

N°d'ordre NNT : 2016LYSE2030

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LYON
opérée au sein de
Université Lumière Lyon2

École Doctorale ED 485
Éducation, Psychologie, Information, Communication

Spécialité de doctorat : Sciences de l'Éducation

Soutenue publiquement le 27/04/2016, par :
Diane DIAZ

Les facteurs influençant la réussite des activités collaboratives médiées par les TICE dans une situation de formation universitaire à la statistique

Devant le jury composé de :

Jacques DROESBEKE, Professeur d'université, Université libre de Bruxelles, Président du jury
Christian BUTY, Maître de conférences, Université Lyon 1, Rapporteur
Bernard SARRAZY, Professeur des Universités, Université Bordeaux 2, Rapporteur
Gérard VERGNAUD, Directeur de recherche émérite, Université Paris 8
Jean-Claude RÉGNIER, Professeur des universités, Université Lumière Lyon 2, directeur de thèse

Université de Lyon
UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2
École Doctorale EPIC
ED 485 – Éducation – Psychologie – Information et Communication
Unité Mixte de Recherche – UMR 5191 ICAR
Année 2016

Les facteurs influençant la réussite des activités collaboratives médiées par les TICE dans une situation de formation universitaire à la statistique

Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation
dirigée par le Professeur Jean-Claude Régnier
présentée et soutenue publiquement le 27 avril 2016 par

Diane Diaz

Devant le jury composé de :

Christian Buty
Maître de conférences, Université Claude Bernard Lyon 1, France

Jean-Jacques Droesbeke
Professeur à l'Université libre de Bruxelles, Belgique (rapporteur)

Jean-Claude Régnier
Professeur des Universités, Université Lumière Lyon 2, France (directeur de thèse)

Bernard Sarrazy
Professeur des Universités, Université Victor Segalen Bordeaux, France (rapporteur)

Gérard Vergnaud
Directeur de recherche émérite, Université Paris 8, France

Résumé

Les facteurs influençant la réussite des activités collaboratives médiées par les TICE dans une situation de formation universitaire à la statistique

Il ne fait aucun doute que notre société du numérique produit de plus en plus de données qui doivent être synthétisées et analysées. Leur traitement statistique est de plus en plus présent et l'usage de la statistique, déjà largement répandue, ne fait que s'accroître. Il paraît donc indispensable d'enseigner au grand nombre les rudiments de la statistique. Or, dans les cursus universitaires de sciences humaines et sociales (SHS), les enseignants sont confrontés à la difficulté de transmettre une discipline pour laquelle nombre d'étudiants sont *a priori* peu familiarisés. De plus, la statistique s'adresse à un public hétérogène qui ne perçoit pas son intérêt et/ou son utilité. Ces freins observés ont donné lieu à de nombreuses recherches permettant de dresser une typologie des obstacles les plus cités. Il s'agit couramment de difficultés de perception, de compréhension, d'application, d'appréciation, d'interprétation et de manipulation numérique.

Notre thèse étudie quelques conditions qui semblent favorables à la réussite des étudiants dans leur apprentissage de la statistique et de ses applications. De nos lectures nous avons extrait les trois leviers les plus fréquemment cités : la posture active de l'apprenant, la collaboration en petits groupes et l'utilisation du numérique. Nous faisons nôtre l'essentiel des conclusions et des préconisations de ces modèles. Dans cette perspective, nous avons observé une situation de formation simultanément active, collaborative et médiée par un logiciel de traitement de données afin de réunir des conditions propices à la réussite des étudiants.

Cependant, même dans une situation favorable où les étudiants suivent une formation dans un cadre institutionnel analogue, selon un contexte didactique et pédagogique identique, certains étudiants réussissent mieux que d'autres. C'est pourquoi, à eux seuls, le cadre institutionnel et le contexte ne peuvent expliquer ces dissemblances.

Ce constat nous a engagée dans la recherche de caractéristiques préexistantes inhérentes aux étudiants qui pourraient contribuer à leur réussite. Notre présupposé théorique repose sur un modèle compréhensif qui concilie plusieurs facteurs que nous considérons comme déterminants dans le contexte étudié. Aussi distinguons-nous trois axes fondamentaux ; ceux liés à l'histoire des étudiants, à leur formation antérieure et culturelle

que nous nommons biographiques, ceux correspondant à l'affectivité, à l'émotion et à la compétence perçue nommés psychologiques et ceux qui s'attachent aux connaissances déclaratives et aux compétences pré-acquises traduisant des fonctions cognitives dénommés cognitifs. Une meilleure connaissance de ces facteurs et de leur organisation pourrait enrichir la réflexion et les pratiques didactiques et pédagogiques dans une perspective d'amélioration constante des processus d'enseignement et d'apprentissage de la statistique.

Mots-clés : didactique de la statistique, pédagogie universitaire, compétence, activité, situation, enseignement

Abstract

Factors influencing the success of collaborative activities mediated by ICT in university education situation in statistics

There is no doubt that society produces ever more data which must be correlated and analysed. Statistical processing is increasingly prevalent and the use of this science continues to grow. It, therefore, seems essential to teach the largest number of people its elements. However, in the university curricula of Humanities and Social Sciences, this teaching is confronted with the difficulty of transmitting a discipline to which students are not accustomed. Moreover, statistics are addressed to a diverse public who do not always appreciate their relevance or application. These problems have resulted in extensive research to develop a classification of the difficulties most often cited. We often found problems associated with perception, comprehension, application, appraisal, interpretation andcomputer skills.

Our thesis examines the conditions favourable to students' success. From our studies we have identified the three advantageous practices most often cited : practical experience for the student, collaboration in small groups and the use of digital technology. We have reached our viewpoint largely from the conclusions and recommendations of these models. From this perspective, we observed a training situation which was both active and collaborative, mediated by a data programme bringing together the conditions necessary for student success.

However, even in a favourable situation where students are trained in a similar institutional framework, in the same pedagogical climate, some students are more successful than others. Therefore, the institutional framework and context alone cannot explain these dissimilarities.

This observation has led us to search for some inherent characteristics of students which might influence their success. Our theory is based on a comprehensive model that comprises several factors that we consider crucial in the context studied. From this model we have identified three fundamental issues : those related to the history of the student named « biographical factors », those corresponding to the emotions and perceived difficulties called « psychological factors », and those concerning verbal and cognitive skills named « cognitive factors ». A better understanding of these factors and their organization could enrich the theory and practical application of both the teaching and study of statistics with a view to constant amelioration of the process.

Keywords : didactic of statistics, university pedagogy, competence, activity, situation, teaching

Resumen

Factores que influyen el éxito de las actividades de colaboración mediadas por TIC en el marco de una formación universitaria de estadística

No hay duda de que nuestra sociedad produce cada vez más datos que necesitan tratamientos estadísticos. El procesamiento estadístico se ha hecho más y más presente y el uso de esta ciencia, ya de por sí muy extendida, va en aumento. Por eso parece lógico inculcar sus conceptos básicos a la mayoría de la población. Pero en los programas universitarios de humanidades y ciencias sociales su enseñanza se enfrenta a la dificultad de transmitir una disciplina a la que los estudiantes no están acostumbrados. Además, la estadística se enseña a un público diverso que no siempre percibe su interés y/o su utilidad. Estas constataciones han dado lugar a numerosas investigaciones, a partir de las cuales hemos construido una tipología de los obstáculos o barreras más frecuentes. Entre ellas sobresalen las dificultades de percepción, de comprensión, de aplicación, de apreciación, de interpretación y por último de manipulación digital.

Nuestra tesis analiza las condiciones necesarias al éxito de los estudiantes. A partir de nuestras lecturas hemos fijado los tres mecanismos citados con mayor frecuencia : la actividad del alumno, el trabajo colaborativo en grupos pequeños y el uso de la tecnología digital. Compartimos la mayoría de las conclusiones y recomendaciones de estos modelos científicos. Partiendo de esta perspectiva, hemos observado una situación de formación : activa, colaborativa y mediada por ordenadores, con el objetivo reunir las condiciones favorables para el éxito de los estudiantes.

Sin embargo, incluso en un contexto favorable en el que los estudiantes estén en un marco institucional similar, en un mismo contexto didáctico y pedagógico, algunos estudiantes tienen más éxito que otros. Por lo tanto, el marco institucional y el contexto por sí solos no pueden explicar estas diferencias.

Esto nos ha llevado a considerar la existencia de características preexistentes que podrían contribuir a su éxito. Nuestra hipótesis teórica se basa en un modelo integral que combina varios factores que consideramos cruciales en el contexto estudiado. Así pues podemos distinguir tres ejes fundamentales : los relacionados con la historia de los estudiantes, llamados factores biográficos, los correspondientes a las emociones y dificultades percibidas, designadas por factores psicológicos y por último los que se refieren a los conocimientos declarativos y las competencias llamadas cognitivas. Lograr una mejor

comprensión de estos factores y poder organizarlos, podría enriquecer la reflexión y las prácticas, con el objetivo constante de mejorar la enseñanza y el proceso de aprendizaje de la estadística.

Palabras claves: didáctica de la estadística, pedagogía, competencia, actividad, situación, enseñanza

Remerciements

Au terme de ce travail, c'est avec joie que je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué à cet écrit.

Mes remerciements vont en premier lieu à Jean-Claude Régnier, mon directeur de thèse, qui a accepté de diriger cette étude. Ses nombreuses marques de confiance, ses conseils avisés, sa disponibilité et ses grandes qualités humaines m'ont aidée à aller au bout de ce beau projet.

Je remercie Messieurs Jean-Jacques Droesbeke et Bernard Sarrazy d'avoir accepté d'être rapporteurs et pour le temps qu'ils ont accordé à l'évaluation de cette thèse. Leur lecture exigeante et leurs observations pertinentes ont contribué à son amélioration.

Je tiens particulièrement à remercier Christian Buty de l'intérêt qu'il a bien voulu porter à ce travail en acceptant d'être membre du jury.

Je tiens aussi à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur Gérard Vergnaud, directeur de recherche émérite à Paris 8, pour m'avoir fait l'honneur de participer.

Le bon déroulement de cette recherche n'aurait pu se faire sans Gilles Combaz, que je remercie sincèrement pour sa disponibilité et sa gentillesse, ni sans Stéphane Guignard, chargé d'informatique à Lyon 2.

Ces remerciements seraient incomplets si j'omettais de citer mes ami(e)s doctorantes et doctorants pour leurs encouragements et paroles stimulantes : Jennifer Fournier, Suzane El Hage, Angham Assaad, Abdulaziz Alahmadati, Mériem Belhaddioui et Hassan Alcheghri. Par leurs questions pertinentes et leurs remarques pointilleuses ils ont participé activement à la structuration de ma pensée. Je remercie aussi les adaticiennes et adaticiens croisés lors des séminaires, dont l'écoute bienveillante a toujours été très réconfortante. Je retiens les nombreuses interactions verbales ainsi que les chaleureux échanges exolingues et interculturels. Thanks Steve et gracias Carlos !

Je tiens également à adresser mes sincères remerciements à mes collègues de lycée. À leur côté j'ai trouvé un réconfort unique, une empathie délicate, une attention sans faille et une amitié sincère. J'adresse un remerciement tout particulier à Isabelle Reverchon et Franck Neel pour leur relecture attentive et leurs remarques avisées. Merci aussi à mes collègues de mathématiques et de français que j'ai sollicités plusieurs fois et interrogés de la cantine à la salle des professeurs.

Merci aussi à ceux qui occupent une place toute particulière. Mes parents Rosy et Ramon, qui m'ont toujours encouragée, et toute ma famille pour leurs sentiments affectueux

et leur appui indéfectible. Merci à Cyrille pour son soutien et à Christiane Buvat pour ses conseils orthographiques. J'adresse aussi mes plus chaleureux remerciements à Clélia, Armand et Marcel Bultheel et je tiens à adresser un remerciement tout particulier à ma sœur Suzanne Bultheel.

Enfin, je dédie ce travail aux étudiants de Master 2 recherche qui se sont laissés observer simplement, généreusement et en toute sincérité. Ils se sont portés volontaires pour participer à cette recherche en livrant leurs représentations, leurs convictions et leurs expériences. Je les remercie pour leur disponibilité aussi bien pendant qu'en dehors des heures d'enseignement.

Et encore un grand merci à tous pour m'avoir permis d'apposer un point final.

Avant-propos

En tant que chargée du cours « *d'initiation au raisonnement statistique* » auprès d'étudiants inscrits en troisième année de licence en sciences de l'éducation, j'ai pu remarquer des difficultés et résistances que rencontrent nombre d'étudiants pour aborder les concepts rudimentaires de statistique. À partir de leurs interventions orales, des formulations de questions sur le cours, des courriels qu'ils m'ont adressés et des traces écrites dans les copies d'examen, j'ai pu constater un certain nombre d'erreurs récurrentes. Ces observations quotidiennes ont alimenté les questions préceptes à l'origine de cette thèse. Je me suis tout d'abord intéressée aux difficultés rencontrées par les étudiants lors de formations universitaires. Cette problématique initiale m'a rapidement entraînée vers la recherche de facteurs facilitateurs dans une situation d'enseignement et d'apprentissage de la statistique.

