TABLEAU XV. Temps de réaction moyens (en ms par syllabe) aux cibles vraies précédées par des amorces anciennes ou par des amorces nouvelles en fonction des facteurs Niveau d'expertise (Experts, Débutants) et Type de disposition temporelle des illustrations (Avant, Après)

	Illustrations AVANT		Illustrations APRES	
	Amorces ANCIENNES	Amorces NOUVELLES	Amorces ANCIENNES	Amorces NOUVELLES
EXPERTS	$\underline{M} = 232.00$ ms	$\underline{M} = 216.86$ ms	$\underline{M} = 266.57$ ms	$\underline{M} = 253.30$ ms
DEBUTANTS	$\underline{M} = 249.84$ ms	$\underline{M} = 219.38$ ms	$\underline{M} = 232.48$ ms	$\underline{M} = 268.80$ ms

Le tableau XV indique que :

A l'issue de la lecture de la **version dans laquelle les illustrations étaient présentées avant** leur description textuelle, les temps de réaction pour les cibles précédées par des amorces anciennes étaient plus courts pour les experts que pour les débutants. Il n'y avait pas, en revanche, de différence entre les deux groupes d'expertise pour les cibles précédées par des amorces nouvelles.

A l'issue de la lecture de la **version dans laquelle les illustrations étaient présentées après**, les temps de réaction pour les cibles précédées par des amorces anciennes étaient plus courts pour les débutants que pour les experts. En revanche, le pattern inverse était observé pour les cibles précédées par des amorces nouvelles.

Aucun autre facteur simple ou en interaction n'était significatif dans l'analyse effectuée sur les temps de réaction à la tâche de reconnaissance amorcée.

En résumé, l'analyse effectuée sur les réponses correctes à la tâche de reconnaissance amorcée révèle deux principaux résultats. Conformément à nos attentes, les experts semblent répondre plus précisément sur la base de leur représentation des états du domaine (pré-activée durant la phase d'amorçage) que sur la base de leur représentation des événements, tandis que l'inverse est obtenu pour les débutants. Deuxièmement, à l'issue de la lecture de la version avec des illustrations d'états, les informations nouvelles relatives aux états semblent être mieux reconnues sur la base de la représentation de l'organisateur initial (pré-activée en mémoire) que sur la base de la représentation du texte d'apprentissage. L'inverse est observé à l'issue de la lecture de la version avec des illustrations d'événements. Pour les informations nouvelles relatives aux événements, elles semblent être mieux reconnues sur la base de la représentation de l'organisateur initial que sur la base de la représentation du texte d'apprentissage à l'issue de la lecture de la version avec des illustrations d'événements. Il n'y a pas de différence entre les deux conditions d'amorçage à l'issue de la lecture de la version avec des illustrations d'états.

L'analyse effectuée sur les temps de réaction à la tâche de reconnaissance amorcée montre que l'effet du type d'illustrations est fonction des connaissances initiales et de la disposition temporelle des illustrations. D'une part, les résultats montrent qu'à l'issue de la lecture de la version comportant des illustrations d'états, les débutants ont une représentation moins accessible que celle des experts. Conformément à nos hypothèses, cette différence entre les groupes d'expertise semble être moins importante dans la condition où les illustrations d'états sont présentées avant leur description verbale. D'autre part, nous observons qu'à l'issue de la lecture de la version avec des illustrations d'événements, les experts ont une représentation moins accessible que celle des débutants. La différence entre les deux groupes d'expertise est d'autant plus importante que les illustrations d'événements sont présentées après leur description verbale.

Les résultats montrent aussi que la place des illustrations dans le déroulement de la lecture est un facteur déterminant dans l'intégration des informations nouvelles en mémoire. Ainsi, à l'issue de la lecture de la version dans laquelle les illustrations sont

placées après leurs descriptions verbales, les informations nouvelles tendent à être plus directement reliées à la représentation de l'organisateur initial qu'à celle du texte d'apprentissage. En revanche, l'inverse est observé à l'issue de la lecture de la version dans laquelle les illustrations sont placées avant leurs descriptions verbales. Enfin, nous observons que l'effet de la disposition temporelle des illustrations sur l'intégration des informations nouvelles en mémoire varie en fonction des connaissances initiales des lecteurs. Ainsi, conformément à nos attentes, les débutants semblent mettre plus de temps que les experts à accéder à l'information nouvelle à partir de leur représentation de l'organisateur initial (pré-activée durant la phase d'amorçage) à l'issue de la lecture de la version dans laquelle les illustrations sont placées avant leurs descriptions verbales, alors que le pattern inverse est obtenu à l'issue de la lecture de la version dans laquelle les illustrations sont placées après leurs descriptions verbales. Par ailleurs, les débutants semblent être moins rapides que les experts pour accéder à l'information nouvelle à partir de leur représentation du texte d'apprentissage (pré-activée durant la phase d'amorçage) à l'issue de la lecture de la version dans laquelle les illustrations sont placées après leurs descriptions verbales, tandis qu'il n'y a pas de différence entre les deux groupes d'expertise à l'issue de la lecture de la version dans laquelle les illustrations sont placées avant leurs descriptions verbales.

Enfin, les résultats montrent que l'intégration des informations nouvelles en mémoire est fonction de la catégorie sémantique des informations. Précisément, ils confirment ce qui a été observé dans notre précédente expérience. Les informations nouvelles relatives aux états semblent être plus fortement reliées aux connaissances initiales (acquises à partir de l'organisateur initial) qu'elles ne le sont à la représentation du texte d'apprentissage, tandis l'inverse est observé pour les informations nouvelles relatives aux événements.

4.3.6. Discussion

L'analyse réalisée sur les temps de lecture du texte d'apprentissage révèle que la présence des illustrations dans le texte entraîne une augmentation des temps de lecture des informations illustrées du texte dans la condition où les deux sources d'informations sont présentées simultanément (Cf. expérience 3), et une diminution des temps de lecture des informations illustrées du texte dans la condition où les deux sources d'informations sont présentées successivement (Cf. expérience 4). Contrairement à ce qui a été suggéré par Mayer et Anderson (1991, 1992), il semble donc que l'intégration des informations textuelles et picturales en un modèle de situation unifié soit un processus plus coûteux dans la condition où les deux sources d'informations sont présentées en même temps plutôt que séparément.

De plus, les résultats rendent compte de l'existence d'un effet différentiel des deux types de disposition temporelle des illustrations (avant, après). Conformément à nos hypothèses, les sujets traitent plus rapidement la version illustrée du texte dans laquelle les illustrations sont présentées avant leurs descriptions verbales que celle dans laquelle les illustrations sont présentées après. Le rôle des illustrations semble donc varier en fonction de leur position relative dans le texte. Placées avant, nous supposons que les

illustrations seraient un facteur déterminant dans la construction de la représentation sémantique (et donc descriptive) du texte. En effet, elles permettraient aux lecteurs de repérer plus rapidement les informations centrales du texte, et formeraient des cadres de connaissances initiales à partir desquels les informations textuelles pourraient être instanciées. Placées après, nous supposons que les illustrations seraient un facteur déterminant dans la construction de la représentation situationnelle (et donc analogique) du texte. Elles auraient pour fonction de fournir des informations nouvelles qui viendraient compléter et restructurer le modèle initialement construit à partir du texte. Les résultats obtenus à la tâche de reconnaissance amorcée semblent soutenir ces hypothèses. En effet, les informations nouvelles apportées par le texte d'apprentissage ont tendance à être directement connectées aux connaissances initiales dans la condition où les illustrations sont placées après leurs descriptions verbales, tandis que les informations nouvelles ont tendance à rester compartimentalisées dans la condition où les illustrations sont placées avant leurs descriptions verbales.

Enfin, conformément à nos attentes, les résultats montrent que l'effet de la place des illustrations dans le déroulement de la lecture est fonction des connaissances initiales des lecteurs. Plus précisément, alors que les débutants ont plus de difficultés que les experts à accéder à leur représentation du texte accompagné par des illustrations d'états, il semble que la différence entre les deux groupes d'expertise soit moins importante dans la condition où les illustrations d'états sont présentées avant leurs descriptions verbales. Ainsi, la présence des illustrations d'états dans le texte affecterait moins les processus de compréhension mis en oeuvre par les débutants lorsqu'elles jouent le rôle d'organiseurs initiaux. D'autre part, les experts semblent accéder moins rapidement à la représentation du texte accompagné d'illustrations d'événements dans la condition où les illustrations sont présentées après leurs descriptions verbales. La présence d'illustrations d'événements inciterait les experts à traiter moins automatiquement le texte (i.e., à produire plus d'inférences), et ce d'autant plus que les illustrations d'événements ont la fonction de synthétiser les informations du texte, c'est-à-dire de mettre à jour le modèle initialement construit sur la base du texte.

CONCLUSIONS

Les recherches que nous avons menées dans cette thèse ont permis de rendre compte du rôle déterminant de cinq facteurs dans l'apprentissage d'un domaine scientifique particulier (le neurone) à partir de textes et d'illustrations : [1] la structure du domaine de connaissances ; [2] les connaissances initiales des lecteurs sur le domaine ; [3] les caractéristiques du texte, i.e., la cohérence du texte, la catégorie sémantique des informations apportées par le texte, [4] les caractéristiques des illustrations, i.e., la catégorie sémantique des informations illustrées du texte, la disposition des illustrations dans le déroulement de la lecture ; et [4] les exigences de la tâche proposée entre deux phases d'apprentissage.

Chaque domaine à acquérir a une structure propre dont la description est nécessaire qu'il s'agisse d'évaluer les connaissances initiales que les sujets disposent sur ce domaine, ou de déterminer les caractéristiques de la représentation que les sujets ont formée à propos de ce domaine à partir d'un texte. A partir de l'analyse en systèmes (Baudet & Denhière, 1991), la structure du domaine qui réfère au neurone a été définie en deux niveaux. Au niveau local, le neurone est décrit comme une structure relationnelle : il est décomposable en plusieurs constituants anatomiques (e.g., les dendrites) qui sont reliés par des relations spatiales. Au niveau global, le neurone est représenté comme une structure fonctionnelle : chacun de ses constituants est affecté d'une fonction particulière au cours du traitement de l'information nerveuse (e.g., les dendrites captent les signaux). De plus, quatre phases principales correspondant à quatre phénomènes bioélectriques (potentiel de repos, potentiel d'action, repolarisation et période réfractaire) constituent la chronique de fonctionnement du neurone. Chaque phénomène peut être décrit à partir

des représentations d'état et d'événement qui sont envisagés par la sémantique cognitive (Cf. Baudet, 1990 ; François, 1989, 1990, 1997) et qui renvoient au contraste entre les notions de permanence et de changement. Les états et les événements sont reliés par des relations temporelles et spatiales dans la chronique de fonctionnement du neurone.

Les principaux résultats relatifs à l'effet de la structure du domaine sont les suivants. L'accroissement de l'expertise dans le domaine du neurone consiste en une organisation des connaissances en une structure fonctionnelle homologue à celle du domaine (i.e., principe d'identité structurale entre le modèle mental construit durant l'apprentissage et le domaine auquel il réfère ; van Dijk & Kintsch, 1983). De plus, la maîtrise de la structure relationnelle du neurone est une condition à la maîtrise de la structure fonctionnelle. En d'autres termes, la compréhension du fonctionnement du neurone nécessite la connaissance des éléments cellulaires qui participent à ce fonctionnement, et permet en retour de mieux appréhender l'organisation structurale du neurone. Les résultats montrent également un effet différentiel de deux types de représentation – les états et les événements – sur la construction du modèle mental de la structure fonctionnelle du neurone. D'une part, les informations relatives aux états semblent faire l'objet d'un traitement plus 'sémantique' et être plus fortement intégrées aux connaissances des lecteurs, comparées aux informations relatives aux événements qui ont tendance à être compartimentalisées en un tout isolé en mémoire (Cf. Potts & Peterson, 1985 ; Potts & al., 1989). Les événements sont mieux mémorisés lorsqu'ils sont présentés dans un texte qui privilégie les représentations d'état plutôt que les représentations d'événement pour décrire le domaine. La mémorisation des états ne semble pas dépendre de la nature sémantique du texte (du type de représentations utilisées pour décrire le domaine) dans lequel ils sont évoqués. Enfin, les résultats montrent que les sujets intègrent plus facilement les informations évoquées dans un texte d'apprentissage lorsqu'ils ont, au préalable, étudié un organisateur initial qui leur apporte des connaissances sur les états du neurone. Par conséquent, ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse selon laquelle l'accroissement de l'expertise dans le domaine qui réfère au neurone consiste en la construction d'un réseau de connaissances en mémoire dans lequel les états joueraient le rôle de concepts-noyaux (ou points d'ancrage) à partir desquels sont intégrés les événements. L'effet des représentations d'état et d'événement semble être fonction des connaissances initiales des lecteurs. Pour représenter la structure fonctionnelle du domaine, les experts utilisent plus de concepts relatifs à des états que de concepts relatifs à des événements, tandis que les débutants ne semblent pas procéder à une sélection des concepts en fonction de leur catégorie sémantique. Nous pouvons supposer que les experts ont une représentation 'encapsulée' (Cf. Schmidt & Boshuizen, 1993) du fonctionnement du neurone, dans laquelle les événements auraient tendance à se regrouper autour des états, ces derniers correspondant alors à des concepts de plus haute généralité avec le même pouvoir explicatif. La structure de connaissances des débutants ne serait pas organisée en fonction de la catégorie sémantique des concepts qui la constituent. D'autre part, les experts semblent se focaliser davantage sur les événements que sur les états du domaine, tandis que l'inverse est observé pour les débutants. De plus, les experts semblent s'investir dans un traitement plus actif d'un texte d'apprentissage lorsqu'ils ont, au préalable, étudié un organisateur initial qui leur présente des informations sur les aspects dynamiques du domaine. Les débutants tirent davantage

profit d'un organisateur initial qui leur apporte des connaissances sur les aspects statiques du domaine. Il semble donc que les débutants, pour se construire un modèle mental du domaine, recherchent la constance (Cf. Tapiero, 1992) alors que les experts portent un intérêt cognitif plus important pour les transformations qui opèrent sur le domaine.

Les résultats de ces études montrent également qu'un même texte ne peut pas être adapté à tous les niveaux d'expertise. Pour les débutants du domaine, la compréhension doit être rendue plus facile (Kintsch, 1994). Les débutants profitent davantage d'un texte dont la structure sémantique est homologue à celle du domaine qu'il représente (i.e., un texte dont l'organisation reflète l'ordre temporo-causal des états et des événements qu'il évoque). De plus, les débutants semblent avoir construit une représentation plus appropriée d'un texte sur le domaine lorsqu'ils ont, au préalable, étudié un organisateur initial dont les connaissances sont de même catégorie sémantique (états ou événements) que les informations évoquées dans le texte (condition de congruence sémantique). En résumé, les débutants bénéficient d'une situation d'apprentissage qui leur permet : [1] d'organiser leurs représentations en une structure homologue à celle du domaine à acquérir, et [2] de renforcer le poids du modèle mental du domaine qu'ils ont construit au cours d'une première phase d'apprentissage. Pour les experts du domaine, la compréhension doit être rendue plus difficile pour les encourager à traiter plus activement et plus intentionnellement le texte. Ainsi, nous avons observé que les experts profitent davantage d'un texte dans lequel les relations de causalité entre les états et les événements qu'il évoque sont supprimées et la séquentialité perturbée. En s'engageant dans des activités inférentielles sur la base de leurs connaissances initiales pour résoudre le manque de cohérence du texte, les experts peuvent construire un modèle plus élaboré de la situation (du domaine) évoquée dans le texte. De plus, les résultats montrent que les experts tendent à s'investir davantage dans le traitement d'un texte sur le domaine lorsque celui-ci comporte des informations dont la catégorie sémantique diffère de celle des connaissances d'un organisateur initial qu'ils ont étudié en première phase d'apprentissage. En résumé, les experts tirent profit d'une situation d'apprentissage dans laquelle ils peuvent : [1] rétablir mentalement la séquentialité et les rapports de causalité entre les faits relatifs au domaine en fonction de leurs connaissances initiales, [2] combiner des informations sur le domaine de catégorie sémantique différente, et mettre à jour (réviser) le modèle mental qu'ils ont formé au cours d'une première phase d'apprentissage.