L'origine de cette thèse

Cette recherche fait suite à un travail préliminaire débuté en 2008, dans le cadre de notre mémoire de Master 2 recherche intitulé : Le « je » à travers le « tu » dans les TIC : Apprentissage avec les TIC et interactions verbales entre pairs. Ce travail liminaire nous avait notamment permis de mettre en place une enquête et de mobiliser quelques concepts clés de la microsociologie d'inspiration goffmanienne. L'analyse des données avait alors permis de confirmer notre première hypothèse qui stipulait qu'entre décision individuelle et négociation collective, l'autorégulation des interactions observées se construit sur la base de représentations des individus et les enferme dans un rôle. L'observation d'une expérimentation avait donné lieu à une catégorisation distinguant les décisions individuelles et les négociations collectives. Le calcul du khi-deux révélait une différence significative, valeur empirique $\chi 2_{obs}$ (ddl = 2, N = 160) = 9,58, C = 0,23 coefficient de Pearson $P < 0,05$, p.value, entre les décisions individuelles, les négociations collectives et les rôles occupés par les apprenants. Suivant la comparaison de Goffman, qui associe la vie quotidienne à une représentation, « *l'acteur doit agir de façon à donner, intentionnellement ou non, une expression de lui-même, et les autres à leur tour doivent en retirer une certaine impression* » (Goffman, 1973, p. 12), nous avions également comparé la situation que nous avions observée en classe à celles qui se produisent sur une scène de théâtre.

Comme sur les planches de la scène, dans les triades, le responsable qui donne le tempo, dirige le jeu des acteurs, qui guide et maintient la cohérence des activités, n'est autre que le **metteur en scène**. Admis et reconnu par ses congénères comme étant compétent, il

occupe une place centrale dans l'interprétation des textes, leur traduction et prend en charge les orientations générales. Programmateur, régulateur, coordinateur, il conduit chacune des étapes, veille à l'organisation temporelle et à l'ajustement des activités. Face à la surabondance des données, son esprit de synthèse réorganise les informations et permet un retour réflexif sur les activités.

En tant qu'interprète, **l'acteur** s'adapte au texte mais aussi aux consignes énoncées par le metteur en scène qu'il doit traduire en actions. Ses gestes comptent et donnent sens au texte mais aussi à l'organisation générale du scénario. Omniprésent, sur le devant de la scène, c'est lui qui s'expose, s'exécute et joue sur divers registres. Sur ce point, nous notons une différence importante entre la dyade et la triade. Dans le rassemblement binaire, le metteur en scène et l'acteur ne font qu'un. Une seule personne prend les rênes, lit les consignes, commente, manipule la souris… Pour simplifier, c'est elle qui organise, dirige et agit. En revanche, lors de regroupements par trois, une distinction nette permet de dissocier les protagonistes ; l'acteur manipule la souris et manie le clavier mais les autres activités sont davantage réparties entre étudiants.

À l'inverse, le **spectateur** reste en retrait de la scène. Témoin essentiellement visuel et auditif, il se cantonne à l'observation. De faible fréquence, les interventions du spectateur contrastent alors par leur intensité due à leur rareté. Elles adviennent dans des circonstances particulières et marquent des temps singuliers dans le déroulement de la représentation. Après une intervention du spectateur, rapidement, la triade reprend les tours de parole alternatifs et dialogiques par une communication orale à deux. Il semble par ailleurs que les relations interpersonnelles se traduisent par des statuts stéréotypés occupés par chacun.

Notre seconde hypothèse stipulait qu'il existait un lien fort entre la distribution des tours de parole et le maintien des individus dans des rôles. Le calcul du khi-deux révélait une différence significative, $\chi 2_{obs}$ (ddl = 4, N = 607) = 10,12 C = 0,12, coefficient de Pearson P < 0,05 p. value entre la distribution des tours de parole et le rôle occupé.

Les changements d'orientation

Engagée dès le Master 2 recherche, notre thèse poursuit nos réflexions initiales sur l'apprentissage et plus spécifiquement sur le travail collaboratif, médié par les TIC[1], au travers des interactions produites entre pairs. Notre inscription en thèse s'est accompagnée du changement de directeur de recherche. Cela a donné une nouvelle impulsion et permis une

1. Technologies de l'information et de la communication (TIC).

orientation principalement dirigée vers le champ de la recherche en éducation statistique[2]. Ce volet n'ayant pas été abordé précédemment, des différences notoires sont donc lisibles dans le cadre conceptuel, comme dans le traitement des données ou encore dans leur analyse. Notre thèse souhaite poursuivre le cheminement initial mais aussi s'orienter vers d'autres pistes de réflexion, étant donné que nous avons modifié les perspectives. La présente recherche tire ses changements majeurs de notre rencontre avec Régnier qui a exercé, à plusieurs titres, une forte influence sur l'ensemble de cette thèse, comme cela sera lisible dans les pages qui suivent. Depuis 2011, nous sommes devenue chargée de cours d'initiation au raisonnement statistique ce qui a également produit des mutations importantes et nous a permis d'avoir une visée plus pragmatique.

Ainsi, nous nous intéressons certes aux difficultés mais aussi aux facilités rencontrées par les étudiants universitaires lors de situations d'apprentissage collaboratives de la statistique et médiées par le numérique. Cette quête permet, dans un premier temps, de s'interroger et d'essayer de faire émerger de la littérature scientifique la définition même de la statistique. Partant de là, nous établirons les spécificités de cette discipline et les caractéristiques de son enseignement. Ce dernier ne prend tout son sens qu'au regard du rapport qu'il entretient avec le processus même d'apprentissage. L'élaboration d'une recherche impose d'effectuer des choix. Le nôtre est d'abord disciplinaire et il s'est porté vers l'enseignement et l'apprentissage de la statistique, en particulier pour des raisons professionnelles et personnelles. Nous avons aussi estimé utile et intéressant d'installer notre terrain à un haut niveau d'enseignement, notamment en raison du regain de recherches sur l'enseignement supérieur et sur la pédagogie universitaire en particulier (De Ketele, 2010). Très large et ouvert, ce champ permet de mener de nombreuses enquêtes.

Les principaux facteurs que nous ne traiterons pas

Dans le cadre contraint d'une thèse, de nombreux choix s'imposent et permettent de délimiter un objet de recherche et ainsi d'éliminer de nombreux sujets d'étude. Par conséquent, dans un premier temps, nous n'avons pas l'intention d'évaluer la pertinence ou la qualité d'un dispositif d'enseignement ou de quantifier son impact sur les étudiants, qu'il soit par exemple émotionnel ou motivationnel. Nous n'avons pas non plus le dessein de contrôler l'effet du dispositif sur la performance, ou plus spécifiquement sur le niveau de réussite universitaire des étudiants, comme cela se pratique dans les études internationales ou

2. Pour un état des lieux de la recherché international en éducation statistique voir Hahn (2015).

nationales dites de masse. À l'instar de Romainville (2000, p. 15) force est de constater que les problèmes d'échecs universitaires ne peuvent se réduire au taux d'échec ponctuel aux examens. L'apparent insuccès peut parfois dissimuler un parcours d'orientation atypique qui s'avère profitable à moyen ou long terme. Il ne semble pas davantage satisfaisant de se focaliser exclusivement sur le taux de réussite aux examens. Il traduit bien souvent une capacité à répondre à une attente, soit plus spécifiquement à savoir mobiliser des connaissances en situation d'évaluation. De surcroît, un apparent succès peut finalement cacher des *savoirs morts* qui traduisent une acquisition de connaissances ou de compétences superficielles et éphémères mais surtout qui ne seront pas transférables après l'évaluation.

> À force de se centrer sur les seuls critères de certification, on en oublie d'observer plus en détail ce que l'étudiant a appris, le sens et la pertinence de ses acquis et le degré de « mobilisabilité » des connaissances qu'il a accumulé lors de ses études. (Romainville, 2000, p. 15)

Comme le préconise Romanville, nous sommes entrée dans le détail et c'est à un niveau de granularité micro que nous nous sommes projetée et avons profité de notre statut particulier de doctorante pour pouvoir explorer finement un dispositif universitaire.

Même si nous avons pu observer des étudiants provenant d'origines diverses et issus de cultures variées, nous ne traiterons pas davantage ici des spécificités culturelles et ne prendrons pas en compte la dimension interculturelle sous-jacente. À ce propos, le dispositif observé efface ces différences en gommant toute particularité ou singularité, comme nous le spécifierons ultérieurement.

Nous ne traiterons pas des avantages et inconvénients de l'apprentissage collaboratif même si nous examinons ce modèle pédagogique. Nous n'étudierons pas non plus en quoi l'outil informatique favoriserait – ou non – la formation à la statistique, d'autres auteurs s'en sont chargés.

À une époque où de nombreux projets universitaires se dirigent vers un enseignement asynchrone, où la plupart des universités proposent des cours à distance, où s'imposent mondialement les Cours en Ligne Ouverts et Massifs (CLOM, en anglais : *Massive Open Online Courses* : MOOC) tous les regards se portent sur le E-learning, l'enseignement hors la classe et les Environnements Numériques de Travail (E.N.T.). Ces nouvelles possibilités matérielles interrogent le plus souvent sur les effets de l'apprentissage solitaire, hybride ou asynchrone. Nous avons tenu à observer, à l'inverse, l'étudiant au plus près du terrain, dans une salle de classe.

Les facteurs que nous avons tenté d'aborder

Notre thèse étudie les conditions favorables à la réussite des étudiants. De nos lectures nous avons extrait les trois leviers les plus fréquemment cités : la posture active de l'apprenant, la collaboration en petits groupes et l'utilisation du numérique. Nous faisons nôtre l'essentiel des conclusions et des préconisations de ces modèles. Dans cette perspective, nous avons observé une situation de formation simultanément active, collaborative et médiée par un logiciel de traitement de données afin de réunir des conditions propices à la réussite des étudiants.

Nous nous sommes engagée dans la recherche des caractéristiques préexistantes, inhérentes aux étudiants, qui pourraient contribuer à leur réussite. Aussi distinguons-nous les trois axes fondamentaux suivants :

– ceux liés à l'histoire des étudiants, à leur formation antérieure et culturelle que nous nommons biographiques ;
– ceux correspondant à l'affectivité, à l'émotion et à la compétence perçue que nous nommons psychologiques ;
– ceux qui s'attachent aux connaissances déclaratives et aux compétences pré-acquises traduisant des fonctions cognitives que nous dénommons cognitifs.

À ces attributs préexistants, qui peuvent être qualifiés de *dispositionnels*, nous avons adjoint les conditions perçues comme favorables et évoquées par les étudiants.

Introduction

Le développement d'Internet et des TIC produit de profondes mutations sociétales. Les matériels informatiques, devenus courants, engendrent de nouveaux usages dans notre vie quotidienne et professionnelle. L'accroissement du numérique génère ainsi une augmentation exponentielle d'informations collectées, le plus souvent automatiquement par l'outil numérique qui, tout à la fois, produit, stocke, synthétise et transforme les informations. Il ne fait aucun doute que notre société produit de plus en plus de données qui doivent être synthétisées et analysées à l'aide d'algorithmes fondés sur des modélisations issues de la statistique. Cette dernière permet de donner du sens à des nombres qui, sans leur traitement, resteraient inintelligibles, et aide à la compréhension de phénomènes grâce aux comparaisons et aux combinaisons qu'elle consent. Elle regroupe un ensemble de méthodes et d'outils utilisés pour quantifier, mesurer, décrire et interpréter. Ces divers traitements sont à la fois essentiels pour la compréhension d'un phénomène et pour la prise de décision qu'elle infère. Pour toutes ces raisons, il paraît utile d'enseigner au plus grand nombre les rudiments de la statistique.

La difficulté d'enseigner la statistique

Son apprentissage ne va pas de soi et nombreux sont les chercheurs qui évoquent les peurs et les obstacles qu'il faut parfois surmonter. Les difficultés d'apprentissage apparaissent dès l'école primaire (Bakker, 2004), s'observent au collège (Roditi, 2009, p. 2), se poursuivent au lycée et perdurent jusqu'à l'université. Dans la préface de la *Statistique descriptive : un outil pour les praticiens-chercheurs*, De Ketele se remémore ses propres difficultés passées en décrivant le trouble provoqué par le discours abscons entendu lors du premier cours de statistique. Même après une formation initiale en statistique (Batanero *et al.*, 1994 ; Gattuso et Mary, 1996) on note des erreurs de compréhension conceptuelle essentielles pour analyser les données.

Dans l'enseignement universitaire, la statistique se positionne en bonne place des contenus à acquérir. Le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a adopté un *référentiel de compétences*[3] qui définit les objectifs de formation par le biais des compétences à acquérir tout au long de la formation diplômante. Le référentiel

3. Publié en juillet 2012 (mis à jour en 2015) par le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

afférent à la licence évoque une connaissance ou compétence issues de la statistique dans près de la moitié de ses mentions. Ces éléments concourent à octroyer un rôle important à la statistique dans la formation universitaire.

Concernant les spécialités éloignées des sciences dites exactes, son enseignement est confronté à la difficulté de transmettre une discipline à laquelle les étudiants sont *a priori* peu formés. Cet objet d'étude a donné lieu à de nombreuses recherches qui font apparaître que la statistique peut engendrer des opinions négatives, de l'aversion (Gordon, 2004, p. 46-47 ; Bruyninckx *et al.*, 2001), assez souvent du stress et de l'anxiété (Hellemans, 2004, p. 2) parfois même elle occasionne un *rejet anxieux* (Bihan-Poudec, 2009, p. 1). Par analogie à la formation de l'esprit scientifique, elle peut également pâtir de préjugés (Bachelard, 1938, p. 14). À cela s'ajoutent des difficultés de compréhension inhérentes à la discipline (Batanero *et al.*, 1994). Les erreurs relevées dans les écrits et les témoignages d'étudiants ont suscité un intérêt considérable dans la communauté des chercheurs.

La profusion d'écrits et la diversité des problématiques nous ont conduite à établir une catégorisation suffisamment complète pour rapporter l'essentiel des difficultés à l'égard de l'enseignement et de l'apprentissage de la statistique à l'université. Une compilation de l'état de l'art doit nous permettre de relever des nuances lexicologiques et de dresser une typologie des difficultés le plus souvent citées.

La facilité d'enseigner la statistique

Plus rares sont les textes qui traitent des conditions améliorant la formation. Nous nous sommes demandée s'il existerait des circonstances favorables à l'enseignement de la statistique. Une première proposition de réponse provient des conditions intrinsèques à la situation didactique. Elles soulèvent des questions sur les conditions propices à l'acquisition de connaissances, au développement de compétences et à l'accroissement du raisonnement statistique. Dans la lignée de Vergnaud, qui valorise le savoir de l'action, nous accordons une importance primordiale à la posture active de l'étudiant et, toujours à l'instar de Vergnaud (2006), concevons que *c'est l'activité en situation (geste, attention sélective, raisonnement, gestion de l'incertitude…) qui constitue le ressort principal du développement des compétences*. Il paraît alors utile de clarifier dans quelle mesure certaines situations favoriseraient la réussite des étudiants. Partant d'une quête similaire, plusieurs travaux de recherche se sont attachés à préconiser les circonstances les plus propices à l'enseignement et à l'apprentissage de la statistique. Il en ressort bien souvent les trois leviers suivants :

– la posture active de l'apprenant (Gattuso, 2011) ;

– la collaboration en petits groupes (Watson et Chick, 2005) ;

– l'utilisation du numérique pour visualiser et interagir sur les données (Garfield, 1995, p. 29) et pour favoriser le raisonnement statistique (Leavy *et al.*, 2013, p.41).

Si la didactique de la statistique n'a pas été très prolixe sur la scénarisation pédagogique, d'autres disciplines ont toutefois attesté des bénéfices qu'elle pouvait produire. A l'appui de la théorie de l'activité (Vygotsky, 1985 ; Leontiev, 1978 ; 1981 ; Engeström, 1987), complétée par les théories de la psychologie sociale (Doise et Mugny, 1981 ; Perret-Clermont et Nicolet, 2002) et par l'Apprentissage Collectif Assisté par Ordinateur[4] (Dillenbourg, *et al.*, 1996), nous considérons comme acquis les bénéfices que produisent les trois démarches facilitatrices[5].

Aujourd'hui, l'apprentissage collaboratif reste une méthode transmissive peu usitée même si elle est largement reconnue comme porteuse de connaissances et de compétences. Très valorisée dans les textes officiels, elle est souvent présentée comme garante de réussites. Cependant, mon expérience quotidienne de professeur de lycée auprès d'élèves dits difficiles, m'a permis de remarquer que le simple regroupement d'élèves devant effectuer des activités collaboratives ne constituait pas un gage de qualité ou ne produisait pas exclusivement une communication didactique entre pairs. L'arrivée des ordinateurs en classe n'a fait que repousser les pratiques allant dans ce sens puisqu'il a été généralement envisagé un ordinateur par élève. Si le vivre, le faire et l'apprendre ensemble semblent fondamentaux et naturels, néanmoins, tous les élèves n'ont pas les outils, les méthodes et les savoir-faire nécessaires pour profiter de ces situations collectives particulières. Du poids des habitudes prises par un apprentissage antérieur, essentiellement transmissif, certains étudiants font de la résistance au changement de pratique (Arnaud, 2003). L'apprentissage collaboratif ne va pas de soi, d'où l'utilité d'en connaître les ressorts et les freins qui détournent de sa pratique en formation, notamment universitaire. Dans cette perspective, nous avons observé une situation de formation simultanément active, collaborative et médiée par un logiciel de traitement de données afin de réunir des conditions essentielles propices à la réussite des étudiants.

La notion de réussite est cependant protéiforme et ne fait pas l'objet d'une définition univoque. Elle est communément employée pour signaler les résultats académiques et les performances universitaires. Pour notre part, nous avons délaissé ces variables pour nous attacher aux compétences puisque nous avons tenté de repérer d'autres formes reposant sur des critères liés à l'activité effective produite en travaux dirigés (TD). Pour étudier l'activité

4. Couramment évoqué sous l'appellation anglaise Computer-Supported Collaborative Learning (CSCL).
5. L'usage de l'adjectif « facilitateur » est un néologisme emprunté au champ des TIC pour recouvrir une appréciation positive d'ordre individuel, social, émotionnel, cognitif et organisationnel.

en situation, nous avons mobilisé les définitions que donne Vergnaud (2001, 2006) sur les critères de la compétence. Selon ce modèle, pour analyser l'activité effective, il ne suffit pas d'évaluer le résultat obtenu, c'est-à-dire la performance ; il semble intéressant de comparer aussi divers sujets entre eux, observer le développement personnel d'un individu par rapport à lui-même ou encore s'attacher à la gestion et l'organisation des tâches. Partant de la liste des définitions de la compétence proposée par Vergnaud, nous avons extrait celles qui nous paraissent le plus en lien avec notre problématique et les avons rendues opérationnelles au moyen de quatre critères : la rapidité, l'efficacité, le raisonnement et le développement.

De la problématique à la construction des données

Or, même dans une situation favorable, où tous les étudiants suivent la même formation, dans un cadre institutionnel analogue, selon un contexte didactique et pédagogique identique et malgré des conditions équivalentes, certains étudiants réussissent mieux que d'autres. Lors de situations mobilisant des connaissances et des compétences de statistique exigeantes, certains étudiants parviennent difficilement à les accomplir avec succès. Cet état de fait montre qu'à elle seule la situation pédagogique et didactique ne peut expliquer les différences observables.

Ce constat peut se percevoir avant même le début d'une formation et soulève de nouvelles interrogations sur les caractéristiques inhérentes aux étudiants qui pourraient contribuer à leur réussite. Notre première hypothèse générale repose sur le postulat que tous les étudiants ne disposent pas des mêmes chances de réussite. Aussi suggérons-nous que celles-ci peuvent être influencées par des caractéristiques personnelles antérieures à la situation de formation. Pour expliquer les différences interindividuelles nous nous sommes demandée en quoi certains facteurs préexistants pouvaient influencer la réussite des étudiants dans une situation *a priori* favorable. Notre présupposé théorique repose sur un modèle compréhensif qui concilie plusieurs champs explicatifs pour contenir les divers effets. Aussi, attribuons-nous trois axes fondamentaux : ceux liés à l'histoire des étudiants, à leur formation antérieur et culturel que nous nommons biographiques, ceux correspondant à l'affectivité, à l'émotion et à la compétence perçue que nous nommons psychologiques et ceux qui s'attachent aux connaissances déclaratives et aux compétences pré-acquises traduisant des fonctions cognitives que nous dénommons cognitifs. De ces divers possibles, nous faisons l'hypothèse que ce seraient les facteurs préexistants à caractère cognitif qui seraient les plus déterminants dans la réussite d'activités et nous essayerons de la confirmer.

Les facteurs préexistants individuels, qui peuvent être qualifiés de *dispositionnels*, nous semblent avoir un impact sur les activités effectives. Or, si, à eux seuls, ils expliquaient

la réussite des étudiants, cela signifierait que tout serait joué par avance. Outre les attributs individuels nous supposons donc que des conditions entrent en interaction et influencent conjointement la réussite des étudiants. Pour identifier et analyser la réussite des activités effectives nous avons observé les pratiques des étudiants lors de la gestion commune de résolution de tâches prescrites numériques. En complément, c'est au moyen d'entretiens individuels que nous avons relevé les conditions facilitatrices perçues par les étudiants.

Telles sont les premières interrogations et constatations auxquelles nous avons tenté de répondre par une approche naturaliste et selon une étude de cas multiples.

Les instruments de construction de données

Dans un objectif de triangulation des données recueillies, il a été choisi trois instruments de production de données : une enquête par questionnaire, une observation des étudiants en TD et un entretien individuel semi-directif.

L'enquête par questionnaire nous a renseignée sur l'identité des étudiants, leurs pré-acquis et leur représentation de la statistique. En complément, l'observation participante a produit des traces qui rendent compte de pratiques ordinaires et permettent de saisir les réussites observées. Enfin, l'entretien individuel a apporté à l'ensemble les récits des tâches remémorées par les étudiants et a ainsi restitué leurs représentations de la situation didactique.

Pour accéder aux diverses activités effectives des étudiants, il a été nécessaire de se doter d'outils de recueil appropriés. Les technologies de l'information et de la communication offrent, à cet effet, des outils nouveaux et performants. Nous avons décidé d'utiliser un logiciel de capture d'écran car il rend accessible l'information, permet de la stocker et de la traiter facilement. Cette meilleure conservation puis restitution des traces numériques favorise une granularité plus fine des observations d'activités effectuées.

Cette thèse s'organise autour de quatre parties distinctes, chacune d'entre elles se structurant selon le plan type IMRAD (introduction, matériel et méthodes, résultats et discussion).

La première partie de cette thèse aborde les fondements théoriques et débute par la description des spécificités de la statistique, les particularités de son enseignement et les caractéristiques de son processus d'apprentissage. Il sera précisé les théories et les notions sur lesquelles repose cette recherche puis une description des principales erreurs repérées dans la littérature permettra d'établir une typologie des six difficultés les plus souvent observées. Il s'agira ensuite de présenter le cadre conceptuel en délimitant nos orientations théoriques. Nous exposerons les apports de la théorie des champs conceptuels, de la théorie de l'apprentissage par l'action et de la théorie de l'activité. Il sera recherché les conditions de

formation facilitatrices et les apports escomptés et cela nous mènera vers l'observation d'une situation de formation simultanément active, collaborative et médiée par un logiciel de traitement de données afin de réunir des conditions essentielles propices à la réussite des étudiants. La question de départ, alimentée par la problématique, complétée par la revue de la littérature et délimitée par le cadre conceptuel, nous guidera dans le choix du matériel et des méthodes.

La deuxième partie traite des éléments de la méthodologie de recherche impliquant le modèle retenu, les notions justifiant ces choix et la description du terrain de recherche. Pour révéler les facteurs de réussite d'activités et répondre aux exigences de triangulation des données recueillies, il sera mis en place une approche naturaliste selon une étude de cas multiples (questionnaire, observation, entretien semi-directif). Le terrain de recherche ayant fait l'objet d'un choix raisonné sera décrit méticuleusement au moyen d'un scénario pédagogique.

Une fois l'approche méthodologique déterminée, les instruments de construction de données choisis, le terrain de récolte arrêté, il s'ensuivra l'élaboration des différentes variables et leur codage. Viendront ensuite les modes de traitement statistique adoptés et les différents tests mis en œuvre pour obtenir les résultats.

Ces derniers sont exposés dans la troisième partie où nous présentons les résultats, leur analyse et leur interprétation. Elle repose sur le dépouillement des questionnaires, le codage des traces numériques et la transcription littérale des entretiens. Dans un premier temps, ils subiront des traitements simples univariés puis seront complétés par des traitements multivariés. Nous nous attacherons à décrire les erreurs relevées dans le questionnaire, puis nous rapporterons en complément les erreurs observées lors des cours. Le croisement de ces variables livrera une meilleure compréhension des facteurs préexistants déterminants dans la réussite des activités. Nous nous intéresserons ensuite plus spécifiquement aux facteurs situationnels : nous évoquerons les facilités perçues par les étudiants puis celles examinées sur le terrain. Il sera adjoint des extraits d'entretiens pour éclairer l'analyse.

La quatrième et dernière partie résume les grandes lignes de cette recherche et répond aux questions posées. Elle rappelle les principaux résultats obtenus et permet de produire des schémas de synthèse, en articulant les principaux liens repérables entre variables. L'objectif de cette partie est de confirmer nos hypothèses initiales en proposant des modélisations sur les critères de réussite, sur les facteurs préexistants influençant la réussite des activités et sur les conditions facilitatrices perçues par les étudiants. Des pistes de remédiations et de recommandations seront proposées aux décideurs institutionnels et d'autres s'adressant plus

particulièrement aux enseignants. Enfin, deux nouvelles perspectives issues de nos observations pourraient être envisagées pour donner suite à cette thèse.