Les résultats de ces études montrent que pour illustrer un texte scientifique, il est nécessaire de tenir compte à la fois de la catégorie sémantique des informations à illustrer, des connaissances initiales des lecteurs, et de la place que les illustrations vont occuper dans le déroulement de la lecture. Pour permettre au lecteur de construire un modèle mental approprié du domaine évoqué par le texte, il serait préférable d'illustrer les informations qui sont relatives aux états du domaine que celles relatives aux événements. De plus, nous avons observé que les experts tendent à traiter plus activement un texte lorsqu'il celui-ci comporte des illustrations que lorsqu'il est présenté seul. La différence de temps de lecture entre les versions illustrée et non-illustrée du texte semble être moins importante pour les débutants. Comparés aux experts, les débutants semblent

sous-estimer la quantité de temps nécessaire à l'intégration des informations issues des deux sources (i.e., texte et illustrations). Soit, ils ne reconnaissent pas l'utilité des illustrations dans la formation du modèle mental du domaine évoqué par le texte. Soit, le traitement des illustrations représente pour eux une charge trop importante d'un point de vue cognitif ; il s'agit alors de se concentrer sur le texte qui est une source d'informations plus familière (Bétrancourt, 1996). Les résultats montrent également que l'effet de la catégorie sémantique des informations illustrées dépend des connaissances initiales des lecteurs. Précisément, les experts portent un intérêt cognitif plus important au texte lorsque celui-ci est accompagné d'illustrations qui représentent des événements plutôt que des états, tandis que l'inverse est observé pour les débutants. En d'autres termes, pour les experts qui semblent se focaliser davantage sur les aspects dynamiques du domaine, il vaudrait mieux illustrer les événements que les états. Pour les débutants qui ont tendance à se centrer davantage sur les aspects statiques du domaine, il vaudrait mieux illustrer les états que les événements. Enfin, il semble que l'effet de la position des illustrations dans le cours temporel de la lecture soit fonction des connaissances initiales des lecteurs. Précisément, les experts semblent bénéficier davantage des illustrations lorsqu'elles sont présentées après leur correspondant textuel. Placées après, les illustrations inciteraient les experts à utiliser leurs connaissances initiales pour relier les informations qu'elles apportent au contenu sémantique du texte, et donc à mettre à jour (réviser) le modèle qu'ils ont initialement formé sur la base du texte. Les débutants semblent tirer davantage profit des illustrations lorsqu'elles sont placées avant leur description verbal, c'est-à-dire lorsqu'elles leur apportent un cadre initial de connaissances à partir duquel les informations textuelles peuvent être encodées.

Enfin, les résultats montrent que l'épreuve qui est proposée aux sujets à l'issue d'une première phase d'apprentissage (résumé, schéma) est un facteur déterminant dans les stratégies de compréhension que les sujets adoptent durant une seconde phase d'apprentissage. Lorsque la tâche s'appuie sur la représentation sémantique de l'organisateur initial étudié dans la première phase d'apprentissage, elle semble inciter les sujets à effectuer un traitement 'sémantique' du texte proposé dans la seconde phase d'apprentissage, et donc à se focaliser sur la mémorisation de ce texte (Cf. Kintsch, 1994). Lorsque la tâche se base sur le modèle mental de la situation évoquée dans l'organisateur initial, elle semble encourager les sujets à effectuer un traitement 'situationnel' du texte subséquent, et par conséquent à se focaliser sur l'apprentissage à partir de ce texte. Les résultats montrent que l'effet des exigences de la tâche semble être fonction de la catégorie sémantique des informations à acquérir. Pour comprendre les événements du domaine, les lecteurs profitent davantage d'une tâche qui les incite à effectuer un traitement 'sémantique' du texte dans lequel ils sont évoqués (résumé) que d'une tâche qui les encourage à traiter plus profondément le texte (schéma), tandis que l'inverse est observé pour comprendre les états du domaine. Nous avons également observé que l'effet de la tâche à l'issue de la première phase d'apprentissage semble être fonction des connaissances initiales des lecteurs. Les experts semblent bénéficier davantage d'une tâche qui les encourage à activer le modèle mental du domaine qu'ils ont formé durant la première phase d'apprentissage (schéma) ; à l'issue de cette tâche, ils semblent traiter plus activement le texte proposé dans la seconde phase d'apprentissage et produire plus d'inférences pour mettre à jour leur modèle mental initial. Les débutants

semblent profiter davantage d'une tâche qui les conduit à activer une représentation propositionnelle du texte qu'ils ont lu lors de la première phase d'apprentissage (résumé) ; cette tâche semble leur permettre de former un modèle plus approprié du texte proposé dans la seconde phase d'apprentissage.

En conclusion, les résultats de nos recherches sont à prendre à considération lorsqu'il s'agit de mettre en place des supports d'apprentissage (texte + illustrations) qui puissent représenter au mieux la structure du domaine à acquérir et dont la cohérence, la catégorie sémantique de leurs informations (textuelles et picturales), et la disposition temporelle de leurs illustrations puissent être adaptées à l'état initial des connaissances des apprenants. Dans le cas de séquences d'apprentissage, le type de tâches qui peuvent être proposées entre deux phases d'apprentissage doit être déterminé en fonction des stratégies de compréhension que l'on souhaite faire adopter aux apprenants. Dans le domaine du neurone, les supports d'apprentissage qui peuvent être proposés aux débutants doivent (d'après nos résultats) [1] privilégier les représentations d'état pour décrire le domaine, [2] organiser les informations en une structure homologue à celle du domaine (i.e., expliquer les rapports de causalité entre les faits évoqués, les présenter en respectant leur séquentialité), [3] être accompagnés d'illustrations représentant les états du domaine, et [4] présenter les illustrations d'états avant leur correspondant textuel. De plus, entre deux phases d'apprentissage, le test de compréhension qui peut être proposé doit inciter les débutants à se focaliser sur la mémorisation du texte subséquent. Les supports d'apprentissage qui peuvent être proposés aux experts doivent [1] privilégier les représentations d'événement pour décrire le domaine, [2] organiser les informations de façon telle que les rapports de causalité et les relations temporelles entre les faits évoqués ne soient pas explicitement mentionnés (les experts, pour être incités à utiliser leurs connaissances initiales, doivent s'engager dans une lecture comme s'ils devaient résoudre un problème), [3] être accompagnés d'illustrations représentant les événements du domaine, et [4] présenter les illustrations d'événements après leur description verbale. De plus, entre deux phases d'apprentissage, le test de compréhension qui peut être proposé doit encourager les experts à effectuer un traitement 'situationnel' du texte subséquent. Ces propositions quant à des supports d'apprentissage adaptés sont relatives à un domaine particulier (le neurone). Il serait nécessaire de généraliser nos résultats à d'autres domaines scientifiques.

Enfin, la portée théorique de ces travaux réside dans le fait qu'ils illustrent la nécessité de considérer à la fois les connaissances constitutives des domaines abordés par les textes scientifiques, ainsi que les connaissances que les lecteurs disposent à propos de ces domaines, pour proposer des modèles qui rendent compte de la spécificité des processus à l'oeuvre dans l'apprentissage à partir de texte scientifiques.

BIBLIOGRAPHIE

A

- Anderson, J.R. (1976). *Language, memory, and thought*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Anderson, J.R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge : Harvard University Press.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology : A cognitive view*. New York : Holt, Rinehart, & Winston.
- Ausubel, D.P., & Youssef, M. (1963). Role of discriminability in meaningful parallel learning. *Journal of Educational Psychology*, 54, 331-336.

B

- Baddeley, A. (1992). *La mémoire humaine, théorie et pratique*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Ballstaedt, S.P., Mandl, H. (1985). Diagnosis of knowledge structures in text learning. *Forschungsberichte*, 37, 1-54.
- Baudet, S. (1990). Représentations cognitives d'état, d'événement et d'action. In J. François & G. Denhière (Eds.), *Cognition et Langage. Les types de prédications en sémantique linguistique et psychologique*. *Langages*, 100, 45-64.
- Baudet, S., Denhière, G. (1991). Mental models and acquisition of knowledge from text : Representation and acquisition of functional systems. In G. Denhière, & J.P. Rossi (Eds.), *Text and text processing*, Amsterdam, North-Holland, 79, 155-188.
- Bétrancourt, M. (1996). *Facteurs spatiaux et temporels dans le traitement cognitif des complexes texte-figure*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Grenoble, Mention Sciences Cognitives.
- Birkmire, D.P. (1985). Text processing : the influence of text structure, background knowledge, and purpose. *Reading Research Quarterly*, 20, 314-326.
- Black, J.B., & Bower, G.H. (1980). Story understanding as problem solving. *Poetics*, 9, 223-250.
- Bonnet, C. (1986). *Manuel pratique de psychophysique*. Paris : A. Colin.
- Bower, G.H., Black, J.B., & Turner, T.J. (1979). Scripts in memory for texts. *Cognitive Psychology*, 11, 177-220.
- Bransford, J.D., Barclay, J.R., & Franks, J.J. (1972). Sentence memory : A constructive versus interpretive approach. *Cognitive Psychology*, 3, 193-209.
- Britton, B.K., & Gulgoz, S. (1991). Using Kintsch's model to improve instructional text : Effects of inference calls on recall and cognitive structures. *Journal of Educational Psychology*, 83, 329-345.
- Brouillet, D. (1994). Modèle de situation et pertinence du contenu dans la mémorisation d'un texte. *Bulletin de Psychologie*, XLIX(426), 617-624.

C

- Cailliès, S., & Tapiero, I. (1997). Structures textuelles et niveaux d'expertise. *L'année Psychologique*, 97, 611-639.
- Cavazza, M. (1993). Modèles mentaux et sciences cognitives. In M.F. Ehrlich, H. Tardieu, & M. Cavazza (Eds.), *Les modèles mentaux, approche cognitive des représentations*. Paris : Masson.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chiesi, H.L., Spilich, G. J., & Voss, J. F. (1979). Acquisition of domain-related information in relation to high- and low-domain knowledge. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 257-273.
- Cohen, Mac Winney, Flatt, & Provost, (1993). PsyScope : An interactive graphic system for designing and controlling experiments in the psychology laboratory using Macintosh computers. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 25, 257-270.
- Collins, A.M., Quillian, M.R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-247.
- Cooke, N.M., Durso, F.T., & Schvaneveldt, R.W. (1986). Recall and measures of memory organization, *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 12(4), 538-549.

D

- Dean, R.S., & Enemoh, P.A.C. (1983). Pictorial organization in prose learning. *Contemporary Educational Psychology*, 8, 20-27.
- Denhière, G., & Baudet, S. (1992). *Lecture, compréhension de texte et science cognitive*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Denis, M., & de Vega, M. (1993). Modèles mentaux et imagerie mentale. In M.F. Ehrlich, H. Tardieu, & M. Cavazza (Eds.), *Les modèles mentaux, approche cognitive des représentations* (pp. 79-100). Paris : Masson.
- Deschênes, A.J. (1988). Le rôle des connaissances initiales dans l'acquisition d'informations nouvelles à l'aide de textes. *European Journal of Psychology of Education*, 3(2), 137-143.
- Diekhoff, G.M. (1983). Testing through relationship judgements. *Journal of Educational Psychology*, 75(2), 227-233.

Dopkins, S. (1997). Text representations as reflected in patterns of cognitive distance. *Memory and Cognition*, 25(1), 72-95.

Duchastel, P., Fleury, M., & Provost, G. (1988). Rôles cognitifs de l'image dans l'apprentissage scolaire. In Bulletin de Psychologie *La communication par image. XLI* (386), Juin-Août 88, 667-671.

E

Ehrlich, M. F. (1985). Les représentations sémantiques. *Psychologie Française*, 30 (3/4), 285-295.

Ericsson, K.A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102(2), 211-245.

F

Fincher-Kiefer, R., Post, T.A., Greene, T.R., & Voss, J.F. (1988). On the Role of Prior Knowledge and Task Demands in the Processing of Text. *Journal of Memory and Language*, 27, 416-428.

Fletcher, C.R., & Bloom, C.P. (1988). Causal reasoning in the comprehension of simple narrative texts. *Journal of Memory and Language*, 27, 235-244.

Fletcher, C.R., van den Broek, P., & Arthur, E.J. (1996). A model of narrative comprehension and recall. In B.K. Britton & A.C. Graesser (Eds.), *Models of understanding text* (pp. 141-163). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

Florès, C. (1987). *La mémoire*. Paris : Presses Universitaires de France.

François, J. (1989). *Changement, causation et action*. Genève : DROZ.

François, J. (1990). Classement sémantique des prédications et méthode psycholinguistique d'analyse propositionnelle. In J. François & G. Denhière (Eds.), *Cognition et Langage. Les types de prédications en sémantique linguistique et psychologique. Langages*, 100, 13-32.

François, J. (1997). La place de l'aspect et de la participation dans les classements conceptuels des prédications verbales. In J. François & G. Denhière (Eds.), *Sémantique linguistique et psychologie cognitive : aspects théoriques et expérimentaux*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

G

- Garnham, A., & Oakhill, J. (1993). Modèles mentaux et compréhension du langage. In M. F. Ehrlich, H. Tardieu, & M. Cavazza (Eds.), *Les modèles mentaux, approche cognitive des représentations* (pp. 23-46). Paris : Masson.
- Ghiglione, R., & Blanchet, A. (1991). *Analyse de contenu et contenus d'analyses*. Paris : Dunod.
- Glaser, R., & Chi, M. T. H. (1988). Overview. In M.T.H. Chi, Glaser, R., & M.J. Farr (Eds.), *The nature of Expertise*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.
- Gobbo, C. & Chi, M. (1986). How knowledge is structured and used by expert and novice children. *Cognitive Development*, 1, 221-237.
- Goldsmith, T.E., Davenport, D.M. (1991). Assessing structural similarity of graph. In R.W. Schvaneveldt (Ed.), *Pathfinder associative networks* (pp. 75-88). Norwood, NJ : Ablex.
- Goldsmith, T.E., Johnson, P.J., & Acton, W.H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 83(1), 88-96.
- Gonzalvo, P., Canas, J.J., & Bajo, M.T. (1994). Structural representations in knowledge acquisition. *Journal of Educational Psychology*, 86(4), 601-616.
- Graesser, A.C., Bertus, E.L., & Magliano, J.P. (1995). Inference generation during the comprehension of narrative text. In E. J. O'Brien & R. F. Lorch (Eds.), *Sources of coherence in text comprehension* (pp. 295-320). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Graesser, A.C., & Clark, L. F. (1985). Structures and procedures of implicit knowledge. In R. O. Freedle (Ed.), *Advances in Discourse Processes*. Norwood : New-Jersey.
- Graesser, A.C., & Franklin, S.P. (1990). QUEST : a cognitive model of question answering. *Discourse Processes*, 13, 279-304.
- Graesser, A.C., Robertson, S.P., Lovelale, E.R., & Swinehart, D.M. (1980). Answers to why questions of story plot and predict recall of actions. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 19, 110-119.
- Graesser, A.C., Singer, M., & Trabasso, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review*, 3, 371-395.
- Graesser, A.C., & Zwaan, R.A. (1995). Inference generation and the construction of situation models. In C.A. Weaver, S. Mannes, & C.R. Fletcher (Eds.), *Discourse comprehension : Strategies and processing revisited* (pp. 117-139). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Gyselinck, V. (1995). *Les modèles mentaux dans la compréhension de textes : le rôle des illustrations*. Thèse de Doctorat de Psychologie, Université René Descartes, Paris V.
- Gyselinck, V. (1996). Illustrations et modèles mentaux dans la compréhension de textes. *L'Année Psychologique*, 96, 495-516.
- Gyselinck, V., & Tardieu, H. (1999). The role of illustrations in text comprehension : what, when, for whom, and why ? In S.R. Goldman & H. van Oostendorp (Eds.), *The construction of Mental Representation During Reading*. NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

H

- Hegarty, M., & Just, M.A. (1989). Understanding machines from text and diagrams. In H. Mandl & J.R. Levin (Eds.), *Knowledge Acquisition from Text and Pictures*. Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland).
- Hegarty, M., & Just, M.A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of Memory and Language*, 32, 717-742.
- Heurley, L. (1994). *Traitements de textes procéduraux : étude de psycholinguistique cognitive des processus de compréhension et de production chez des adultes non experts*. Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne, Mention Psychologie.

J

- Jackendoff, R. (1983). *Semantics and cognition*. Cambridge : M.I.T. Press.
- Jhean-Larose, S. (1991). L'apprentissage d'un système fonctionnel complexe. *Psychologie Française*, 36(2), 167-176.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

K

- Kekenbosch, C. (1989). Structure relationnelle d'un texte et rétention. In S. Baudet & G. Denhière (Eds.). *Le diagnostic du fonctionnement cognitif dans la compréhension et la production de textes*. *Questions de logopédie*, 21, 81-91.
- Kintsch, W. (1982). Memory for text. *Discourse Processing, Advances in Psychology*, 8.
- Kintsch, W. (1986). Learning from text. *Cognition and Instruction*, 3(2), 87-108.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension : A construction-integration model. *Psychological Review*, 95(2), 163-182.
- Kintsch, W. (1992). How readers construct situation models for stories : The role of syntactic cues and causal inferences. In A.F. Healy, S.M. Kosslyn, & R.M. Shiffrin (Eds.), *From learning processes to cognitive processes : Essays in honor of William K. Estes* (Vol.2, pp. 261-278). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American*

, 49(4), 294-303.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension : A paradigm for cognition*. New York : Cambridge University Press.

Kintsch, W. (2001). *Predication*. *Cognitive Science*, 25(2), 173-202.

Kintsch, W., & Keenan, J.M. (1973). Reading rate as a function of the number of propositions in the base structure of sentences. *Cognitive Psychology*, 5, 257-274.

Kintsch, E., & Kintsch, W. (1995). Strategies to promote active learning from text : Individual differences in background knowledge. *Swiss Journal of Psychology*, 54(2), 141-151.

Kintsch, W., & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and text production. *Psychological Review*, 85, 363-395.

Kintsch, W., & Welsch, D. (1991). The construction-integration model : A framework for studying memory for text. In W.E. Hockley & S. Lewandowsky (Eds.), *Relating theory and data : Essays on human memory in honor of Bennet B. Murdock* (pp. 367-385). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

Kintsch, W., Welsch, D., Schmalhofer, F., & Zimny, S. (1990). Sentence memory : A theoretical analysis. *Journal of Memory and Language*, 29, 133-159.

Kruskal, J.B. (1977). Multidimensional scaling and other methods for discovering structure. In Enslein, Ralston, & Wilf (Eds.), *Statistical methods for digital computers*. New York : Wiley.

L

Lambiotte, J.G., & Dansereau, D.F. (1990). *Knowledge maps and prior knowledge : Interactive effects on recall*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. Boston, MA.

Landauer, T.K., & Dumais, S.T. (1997). A solution to Plato's Problem : The latent semantic analysis theory of acquisition, induction, and representation of knowledge. *Psychological Review*, 104(2), 211-240.

Levie, W.H., & Lentz, R. (1982). Effects of text illustration : a review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, 30(4), 195-232.

Lieury, A. (1992). *Des méthodes pour la mémoire*. Dunod.

M

Mackie, J. (1974). *The cement of universe. A study of causation*. Oxford : Clarendon Press.

- Magliano, J.P., & Graesser, A.C. (1991). A three-pronged method for studying inference generation in literary text. *Poetics*, 20, 193-232.
- Mannes, S. (1994). Strategic processing of text. *Journal of Educational Psychology*, 86(4), 577-588.
- Mannes, S., & Hoyer, S.M. (1996). Reinstating knowledge during reading : A strategic process. *Discourse Processes*, 21, 105-130.
- Mannes, S., & Kintsch, W. (1987). Knowledge organization and text organization, *Cognition and Instruction*, 4(2), 91-115.
- Mannes, S., & St. George, M. (1996). Effects of prior knowledge on text comprehension : A simple modeling approach. In B.K. Britton & A.C. Graesser (Eds.), *Models of understanding text* (pp. 116-139). Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Mayer, R.E. (1979). Can advance organizers influence meaningful learning ? *Review of Educational Research*, 49, 371-383.
- Mayer, R.E. (1989). Systematic thinking fostered by illustrations in Scientific Text. *Journal of Educational Psychology*, 81(2), 240-246.
- Mayer, R.E. (2002). Using illustrations to promote constructivist learning from science text. In J. Otero, J.A. Leon, & A.C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Mayer, R.E., & Anderson, R.B. (1991). Animations need narrations : An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 484-490.
- Mayer, R.E., & Anderson, R.B. (1992). The instructive animation : Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 444-452.
- Mayer, R.E., & Bromage, B.K. (1980). Different recall protocols for technical texts due to advance organizers. *Journal of Educational Psychology*, 72(2), 209-225.
- Mayer, R.E., & Gallini, J.K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715-726.
- Mayer, R.E., Moreno, R., Boire, M., & Vagge, S. (1999). Maximizing constructivist learning from multimedia communications by minimizing cognitive load. *Journal of Educational Psychology*, 91(4), 638-643.
- McCloskey, M., & Bigler, K. (1980). Focused memory search in fact retrieval. *Memory and Cognition*, 8(3), 253-264.
- McDaniel, M.A., Einstein, G.O., Dunay, P.K., & Cobb, R.E. (1986). Encoding difficulty and memory : Toward a unifying theory. *Journal of Memory and Language*, 25, 645-656.
- McDonald, D.R. (1987). *Drawing inferences from expository text*. Unpublished doctoral dissertation, University of New Mexico, Las Cruces, NM.
- McKeown, M.G., Beck, I.L., Sinatra, G.M., & Loxterman, J.A. (1992). The contribution of prior knowledge and coherent text to comprehension. *Reading Research Quarterly*, 27(1), 79-93.
- McKoon, G., & Ratcliff, R. (1992). Inference during reading. *Psychological Review*, 99, 440-466.

- McNamara, T.P., Halpin, J.A., & Hardy, J.K. (1992). The representation and integration in memory of spatial and nonspatial information. *Memory and Cognition*, 20(5), 519-532.
- McNamara, D.S., Kintsch, W. (1996). Learning from texts : Effects of prior knowledge and text coherence, *Discourse Processes*, 22, 247-288.
- McNamara, D.S., Kintsch, E., Butler-Songer, N., Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text, *Cognition and Instruction*, 14(1), 1-43.
- Miller, J.R., & Kintsch, W. (1980). Readability and recall of short prose passage : A theoretical analysis. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 6, 335-354.
- Mitchell, A.A., & Chi, M.T.H. (1986). Measuring knowledge within a domain. In P. Nagy (Ed.), *The representation of cognitive structures*. Toronto : Ontario.
- Moore, P.J., & Skinner, M.J. (1985). The effects of illustrations on children's comprehension of abstract and concrete passages. *Journal of Research in Reading*, 8(1), 45-56.
- Murray, J.D., Klin, C.M., & Myers, J.L. (1993). Forward inferences in narrative text. *Journal of Memory and Language*, 32, 464-473.

N

- Naveh-Benjamin, M., Mc Keachie, W.J., Lin, Y.G., & Tucker, D.G. (1986). Inferring students' cognitive structures and their development using the 'ordered tree' technique. *Journal of Educational Psychology*, 78 (2), 130-140.

O

- Otero, J., & Kintsch, W. (1992). Failures to detect contradictions in a text : What readers believe versus what they read. *Psychological Science*, 3, 229-235.

P

- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York : Holt, Rinehart, & Winston.

- Paivio, A. (1986). *Mental representations : a dual coding approach*. New York : Oxford University Press.
- Paivio, A. & Caspo, K. (1971). Short-term sequential memory of pictures and words. *Psychonomic Science*, 24, 50-51.
- Patel, V.L., & Groen, G.J. (1991). The general and specific nature of medical expertise : A critical look. In K.A. Ericsson & J. Smith (Eds.), *Toward a general theory of expertise* (pp. 93-125), New York, Cambridge University Press.
- Pezdek, K. (1977). Cross-modality integration of sentence and picture memory. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 3(5), 515-524.
- Piaget, J. (1970-1988). *L'épistémologie génétique*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Poitrenaud, S. (1987). *Q.A.S.H. : Manuel de référence du système Qash*. Université de Paris VIII, Equipe : 'Psychologie Cognitive du Traitement de l'Information Symbolique', U.R.A.218 du C.N.R.S.
- Potts, G. R., Peterson, S. B. (1985). Incorporation versus compartmentalization in memory for discourse, *Journal of Memory and Language*, 24, 107-118.
- Potts, G.R., St. John, M.F., & Kirson, D. (1989). Incorporating new information into existing world knowledge. *Cognitive Psychology*, 21, 303-333.
- Pylyshyn, Z.W. (1983). What's the mind's eye tells the mind's brain : A critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, 80, 1-24.

Q

- Quintana, M-P. (2000). *Influence des forces de connexion causale sur la construction d'une représentation en mémoire sous forme de réseau : Etude de la nécessité et de la suffisance*. Thèse de Doctorat de Psychologie, Mention Psychologie Cognitive, Université Lyon 2.

R

- Radvansky, G.A. (1992). *Recognition, recall, and mental models*. Unpublished doctoral dissertation, Michigan State University.
- Rehder, B., Schreiner, M. E., Wolfe, M. B. W., Laham, D., Landauer, T. K., & Kintsch, W. (1998). Using latent semantic analysis to assess knowledge : Some technical considerations. *Discourse Processes*, 25(2&3).
- Reid, D.J., & Beveridge, M. (1986). Effects of text illustration on children's learning of a school science topic. *British Journal of Educational Psychology*, 56, 294-303.

- Reitman, J.S., & Rueter, H.H. (1980). Organization revealed by recall orders and confirmed by pauses. *Cognitive Psychology*, 12, 554-581.
- Richard, J-F. (1990). Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions. Paris : A. Colin.
- Rips, L.J., Shoben, E.J., & Smith, E.E. (1973). Semantic distance and the verification of semantic relations. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12, 1-20.
- Robertson, S.P. (1986). Conceptual structure, question-answering processes, and the effects of misleading questions. In J.A. Galambos, R.P. Abelson, & J.B. Black (Eds.), *Knowledge structures*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Roller, C.M. (1985). The effects of reader- and text-based factors on writers' and readers' perceptions of the importance of information in expository prose. *Reading Research Quarterly*, 20, 437-457.
- Roller, C.M. (1990). Commentary : The interaction of knowledge and structure variables in the processing of expository prose. *Reading Research Quarterly*, 25(2), 79-89.
- Rossi, J-P. (1991). Sélection des informations importantes et compréhension de textes. *Psychologie Française*, 36(2), 135-142.
- Rothkopf, E. Z., & Thurner, R. D. (1970). Effects of written instructional material on the statistical structure of test essays. *Journal of Educational Psychology*, 61 (2), 83-89.

S

- Sanford, A.J., & Garrod, S.C. (1981). *Understanding written language : Explorations in comprehension beyond the sentence*. New York : Wiley.
- Schank, R.G. & Abelson, R.P. (1977). *Scripts, Plans, Goals and Understanding* (pp. 1-69). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Schmidt, H.G., & Boshuizen, H.P.A. (1993). On the origin of intermediate effects in clinical case recall, *Memory and Cognition*, 21(3), 338-351.
- Seifert, C.M., Robertson, S.P., & Black, J.B. (1985). Types of inferences generated during reading. *Journal of Memory and Language*, 24, 405-422.
- Shavelson, R.J. (1972). Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, 63(3), 225-234.
- Smith, E.E., Adams, N., & Schorr, D. (1978). Fact retrieval and the paradox of interference. *Cognitive Psychology*, 10, 438-464.
- Schnotz, W., Bannert, M., & Seufert, T. (2002). Toward an integrative view of text and picture comprehension : Visualization effects on the construction of mental models. In J. Otero, J.A. Leon, & A.C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Schnotz, W. & Grzondziel, H. (1999). Individual and co-operative learning with

- interactive animated pictures. *European Journal of Psychology of Education*, 14(2), 245-265.
- Schvaneveldt, R.W., Durso, F.T., Dearholt, D.W. (1989). Network structures in proximity data. *The Psychology of Learning and Motivation*, 24, 249-286.
- Sowa, J.F. (1984). *Conceptual structures : Information processing in mind and machine*. London : Addison-Wesley.
- Spilich, G.J., Vesonder, G.T., Chiesi, H.L., & Voss, J.F. (1979). Text processing of domain related information for individuals with high and low domain knowledge. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 275-290.
- Stanners, R.F., Brown, L.T., & Holmes, M. (1983). Concept comparisons, essay examinations, and conceptual knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 75(6), 857-864.
- Stein, B.B., Brandsford, J.D., Franks, J.J., Vye, N.J., & Perfetto, G.A. (1982). Differences in judgements of learning difficulty. *Journal of Experimental Psychology : General*, 111(4), 406-413.
- Streri, A., & Spelke, E.S. (1989). Effect of motion and figural goodness on haptic object perception in infancy. *Child Development*, 60, 1111-1125.

T

- Tapiero, I. (1991). Acquisition et transfert de connaissances à l'aide de textes: Influence des connaissances initiales. *Psychologie Française*, 36(2), 177-186.
- Tapiero, I. (1992). *Traitement cognitif du texte narratif et expositif et connexionnisme : Expérimentations et simulations*, Thèse de doctorat de Psychologie, Université de Paris VIII.
- Tapiero, I. & Denhière, G. (1997). Contribution des différents niveaux de représentation à l'élaboration de la représentation finale : Expérimentations et simulations. *Revue Internationale de Systémique*, 11(1), 69-93.
- Tapiero, I. & Otéro, J. (1999). Distinguishing between textbase and situation model in the processing of inconsistent information : Elaboration versus tagging. In H. van Oostendorp & S. Goldman (Eds.), *The construction of mental representation during reading*. Mahwah, NJ : Erlbaum.
- Tapiero, I. & Otéro, J. (2002). Situation models as retrieval structures : Effects on the global of science texts. In J. Otero, J.A. Leon, & A.C. Graesser (Eds.), *The psychology of science text comprehension*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Tapiero, I., Poitrenaud, S., Denhière, G. (1988). Individualized acquisition of knowledge with the computer: questioning and learning guided by the structure of knowledge, *European Journal of Psychology of Education*, 3(2), 235-257.
- Tardieu, H., Ehrlich, M.F., & Gyselinck, V. (1992). Levels of representation and

domain-Specific knowledge in comprehension of scientific texts. *Language and Cognitive Processes*, 7, (3/4), 335-351.

Tijus, C., & Moulin, (1997). L'assignation de significations étudiées à partir de textes d'histoires drôles. *L'année Psychologique*, 97, 33-75.

Trabasso, T., & Magliano, J.P. (1996). Conscious understanding during comprehension. *Discourse Processes*, 21, 255-287.

Trabasso, T., Secco, T., van den Broek, P. (1984). Causal cohesion and story coherence. In H. Mandl, N.L. Stein, & T. Trabasso (Eds.), *Learning and Comprehension of Text*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Trabasso, T. & van den Broek, P. (1985). Causal thinking and the representation of narrative events. *Journal of Memory and Language*, 24, 612-630.

V

van den Broek, P.W. (1990). The causal inference maker : Towards a process model of inference generation in text comprehension. In D.A. Balota, G.B. Flores d'Arcais, & K. Rayner (Eds.), *Comprehension processes in reading* (pp.423-446). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

van den Broek, P.W., Fletcher, C.R., & Ridsen, K. (1993). Investigations of inferential processes in reading : A theoretical and methodological integration. *Discourse processes*, 16, 169-180.

van den Broek, S., & Lorch, R.F. (1993). Network representations of causal relations in memory for narrative texts : Evidence from primed recognition. *Discourse Processes*, 16, 75-98.

van den Broek, P., Ridsen, K., Fletcher, C.R., & Thurlow, R. (1996). A 'Landscape' view of reading : Fluctuating patterns of activation and the construction of a stable memory representation. In B.K. Britton & A.C. Graesser (Eds.), *Models of understanding text* (pp. 165-187). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

van Dijk, T.A. (1977). Macro-structures, knowledge frames and discourse comprehension. In M.A. Just & P. Carpenter (Eds.), *Cognitive processes in comprehension*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.

van Dijk, T.A., Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York : Academic Press.