Dans la conclusion, nous restituerons sommairement le cheminement de la problématique qui a guidé ce travail et rappellerons les principaux résultats obtenus. Par un retour réflexif sur notre étude, nous tracerons un compte rendu des avantages et des inconvénients et de ses limites en apportant notre avis distancé. En dernier lieu nous évoquerons les suites qui pourraient être données et tenterons de montrer des pistes nouvelles qui mériteraient d'être poursuivies et d'autres explorées ultérieurement.

L'objectif poursuivi par cette thèse reste triple :

1- contribuer au développement du champ de la didactique de la statistique ;
2- expliciter des éléments d'une ingénierie pédagogique efficiente de formation universitaire en statistique pour les non spécialistes ;
3- identifier et expliciter des points d'appuis pour améliorer l'efficience du processus d'apprentissage de la statistique.

Cela pourra permettre d'établir des propositions d'orientations destinées aux décideurs institutionnels, ensuite de donner des pistes de réflexions et de recommandations aux enseignants. Pour ce faire nous allons tenter de décrire les principaux leviers de la réussite des activités collaboratives médiées par les TICE dans une situation de formation universitaire à la statistique. Une meilleure connaissance des facteurs et de leur organisation pourrait enrichir la réflexion et les pratiques dans une perspective d'amélioration constante de l'enseignement de la statistique à l'université.

PARTIE 1 – Fondements théoriques

Dans cette partie nous allons procéder à une revue de la littérature de textes fondamentaux présentant l'état de la connaissance pour établir une synthèse de l'objet étudié. Avant toute recherche, il est nécessaire de débuter par une brève mise en perspective des travaux de recherche qui abordent l'objet d'étude et permettent ainsi de faire état des connaissances existantes qui ne sera toutefois pas exhaustif. Cette revue de la littérature offre plusieurs intérêts puisqu'elle permet de :

– comprendre l'évolution chronologique de la thématique ;
– contrôler que l'objet que l'on aborde n'a pas été traité antérieurement ;
– étudier comment la recherche s'est emparée d'un thème ;
– parcourir les approches méthodologies, les instruments de construction, les outils de traitement et d'analyse mobilisés ;
– établir des classifications pour construire des typologies ;
– mettre à profit les conclusions déjà tirées dans d'autres travaux de recherche.

Ces opérations favorisent en retour la construction d'un cadre théorique qui délimite la recherche et lui donne ses fondements théoriques. Dans notre cas, nous nous appuyons essentiellement sur les principaux apports de la recherche en éducation statistique qui seront croisés avec d'autres champs disciplinaires. Ce sera l'objet de cette première partie qui établira la revue de la littérature avant de délimiter le cadre théorique sur lequel nous nous basons.

1. Les spécificités de la statistique et son enseignement

Comme toute science, la statistique se distingue de toutes les autres. Elle possède ses caractéristiques intrinsèques mais admet aussi une multitude de définitions. Multiforme, elle est tout à la fois : une science, une méthode et une technique. Elle dispose d'objets, de règles et de finalités qui lui sont propres. Ainsi, après l'avoir caractérisée, nous en choisirons une définition, puis tracerons les spécificités de son enseignement.

1.1. Autour de la statistique et de ses caractéristiques

Pour mieux connaître ses caractéristiques, nous avons procédé à l'identification d'un ensemble de traits qui la circonscrivent dans la pléthore des définitions existantes, ce qui permet d'en extraire des attributs distinctifs. Cela nous mènera de la détermination des distinctions entre la statistique et les mathématiques vers les caractéristiques de son

enseignement. Il s'agira de décrire l'intérêt de se former à ses rudiments, comme de l'utilité de cette matière dans la construction de tout citoyen éclairé et responsable. Cet objectif paraît d'autant plus indispensable dans une société de la quantité comme la nôtre et pour laquelle le traitement des données a pris une importance considérable. Ce sont ces points qui seront abordés dans les sections suivantes.

1.1.1. Tentative pour cerner la statistique

Considérée comme une branche des mathématiques, la statistique permet de recueillir, de décrire, d'analyser et de présenter des données généralement numériques qui recèlent de la variabilité. Pluridisciplinaire selon Chevallard (1978, p. 8) elle offre un instrument pour toutes les sciences qui manipulent des unités quantifiables. De plus, elle représente une discipline transversale tout à la fois théorique et appliquée, puisqu'elle indique aussi bien une science, une méthode et une technique. Aussi, ne serait-ce que tenter de la définir relève déjà d'une gageure. Allant dans ce sens, l'Encyclopædia Universalis relève des distinctions entre au moins deux sens introduits dans les définitions suivantes :

– statistique : activité qui consiste à réunir des données, concernant en particulier la connaissance de la situation des États ou des sociétés humaines (c'est le « budget des choses » de Napoléon) ;
– statistique : méthode de traitement et d'interprétation des observations, de passage de celles-ci aux lois des phénomènes et aux modèles théoriques susceptibles de les représenter (c'est l'« inférence statistique » des statisticiens classiques, qu'on a eu quelque raison d'assimiler à l'induction formalisée).[6]

Bien évidemment, ces deux acceptions du mot statistique sont intrinsèquement attachées et indissociables. En effet, il serait inutile de recueillir des données sans l'intention d'en étudier les caractéristiques. De même, il ne pourrait être envisagé un traitement et une analyse sans tenir compte des pratiques de recueil des données, ni sans les avoir précédemment anticipées. Par-delà de cette interdépendance, partant des réflexions de Régnier, Jutand (2015, p. 61) retient que le terme statistique au singulier caractérise un « *processus complet* » puisqu'il s'agit de la mise en œuvre d'une démarche globale recouvrant : le recueil, l'analyse et l'interprétation des données pour obtenir des résultats adaptés à la situation. Elle se distingue ainsi radicalement par la mobilisation du raisonnement statistique qu'elle réclame. De plus, la statistique se démarque singulièrement d'autres

6. Georges Morlat, « statistique », Encyclopædia Universalis [en ligne]. Récupéré le 8 avril 2015 de http://www.universalis.fr/encyclopedie/statistique/

disciplines en reposant sur deux principes fondamentaux que sont l'incertitude et simultanément l'estimation du risque mesuré que l'on est prêt à assumer. Pour parvenir à circonscrire le sens dans une démarche pratique et utilitaire nous retenons la définition arrêtée par Régnier.

> La statistique est la science qui procède à l'étude méthodique à partir de modélisations mathématiques, des modes d'utilisation et de traitement de données, c'est-à-dire de l'information, dans le but de conduire et d'étayer une réflexion ou de prendre une décision en situation concrète soumise aux aléas de l'incertain. (Régnier, 2000, p. 194)

Nous devons, toujours à Régnier, de nombreuses descriptions de la notion même de statistique (Régnier 2002, 2005). Partant des définitions majeures qui ont jalonné l'histoire de cette discipline, il parvient à tracer les lignes des notions principales qui s'en dégagent, selon la représentation ci-dessous :

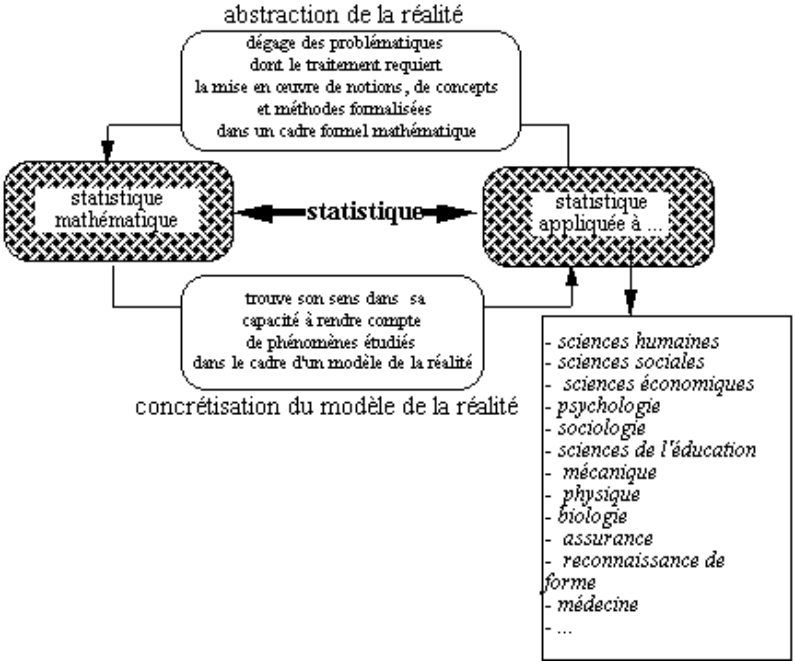


FIGURE 1 – CONCEPTION DE LA STATISTIQUE SELON RÉGNIER (2002, P. 200)

Cette représentation schématique met en tension deux logiques inséparables : l'une mathématique qui repose sur un modèle de la réalité et l'autre appliquée à des disciplines de référence[7] à caractère empirique dont il serait inconséquent de « *considérer ces deux dimensions comme s'excluant, mais bien d'en comprendre la complémentarité et la nécessité de leur existence mutuelle* » (Jutand, 2015, p. 62). Par conséquent, elles ne sont ni exclusives, ni réductibles l'une à l'autre mais doivent être admises comme conjointement complémentaires.

7. Également qualifiée de « discipline hôte » par Gattuso (2011, p. 7).

1.1.2. Similitudes et dissimilitudes entre statistique et mathématiques

La statistique se définit communément comme une branche des mathématiques (Bond *et al.*, 2012, p. 7). Ainsi, dans le système éducatif français comme dans bien des pays, les notions de statistique sont insérées dans les programmes de mathématiques (Gattuso, 2011, p. 5) ; ce sont donc les professeurs de mathématiques qui les transmettent. Il est à noter que la statistique convoque des concepts, des propriétés et des outils mathématiques transposables, par exemple, pour le calcul de la moyenne ou des probabilités. La statistique, comme les mathématiques, repose sur le traitement de nombres et sur leur modélisation (Gattuso, 2011). Si l'on pressent une proximité entre les deux disciplines, toutefois, de nombreux auteurs (Ben Zvi et Garfield, 2004 ; Cobb et Moore, 1997 ; Rossman, Chance et Medina, 2006 ; Groth, 2007) se sont attachés à distinguer la pensée mathématique de la pensée statistique afin d'en dégager les spécificités.

> Ainsi les mathématiques assurent la *cohérence interne* dans les modèles des sciences qui y recourent, tandis que la statistique mathématique a plutôt pour visée de juger de l'adéquation des modèles à la réalité, c'est-à-dire d'en assurer la *cohérence externe*. (Régnier, 2005, p. 2)

Les mathématiques se fondent sur des axiomes admis et considérés comme vrais, ils ne sont donc pas soumis à l'expérimentation ou à la vérification. À l'inverse, le principe de *variabilité* est omniprésent et se place comme un principe fondateur de la statistique. Allant dans ce sens, Cobb et Moore (1997, p. 801) perçoivent l'intérêt de l'existence de la statistique dans sa capacité à traiter la variabilité qui est omniprésente et en sa capacité de doter les autres champs disciplinaires d'un ensemble cohérent d'idées et d'outils pour traiter les données. C'est la raison pour laquelle cette discipline se fonde sur une attitude critique qui repose sur le questionnement permanent produit tout au long du processus d'apprentissage (Gattuso, 2011, p. 9). Cette démarche critique se produit à toutes les étapes, c'est-à-dire depuis la mise en œuvre de la problématique, en passant par la construction des données, jusqu'aux méthodes d'analyse et enfin la validation de la pertinence des résultats. Ici, les données ne sont pas seulement des nombres en soi, ce sont principalement des nombres issus d'un *contexte* suivant des exemples authentiques alors que la pensée mathématique, elle, repose sur des principes abstraits (Cobb et Moore, 1997, p. 801). Les mathématiques négligent le plus souvent la méthode de production des données alors qu'elle occupe une place fondamentale dans la constitution de la pensée statistique.

> Because statistics is a discipline in its own right rather than a branch of mathematics, the knowledge needed to teach statistics is likely to differ from the knowledge needed to teach mathematics. Doing statistics involves many primarily nonmathematical activities, such as building meaning for data by examining the

> context and choosing appropriate study designs to answer questions of interest. (Groth 2007, cité par Bihan-Poudec, 2009, p. 3)

L'extrait de Groth, ci-dessus, signale que la statistique s'inscrit comme une discipline à part entière, intégrant des pratiques et de nombreuses tâches non-mathématiques. Pour toutes ces raisons, l'apprentissage de la statistique requiert l'acquisition de connaissances, d'un éventail de compétences et de dispositions qui lui sont propres (Leavy *et al.*, 2013) et ainsi la distingue de toute autre discipline. Il paraît donc judicieux d'enseigner la statistique, non pas comme cela se pratique pour les mathématiques, encore moins en l'abordant comme une de ses sous-disciplines mais de la considérer comme une discipline à part entière (Moore et Cobb, 2000, repris par Gattuso 2011, p. 13). À une restriction près, si on considère un enseignement de la statistique mathématique en tant que présentation des fondements mathématiques de la science statistique comme on pourrait le concevoir avec par exemple les sciences physiques.