Vezin, J-F. (1980). *Complémentarité du verbal et du non verbal dans l'acquisition de connaissances*. Paris : Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.

Vezin, J-F., & Vezin, L. (1988). Illustration, schématisation et activité interprétative. In *Bulletin de psychologie : La communication par image*. Tome XLI-N°386, Juin-Août 88, 655-666.

Vosniadou, S. (1987). *Children's acquisition and restructuring of science knowledge*. Paper prepared for presentation at the annual meeting of the American Educational

Research Association, in a symposium entitled ' Children's Procedural Knowledge in Science : Perspectives from Current Research and development, ' N. Frederiksen, Chair, April 1987, Washington, DC.

W

- Waddill, P.J., & McDaniel, M.A. (1992). Pictorial enhancement of text memory : Limitations imposed by picture type and comprehension skill. *Memory and Cognition*, 20, 472-482.
- Wolfe, M.B.W., Schreiner, M.E., Rehder, B., Laham, D., Foltz, P., Kintsch, W., & Landauer, T.K. (1998). Learning from text : Matching readers and texts by latent semantic analysis. *Discourse Processes*, 25, (2&3).

Y

- Yekovich, F.R., Walker, C.H., Ogle, L.T., & Thompson, M.A. (1990). The influence of domain knowledge on inferencing in low-aptitude individuals. *The Psychology of Learning and Motivation*, 25, 259-278.

Z

- Zimny, S.T. (1987). *Recognition memory for sentences from a discourse*. Unpublished doctoral dissertation, University of Colorado, Boulder, CO.
- Zwann, R.A., Radvansky, G.A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin*, 123(2), 162-185.

ANNEXE 1 MATERIEL DE L'EXPERIENCE 1

1.1. Le questionnaire d'évaluation des connaissances

Les dendrites des neurones :

- . Les dendrites peuvent être définies comme (une seule réponse possible)
 -
 - (a) Les parties centrales des neurones
 -
 - (b) Des prolongements courts et nombreux des neurones
 -
 - (c) Des prolongements longs et uniques des neurones
- . Donner deux structures les plus proches des dendrites

-
- (a) Les arborisations terminales de neurones avec qui elles font synapses
-
- (b) Les corps cellulaires
-
- (c) Les axones
-
- (d) Les noyaux Schwanniens

Donner deux fonctions des dendrites

-
- (a) Transmission du message nerveux à d'autres neurones
-
- (b) Réception des messages afférents (qui arrivent sur les neurones)
-
- (c) Propagation des stimulations vers les corps cellulaires
-
- (d) Somme des messages afférents (qui arrivent sur les neurones)

Les corps cellulaires des neurones :

Les corps cellulaires peuvent être définis comme (une seule réponse possible)

-
- (a) Les parties périphériques des neurones
-
- (b) Les parties centrales des neurones
-
- (c) Les parties adjacentes des neurones, mais ne leur appartenant pas directement

Donner deux structures les plus proches des corps cellulaires

-
- (a) Les dendrites
-
- (b) Les arborisations terminales
-
- (c) Les axones

—
(d) Les boutons synaptiques

· Donner deux éléments cellulaires que peuvent contenir les corps cellulaires

—
(a) Le noyau

—
(b) Les cellules de Schwann

—
(c) L'appareil de Golgi

—
(d) Les vésicules synaptiques

· Donner deux fonctions des corps cellulaires

—
(a) Transmission du message nerveux à d'autres neurones

—
(b) Formation des enzymes composant les neurotransmetteurs

—
(c) Propagation du message nerveux à l'intérieur des neurones

—
(d) Naissance du message nerveux

Les axones des neurones :

· Les axones peuvent être définis comme (une seule réponse possible)

—
(a) Les parties centrales des neurones

—
(b) Des prolongements courts et nombreux des neurones

—
(c) Des prolongements longs et uniques des neurones

· Donner deux structures les plus proches des axones

—
(a) Les corps cellulaires

—
(b) Les arborisations terminales

—
(c) Les vésicules synaptiques

—
(d) Les dendrites

·
Donner deux fonctions des axones

—
(a) Propagation du message nerveux à l'intérieur des neurones

—
(b) Transport des enzymes fabriquées par les corps cellulaires

—
(c) Sommation des messages afférents (qui arrivent sur les neurones)

—
(d) Réception des messages afférents (qui arrivent sur les neurones)

Les arborisations terminales des neurones :

·
Les arborisations terminales peuvent être définies comme (une seule réponse possible)

—
(a) Des ramifications des corps cellulaires

—
(b) Des ramifications des dendrites

—
(c) Des ramifications des axones

·
Donner deux structures les plus proches des arborisations terminales

—
(a) Les dendrites

—
(b) Les boutons synaptiques

—
(c) Les axones

—
(d) Les corps cellulaires

Donner deux éléments cellulaires que peuvent contenir les arborisations terminales

-
- (a) Les neurotransmetteurs
-
- (b) Les ribosomes
-
- (c) L'appareil de Golgi
-
- (d) Les vésicules synaptiques

Donner deux fonctions des arborisations terminales

-
- (a) Transmission du message nerveux à d'autres neurones
-
- (b) Propagation des stimulations vers les corps cellulaires
-
- (c) Formation des neurotransmetteurs
-
- (d) Réception des messages afférents (qui arrivent sur les neurones)

La membrane cellulaire du neurone :

La membrane cellulaire peut être définie comme (une seule réponse possible)

-
- (a) Une double couche de glucides
-
- (b) Une double couche de lipides
-
- (c) Une double couche de protéines

La membrane cellulaire est (une seule réponse possible)

-
- (a) Perméable
-
- (b) Semi-perméable

—
(c) Imperméable

·
La membrane cellulaire se situe (une seule réponse possible)

—
(a) Autour de tous les constituants anatomiques du neurone

—
(b) Autour du corps cellulaire seulement

—
(c) Autour de l'axone seulement

—
(d) Autour des dendrites seulement

·
Donner deux fonctions de la membrane cellulaire

—
(a) Réunion de plusieurs neurones en nerfs

—
(b) Echanges chimiques entre l'intérieur et l'extérieur du neurone

—
(c) Formation des neurotransmetteurs

—
(d) Délimitation des milieux intracellulaire et extracellulaire.

Le milieu intracellulaire :

·
Le milieu intracellulaire peut être défini comme (une seule réponse possible)

—
(a) Le liquide à l'intérieur du noyau du corps cellulaire du neurone

—
(b) Le liquide qui entoure le neurone

—
(c) Le liquide à l'intérieur de la membrane cellulaire du neurone

·
Le milieu intracellulaire se situe (une seule réponse possible)

—
(a) A l'intérieur de tout le neurone

—
(b) A l'intérieur du corps cellulaire seulement

—
(c) A l'intérieur de l'axone seulement

—
(d) A l'intérieur des dendrites seulement

·
Le milieu intracellulaire contient (une seule réponse possible)

—
(a) Une concentration élevée d'ions sodium

—
(b) Une concentration élevée d'ions calcium

—
(c) Une concentration élevée d'ions potassium

·
Le milieu intracellulaire est plutôt (une seule réponse possible)

—
(a) Chargé positivement

—
(b) Considéré comme neutre

—
(c) Chargé négativement

Le milieu extracellulaire :

·
Le milieu extracellulaire peut être défini comme (une seule réponse possible)

—
(a) Le liquide à l'intérieur du noyau du corps cellulaire du neurone

—
(b) Le liquide qui entoure le neurone

—
(c) Le liquide à l'intérieur de la membrane cellulaire du neurone

·
Le milieu extracellulaire contient (une seule réponse possible)

—
(a) Une concentration élevée d'ions sodium

-
- (b) Une concentration élevée d'ions calcium
-
- (c) Une concentration élevée d'ions potassium

·
Le milieu extracellulaire est plutôt (une seule réponse possible)

-
- (a) Chargé positivement
-
- (b) Considéré comme neutre
-
- (c) Chargé négativement

Les canaux du neurone :

·
Les canaux peuvent être définis comme (une seule réponse possible)

-
- (a) Des pores de la membrane nucléaire (noyau du corps cellulaire)
-
- (b) Des pores de la membrane cellulaire
-
- (c) Des pores de la gaine de myéline

·
Les canaux se situent (une seule réponse possible)

-
- (a) Sur tout le neurone
-
- (b) Sur le corps cellulaire seulement
-
- (c) Sur l'axone seulement
-
- (d) Sur les dendrites seulement

·
Les canaux ont pour fonction (une seule réponse possible)

-
- (a) De laisser circuler librement et en permanence tous les ions et molécules

-
- (b) De ne laisser filtrer qu'un certain type d'ions sous l'effet d'une tension électrique
-
- (c) De ne laisser filtrer que les molécules

La pompe du neurone :

·
La pompe peut être définie comme (une seule réponse possible)

-
- (a) Une molécule glucidique
-
- (b) Une molécule protidique
-
- (c) Une molécule lipidique

·
La pompe se situe (une seule réponse possible)

-
- (a) Sur tout le neurone
-
- (b) Sur le corps cellulaire seulement
-
- (c) Sur l'axone seulement
-
- (d) Sur les dendrites seulement

·
La pompe se situe (une seule réponse possible)

-
- (a) Sur la membrane nucléaire (noyau du corps cellulaire)
-
- (b) Sur la membrane cellulaire
-
- (c) Sur la gaine de myéline

·
La pompe a pour fonction (une seule réponse possible)

-
- (a) Un échange d'ions sodium et d'ions potassium consommant de l'énergie

- (b) Un échange d'ions calcium et d'ions potassium consommant de l'énergie
- (c) Un échange d'ions sodium et d'ions potassium ne consommant pas d'énergie

1.2. La tâche de classification de concepts

Concepts référant à des éléments structuraux du neurone

- Membrane cellulaire
- Milieu intracellulaire
- Milieu extracellulaire
- Canaux
- Corps cellulaire
- Axone

Concepts référant à des états de la chronique de fonctionnement du neurone :

- Négativité intracellulaire (-70 millivolts)
- Négativité extracellulaire
- Positivité extracellulaire
- Seuil d'excitation
- Positivité intracellulaire (+30 millivolts)
- Concentration intracellulaire élevée en ions potassium
- Concentration extracellulaire élevée en ions sodium
- Loi du tout ou rien
- Non-excitabilité du neurone
- Distribution inégale des charges électriques
- Répartition inégale des ions sodium et potassium
- Inactivation des canaux à ions sodium

Concepts référant à des événements de la chronique de fonctionnement du neurone :

- Ouverture des canaux à ions potassium
- Fermeture des canaux à ions sodium
- Stimulation excitatrice
- Message nerveux
- Ouverture des canaux à ions sodium
- Passage des ions sodium à l'intérieur du neurone
- Dépolarisation
- Passage des ions potassium à l'extérieur du neurone
- Rétablissement de la négativité intracellulaire
- Période de postdépolarisation

1.3. Les textes expérimentaux

La version structurée du texte :

- T1 (Phrase référant au fonctionnement)
—
La transmission du message nerveux d'un neurone à un autre neurone a lieu en deux étapes.
- T2 (Phrase référant à la structure)
—
Cette transmission s'opère dans une structure spécialisée dénommée synapse, qui est une jonction entre le neurone présynaptique et le neurone postsynaptique.
- T3 (Phrase référant au fonctionnement)
—
La première étape de la transmission synaptique consiste en la conversion du message nerveux en un message chimique par le neurone présynaptique.
-

T4 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Pour que le message nerveux appelé potentiel d'action apparaisse, la stimulation excitatrice doit être égale ou supérieure à un seuil : c'est la loi du tout ou rien.

.

T5 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Lorsqu'elle est inférieure à ce seuil, le message nerveux ne peut être produit au niveau du neurone présynaptique.

.

T6 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Dans ce cas, la membrane cellulaire présynaptique reste soumise à un potentiel électrique de repos de -70 millivolts, car elle est chargée positivement sur sa face externe et négativement sur sa face interne.

.

T7 (Phrase référant à la structure)

—

Elle recouvre l'ensemble des constituants anatomiques du neurone et délimite les milieux extracellulaire et intracellulaire.

.

T8 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Le potentiel de repos appelé également potentiel de membrane, est dû à une distribution inégale des ions sodium et potassium entre ces deux milieux.

.

T9 (Phrase référant au fonctionnement)

—

En effet, l'intérieur de la membrane possède une forte concentration d'ions potassium, tandis que le milieu extracellulaire possède une forte concentration d'ions sodium.

.

T10 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Lorsque la stimulation est supérieure au seuil, le message nerveux est généré au niveau du corps cellulaire du neurone présynaptique.

T11 (Phrase référant à la structure)

—
Cette partie centrale du neurone contient plusieurs éléments cellulaires tels le noyau et l'appareil de Golgi.

T12 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Le message nerveux est le résultat d'une inversion de la polarisation (ou dépolarisation) de la membrane du corps cellulaire.

T13 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Sous l'effet de la stimulation, le milieu intracellulaire devient chargé positivement, tandis que le milieu extracellulaire devient chargé négativement.

T14 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Une fois émis, le message nerveux se propage ensuite le long de l'axone présynaptique, pour arriver au niveau de l'arborisation terminale.

T15 (Phrase référant à la structure)

—
L'axone est le prolongement long et unique du corps cellulaire du neurone, et possède à son extrémité cette ramification.

T16 (Phrase référant à la structure)

—
L'arborisation terminale est le lieu de formation du message chimique appelé neurotransmetteur, à partir des enzymes fabriquées par le corps cellulaire et transportées par l'axone.

T17 (Phrase référant à la structure)

—
Le message nerveux agit au niveau des vésicules synaptiques qui stockent le neurotransmetteur.

.
T18 (Phrase référant à la structure)

—

La libération du neurotransmetteur s'effectue alors dans la fente synaptique, espace séparant les deux neurones.

.
T19 (Phrase référant au fonctionnement)

—

La seconde étape de la transmission synaptique consiste en la conversion du message chimique en un message nerveux par le neurone postsynaptique.

.
T20 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Cette seconde étape débute par la fixation du neurotransmetteur libéré, sur des récepteurs situés sur des dendrites postsynaptiques.

.
T21 (Phrase référant à la structure)

—

Les dendrites sont les prolongements courts et nombreux du corps cellulaire du neurone.

.
T22 (Phrase référant au fonctionnement)

—

La fixation du neurotransmetteur provoque alors l'apparition d'une stimulation électrique excitatrice au niveau de ces dendrites.

.
T23 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Cette stimulation se propage ensuite le long des dendrites jusqu'au corps cellulaire où elle provoque l'apparition d'un message nerveux (potentiel d'action).

.
T24 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Au niveau du corps cellulaire, la stimulation déclenche la dépolarisation qui consiste en l'ouverture de canaux à ions sodium.

T25 (Phrase référant à la structure)

—
Ces pores de la membrane cellulaire, situés sur tout le neurone, ne laissent pénétrer que les ions sodium sous l'effet d'une tension électrique.

T26 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Le passage de ces particules à l'intérieur de la membrane produit l'augmentation du potentiel de repos.

T27 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Lorsqu'il atteint un seuil d'excitation de - 55 millivolts, il déclenche le potentiel d'action de + 30 millivolts.

T28 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Le message nerveux émis se propage ensuite le long de l'axone du neurone postsynaptique jusqu'à l'arborisation terminale.

T29 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Au cours d'une période réfractaire où le neurone est inexcitable, la zone d'émission du message nerveux retrouve son potentiel de repos (repolarisation), grâce à l'ouverture des canaux à ions potassium.

La version non-structurée du texte :

T1 (Phrase référant au fonctionnement)

—
La transmission du message nerveux d'un neurone à un autre neurone a lieu en deux étapes.

T2 (Phrase référant à la structure)

—
Cette transmission s'opère dans une structure spécialisée dénommée synapse, qui est une jonction entre le neurone présynaptique et le neurone postsynaptique.

.
T3 (Phrase référant au fonctionnement)

—
La première étape de la transmission synaptique consiste en la conversion du message nerveux en un message chimique par le neurone présynaptique.

.
T4 (Phrase référant au fonctionnement):

—
La seconde étape de la transmission synaptique consiste en la conversion du message chimique en un message nerveux par le neurone postsynaptique.

.
T5 (Phrase référant à la structure)

—
La libération du message chimique - le neurotransmetteur - par le neurone présynaptique, s'effectue dans la fente synaptique, espace séparant les deux neurones.

.
T6 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Le neurotransmetteur libéré se fixe sur des récepteurs situés sur des dendrites du neurone postsynaptique.

.
T7 (Phrase référant à la structure)

—
Les dendrites sont les prolongements courts et nombreux du corps cellulaire du neurone.

.
T8 (Phrase référant au fonctionnement)

—
La fixation du neurotransmetteur provoque alors l'apparition d'une stimulation électrique excitatrice au niveau de ces dendrites.

.
T9 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Cette stimulation se propage ensuite le long des dendrites jusqu'au corps cellulaire où elle provoque l'apparition d'un message nerveux (potentiel d'action).

.
T10 (Phrase référant à la structure)

—
Pour qu'il y ait libération du neurotransmetteur par le neurone présynaptique, un message nerveux doit agir au niveau des vésicules synaptiques qui stockent le neurotransmetteur.

.
T11 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Ce message nerveux appelé potentiel d'action n'apparaît que si la stimulation excitatrice est égale ou supérieure à un seuil : c'est la loi du tout ou rien.

.
T12 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Par ailleurs, sous l'effet de la stimulation, le milieu intracellulaire devient chargé positivement, tandis que le milieu extracellulaire devient chargé négativement.

.
T13 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Le message nerveux est donc le résultat d'une inversion de la polarisation (ou dépolarisation) de la membrane du neurone présynaptique.

.
T14 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Il est généré au niveau du corps cellulaire du neurone présynaptique, lorsque la stimulation est supérieure au seuil.

.
T15 (Phrase référant à la structure)

—
Cette partie centrale du neurone contient plusieurs éléments cellulaires tels le noyau et l'appareil de Golgi.

T16 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Une fois émis, le message nerveux se propage ensuite le long de l'axone présynaptique, pour arriver au niveau de l'arborisation terminale.

.

T17 (Phrase référant à la structure)

—

L'axone est le prolongement long et unique du corps cellulaire du neurone, et possède à son extrémité cette ramification.

.

T18 (Phrase référant à la structure)

—

L'arborisation terminale est le lieu de formation du message chimique appelé neurotransmetteur, à partir des enzymes fabriquées par le corps cellulaire et transportées par l'axone.

.

T19 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Lorsque la stimulation excitatrice est inférieure au seuil, le message nerveux ne peut être produit au niveau présynaptique.

.

T20 (Phrase référant au fonctionnement)

—

Dans ce cas, la membrane cellulaire présynaptique reste soumise à un potentiel électrique de repos de -70 millivolts, car elle est chargée positivement sur sa face externe et négativement sur sa face interne.

.

T21 (Phrase référant à la structure)

—

Elle recouvre l'ensemble des constituants anatomiques du neurone et délimite les milieux extracellulaire et intracellulaire.

.

T22 (Phrase référant au fonctionnement)

—

L'intérieur de la membrane possède une forte concentration d'ions potassium, tandis que le milieu extracellulaire possède une forte concentration d'ions sodium.

T23 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Ainsi, le potentiel de repos appelé également potentiel de membrane, est dû à une distribution inégale des ions sodium et potassium entre ces deux milieux.

T24 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Au niveau du corps cellulaire postsynaptique, pour qu'il y ait déclenchement du message nerveux ou potentiel d'action de + 30 millivolts par la stimulation, le potentiel de repos du neurone doit atteindre un seuil d'excitation de - 55 millivolts.

T25 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Cette augmentation du potentiel de repos est produite par le passage d'ions sodium à l'intérieur de la membrane.

T26 (Phrase référant à la structure)

—
L'entrée de ces particules se fait par l'intermédiaire de pores de la membrane cellulaire qui sont situés sur tout le neurone, et qui ne laissent pénétrer que les ions sodium sous l'effet d'une tension électrique.

T27 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Pour qu'il y ait ouverture de ces canaux à ion sodium, la stimulation doit déclenchée la dépolarisation de la membrane du corps cellulaire.

T28 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Le message nerveux émis se propage ensuite le long de l'axone du neurone postsynaptique jusqu'à l'arborisation terminale.

T29 (Phrase référant au fonctionnement)

—
Au cours d'une période réfractaire où le neurone est inexcitable, la zone d'émission du

message nerveux retrouve son potentiel de repos (repolarisation), grâce à l'ouverture des canaux à ions potassium.

1.4. L'épreuve de vérification d'inférences

Inférences globales : énoncés référant au fonctionnement du neurone

- .
 - I1 (vraie)
 -
 - Le message nerveux n'est pas transmis mais ré-émis dans le neurone postsynaptique.
- .
 - I2 (vraie)
 -
 - Le neurone présynaptique est le neurone émetteur tandis que le neurone postsynaptique est le neurone récepteur.
- .
 - I3 (vraie)
 -
 - Les neurones traitent les signaux selon deux modalités complémentaires : la communication électrique et la communication chimique.
- .
 - I4 (fausse)
 -
 - La libération du neurotransmetteur dans la fente synaptique est provoquée par un potentiel de repos de -70 millivolts.
- .
 - I5 (fausse)
 -
 - La propagation du message nerveux à l'intérieur d'un même neurone est bidirectionnelle.
- .
 - I6 (fausse)
 -

La fixation du neurotransmetteur provoque immédiatement l'émission du message nerveux au niveau des dendrites du neurone postsynaptique.

Inférences globales : énoncés référant à la structure du neurone

I7 (vraie)

—
Les neurones ont toujours la même structure anatomique : une partie centrale qui est le corps cellulaire, d'où partent les dendrites qui sont de petits prolongements et l'axone qui est la plus longue ramification.

I8 (vraie)

—
La membrane cellulaire du neurone émetteur s'appelle la membrane présynaptique.

I9 (vraie)

—
Les contacts synaptiques peuvent avoir lieu entre l'extrémité de l'axone d'un neurone et les dendrites d'un neurone suivant.

I10 (fausse)

—
Le neurone présynaptique ne possède pas de dendrites.

I11 (fausse)

—
La fente synaptique sépare le corps cellulaire du neurone présynaptique et le corps cellulaire du neurone postsynaptique.

I12 (fausse)

—
Les récepteurs du neurotransmetteur sont placés sur l'axone du neurone postsynaptique.

Inférences locales : énoncés référant au fonctionnement du neurone

.

I13 (vraie)

—

Le message nerveux provoque la libération du neurotransmetteur.

.

I14 (vraie)

—

Le milieu intracellulaire devient chargé positivement lorsqu'il y a dépolarisation.

.

I15 (vraie)

—

Pour que le message nerveux puisse apparaître, il est nécessaire que le potentiel de repos soit égal ou supérieur à un seuil d'excitation.

.

I16 (fausse)

—

Les milieux intracellulaire et extracellulaire sont tous deux chargés positivement.

.

I17 (fausse)

—

La conversion du message chimique en un message nerveux a lieu avant que le neurotransmetteur ne se fixe sur le neurone postsynaptique.

.

I18 (fausse)

—

L'entrée d'ions potassium dans le neurone provoque l'augmentation du potentiel de repos.

Inférences locales : énoncés référant à la structure du neurone

.

I19 (vraie)

—

L'arborisation terminale est l'extrémité ramifiée de l'axone.

.

I20 (vraie)

—
Le corps cellulaire est la partie centrale du neurone.

.
I21 (vraie)

—
Les canaux sont des pores de la membrane cellulaire.

.
I22 (fausse)

—
La membrane ne recouvre qu'une partie des constituants anatomiques du neurone.

.
I23 (fausse)

—
Le milieu intracellulaire est la surface externe de la membrane cellulaire.

.
I24 (fausse)

—
Les vésicules synaptiques sont contenues dans le corps cellulaire du neurone présynaptique.

ANNEXE 2 MATERIEL DE L'EXPERIENCE 2

2.1. L'évaluation du niveau d'expertise initial

Avez-vous des connaissances sur la structure anatomique du neurone?

☐ OUI ☐ NON

L'échelle qui vous est proposée ci-dessous vous permet d'évaluer votre niveau d'expertise sur la structure anatomique du neurone :

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

1 : Niveau d'expertise faible ; 4 : Niveau moyen ; 7 : Niveau élevé

Avez-vous des connaissances sur le fonctionnement du neurone?

☐ OUI ☐ NON

L'échelle qui vous est proposée ci-dessous vous permet d'évaluer votre niveau d'expertise sur le fonctionnement du neurone :

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Avez-vous des connaissances sur :

(a) Le potentiel de repos?

☐ OUI ☐ NON

Si oui, donnez une définition (une phrase) :

(b) Le potentiel d'action?

☐ OUI ☐ NON

Si oui, donnez une définition (une phrase) :

(c) La repolarisation?

☐ OUI ☐ NON

Si oui, donnez une définition (une phrase) :

(d) La période réfractaire?

☐ OUI ☐ NON

Si oui, donnez une définition (une phrase) :

2.2. Les organisateurs de connaissances initiales

ORGANISATEUR ET+/EV- (plus d'états que d'événements) :

O1 (Titre)

—

Le potentiel de repos

O2 (Etat)

—
Au repos, la membrane du neurone se comporte comme un générateur de courant électrique dont le pôle négatif est à l'intérieur de la membrane et le pôle positif à l'extérieur.

.
O3 (Etat)

—
La polarisation électrique de repos est la conséquence d'un équilibre dynamique de la répartition inégale de certains ions de part et d'autre de la membrane.

.
O4 (Etat)

—
Ces différences de concentration ionique entre les milieux intérieur et extérieur résultent d'une perméabilité de la membrane plus importante pour certains ions par rapport à d'autres.

.
O5 (Evénement)

—
Pour maintenir ce déséquilibre ionique, un transport actif des ions s'oppose à leur diffusion passive en se faisant vers le milieu où ils sont les plus concentrés.

.
O6 (Titre)

—
Le potentiel d'action

.
O7 (Etat)

—
Lorsque l'intensité d'une stimulation excitatrice du neurone dépasse une certaine valeur, la polarité électrique de la membrane est momentanément inversée.

.
O8 (Etat)

—
Cette inversion de la polarisation initiale est la conséquence d'une altération passagère de la perméabilité membranaire à certains ions.

.

O9 (Etat)

—

Quelle que soit l'intensité de la stimulation excitatrice, la réponse du neurone est toujours la même : c'est la loi du tout ou rien.

.

O10 (Etat)

—

Les variations d'intensité de la stimulation entraîne des variations de fréquence du signal émis, c'est-à-dire du nombre d'impulsions électriques produites en une seconde.

.

O11 (Titre)

—

La repolarisation

.

O12 (Etat)

—

Après l'émission de la réponse du neurone à la stimulation, le potentiel électrique de la membrane retrouve progressivement sa valeur normale de repos.

.

O13 (Etat)

—

La membrane du neurone redevient ' imperméable ' à certains ions, tandis qu'il peut y avoir un excès de perméabilité à d'autres ions.

.

O14 (Etat)

—

Si la membrane du neurone revient très rapidement à sa polarisation initiale, les concentrations ioniques des milieux intérieur et extérieur ont été néanmoins modifiées.

.

O15 (Evénement)

—

Une pompe située sur la membrane se met alors à fonctionner en accéléré pour rétablir l'état ionique d'origine.

.

O16 (Titre)

—
La période réfractaire

·
O17 (Etat)

—
Cette période est concomitante au retour progressif à la valeur de repos du potentiel de la membrane.

·
O18 (Etat)

—
La période réfractaire qui est constatée au cours d'une seconde stimulation est due au fait que le neurone n'est pas pleinement excitable.

·
O19 (Etat)

—
Le neurone ne peut émettre un nouveau signal tant que le potentiel de la membrane ne retrouve pas sa valeur normale de repos, et que l'état ionique initial n'est pas reconstitué.

·
O20 (Evénement)

—
En raison de cette période d'inexcitabilité provisoire, le premier signal est ré-émis dans la zone située en aval de celle précédemment stimulée.

ORGANISATEUR ET-/EV+ (plus d'événements que d'états) :

·
O1 (Titre)

—
Le potentiel de repos

·
O2 (Evénement)

—
Au repos, les ions diffusent passivement à travers la membrane selon leur gradient de concentration, c'est-à-dire vers le milieu où ils sont les moins concentrés.

O3 (Evénement)

—

Lorsque les ions sont chargés positivement (cations), ils diffusent vers le pôle négatif situé à l'intérieur de la membrane, tandis que les ions négatifs (anions) migrent vers le pôle positif situé à l'extérieur.

.

O4 (Evénement)

—

Un transport actif des ions s'oppose à leur diffusion passive en se faisant contre leur gradient de concentration, c'est-à-dire vers le milieu où ils sont les plus concentrés.

.

O5 (Etat)

—

Ces mécanismes de transport transmembranaire (la diffusion passive et le transport actif) entretiennent un équilibre 'dynamique' de la répartition inégale des ions entre les milieux intérieur et extérieur.

.

O6 (Titre)

—

Le potentiel d'action

.

O7 (Evénement)

—

Une stimulation excitatrice agit sur la membrane du neurone en induisant une inversion de sa polarité électrique de repos.

.

O8 (Evénement)

—

Cette inversion entraîne l'apparition d'un potentiel de récepteur qui augmente en fonction de l'intensité de la stimulation jusqu'à une certaine valeur.

.

O9 (Evénement)

—

Au delà de cette valeur, le potentiel de récepteur déclenche un signal sous la forme d'impulsions électriques dont le nombre (ou la fréquence) varie en fonction des variations d'intensité de la stimulation.

.
O10 (Etat)

—
Les variations du potentiel électrique de la membrane sont la conséquence d'une altération passagère de sa perméabilité à certains ions.

.
O11 (Titre)

—
La repolarisation

.
O12 (Evénement)

—
Dans la milliseconde qui suit l'émission du signal, des canaux situés sur la membrane se ferment, tandis que dans le même temps d'autres s'ouvrent.

.
O13 (Evénement)

—
Certains ions passent à travers les canaux ouverts, ce qui rétablit progressivement la polarisation initiale.

.
O14 (Evénement)

—
Une pompe située sur la membrane fonctionne en accéléré pour rétablir les concentrations ioniques qui ont été modifiées de part et d'autre de la membrane.

.
O15 (Etat)

—
La membrane du neurone retrouve son potentiel électrique de repos, et redevient ' imperméable ' à certains ions.

.
O16 (Titre)

—
La période réfractaire

.
O17 (Evénement)

—
En raison de l'inexcitabilité du neurone qui persiste au cours de la période réfractaire, le signal émis disparaît de la zone ayant répondu initialement.

.
O18 (Evénement)

—
Le signal est alors ré-émis dans la zone du neurone située en aval de celle précédemment stimulée.

.
O19 (Evénement)

—
Vers la fin de la période réfractaire, seules des stimulations d'intensité supérieure à celle ayant entraîné le signal initial viennent de nouveau exciter le neurone.

.
O20 (Etat)

—
La période réfractaire subsiste tant que le potentiel de la membrane ne retrouve pas sa valeur normale de repos, et que l'état ionique initial n'est pas reconstitué.

ORGANISATEUR EV+ (avec uniquement des événements) :

.
O1 (Titre)

—
Le potentiel de repos

.
O2 (Evénement)

—
Au repos, les ions diffusent passivement à travers la membrane selon leur gradient de concentration, c'est-à-dire vers le milieu où ils sont les moins concentrés.

.
O3 (Evénement)

—
Lorsque les ions sont chargés positivement (cations), ils migrent passivement vers le pôle négatif situé à l'intérieur de la membrane.

O4 (Evénement)

—

Lorsque les ions sont chargés négativement (anions), les charges positives les attirent à l'extérieur de la membrane du neurone.

.

O5 (Evénement)

—

Un transport actif des ions s'oppose à leur diffusion passive en se faisant contre leur gradient de concentration, c'est-à-dire vers le milieu où ils sont les plus concentrés.

.

O6 (Titre)

—

Le potentiel d'action

.