1.1.3. De la statistique à son enseignement

Toutefois, comme toute science, la statistique doit subir de multiples transformations pour changer un savoir scientifique, dit « *savant* », en un objet d'enseignement. C'est ce que l'on nomme *la transposition didactique*. Initiée par Verret (1975) elle a longuement été décrite par Chevallard (1985) et se caractérise comme étant une suite d'adaptations nécessaires pour convertir les savoirs savants (validés par la communauté scientifique) en savoirs à enseigner (réduits par les instructions officielles) puis en savoirs enseignés (remodelés et ordonnés par le professeur) pour devenir des savoirs appris (appropriés par l'élève). Plusieurs chercheurs se sont intéressés à cette notion, nous en retenons la figure synthétique suivante produite par Perrenoud et qui résume notre paragraphe.



FIGURE 2 – D'APRÈS UN SCHÉMA DE PERRENOUD (1998) COMPLÉTÉ PAR DIAZ (BLEU)

La formation à la statistique et plus spécifiquement son enseignement repose sur des questions anciennes puisqu'il faut attendre les années 1960 pour voir apparaître des méthodes

d'enseignement propres à cette discipline. C'est ce que Régnier rapporte (2003, p. 4) et complète de quelques réflexions fondatrices qui ont jalonné la longue maturation de cette discipline et dont les problématiques sont encore aujourd'hui tout à fait d'actualité. L'intérêt croissant pour l'enseignement de la statistique a pu provoquer des changements profonds avec des transformations de programmes et surtout l'engagement dans de nouvelles réformes (Castro Sotos, 2009, p. 1). En France, Chevallard et Wozniak (2003) se sont particulièrement intéressés au programme de mathématiques entré en vigueur à la rentrée 2001, pour le lycée de la classe de seconde à la terminale et dont les recommandations s'attachent à renouveler l'enseignement de la statistique. Ces auteurs proposent une synthèse de « *…ce qui fait la chair du travail statistique : formulation d'un problème, définition d'une population, définition d'un plan d'échantillonnage, constitution d'échantillons, calcul de paramètres statistiques, détermination de l'intervalle d'un paramètre ou test d'hypothèse* ». En effet, contrairement aux réformes précédentes, celle de 2000 marque un tournant décisif. Le groupe d'experts présidés par Claudine Schwartz-Robert a en effet rédigé un programme de mathématiques qui présente des changements majeurs en proposant d'initier les élèves au monde de l'aléatoire ainsi qu'à la statistique inférentielle avec la volonté d'enseigner les rudiments de la pensée statistique. Toutefois, ces mesures ambitieuses ont provoqué de nombreux débats, des querelles, des rejets et, de fait, n'ont pas été systématiquement suivies par les enseignants comme le laissent entendre l'inspecteur pédagogique régional Olivier et l'ancien inspecteur général Piednoir, dans le cadre des cafés de la statistique[8].

Dans une perspective plus internationale, Batanero *et al.* (1994, p. 527) signalent que certains pays ont consacré un effort particulier pour concevoir des programmes spécifiques et enrichir les curricula, dont les plus remarquables exemples sont les suivants :

– conseil des écoles sur l'éducation statistique en Angleterre (Holmes *et al.*) ;
– projet d'alphabétisation quantitative aux États-Unis (Landwehr et Watkins ; Landwehr *et al.* ; Gnanadesikan *et al.*) ;
– azar y probabilidad en Espagne (Godino *et al.*).

Aujourd'hui, dans la majorité des formations universitaires, il est dispensé un enseignement de la statistique (Bond *et al.*, 2012, p. 6) qui va d'un niveau élémentaire pour les filières de sciences humaines et sociales à un niveau plus élevé pour celles dites scientifiques. Selon Dominique Lahanier-Reuter (2003, p. 2), dans la spécialité des sciences de l'éducation, la statistique est reléguée à sa dimension méthodologique. Son enseignement

8. Récupéré le 28 février 2016 de http://www.sfds.asso.fr/ressource.php?fct =ddoc&i =154

s'apparente à celui de méthodes quantitatives et se présente souvent comme une discipline complémentaire – et parfois même opposée – aux méthodes qualitatives. Ce sont alors quelques rudiments et des notions sommaires qui sont présentés et dont les finalités sont purement pratiques et pragmatiques. Quant aux savoirs enseignés ils reposent essentiellement sur des notions de statistique descriptive et sont complétés par quelques tests d'hypothèse et estimations statistiques.

1.2. Autour de l'enseignement de la statistique

Notre expérience de chargée de cours d'initiation au raisonnement statistique, complétée par les échanges réguliers avec les étudiants, enrichie par les remarques de notre directeur de recherche et par nos lectures, nous permet de caractériser quatre dimensions elles-mêmes sous divisées en huit fonctions. Elles seront décrites ultérieurement pour synthétiser l'utilité de l'enseignement de la statistique. Avant cela nous essaierons de déterminer en quoi l'enseignement de la statistique offre toujours un cadre de lecture nécessaire pour comprendre notre société. Cette interrogation liminaire soulèvera des questionnements sur l'intérêt et l'utilité d'enseigner la statistique tant du point de vue de l'institution, de l'enseignant que de celui de l'étudiant.

1.2.1. De l'actualité de l'enseignement de la statistique

Notre société tend vers une utilisation accrue de données requérant les traitements statistiques. La pléthore d'objets usuels connectés produit un accroissement des métadonnées individuelles. Ainsi, du pèse-personne relié à un ordinateur en passant par le smartphone compteur de pas et à la montre connectée pour un suivi des performances physiologiques, nombreux sont les objets courants qui collectent automatiquement de l'information. Le traitement des données se place comme une activité en constante extension. On note également une augmentation de diagrammes et graphiques dans la presse pour illustrer les écrits, aussi bien dans les journaux papier que sur de nombreux sites Internet. Aujourd'hui la presse en ligne se positionne conjointement comme source importante d'information et s'appuie davantage sur des supports visuels que sur de l'écrit. De plus, la majorité des discours politiques s'appuient sur des enquêtes[9] pour justifier leurs orientations idéologiques et la plupart des actions menées par les gouvernements. Il peut être tentant de passer sous silence certains faits, de proposer des interprétations douteuses, ou bien d'utiliser des

9. Entre juin 2007 et juillet 2009, la présidence de la République française aurait commandé : « 264 sondages pour un montant de 6,35 millions d'euros » selon l'élu Raymond Avrillier.

représentations qui favorisent la confusion. Cet usage se produit au détriment de la rigueur visée par les traitements et représentations statistiques. Un exemple nous est donné par la Une du journal Le Monde lors des élections législatives françaises de juin 2012. Elle affichait une infographie pour illustrer les résultats obtenus par chaque parti politique au moyen de cercles colorés. Ces derniers censés symboliser le poids respectif de chaque score, n'étaient pas proportionnels aux chiffres annoncés mais exagéraient les différences.

Pour échapper aux éventuelles manipulations chacun doit rester vigilant face à l'instrumentalisation des statistiques et développer son esprit critique au quotidien (Régnier, 2014). Au-delà de la remise en cause des idées propagées, l'apprentissage de la statistique permet d'acquérir un vocabulaire standardisé communautaire, contribue à se munir de normes établies d'usage, participe à la formation d'une culture (Régnier, 2003, p. 184) et favorise l'acquisition de compétences linguistiques mobilisables dans la vie courante comme dans de nombreuses professions. Force est de constater que les outils de statistique sont de plus en plus usités dans tous types de secteurs d'activité. Nombreux sont les exemples d'application comme les calculs engendrés par les sciences expérimentales, le contrôle de qualité en milieu industriel, la quantification de l'activité des établissements de santé, les prévisionnels financiers, mais encore l'analyse des phénomènes économiques, aux sondages d'opinion, sans oublier l'emploi d'outils d'aide à la décision menés par les politiques. Allant dans ce sens, Falcão et Régnier (2000, p. 230) signalent que le principe même de gouverner repose sur la définition d'objectifs, l'obtention d'informations pertinentes, le contrôle politique, l'accès et la divulgation de l'information et bien entendu des prises de décisions en pleine connaissance des actions précédentes, en d'autres termes sollicite l'usage de la statistique. En somme, aujourd'hui, rares sont les domaines qui demeurent exempts de recours à la statistique.

Comprendre les résultats obtenus par d'autres est la première étape dans le processus d'acquisition de connaissances. L'étape suivante de conceptualisation consiste à manipuler soi-même les outils. La dernière étape de conceptualisation passe par l'apprentissage du raisonnement statistique. En résumé, nous reprenons à notre compte la typologie de Coutanson :

> Nous avancions dans notre mémoire de DEA (Coutanson, 2004), l'importance de son enseignement car selon nous, la statistique permet de lire le monde (principe de distanciation), de l'apprécier (principe de lucidité), de le concevoir (principe d'objectivité et de méthode), de l'anticiper (principe de précaution), de le protéger et d'agir sur lui selon un Idéal de respect humain, scientifique et environnemental. (Coutanson, 2010, p. 11)

On peut donc étudier la statistique pour développer l'esprit critique, déchiffrer des phénomènes, s'approprier un socle culturel commun, manipuler les outils de traitement des

données ou encore se former à l'esprit statistique. En tant qu'individu et plus spécifiquement en tant que citoyen responsable et critique, il est utile de s'approprier un socle de connaissances élémentaires pour comprendre les phénomènes qui nous entourent.

1.2.2. De l'intérêt de l'enseignement de la statistique

Si la statistique paraît de plus en plus présente dans notre quotidien et si son utilisation largement répandue ne fait que s'accroître, pour autant, elle ne semble pas unanimement considérée comme séduisante. Ce constat semble suivre une tendance plus générale de désaffection des jeunes bacheliers pour les disciplines scientifiques et les mathématiques en particulier. Il est largement reconnu que les universités souffrent d'un déficit d'étudiants inscrits dans les filières scientifiques. Quant au rapport à la statistique, il se traduit parfois même par un « *rejet anxieux* » de la discipline (Bihan-Poudec, 2009, p. 1). À cela s'ajoute que son enseignement en SHS s'adresse à un large public hétérogène qui ne perçoit pas systématiquement sa nécessité.

> L'enseignant se retrouve alors confronté au problème d'enseigner la statistique à un public qui n'a aucun goût pour les mathématiques. Au rebours, pour peu qu'il ait eu une mauvaise expérience dans le secondaire, l'étudiant peut avoir développé une aversion pour tout ce qui ressemble de près ou de loin à une formule. (Genolini et Driss, 2010, p. 50)

Genolini et Driss perçoivent un lien fort entre le manque d'appétence pour les mathématiques et la difficulté pour les enseignants de transmettre les rudiments de la statistique face à la résistance de certains étudiants rebutés par les formules. Ils notent également que certaines expériences scolaires antérieures désagréables pourraient porter préjudice aux formations universitaires ultérieures. Suite à une enquête qu'il a menée auprès de 422 élèves de troisième et de seconde, Cosnefroy (2007a) conclut que plus que le sexe ou le statut de la discipline, c'est le sentiment de compétence perçu qui reste le facteur le plus déterminant dans l'intérêt attribué à une discipline scolaire. De plus, il extrait de ses lectures qu'il s'agit d'une disposition relativement stable qui se traduit par : « *la centration de l'attention, la persistance de l'effort, l'optimisation du fonctionnement cognitif et une charge émotionnelle positive* » et le présente comme un élément constitutif de la motivation (Cosnefroy, 2007b, p.94). En effet, ces critères concordent en tout point avec la définition de la motivation produite par Viau (2009) qui la caractérise comme un état dynamique qui pousse l'étudiant à s'engager et à persévérer dans les tâches. Ainsi, d'Endrizzi et Sibut (2015, p. 11) repèrent dans les travaux de Lambert-Le Mener (2012) cette « *prévalence de l'intérêt pour la discipline sur la motivation à étudier, par rapport au projet professionnel qui agit sur les performances mais dans une moindre mesure* ». Il est à préciser qu'un important moteur

d'adhésion à une discipline provient de la motivation qu'elle engendre. Il s'agit plus spécifiquement de ce que Deci et Ryan (1985, 2002) nomment la motivation intrinsèque qui permet d'agir pour soi-même, pour le plaisir personnel d'accomplissement indépendamment de toute gratification et sans attendre une quelconque récompense extrinsèque en retour. Toujours selon Genolini et Driss (2010, p.49), « *Avant même de rentrer dans le vif du sujet, il [l'enseignant] doit éveiller l'intérêt de l'étudiant. C'est un défi considérable étant donné qu'un certain nombre d'élèves ont un a priori très fort contre les statistiques.* », il incomberait donc à l'enseignant d'éveiller l'intérêt de ses étudiants. Pour ce faire, ces auteurs préconisent une entrée en matière par des exemples concrets pour attirer l'attention des étudiants.