O7 (Evénement)

—

Une stimulation excitatrice agit sur la membrane du neurone en induisant une inversion de sa polarité électrique de repos.

.

O8 (Evénement)

—

Cette variation de la polarisation initiale qui est appelée potentiel de récepteur, augmente en fonction de l'intensité de la stimulation jusqu'à une certaine valeur.

.

O9 (Evénement)

—

Au delà de cette valeur, le potentiel de récepteur déclenche un signal sous la forme d'impulsions électriques qui se propagent le long de la membrane du neurone.

.

O10 (Evénement)

—

Les variations d'intensité de la stimulation entraîne des variations de fréquence du signal, c'est-à-dire des variations du nombre d'impulsions électriques émises en une seconde.

.

O11 (Titre)

—

La repolarisation

.

O12 (Evénement)

—

Dans la milliseconde qui suit l'émission du signal, des canaux situés sur la membrane se ferment, tandis que dans le même temps d'autres s'ouvrent.

.

O13 (Evénement)

—

Certains ions passent à travers les canaux ouverts, ce qui rétablit progressivement la polarisation initiale.

.

O14 (Evénement)

—

Une pompe située sur la membrane fonctionne en accéléré pour rétablir les concentrations ioniques qui ont été modifiées de part et d'autre de la membrane.

.

O15 (Evénement)

—

Le potentiel électrique de la membrane diminue alors pour retrouver sa valeur normale de repos.

.

O16 (Titre)

—

La période réfractaire

.

O17 (Evénement)

—

En raison de l'inexcitabilité du neurone qui persiste au cours de la période réfractaire, le signal émis disparaît de la zone ayant répondu initialement.

.

O18 (Evénement)

—
Le signal est alors ré-émis dans la zone du neurone située en aval de celle précédemment stimulée.

.
O19 (Evénement)

—
Vers la fin de la période réfractaire, seules des stimulations d'intensité supérieure à celle ayant entraîné le signal initial viennent de nouveau exciter le neurone.

.
O20 (Evénement)

—
Une fois l'état ionique initial totalement reconstitué, la période réfractaire s'achève et une nouvelle stimulation vient exciter le neurone.

ORGANISATEUR ET+ (avec uniquement des ETATS) :

.
O1 (Titre)

—
Le potentiel de repos

.
O2 (Etat)

—
Au repos, la membrane du neurone se comporte comme un générateur de courant électrique dont le pôle négatif est à l'intérieur de la membrane et le pôle positif à l'extérieur.

.
O3 (Etat)

—
La polarisation électrique de repos est la conséquence d'un équilibre dynamique de la répartition inégale de certains ions de part et d'autre de la membrane.

.
O4 (Etat)

—
Ces différences de concentration ionique entre les milieux intérieur et extérieur résultent d'une perméabilité de la membrane plus importante pour certains ions par rapport à d'autres.

.
O5 (Etat)

—

La perméabilité de la membrane à certains ions s'explique par la présence de canaux ou pores de la membrane qui restent ouverts durant cette période de repos.

.
O6 (Titre)

—

Le potentiel d'action

.
O7 (Etat)

—

Lorsque l'intensité d'une stimulation excitatrice du neurone dépasse une certaine valeur, la polarité électrique de la membrane est momentanément inversée.

.
O8 (Etat)

—

Cette inversion de la polarisation initiale est la conséquence d'une altération passagère de la perméabilité membranaire à certains ions.

.
O9 (Etat)

—

Quelle que soit l'intensité de la stimulation excitatrice, la réponse du neurone est toujours la même : c'est la loi du tout ou rien.

.
O10 (Etat)

—

De fait, tout accroissement de la force de la stimulation n'a aucun effet sur l'amplitude du signal (le potentiel d'action) qui est émis par le neurone.

.
O11 (Titre)

—

La repolarisation

.
O12 (Etat)

—
Après l'émission de la réponse du neurone à la stimulation, le potentiel électrique de la membrane retrouve progressivement sa valeur normale de repos.

.
O13 (Etat)

—
La membrane du neurone redevient ' imperméable ' à certains ions, tandis qu'il peut y avoir un excès de perméabilité à d'autres ions.

.
O14 (Etat)

—
Si la membrane du neurone revient très rapidement à sa polarisation initiale, les concentrations ioniques des milieux intérieur et extérieur ont été néanmoins modifiées.

.
O15 (Etat)

—
Pendant un bref moment, l'intérieur du neurone peut être alors plus négatif qu'il ne l'est lorsque la membrane est au repos.

.
O16 (Titre)

—
La période réfractaire

.
O17 (Etat)

—
Cette période est concomitante au retour progressif à la valeur de repos du potentiel de la membrane.

.
O18 (Etat)

—
La période réfractaire qui est constatée au cours d'une seconde stimulation est due au fait que le neurone n'est pas pleinement excitable.

.
O19 (Etat)

—

Durant cette période, certains canaux ioniques sont encore ouverts, alors que d'autres sont maintenant fermés et inactivables.

.
O20 (Etat)

—
Le neurone ne peut émettre un nouveau signal tant que le potentiel de la membrane ne retrouve pas sa valeur normale de repos, et que l'état ionique initial n'est pas reconstitué.

ORGANISATEUR-contrôle :

.
O1 (Titre)

—
Le corps cellulaire du neurone

.
O2 (structure)

—
Le corps cellulaire est la partie centrale du neurone qui a la forme d'une sphère ou d'une pyramide.

.
O3 (structure)

—
Le corps cellulaire possède un noyau volumineux qui est détenteur de l'information génétique.

.
O4 (structure)

—
Le corps cellulaire renferme également des mitochondries qui fournissent de l'énergie nécessaire à la cellule.

.
O5 (structure)

—
La taille du corps cellulaire est très variable : le corps cellulaire des grains du cervelet ne dépasse pas 5 micromètres de diamètre, il est donc plus petit qu'un globule rouge.

O6 (Titre)

—

Les dendrites du neurone

.

O7 (structure)

—

Les dendrites sont de fines et courtes extensions tubulaires qui tendent à se ramifier en touffes autour du corps cellulaire.

.

O8 (structure)

—

Les ramifications des dendrites comportent près de leur extrémité un nombre considérable de saillies ou 'épines' dendritiques qui représentent autant de points de contact avec les neurones voisins.

.

O9 (structure)

—

C'est au niveau des épines dendritiques que se situent les récepteurs des signaux chimiques (les neuromédiateurs) en provenance des autres neurones.

.

O10 (structure)

—

Les épines dendritiques contiennent des ribosomes dont la propriété est de synthétiser des enzymes.

.

O11 (Titre)

—

L'axone du neurone

.

O12 (structure)

—

L'axone est le prolongement long et unique du corps cellulaire, et possède à son extrémité des ramifications.

.

O13 (structure)

—
Ces ramifications qui forment l'arborisation terminale, apparaissent parfois très loin du corps cellulaire d'origine, près d'un mètre pour certains neurones.

.
O14 (structure)

—
L'arborisation terminale est au contact d'un ou de plusieurs neurones avec lesquels elle forme des synapses.

.
O15 (structure)

—
Certains axones sont entourés d'une gaine de myéline - un isolant électrique - qui est interrompue à intervalles réguliers (on appelle ces portions d'axone dénudées les noeuds de Ranvier).

.
O16 (Titre)

—
La membrane du neurone

.
O17 (structure)

—
La membrane du neurone, comme la membrane externe de toute cellule animale, a une épaisseur de 5 nanomètres.

.
O18 (structure)

—
Les constituants de la membrane sont lipidiques et protéiniques, certaines protéines dites membranaires périphériques étant seulement fixées à la surface de la membrane.

.
O19 (structure)

—
La membrane est percée de canaux ou pores de différentes tailles qui laisse passer des ions à l'intérieur du neurone.

.
O20 (structure)

—
La membrane des ramifications de l'axone qui correspondent à la synapse s'appelle membrane pré-synaptique, celle du neurone avec lequel l'axone est en contact s'appelle membrane post-synaptique.

2.3. Les textes d'apprentissage

TEXTE TET+/TEV- :

.
T1 (Titre))

—
Le potentiel de repos

.
T2 (Etat)

—
Il existe une différence de potentiel de -70 mV entre l'intérieur (négatif) et l'extérieur (positif) de la membrane qui est la conséquence d'une répartition inégale des ions positifs sodium et potassium.

.
T3 (Etat)

—
A l'intérieur de la membrane, la concentration en ions potassium est 35 fois plus grande tandis que la concentration en ions sodium est 20 fois plus faible qu'à l'extérieur.

.
T4 (Etat)

—
La membrane est plus perméable aux ions potassium qu'aux ions sodium, ce qui signifie que la conductance (perméabilité x concentration) du potassium est plus élevée que celle du sodium.

.
T5 (Evénement)

—
Ainsi, les ions potassium qui sont chargés positivement, migrent vers l'extérieur de la membrane où les autres charges positives les repoussent.

.
T6 (Titre)

—

Le potentiel d'action

.
T7 (Etat)

—

Au cours d'une stimulation excitatrice du neurone, la polarité membranaire de repos est inversée (dépolariation) : c'est le potentiel d'action.

.
T8 (Etat)

—

L'intérieur de la membrane devient chargé positivement, tandis que l'extérieur devient chargé négativement.

.
T9 (Etat)

—

Lorsque l'intensité de la stimulation est supérieure à un seuil d'excitation (-55 mV), la sortie du potassium est moins importante que l'entrée massive du sodium due à l'ouverture des canaux à ions sodium.

.
T10 (Evénement)

—

L'entrée du sodium accentue la dépolariation de la membrane, ce qui permet d'atteindre le potentiel d'équilibre du sodium, autrement dit la valeur du potentiel d'action (+30 mV).

.
T11 (Titre)

—

La repolarisation

.
T12 (Evénement)

—

Les canaux à ions potassium s'ouvrent, et la sortie du potassium provoque une modification du potentiel de la membrane qui tend alors vers une valeur plus négative.

.
T13 (Etat)

—
A mesure que les ions potassium sortent, le potentiel de la membrane retrouve sa valeur normale de repos d'environ -70mV.

.
T14 (Etat)

—
Quelques millisecondes avant le retour au potentiel de repos, le potentiel de la membrane peut avoir une valeur plus négative que sa valeur de repos d'origine : c'est l'hyperpolarisation.

.
T15 (Etat)

—
Cette sur-négativité à l'intérieur de la membrane est due à un excès de perméabilité aux ions potassium qui contrebalance la perméabilité naturelle aux ions sodium.

.
T16 (Titre)

—
La période réfractaire

.
T17 (Etat)

—
Peu de temps après la dépolarisation, le neurone n'est pas excitable même pour des intensités extrêmement fortes pendant une courte période appelée période réfractaire absolue.

.
T18 (Etat)

—
Au cours de cette période, un potentiel d'action ne peut succéder à un autre tant que la membrane reste dépolarisée par le premier potentiel d'action.

.
T19 (Etat)

—
L'inexcitabilité du neurone est due à une inactivation des canaux à ions sodium qui restent fermés jusqu'à ce que la membrane retrouve son potentiel de repos.

. T20 (Evénement)

—

En raison de cette inactivation des canaux à ions sodium, le potentiel d'action d'action se propage de proche en proche uniquement en aval de la zone précédemment dépolarisée (conduction électrotonique).

TEXTE TET-/TEV+ :

. T1 (Titre)

—

Le potentiel de repos

. T2 (Etat)

—

Il existe une différence de potentiel de -70 mV entre l'intérieur (négatif) et l'extérieur (positif) de la membrane qui est la conséquence d'une répartition inégale des ions positifs sodium et potassium.

. T3 (Evénement)

—

Les ions potassium qui sont chargés positivement, migrent vers l'extérieur de la membrane où les autres charges positives les repoussent.

. T4 (Evénement)

—

Les ions sodium qui sont chargés positivement, rentrent en grande quantité à l'intérieur de la membrane car les charges négatives les attirent.

. T5 (Evénement)

—

Par l'intermédiaire d'une protéine de la membrane, 2 ions potassium sont pompés en permanence à l'intérieur de la membrane tandis que 3 ions sodium sont rejetés activement à l'extérieur.

. T6 (Titre)

—
Le potentiel d'action

.
T7 (Etat)

—
Au cours d'une stimulation excitatrice du neurone, la polarité membranaire de repos est inversée (dépolariation) : c'est le potentiel d'action.

.
T8 (Evénement)

—
Les canaux à ions sodium, situés sur la membrane, s'ouvrent lorsque l'intensité de la stimulation dépasse un seuil d'excitation égal à - 55 mV.

.
T9 (Evénement)

—
Il en résulte une entrée massive des ions sodium beaucoup plus importante que la sortie des ions potassium ainsi qu'une accumulation de charges positives à l'intérieur du neurone.

.
T10 (Evénement)

—
L'entrée du sodium accentue la dépolariation de la membrane, ce qui permet d'atteindre le potentiel d'équilibre du sodium, autrement dit la valeur du potentiel d'action (+30 mV).

.
T11 (Titre)

—
La repolarisation

.
T12 (Evénement)

—
Dans la milliseconde qui suit l'émission du potentiel d'action, les canaux à ions sodium se ferment : la membrane redevient ' imperméable ' aux ions sodium.

.
T13 (Evénement)

—

Les canaux à ions potassium s'ouvrent, et la sortie du potassium provoque une modification du potentiel de la membrane qui tend alors vers une valeur plus négative.

.

T14 (Evénement)

—

Les ions potassium (positifs) sont expulsés très rapidement, car les charges positives accumulées à l'intérieur de la membrane pendant la dépolarisation tendent à les repousser.

.

T15 (Etat)

—

A mesure que les ions potassium sortent, le potentiel de la membrane retrouve sa valeur normale de repos d'environ -70mV.

.

T16 (Titre)

—

La période réfractaire

.

T17 (Etat)

—

Peu de temps après la dépolarisation, le neurone n'est pas excitable même pour des intensités extrêmement fortes pendant une courte période appelée période réfractaire absolue.

.

T18 (Evénement)

—

En raison de cette inactivation des canaux à ions sodium, le potentiel d'action d'action se propage de proche en proche uniquement en aval de la zone précédemment dépolarisée (conduction électrotonique).

.

T19 (Evénement)

—

Le potentiel d'action disparaît alors de la zone initialement excitée pour pouvoir succéder à un autre lorsque la membrane retrouve son potentiel de repos.

T20 (Evénement)

—

La dépolarisation qui résulte de la propagation unidirectionnelle du potentiel d'action décroît rapidement avec la distance.

2.4. Les énoncés de l'épreuve de reconnaissance

Enoncés ORIGINAUX référant à des ETATS :

E1 - THEME : Potentiel de Repos

—

Il existe une différence de potentiel de -70 mV entre l'intérieur (négatif) et l'extérieur (positif) de la membrane qui est la conséquence d'une répartition inégale des ions positifs sodium et potassium.

E2 - THEME : Potentiel d'action

—

Au cours d'une stimulation excitatrice du neurone, la polarité membranaire de repos est inversée (dépolarisation) : c'est le potentiel d'action.

E3 - THEME : Repolarisation

—

A mesure que les ions potassium sortent, le potentiel de la membrane retrouve sa valeur normale de repos d'environ -70mV.

E4 - THEME : Période réfractaire

—

Peu de temps après la dépolarisation, le neurone n'est pas excitable même pour des intensités extrêmement fortes pendant une courte période appelée période réfractaire absolue.

Enoncés ORIGINAUX référant à des EVENEMENTS :

E5 - THEME : Potentiel de Repos

—

Ainsi, les ions potassium qui sont chargés positivement, migrent vers l'extérieur de la membrane où les autres charges positives les repoussent.

.

E6 - THEME : Potentiel d'action

—

L'entrée du sodium accentue la dépolarisation de la membrane, ce qui permet d'atteindre en 1 ms le potentiel d'équilibre du sodium, autrement dit la valeur du potentiel d'action (+30 mV).

.

E7 - THEME : Repolarisation

—

Les canaux à ions potassium s'ouvrent, et la sortie du potassium provoque une modification du potentiel de la membrane qui tend alors vers une valeur plus négative.

.

E8 - THEME : Période réfractaire

—

En raison de cette inactivation des canaux à ions sodium, le potentiel d'action d'action se propage de proche en proche uniquement en aval de la zone précédemment dépolarisée (conduction électrotonique).

PARAPHRASES référant à des ETATS :

.

E9 - THEME : Potentiel de Repos

—

Le potentiel de repos (-70mV) correspond à une distribution inégale des charges négatives (intérieur) et positives (extérieur) de part et d'autre de la membrane qui est due à un déséquilibre des concentrations en ions sodium et potassium.

.

E10 - THEME : Potentiel d'action

—

La dépolarisation (ou potentiel d'action) qui a lieu lorsque le neurone est excité par une stimulation, est une modification de la distribution des charges positives et négatives de part et d'autre de la membrane.

.

E11 - THEME : Repolarisation

—
Il y a un rétablissement progressif du potentiel de repos de la membrane (environ -70mV) qui résulte du passage des ions potassium à l'extérieur du neurone.

E12 - THEME : Période réfractaire

—
Quelques millisecondes après l'émission du potentiel d'action, le neurone ne peut répondre à une excitation même si celle-ci a une intensité relativement élevée : c'est la période réfractaire absolue.

PARAPHRASES référant à des EVENEMENTS :

E13 - THEME : Potentiel de Repos

—
Ainsi, les charges positives du milieu extérieur freinent l'expulsion des ions potassium (positifs) hors de la membrane.

E14 - THEME : Potentiel d'action

—
Le passage des ions sodium à l'intérieur de la membrane amplifie l'inversion de la polarité électrique, et entraîne une augmentation du potentiel jusqu'à une valeur d'équilibre, celle du potentiel d'action (+30mV).

E15 - THEME : Repolarisation

—
Le potentiel de la membrane redevient progressivement négatif grâce à l'ouverture des canaux à ions potassium et à leur passage à l'extérieur de la membrane.

E16 - THEME : Période réfractaire

—
Du fait de la fermeture des canaux à ions sodium, le potentiel d'action circule dans une seule direction au delà du point de la membrane initialement excité.

INFERENCES référant à des ETATS :

E17 - THEME : Potentiel de Repos

—

Au repos, l'intérieur de la membrane est chargé négativement et est fortement concentré en ions potassium, tandis que l'extérieur est chargé positivement et est fortement concentré en ions sodium.

.

E18 - THEME : Potentiel d'action

—

Au cours d'une stimulation excitatrice du neurone, la concentration en ions sodium est plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur du neurone.

.

E19 - THEME : Repolarisation

—

Lorsque l'extérieur du neurone redevient fortement concentré en ions potassium, la valeur du potentiel de la membrane est de nouveau plus élevée et moins positive.

.

E20 - THEME : Période réfractaire

—

Après la période réfractaire dite absolue, les canaux à ions sodium ne peuvent être activés par une stimulation dont l'intensité est inférieure à la stimulation initiale.

INFERENCES référant à des EVENEMENTS :

.

E21 - THEME : Potentiel de Repos

—

Ainsi, les ions sodium (positifs) migrent vers l'intérieur de la membrane du fait de leur concentration élevée à l'extérieur.

.

E22 - THEME : Potentiel d'action

—

L'entrée des ions sodium entraîne une augmentation des charges positives à l'intérieur de la membrane, ce qui explique pourquoi le potentiel d'action a une valeur positive (+30 mV).

.

E23 - THEME : Repolarisation

—

Lorsque les ions potassium sortent à l'extérieur de la membrane, le déséquilibre initial

entre les concentrations en ions sodium et potassium se reconstitue progressivement de part et d'autre de la membrane.

E24 - THEME : Période réfractaire

—
Le potentiel d'action ne pouvant retourner vers la zone initialement excitée du fait de la fermeture temporaire des canaux à ions sodium, il est alors ré-émis à chaque point de la membrane.

DISTRACTEURS référant à des ETATS :

E25

—
La sommation des potentiels d'action présynaptiques peut être spatiale (potentiels issus de plusieurs neurones) ou temporelle (potentiels successifs dans un même neurone).

E26

—
Le neurotransmetteur est fabriqué dans des vésicules qui sont situées à l'extrémité du neurone (l'arborisation terminale).

DISTRACTEURS référant à des EVENEMENTS :

E27

—
L'arrivée d'un potentiel d'action dans la terminaison de l'axone présynaptique déclenche la libération d'un neurotransmetteur.

E28

—
Le neurotransmetteur traverse l'espace synaptique et se fixe sur des récepteurs de la membrane du neurone postsynaptique.

ANNEXE 3 MATERIEL DES EXPERIENCES 3 ET 4

3.1. Evaluation du niveau d'expertise initial

Questions à choix multiples

Quelle est la valeur approximative du potentiel de repos des neurones ?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> + 70 millivolts | <input type="checkbox"/> - 10 millivolts |
| <input type="checkbox"/> - 10 millivolts | <input type="checkbox"/> - 70 millivolts |
| <input type="checkbox"/> Je ne sais pas | |

Le potentiel d'action correspond à

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Une sortie de potassium (ions K ⁺) | <input type="checkbox"/> Une entrée de potassium (ions K ⁺) |
| <input type="checkbox"/> Une sortie de sodium (ions Na ⁺) | <input type="checkbox"/> Une entrée de sodium (ions Na ⁺) |
| <input type="checkbox"/> Je ne sais pas | |

Définir les notions suivantes à partir des éléments donnés ci-dessous :

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Négativité intracellulaire | <input type="checkbox"/> Positivité intracellulaire |
| <input type="checkbox"/> Canaux à ions sodium (Na ⁺) | <input type="checkbox"/> Pompe sodium-potassium |

Le potentiel de repos :

Le potentiel d'action :

3.2. L'organisateur de connaissances initiales

- .
 - O1 (Etat)
 -
 - Au repos, les charges électriques positives et négatives sont réparties de façon inégale entre les milieux intérieur et extérieur que sépare la membrane du neurone.
- .
 - O2 (Evénement)
 -
 - Une force électrique d'attraction qui est due à la négativité de l'intérieur du neurone provoque la diffusion passive des ions positifs (sodium et potassium) à travers la membrane.
- .
 - O3 (Etat)
 -

Au repos, la tension électrique du neurone tire son origine d'une inégalité de concentration des ions positifs (sodium et potassium) entre les milieux intérieur et extérieur.

.
O4 (Evénement)

—
Une force osmotique qui permet la diffusion passive des ions positifs (sodium et potassium) vers le milieu où ils sont les moins concentrés provoque la sortie du potassium.

.
O5 (Etat)

—
Sous l'effet d'une stimulation du neurone par un courant électrique, les pôles négatifs et positifs de la membrane sont inversés : c'est le potentiel d'action.

.
O6 (Evénement)

—
Au cours de la phase ascendante du potentiel d'action (dépolarisation), la tension électrique du neurone augmente parallèlement à une entrée du sodium.

.
O7 (Etat)

—
Quelle que soit l'intensité de la stimulation initiale, l'amplitude du potentiel d'action reste toujours constante : c'est la loi du tout ou rien.

.
O8 (Evénement)

—
Dans la milliseconde qui suit l'émission du potentiel d'action, la tension électrique diminue de nouveau parallèlement à une sortie du potassium.

3.3. L'épreuve de vérification d'inférences

Inférences VRAIES : énoncés référant à des ETATS

.

IV1 - THEME : Potentiel de Repos

—

Au repos, le milieu externe proche de la membrane du neurone est chargé positivement.

—

(14 mots; 72 caractères)

.

IV2 - THEME : Potentiel de Repos

—

Au repos, l'intérieur du neurone est plus faiblement concentré en sodium que l'extérieur.

.

IV3 - THEME : Potentiel d'action

—

Sous l'effet de la stimulation, l'intérieur du neurone devient chargé positivement.

.

IV4 - THEME : Potentiel d'action

—

Le neurone stimulé est plus fortement perméable au sodium qu'il ne l'est au repos.

Inférences VRAIES : énoncés référant à des EVENEMENTS

.

IV5 - THEME : Potentiel de Repos

—

Au repos, les charges positives du milieu extérieur repoussent les ions positifs (Na^+ et K^+).

.

IV6 - THEME : Potentiel de Repos

—

Au repos, la force osmotique provoque un mouvement de sodium vers l'intérieur du neurone.

.

IV7 - THEME : Potentiel d'action

—

Sous l'effet de la stimulation, les charges positives se déplacent vers l'intérieur du neurone.

· IV8 - THEME : Potentiel d'action

–

Quelques millisecondes après la dépolarisation, la négativité à l'intérieur du neurone augmente.

Inférences FAUSSES : énoncés référant à des ETATS

· IF9 - THEME : Potentiel de Repos

–

Au repos, il y a autant de charges positives à l'intérieur du neurone qu'à l'extérieur.

· IF10 - THEME : Potentiel de Repos

–

Au repos, les ions potassium à l'intérieur du neurone sont chargés négativement.

· IF11 - THEME : Potentiel d'action

–

L'accroissement de la force de la stimulation n'a pas d'effet sur l'état ionique du neurone.

· IF12 - THEME : Potentiel d'action

–

Quelques millisecondes après la dépolarisation, la membrane du neurone est imperméable aux ions potassium.

Inférences FAUSSES : énoncés référant à des EVENEMENTS

· IF13 - THEME : Potentiel de Repos

–

Au repos, les ions positifs (Na^+ et K^+) se déplacent lorsque les forces électriques et osmotiques s'opposent.

· IF14 - THEME : Potentiel de Repos

–

Au repos, une faible concentration de sodium à l'extérieur du neurone provoque une sortie du potassium.

IF15 - THEME : Potentiel d'action

Lors de la stimulation, les charges négatives du milieu intérieur se déplacent vers le milieu extérieur.

IF16 - THEME : Potentiel d'action

Quelques millisecondes après la dépolarisation, la concentration en sodium à l'extérieur du neurone augmente.

3.4. Le texte d'apprentissage et ses illustrations

Le texte d'apprentissage :

T1 (Etat)

Au repos, la tension électrique (-70 mV) qui existe de part et d'autre de la membrane s'explique par le fait que l'extérieur est positif par rapport à l'intérieur du neurone.

T2 (Evénement)

Une force électrique de répulsion qui est due à la positivité de l'extérieur du neurone provoque le déplacement passif du potassium (ions positifs) vers le milieu intérieur.

T3 (Etat)

Au repos, du fait d'une perméabilité membranaire relativement faible pour l'ion Na⁺, la concentration en sodium est 20 fois plus faible à l'intérieur du neurone qu'à l'extérieur.

T4 (Evénement)

—
Une pompe à Na^+/K^+ (une protéine de la membrane) rejette activement le sodium qui a tendance à rentrer passivement dans le neurone sous l'effet de la force osmotique.

.
T5 (Etat)

—
Lors d'une excitation, la membrane du neurone est dépolarisée : l'extérieur devient négatif par rapport à l'intérieur du neurone.

.
T6 (Evénement)

—
L'ouverture des canaux sodiques provoque un flux de sodium dans le neurone dont la vitesse s'accroît parallèlement à l'augmentation de la force de l'excitation initiale.

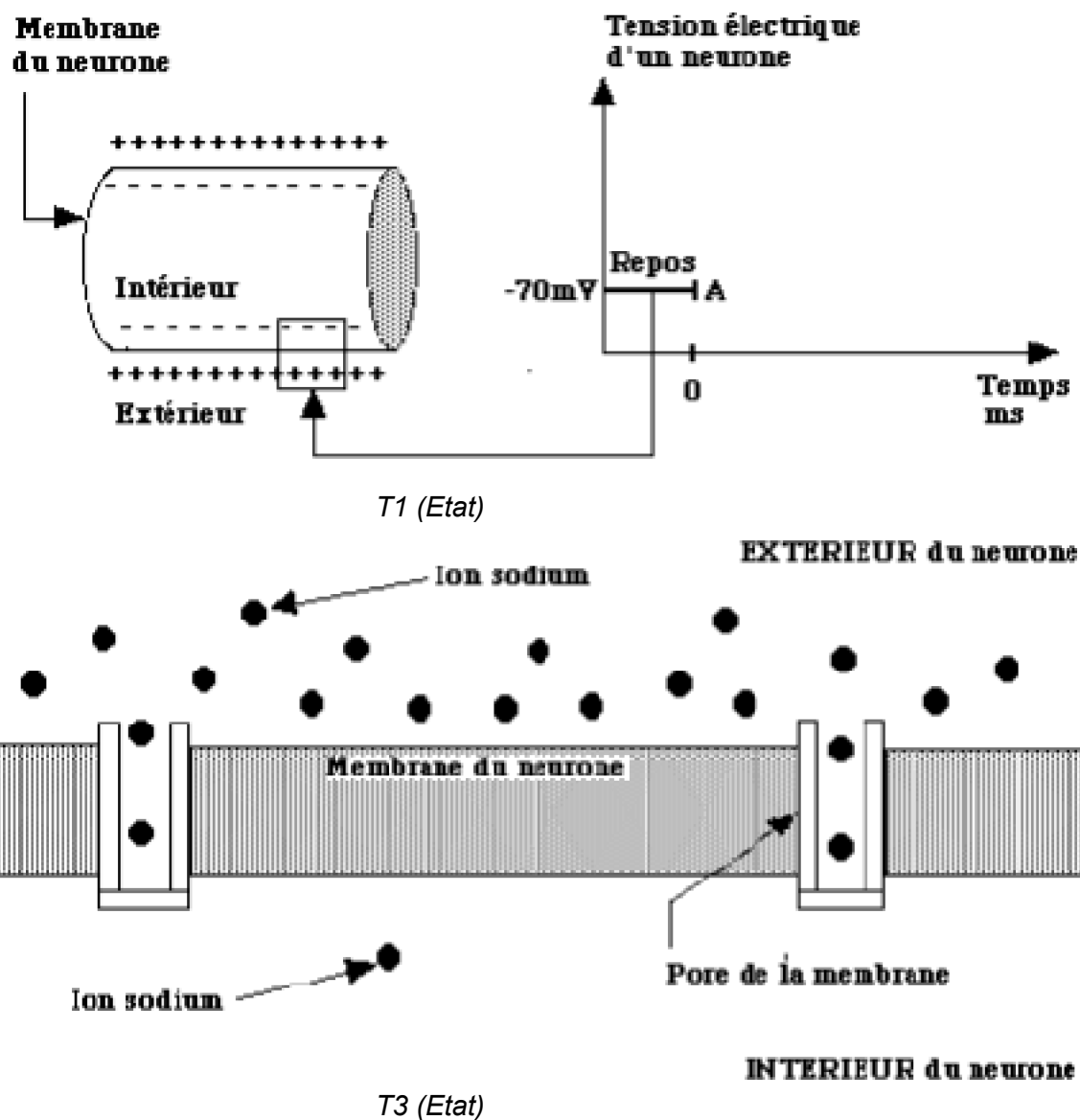
.
T7 (Etat)

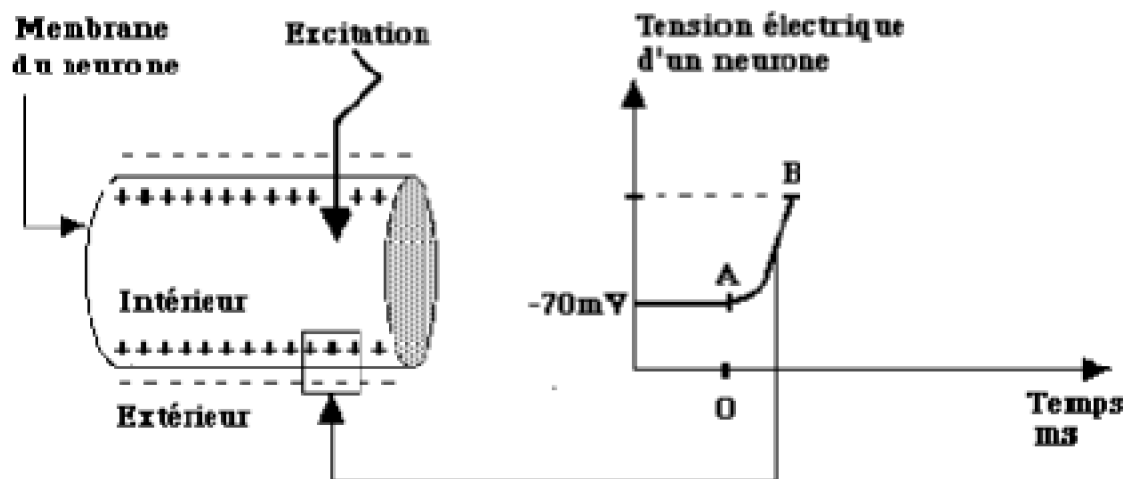
—
Le flux du potassium vers l'extérieur du neurone reste constant, et les canaux sodiques se maintiennent grands ouverts jusqu'à ce que la tension électrique ait atteint +30 mV.