En raison du faible niveau d'attrait que nous avons parfois remarqué, il est pertinent de se demander quel est l'intérêt d'enseigner la statistique à des étudiants parfois même braqués. S'interroger sur la légitimité de son enseignement à l'université est d'autant plus pertinent que la statistique ne relève pas d'un enseignement obligatoire. Contrairement à l'enseignement primaire et à l'enseignement secondaire où les programmes sont imposés et sont la seule référence réglementaire adressée aux professeurs, dans l'enseignement supérieur il n'existe pas d'instructions officielles nationales aussi contraignantes. Cette forme de liberté, reposant sur l'autogestion de chaque institution, laisse une grande part d'initiatives à chaque composante qui a alors une lourde responsabilité dans la dotation horaire comme dans l'organisation des contenus d'enseignement. Ce principe d'autonomie s'est accru depuis l'application de la loi relative à l'enseignement supérieur et à la recherche (ESR) adoptée le 22 juillet 2013 et s'appuie sur le principe de la nouvelle gestion publique (NGP[10]). La constitution d'une maquette de formation se construit suivant le système Licence-Master-Doctorat (LMD) et doit toutefois se conformer au cadre national des formations, prévu par l'article L. 613 du code de l'éducation qui détermine la nomenclature des diplômes et décrit les règles et modalités de mise en œuvre des diplômes nationaux de licence, de licence professionnelle, de master et de doctorat. Depuis 2012 le ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche s'est également doté d'un référentiel de compétences[11] des mentions de licence. S'inscrivant dans la lignée du processus de Bologne, dont l'objectif est de mettre en place un Espace Européen de l'Enseignement Supérieur commun, il ne se veut ni injonctif ni prescriptif mais se donne pour principe de décrire les exigences de formation et ses finalités en termes de connaissances et compétences à acquérir.

10. Également appelée nouveau management public, de l'anglais new public management.
11. Première publication le 27 09 2012 suivie d'une mise à jour le 29 01 2015

> Référentiels de compétences et non de formation, ils n'ont pas vocation à définir des contenus d'enseignement, des volumes horaires ni des méthodes pédagogiques, qui relèvent naturellement de l'autonomie des établissements et de la liberté pédagogique de leurs enseignants. En revanche, ils définissent des objectifs de formation, exprimés en termes de compétences à acquérir tout au long de la formation. Article - 27.09.2012[12]

L'extrait du rapport du comité d'orientation de la licence, ci-dessus, précise qu'il appartient aux acteurs de terrain, et non à l'État, de « *s'approprier les processus et de définir les voies et moyens qui leur permettront d'atteindre, dans l'exercice de leur autonomie pédagogique, les objectifs fixés nationalement par les référentiels* ».

Le référentiel de compétences des mentions de licence favorise l'enseignement de la statistique dans la plupart des disciplines. Le mot *statistique* apparaît, en effet, dans presque un quart des mentions (n = 10/45) et presque la moitié d'entre elles (n = 20/45) évoque une connaissance ou une compétence issue de la statistique, alors que seul un tiers (n = 15/45) des formations ne la mentionne pas. La statistique se positionne donc en bonne place dans les compétences à acquérir au cours de la formation de premier cycle universitaire.

1.2.3. De l'utilité de l'enseignement de la statistique

Nous avons quelquefois trouvé dans la littérature scientifique des imprécisions et parfois même des interversions entre la notion d'intérêt et celle d'utilité. Le concept « *d'intérêt* » restitue l'attractivité d'un objet comme nous l'avons décrit précédemment alors que celui d' « *utilité* » évoque un gain ou un profit. Dans notre cas, ce dernier terme indique l'avantage et le bénéfice que peut en retirer un étudiant. À cet égard, Batanero (2001, p. 117) rapporte que Holmes (1980) a énuméré les raisons de l'utilité de la statistique qu'il décrit comme une partie de l'enseignement commun basique et stipule qu'elle est utile aux apprenants pour :

- Leur avenir de futurs citoyens adultes : les élèves ont besoin d'acquérir la capacité de lire et d'interpréter des tableaux statistiques et des graphiques qui apparaissent souvent dans les médias.
- Leur avenir professionnel : de nombreux métiers exigent une connaissance élémentaire en statistique.
- Leur développement personnel : puisque son étude contribue à stimuler la pensée critique sur la base de l'évaluation des preuves objectives.
- Leur acquisition de connaissances : pour les aider à comprendre les questions issues du programme scolaire, dans le cadre de leurs études, aussi bien pour plus tard où ils

12. http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid61532/les-referentiels-de-competences-en-licence.html

seront fréquemment confrontés à des graphiques, des résumés ou des concepts de statistique.

Partant de ces arguments, de nos lectures et de nos expériences, nous avons tenté de rédiger une liste non exhaustive mais suffisamment large pour contenir les principales utilités de la formation à la statistique. Pour ce faire nous avons établi une classification distribuée en quatre dimensions principales sous divisées en huit fonctions.

– Dimension éducative : fonction formatrice et culturelle

Pour la vie courante, d'un point de vue personnel, pour améliorer l'appréciation des événements ordinaires. Il est alors fort utile de pouvoir comprendre et évaluer les résultats reposant sur des notions de statistique auxquelles nous sommes quotidiennement confrontés (Wallman's, 1993 cité par Bond *et al.*, 2012, p. 6).

Pour se doter de compétences linguistiques et acquérir un savoir commun universel en se munissant d'une grille de lecture syntaxique et culturelle adaptée à notre société. Ces activités mobilisent particulièrement la compétence en lecture et celle d'évaluation de la recherche, également nommée *competence in reading and evaluating research* abordée par Schuyten (1990, p. 486). Pour désigner ces compétences les Québécois utilisent l'expression : « *littératie statistique* »[13] qui recouvre de très nombreuses qualifications[14] que nous délimitons par exemple au savoir lire et à la capacité à évaluer et interpréter de façon critique des données.

– Dimension productive : fonction instrumentale et utilitaire

Pour se doter de notions indispensables de compréhension critique des données, de leur construction, en passant par leur traitement et jusqu'à leur analyse. Il s'agit de s'intéresser aux outils de statistique, par exemple en vue de déchiffrer les articles de la presse quotidienne, mais aussi d'analyser ceux issus de la recherche qui reposent sur des méthodes quantitatives ou mixtes.

Pour acquérir des outils permettant notamment de produire des traitements statistiques et se pourvoir d'instruments puissants d'analyse de données, fort utiles pour mener à bien

13. Traduction littérale de l'expression anglaise « statistical literacy » qui désigne de nombreuses acceptions. Nous n'évoquons pas ici la spécification de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE), qui définit la littératie comme « l'aptitude à comprendre et à utiliser l'information écrite dans la vie courante, à la maison, au travail et dans la collectivité en vue d'atteindre des buts personnels et d'étendre ses connaissances et ses capacités ». Selon cette définition la littératie désigne le transfert des connaissances dans les pratiques quotidiennes et nous serions alors davantage dans la dimension éducative. Dans son usage le plus courant la littératie désigne les connaissances fondamentales nécessaires au quotidien.

14. Gal (2002, p. 2) adjoint une seconde composante communicative se rapportant à la capacité à discuter ou à communiquer des réactions, ou bien la compréhension de la signification de l'information, ou encore l'acceptabilité des conclusions données.

notamment un mémoire de Master. Cette notion est appelée compétence en faisant de la recherche, soit en anglais *competence in doing research* (Schuyten, 1990, p. 486). Mais aussi pour expérimenter l'analyse quantitative et ainsi pouvoir choisir, en connaissance de cause et non par défaut, le choix méthodologique qui convient le mieux à leur propre recherche. De plus, comme le signale Duperret (2001, p. 9) la statistique serait une discipline privilégiée pour apprendre à se servir d'un tableur puisqu'elle permet la gestion dynamique d'abondantes données.

– Dimension prospective : fonction prédictive et planificatrice

Pour affiner la prise de décision en situation incertaine, compte tenu des données existantes et des faits observés.

Pour parvenir à estimer des tendances et donc à planifier et programmer en connaissance de cause.

– Dimension instructive : fonction émancipatrice et réflexive

Pour se former au *statut de citoyen* responsable (Coutanson, 2010 ; Gattuso, 2011, p. 5) et ainsi aiguiser son esprit critique.

Pour se former à l'*esprit statistique* (Régnier, 2003, p. 8) et aborder cette science en adoptant une attitude critique et réflexive qui se traduit par le « *renoncement à l'usage systématique de l'idée de* ***vérité*** *pour chercher à maîtriser celle de* ***vraisemblance*** » (Régnier, 2005, p. 3).

1.3. Les principales formes de connaissances pour explorer le champ conceptuel de la statistique

Avant d'aller plus loin, il nous paraît important de décrire et expliciter les principales formes de connaissances. Pour Vergnaud (2004, p. 14) il existe deux composantes distinctes des connaissances : la « *forme opératoire qui permet d'agir en situation* » et la « *forme prédicative qui consiste à énoncer des relations des objets entre eux* ». Aujourd'hui la communauté des chercheurs a largement admis trois formes : les connaissances procédurales, déclaratives et conditionnelles. Elles ont été notamment décrites par Tardif (1992, p. 48) à l'appui de ses lectures il a procédé à une synthèse et des ajustements. Les diverses formes de connaissances ne s'excluent pas mutuellement bien au contraire elles sont souvent intimement enchâssées. Cependant, pour comprendre leur imbrication et surtout pour mieux saisir leur implication, dans une situation de formation, il est plus facile de les distinguer. C'est ce que nous allons nous attacher à montrer au cours des trois sections suivantes.

1.3.1. Les connaissances procédurales en statistique

Par exemple, lorsque nous utilisons du matériel informatique et plus spécifiquement quand nous nous servons d'un logiciel, nous faisons alors appel à des connaissances déclaratives, des connaissances conditionnelles, mais surtout à des connaissances procédurales. Ce sont ces dernières qui nous permettent d'effectuer dans un ordre structuré des actions ayant un objectif défini. Lors de l'exécution de tâches numérisées nous mettons en place des schèmes d'actions en accomplissant de nombreux gestes spontanés suivant des opérations qui s'enchaînent. Fortement automatisées, les connaissances procédurales englobent l'ensemble d'un système d'opérations concrètes et indispensables pour effectuer une activité. Ce sont des processus dynamiques, des savoirs expérientiels principalement acquis dans l'action et difficiles à transposer sous la forme discursive. Nous sollicitons ces habiletés qui proviennent d'expériences pratiques et répétées dans tous les gestes routiniers quotidiens. Elles font appel aux capacités perceptives, auditives, motrices, mémorielles et, plus globalement, à toutes les activités cognitives. Le plus souvent inconsciemment appliquées, elles se produisent spontanément, impulsivement et leurs restitutions sont difficilement verbalisables. Elles peuvent être assimilées au savoir-faire et peuvent être illustrées par les deux exemples suivants :

– savoir appliquer la procédure de calcul d'une moyenne pondérée ;
– savoir mettre en œuvre les fonctions du logiciel tableur pour calculer une moyenne pondérée.

1.3.2. Les connaissances déclaratives en statistique

Elles comportent des définitions, des principes, des lois et des règles décrites par Gagné (1985) comme étant de nature théorique. Les connaissances déclaratives sont très souvent mobilisées à l'université, notamment dans le cadre de cours magistraux. Leur sollicitation consiste à mobiliser des acquis pour restituer des informations, des faits, des événements, des termes. Elles sont de ce fait facilement verbalisables étant donné qu'elles s'expriment par le langage qu'il soit naturel, concret, abstrait ou symbolique. Elles sont intrinsèquement liées à un individu, correspondent à son bagage culturel singulier intériorisé et sont assimilables à ses structures discursives. Les différences entre les connaissances ne vont pas de soi, aussi, pour plus de clarté et éviter les confusions Désilets (1997, p. 300) va même jusqu'à classer les connaissances déclaratives en trois sous-groupes.

– les connaissances déclaratives à propos des faits ;
– les connaissances déclaratives à propos des actions ;
– les connaissances déclaratives à propos des conditions ou des catégories.

Ces trois catégories se distinguent au niveau de l'objet qu'elles évoquent et permettent de confirmer la variété de thèmes que cette catégorie contient. Les connaissances déclaratives correspondent aux choses que l'on sait, elles peuvent être assimilées au savoir acquis et peuvent être illustrées par les deux exemples suivants :

– connaître la définition de la moyenne arithmétique ;

– connaître les propriétés de la moyenne pondérée.