.
T8 (Evénement)

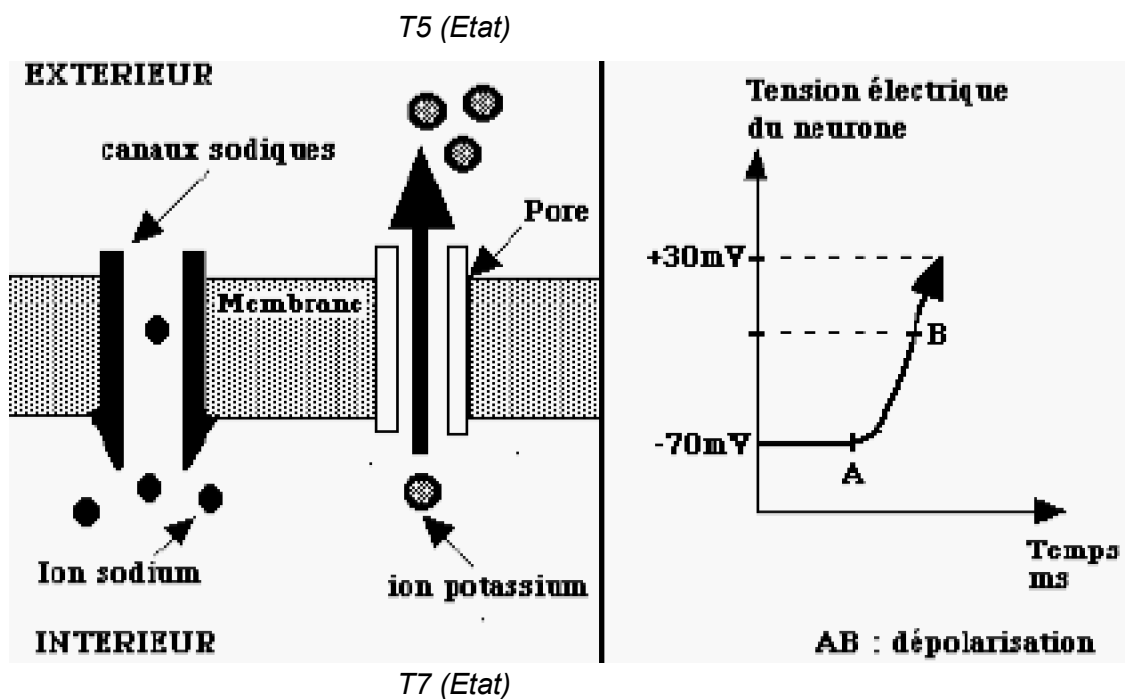
—
Les canaux sodiques se ferment, et la sortie du potassium crée un déplacement de charges positives vers le milieu extérieur jusqu'au rétablissement de la tension de repos (-70 mV).

Les illustrations des ETATS du texte d'apprentissage :



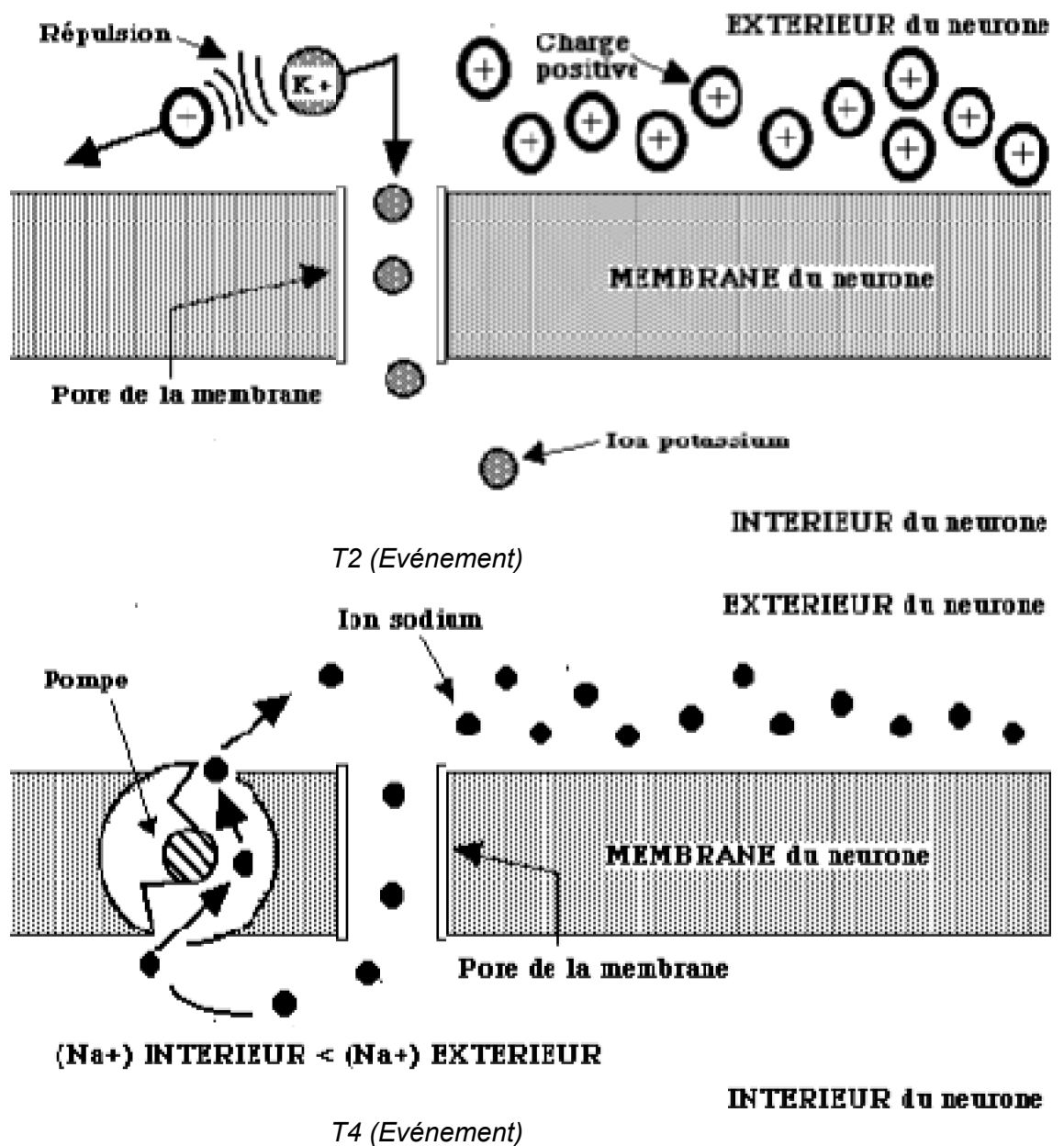


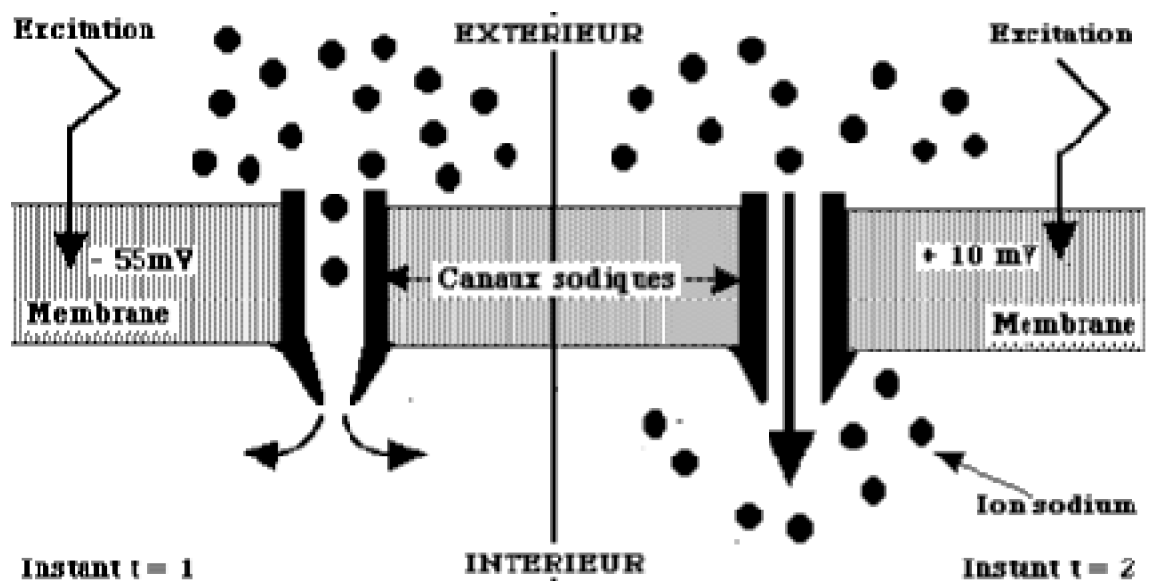
AB : dépolarisation



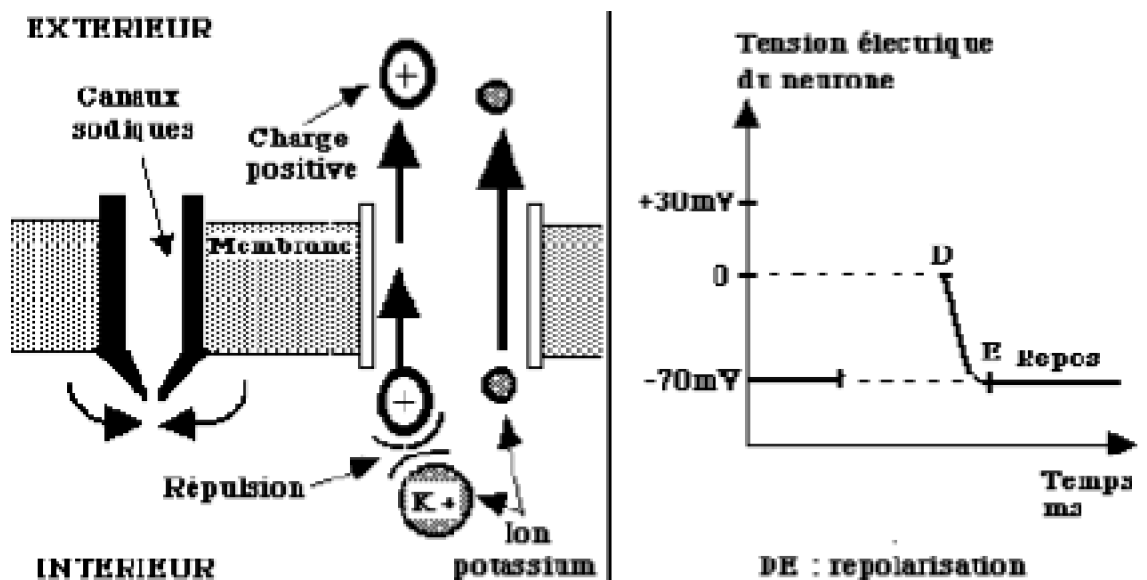
AB : dépolarisation

Les illustrations des EVENEMENTS du texte d'apprentissage :





T6 (Evénement)



T8 (Evénement)

3.5. Enoncés de la tâche de reconnaissance amorcée

3.5.1. Enoncés construits à partir de PARAPHRASES de l'ORGANISATEUR initial

Enoncés référant à des ETATS :

EO1

—

Au repos, le neurone présente une distribution inégale des charges électriques positives et négatives de part et d'autre de sa membrane.

EO2

—

Au repos, il y a une différence de concentration ionique (sodium et potassium) de part et d'autre de la membrane du neurone.

EO3

—

Sous l'effet d'une stimulation, la polarité électrique de la membrane du neurone est modifiée (potentiel d'action).

EO4

—

La puissance du stimulus initial n'a aucun effet sur le niveau du potentiel d'action (loi du tout ou rien).

Enoncés référant à des EVENEMENTS :

EO5

—

Au repos, la négativité intracellulaire génère une force électrique qui attire les ions positifs (sodium et potassium).

EO6

—

Au repos, les charges négatives du milieu intérieur entraînent le déplacement passif du sodium (ions positifs) à travers la membrane.

EO7

—

Au repos, les ions positifs (sodium et potassium) se déplacent vers le milieu où ils sont les moins concentrés sous l'effet d'une force osmotique.

EO8

—

Lorsque le neurone se dépolarise (phase ascendante du potentiel d'action), il y a accroissement de la tension électrique.

3.5.2. Enoncés construits à partir de PARAPHRASES du TEXTE d'apprentissage

Enoncés référant à des ETATS :

ET1

—

Au repos, la différence de potentiel électrique entre l'intérieur de la membrane et l'extérieur est de -70 mV.

ET2

—

Au repos, les charges positives sont à l'extérieur et les charges négatives à l'intérieur du neurone.

ET3

—

Au repos, la membrane du neurone est relativement peu perméable à l'ion sodium.

ET4

—

Au repos, le milieu intérieur contient 20 fois moins de sodium que le milieu extérieur.

ET5

—

Sous l'effet d'une stimulation, il y a dépolarisation de la membrane du neurone.

ET6

—
Lors d'une stimulation, les charges positives sont à l'intérieur du neurone et les charges négatives à l'extérieur.

ET7

—
Jusqu'à un potentiel électrique égal à +30 mV, la vitesse de déplacement du potassium vers l'extérieur du neurone reste stable.

ET8

—
Jusqu'à un potentiel électrique égal à +30 mV, l'ouverture complète des canaux sodiques se maintient.

Enoncés référant à des EVENEMENTS :

ET9

—
Au repos, les charges positives du milieu extérieur génèrent une force électrique de répulsion.

ET10

—
Les charges positives du milieu extérieur repoussent passivement le potassium (ions positifs) vers l'intérieur du neurone.

ET11

—
Au repos, une force osmotique provoque le mouvement passif du sodium vers l'intérieur du neurone.

ET12

—
Au repos, le sodium est activement expulsé sous l'effet d'une protéine membranaire jouant le rôle d'une pompe.

ET13

–

Sous l'effet d'une stimulation, le déplacement du sodium vers l'intérieur du neurone est provoqué par l'ouverture des canaux sodiques.

ET14

–

Simultanément à l'accroissement de l'intensité du stimulus initial, la vitesse avec laquelle le sodium rentre dans le neurone augmente.

ET15

–

Il y a fermeture des canaux sodiques jusqu'au retour du potentiel de repos (-70 mV).

ET16

–

Jusqu'au retour du potentiel de repos (-70 mV), les charges positives sont expulsées vers l'extérieur du neurone.

3.5.3. Enoncés relatifs au neurone mais non abordés dans les expériences 3 et 4

Enoncés référant à des ETATS

EN1

–

La différence de potentiel électrique (-70 mV) reste constante durant de longues périodes en l'absence de stimulations.

EN2

–

Au repos, l'intérieur de la membrane du neurone est riche en protéines chargées négativement.

EN3

—

La variation du potentiel électrique reste localisée au niveau de la zone de la membrane du neurone stimulée.

EN4

—

En dessous du seuil d'excitation (-55 mV), la membrane du neurone ne réagit pas à la stimulation.

Enoncés référant à des EVENEMENTS

EN5

—

Un nouveau potentiel d'action apparaît une fois que la membrane retrouve sa tension électrique de repos (-70 mV).

EN6

—

Le potentiel d'action est ré-émis uniquement en aval de la zone initialement stimulée.

EN7

—

Lorsque la force de la stimulation initiale s'accroît, le nombre de potentiels d'action émis à chaque seconde augmente.

EN8

Immédiatement après la réponse du neurone à la stimulation, la pompe fonctionne en accéléré pour rétablir l'état ionique initial.