1.3.3. Les connaissances conditionnelles en statistique

Les connaissances conditionnelles (Glover *et al.* 1990), comme leur nom l'évoque, sont celles qui sont mobilisées dans la prise en compte du contexte, dans la résolution d'une situation-problème. Elles permettent de mobiliser les connaissances qui paraissent les plus pertinentes pour répondre aux conditions appréciées. Elles sont donc fortement liées à la capacité à interpréter la situation vécue et dépendent du niveau de perception, du contrôle de l'attention, du degré de disposition et de l'aptitude à la compréhension. La prise de conscience de ces différents points par la reconnaissance de caractéristiques typiques et l'usage de connaissances stratégiques (Glover *et al.*, 1990) est souvent une des caractéristiques de l'expert qui va alors mettre en place une stratégie efficace d'action, c'est-à-dire appropriée à la situation. Elles peuvent être assimilées au « *savoir mobiliser* » en contexte et peuvent être illustrées par les deux exemples suivants :

Exemples de connaissances conditionnelles :

– Reconnaître dans un énoncé les indices qui permettent d'identifier qu'il est nécessaire de calculer une moyenne pondérée pour résoudre le problème.

– Distinguer dans un texte ce qui est essentiel de ce qui est accessoire pour extraire rapidement l'information importante.

Ces qualificatifs ont été repris pour distinguer les diverses formes de mémoires et portent sur les mêmes objets. Ainsi la mémoire déclarative recouvre les faits, les événements, elle peut être épisodique ou autobiographique alors que la mémoire procédurale s'attache aux habiletés motrices, aux savoir-faire, aux accomplissements d'actions quotidiennes.

2. Les spécificités de la statistique et ses objets d'enseignement

Certains concepts de statistique sont reconnus comme particulièrement difficiles à appréhender par les étudiants. Bien souvent même les concepts les plus élémentaires peuvent créer des confusions et provoquer des obstacles à l'apprentissage d'origines diverses. Dans cette perspective, Seydou Loua (2008) a produit, sous la direction de Régnier, un travail de

recherche mettant en œuvre la notion d'obstacle de la théorie épistémologique bachelardienne dans le contexte de la statistique.

Dans cette thèse, ne pouvant pas réaliser une étude exhaustive, nous nous limiterons aux trois notions fondamentales et complémentaires que sont respectivement des indicateurs de tendance centrale, des paramètres de dispersion et des comparaisons entre séries de données par l'usage de tests. Notre choix s'est porté sur les plus connus d'entre eux, soit :

– moyenne arithmétique ;

– écart-type ;

– test du khi-deux.

Ces trois notions nous paraissent caractéristiques et emblématiques d'un cours rudimentaire de statistique et nous semblent d'assez bons indicateurs pour pouvoir évaluer sommairement le niveau de conceptualisation des connaissances en statistique des étudiants observés.

La moyenne arithmétique est un concept fondamental qui n'est pas spécifique au domaine de la statistique mais paraît enraciné dans les bases élémentaires de mathématiques ; de plus il reste très usité dans la vie courante. Fortement attaché à la moyenne, l'écart-type demeure le paramètre le plus utilisé en statistique comme l'indique Zendrera (2014, p. 2) et repose sur la notion de base de mesure de dispersion. Il permet d'identifier la variabilité des données autour d'une valeur centrale en établissant leur importance de dispersion autour de la moyenne et informe sur l'homogénéité ou l'hétérogénéité d'un échantillon. Plus complexe qu'il n'y paraît, l'écart-type recouvre plusieurs concepts dont nous allons présenter les principaux. Quant au test d'hypothèse il s'inscrit dans la démarche de l'induction spécifique à la statistique et repose sur la théorie des probabilités ; il vise à procurer une règle de décision permettant de faire un choix entre deux hypothèses alternatives. Nous allons développer plus amplement ces trois notions dans les sections suivantes, d'un point de vue d'abord théorique puis en résumant les principaux travaux de la recherche issus de la didactique de la statistique.

2.1. Concepts de statistique parmi les plus étudiés par la recherche

Nombre d'articles scientifiques qui traitent de l'enseignement et de l'apprentissage de la statistique prennent pour objet d'étude des concepts de statistique dont l'enseignement n'est pas considéré comme facile. À leur lecture, il est aisé de repérer trois thèmes principaux qui abordent les représentations graphiques des données, les caractéristiques de tendance centrale et de dispersion et les tests d'hypothèse.

Dans notre société de l'image, marquée par la recrudescence des représentations graphiques, il semble primordial d'enseigner les connaissances et savoirs propres aux

représentations graphiques. Quant aux diverses situations d'apprentissage envisageables, nous adoptons les préconisations de Duperret.

> C'est certainement ici que l'enseignement des statistiques a la plus grande vocation de formation du citoyen : choisir le graphique le mieux adapté à la situation, le construire en respectant des règles mathématiques ; comprendre, analyser, critiquer un graphique ; comparer différents graphiques. (Duperret, 2001, p. 11)

À cette liste s'ajoute l'interférence entre les tableaux et les graphiques. Elle permet le croisement des informations et contribue ainsi à la transformation progressive des données brutes en un savoir produit par ce processus. Toutes les étapes de maturation représentent des éléments extrêmement formateurs et couvrent les compétences en littératie des graphiques. Ces dernières ne sont pas faciles à acquérir et ont donné lieu à une grande variété de travaux de recherche. Elles ne sont pas les seules à présenter des caractéristiques ardues ; les indicateurs de position relatifs aux paramètres de tendance centrale et ceux de dispersion ont pareillement donné lieu à des travaux de recherche multiples. Nous en avons retenu un certain nombre qui nous paraissent particulièrement fondateurs. Concernant le test du khi-deux d'indépendance et celui d'adéquation, il présente la spécificité d'être un test parfois même contesté par des chercheurs. On lui reproche par exemple sa sensibilité à la taille n de l'échantillon. La valeur du khi-deux empirique est dépendante à n. Pour des profils lignes identiques deux échantillons n_1 et n_2, $n_1<n_2$ la valeur du $\chi^2 n_2 = \frac{n2}{n1} \chi^2 n_1$. Pour autant, le test du khi-deux demeure toujours largement utilisé dans la recherche scientifique.

2.1.1. Travaux de recherche sur les représentations graphiques des données

Les divers graphiques ont pour double objectif de condenser des données et de les présenter visuellement pour mettre en évidence des informations qu'il serait peu aisé sinon impossible de repérer sous une autre forme. Leur lecture n'est pas toujours facile puisqu'elle requiert la mobilisation d'une multiplicité de connaissances et de compétences. Des difficultés peuvent par exemple traduire des obstacles pour trouver l'information pertinente, comme pour déchiffrer, tracer ou analyser des données. De nombreux articles de didactique de la statistique rapportent des erreurs commises par les étudiants. Il s'agit de compétences rassemblées sous le vocable de « *compétences en littératie des graphiques* », décrites par Daele (2013), comme recouvrant les quatre aspects[15] suivants :

15. https://pedagogieuniversitaire.wordpress.com/2013/11/15/enseigner-avec-des-graphiques-statistiques/

1) la sensibilité aux données statistiques ;
2) la compréhension des concepts statistiques liés aux graphiques (moyennes, médianes, etc.) ;
3) l'analyse, interprétation et l'évaluation de l'information statistique ;
4) la communication des graphiques à différents publics (scientifique, politique, estudiantin, grand public, etc.). (Daele, 2013)

Cette énumération ne couvre évidemment pas toute la panoplie des compétences nécessaires pour lire une représentation graphique des données mais elle a le mérite de dresser un inventaire assez étendu pour montrer la palette des principales aptitudes nécessaires. Ce constat doit être rapproché de la complexité de la représentation graphique à interpréter. Ainsi, rapportant les conclusions de Curcio (1987), Batanero (1994, p. 529) distingue, dans la compréhension critique des données, les trois niveaux taxonomiques suivants :

> a. Lecture des données (« reading the data ») dont l'interprétation est inutile, puisque seuls les faits explicitement exprimés dans le graphique ou un tableau sont nécessaires pour le comprendre.
>
> b. Lecture « dans » les données (« within the data ») qui demande une interprétation, ce qui nécessite des comparaisons et l'utilisation des concepts de statistique et des compétences mathématiques.
>
> c. Lecture « au-delà » des données (« reading beyond the data ») qui relève de la prédiction, soit de la statistique inférentielle.

Le tableau ci-dessous rapporte divers travaux de recherche sur les représentations graphiques des données qui posent problème aux étudiants.

Notions	Travaux de recherche
Diagramme en barre (ou bâtons)	Pereira-Mendoza et Newfoundl (1991) Li et Shen (1992)
Histogramme sa lecture et/ou sa construction	Girard (1998) Régnier (1998) Lahanier-Reuter (2005) Roditi (2007 et 2009)
Représentations graphiques des distributions	Bakker et Gravemeijer (2004) Biehler (1997); Ben-Zvi (2004) Hammerman et Rubin (2004) Konold et Higgins (2003) McClain, Cobb et Gravemeijer (2000)

TABLEAU 1 – TRAVAUX DE RECHERCHE SUR LES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES DES DONNÉES

Une des représentations graphiques des données les plus usuelles, notamment pour représenter des séries à caractère quantitatif discret, reste le diagramme en bâtons, encore appelé diagramme à barre, en rectangles, en colonnes ou en tuyaux d'orgue. Il a été abordé par Pereira-Mendoza et Mellor (1991) dans le cadre d'une étude sur les conceptions d'enfants de 9 à 11 ans. Cette enquête par questionnaire et entretien a permis de discerner essentiellement des erreurs dans la compréhension des échelles mais aussi dans l'utilisation inappropriée d'informations, comme des erreurs de prévisions. Quant à l'expérience de Li et Shen, elle repose sur des élèves du secondaire. Elle pointe des erreurs dans les choix

inappropriés des représentations graphiques mais aussi l'omission d'échelles. Ce constat serait aggravé par l'usage croissant de logiciels graphiques.

De nombreuses recherches ont tenté d'observer ce qui posait problème dans la lecture et/ou la construction de l'histogramme. Cet outil permet de représenter graphiquement des séries de valeurs d'une variante quantitative continue en particulier réparties par intervalles. Il est employé pour montrer les spécificités d'une distribution de données en condensant l'information. Dans le cas de variables quantitatives continues de densité constante par intervalle, l'histogramme se présente sous la forme de rectangles accolés ayant pour base l'amplitude de la classe et dont l'aire est proportionnelle à l'effectif ou à la densité de fréquence. Ces spécificités peuvent provoquer des difficultés d'apprentissage. Régnier (1998) révèle des obstacles épistémologiques à l'analyse de manuels de mathématiques et d'ouvrages de vulgarisation, non spécialisés en statistique. Enfin, les étudiants rencontrent également des difficultés de raisonnement relatives à la compréhension des distributions et des représentations graphiques des distributions. Selon delMas *et al.* (2007, p. 29), de nombreux auteurs se sont penchés sur ce problème et nous rapportons ses références dans le tableau ci-dessus.

2.1.2. Travaux de recherche sur les caractéristiques de tendance centrale et de dispersion

Les travaux de recherche sur les représentations graphiques des données ne sont pas les seuls à évoquer des représentations erronées, des analyses inadaptées, ou des interprétations inexactes. Les indicateurs de position relatifs aux paramètres de tendance centrale et ceux de dispersion ont pareillement donné lieu à des travaux de recherche divers et variés, mais surtout riches en erreurs constatées. Le tableau ci-dessous rapporte les principaux travaux de recherche sur les outils de caractérisation d'une série statistique.

Notions	Caractéristiques	Travaux de recherche
Moyenne	de tendance centrale	Pollatsek *et al.* (1981) Girard (1998) Mary et Gattuso (2003 ; 2005) Bihan-Poudec (2010) Zendrera *et al.* (2014)
Écart-type	de dispersion	Loosen *et al.* (1985) Mevarech (1983) Huck *et al.* (1986)

TABLEAU 2 – TRAVAUX DE RECHERCHE SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE TENDANCE CENTRALE ET DE DISPERSION

Les indicateurs de tendance centrale permettent de déterminer une valeur autour de laquelle des données ont tendance à se rassembler. Leur objectif est de synthétiser une série de données en déterminant sa valeur centrale. Les quatre indicateurs de tendance centrale les plus usités sont : la moyenne, le mode, la médiane et les quartiles. Toutefois, à elles seules, les

valeurs centrales ne suffisent pas pour couvrir la compréhension d'une distribution et il est la plupart du temps nécessaire de recourir en complément au calcul d'un paramètre de dispersion pour identifier la concentration des données. Ainsi, comme leur nom l'indique, les caractéristiques de dispersion signalent l'éparpillement d'une distribution de données. Ils permettent d'attribuer un ordre de grandeur de l'écart des valeurs entre elles et d'identifier de combien les valeurs d'une distribution s'écartent d'une valeur de référence. Les quatre paramètres de dispersion les plus usités sont : l'étendue, l'intervalle interquartile, la variance et l'écart-type. La notion de moyenne et celle d'écart-type seront davantage développées dans les sections suivantes.

2.1.3. Travaux de recherche sur les tests statistiques d'hypothèses

Au cours de ces cinquante dernières années, l'usage du test d'hypothèse est devenu prédominant en sciences humaines et sociales et plus spécifiquement dans les recherches en psychologie et en sciences de l'éducation. En dépit de cette prévalence et depuis sa création, son application comme son interprétation n'ont cessé d'être débattues (Cañadas *et al.*, 2012, p. 4). La controverse liée à l'utilisation de tests statistiques a été très forte au sein de certaines organisations professionnelles dans les quinze dernières années. Aussi les travaux de recherche sur la compréhension des tests et leur mise en œuvre ont donné lieu à de nombreux articles. Zendrera (2003, p. 3) signale ainsi que leur utilisation inappropriée ou erronée peut avoir des conséquences désastreuses « *Au niveau scientifique, utilisations inadéquates et biais méthodologiques conduisent à des conclusions de recherche erronées ; au niveau social, à des condamnations injustes, des erreurs médicales, des décisions politiques injustifiées* ». De plus, nos lectures nous permettent de remarquer que le test du khi-deux (*Chi-squared test* en anglais) reste indéniablement le plus observé des tests. Son étude a permis de constater qu'il est difficile à saisir par les étudiants parce qu'ils doivent comprendre et être capables de relier de nombreux concepts abstraits, dont Castro Sotos *et al.* (2007) énumèrent :

– la distribution d'échantillonnage ;

– le niveau de signification ;

– l'hypothèse nulle et hypothèse alternative ;

– la p-valeur.

Le tableau ci-dessous rapporte quelques travaux de recherche qui nous semblent majeurs dans la compréhension et la mise en œuvre de tests statistiques.

Notion	Observations	Travaux de recherche
Tests d'hypothèses	Mise en œuvre et compréhension d'un test paramétrique	Castro Sotos *et al.* (2007) Sotos *et al.* (2009) Roditi (2009) Zendrera (2003) Calmant (2011) Cañadas *et al.* (2012)

TABLEAU 3 – TRAVAUX DE RECHERCHE SUR LES TESTS D'HYPOTHÈSE

Partant d'une compilation d'articles sur le sujet, Castro Sotos *et al.* (2007, p. 104) remarquent que plusieurs auteurs – comme par exemple Brewer (1985) ; Gliner, Leech, et Morgan (2002) – ont attribué aux manuels scolaires la responsabilité de divulguer nombre d'idées fausses, tandis que d'autres chercheurs – comme par exemple, Haller et Krauss (2002) – ont, pour leur part, affirmé que beaucoup de professeurs partagent les erreurs de leurs élèves. Il s'avère que ces derniers ont un plus fort pouvoir d'influence sur la promotion des idées fausses que les manuels scolaires. En fait, Gordon (2001) ; Lecoutre, Poitevineau, et Lecoutre (2003), comme Mittag et Thompson (2000) ont montré de façon convaincante que même les statisticiens ne sont pas à l'abri de conceptions erronées sur les tests d'hypothèses. Il s'agit donc de notions difficiles à appréhender et ces points seront davantage développées dans les sections suivantes.

2.2. Trois notions fondamentales de la statistique

Il existe une multitude de concepts propres à la statistique dont certains sont abordés dès le collège[16], d'autres n'apparaissent qu'au lycée et d'autres encore sont plus spécifiques à l'enseignement supérieur. L'articulation de l'enseignement du secondaire au premier cycle universitaire fait actuellement l'objet d'une attention particulière. Ainsi, les programmes scolaires s'inscrivent dans la perspective du continuum [Bac-3 ; Bac+3] depuis la Loi relative à l'enseignement supérieur du 22 Juillet 2013[17] dont le principe consiste à mettre en place un cadre propice à l'aménagement d'une suite progressive de formation allant de la seconde à la licence 3. Cette volonté de tracer des parcours d'orientation plus construits et d'instaurer un prolongement des programmes plus progressif se traduit par le renforcement des relations entre les établissements du second degré et ceux du supérieur. Après une synthèse des attendus des référentiels allant du lycée à la licence 3^{e} année, nous aborderons dans les sections suivantes les trois notions fondamentales de statistique que sont la moyenne, l'écart-type et la procédure du test d'hypothèse.

16. Plusieurs notions comme par exemple la moyenne ou la fréquence sont abordées dès l'école primaire.
17. Précisé par la circulaire n° 2013-0012 du 18 Juin 2013.

2.2.1. Les attendus des référentiels

Les référentiels dressent la liste de recommandations et des pratiques à mettre en œuvre en décrivant les connaissances et compétences à acquérir. Dans l'Éducation nationale ils changent très souvent et provoquent systématiquement de vigoureuses critiques, et, cela, avant même leur promulgation. L'enseignement de la statistique au lycée a connu de nombreux remaniements et crises. Quant à la place de la statistique dans les référentiels de l'enseignement du secondaire elle est assez récente puisqu'elle date de la réforme dite des « *mathématiques modernes* », soit d'une cinquantaine d'années seulement. Une Commission d'étude pour la rénovation de l'enseignement des mathématiques présidée Lichnerowicz commence ses travaux en janvier 1967. Les écrits examinés dans un article de D'Enfert et Gispert (2011) retracent les tensions qui ont abouti à la crise de 1971. Dans sa thèse, Wozniak (2005, p. 40) fait remonter la première apparition de la statistique aux programmes scolaires du lycée de 1966. Recommandée pour toutes les filières, excepté pour la première C, elle figurerait sous l'intitulé d'Initiation à la statistique et s'inscrirait dans les programmes scolaires datés du 8 juin 1966, publié dans le BO no 26 du 30 juin 1966.

Il faut attendre le programme de mathématiques du lycée général entré en vigueur à la rentrée 2001 pour que la statistique prenne plus de place dans les instructions officielles.

Pour une vue synoptique des notions de statistique abordées de la troisième au lycée nous avons extrait l'essentiel des textes de référence du bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008 en vigueur pour le collège depuis la rentrée 2009[18] et du bulletin officiel spécial n°8 du 13 octobre 2011 toujours en vigueur pour le lycée.

18. La nouvelle réforme du collège entrera en vigueur à la rentrée 2016, selon les programmes d'enseignement de l'école élémentaire et du collège consignés dans le BO spécial du 26 novembre 2015.

Niveau	**Caractéristiques de position** : • Approche des caractéristiques de dispersion	**Statistique descriptive, analyse de données** **Caractéristiques de position et de dispersion** • Médiane et quartiles • Moyenne	**Échantillonnage** • Notion d'échantillon • Intervalle de fluctuation d'une fréquence au seuil de 95 % • Réalisation d'une simulation
3e	X		
2nde		X	X
1L			
TL			
	Statistiques descriptives, analyse de données •Caractéristiques de dispersion, variance, écart-type • Diagramme en boîte	**Intervalle de fluctuation asymptotique**	**Estimation** •Intervalle de confiance • Niveau de confiance
1ES	X		
TES		X	X
1S	X		
TS		X	X

TABLEAU 4 – SYNTHÈSE DU PROGRAMME ACTUEL DU COLLÈGE AU LYCÉE

Le tableau ci-dessus montre que la notion de moyenne et celle de l'intervalle de fluctuation d'une fréquence au seuil de 95 % sont abordées dès la seconde de détermination et sont vues indifféremment par tous les lycéens. En revanche, l'écart-type n'apparaît qu'en première et se limite aux filières ES et S alors qu'en filière L il ne sera enseigné qu'aux élèves qui choisissent les mathématiques comme programme de l'enseignement spécifique.

À l'université, le référentiel de compétences des mentions de licence précise que les disciplines relevant des sciences humaines (anthropologie, ethnologie, psychologie, sciences de l'éducation, sciences sociales et sciences de l'homme, sociologie) sont les plus impliquées dans la mise en œuvre du recueil de données[19]. Concernant plus particulièrement la mention sciences de l'éducation, la rubrique sur les compétences disciplinaires englobe de nombreuses étapes dont la plupart mobilisent des notions et des outils de statistique, comme le décrit l'extrait ci-dessous :

> **Identifier et mobiliser les données de la recherche en éducation pour éclairer une problématique d'éducation ou d'enseignement :**
> circonscrire et expliciter la nature de la problématique ;
> combiner les points de vue des disciplines constitutives des sciences de l'éducation pour élaborer cette problématique.
> **Mettre en œuvre les outils et méthodes d'analyse adéquats pour traiter une problématique d'éducation ou d'enseignement :**
> mettre en œuvre un protocole de recueil de données ;
> traiter les résultats par les méthodes quantitatives et/ou qualitatives ;
> rédiger un compte rendu d'observation ;
> réaliser un rapport complet et synthétique.

19. Pour plus de détails, se reporter à la liste des compétences dressée par Jutand (2015, p. 195).

(Extrait du référentiel des compétences de licence p. 25)[20]

Il est donc attendu des étudiants d'être aussi bien capables de construire des données que de les traiter puis les analyser ce qui relève de compétences multiples. En résumé, le référentiel préconise une perspective pratique avec pour objectif d'étayer une recherche empirique qui s'apparente aux modules intitulés méthodes quantitatives.

2.2.2. Autour de la notion de moyenne arithmétique

Cette notion de moyenne arithmétique demeure très ancienne puisqu'elle était déjà usitée par les Babyloniens (500-300 AC). Cependant, selon Boyé et Comairas (2002, p. 31), ce sont les problématiques issues de l'astronomie et plus précisément le concept de milieu – évoqué par Bernoulli vers 1770 – qui est communément usité pour pallier les imprécisions des instruments de mesure et les imperfections des observations : « *…on a coutume de prendre le milieu entre tous les résultats, parce que de cette manière les différentes erreurs se répartissant également dans toutes les observations, l'erreur qui peut se trouver dans le résultat moyen devient aussi moyenne entre toutes les erreurs* ». Dans ce texte, il n'est pas spécifié la méthode de calcul adoptée ; toutefois, le contexte laisse présager qu'il s'agit bien là du calcul de la moyenne. En effet, un de ses intérêts est qu'il permet de caractériser une série de données en faisant ressortir la valeur correspondant au nombre obtenu si tous les éléments de l'ensemble observé étaient répartis équitablement. Il existe plusieurs formes de moyennes ainsi Régnier (2002, p. 163) cite pour les plus courantes : la moyenne harmonique, la moyenne géométrique, la moyenne quadratique. C'est la moyenne arithmétique qui est abordée dans cette thèse. Si la moyenne demeure l'un des concepts le plus basique (Pollatsek, 1981, p. 191), élémentaire, commun et semble simple, il paraît toutefois fondamental (Batanero *et al.*, 1994, p. 4) de l'étudier à plusieurs titres. Dans la vie courante, la moyenne offre de nombreuses applications et elle se trouve dans bien des situations ordinaires. De plus, dans les revues scientifiques, la majorité des traitements – pour caractériser les données – se fondent sur des moyennes. Sans compter que la statistique inférentielle, elle-même, repose essentiellement sur des moyennes et leurs comparaisons, toujours selon Pollatsek *et al.* (1981, p. 191). Or, malgré cette proximité, voire la familiarité avec ce paramètre, un des paradoxes réside dans la difficulté que l'on rencontre dès qu'il s'agit de définir le concept même de moyenne arithmétique. C'est ainsi que nous pensons tous être capables de le faire ; cependant il est plus complexe qu'il n'y paraît. Allant dans ce sens, Gattuso (1999) en décrit les

20. http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/referentiels-licence

principales difficultés rencontrées dans les situations d'apprentissage. Elles peuvent être associées aux difficultés subséquentes aux calculs d'addition et de division, mais aussi inhérentes au traitement de données décimales, ou encore découler de la logique de pondération, ou bien résulter d'une compréhension erronée de l'énoncé. Outre ces obstacles, qui sont transférables à d'autres concepts, Gattuso relève des écueils propres au concept de moyenne, engendrés notamment par des définitions imprécises trouvées dans les dictionnaires. De surcroit, la moyenne est souvent confondue avec la médiane ou le mode. La compréhension du résultat trouvé peut provoquer des confusions, par exemple quand il diffère des données à traiter, ou bien quand on obtient un nombre fractionnaire ou encore s'il ne correspond à aucune réalité. D'ailleurs, il a été remarqué que très peu d'étudiants – et cela qu'ils soient en deuxième année d'IUT (Girard, 1998, p. 61) ou en formation des maîtres (Gattuso et Mary, 1996) – parviennent à expliquer le choix de ce calcul et à exprimer le sens à donner au résultat trouvé.

Or, en France, les élèves sont confrontés à cette notion dans leur vie scolaire dès l'école primaire et surtout au secondaire où leurs notes sont calculées par matière puis forment une moyenne générale qui englobe tous les résultats obtenus. Il arrive que le bulletin indique également d'autres moyennes comme celles obtenues par l'élève les trimestres précédents ou encore les moyennes les plus hautes et plus basses de la classe. Cette traditionnelle échelle de notation, allant de 0 à 20, s'est imposée dans le système éducatif français depuis la Troisième République. Ce système permet un large éventail de possibles, par exemple de lisser les notes par une forme de compensation entre toutes les disciplines. Les notes peuvent également apparaître majorées d'un coefficient. Outre cette proximité et familiarité dues au système de notation, les élèves sont confrontés à la pratique du concept et de son calcul, et cela, dès leur plus jeune âge. Éprouvée tout au long de la scolarité, la moyenne arithmétique simple et pondérée par des coefficients reste la notion élémentaire de mathématique la plus répandue.

En statistique, la moyenne est considérée comme un indicateur de tendance centrale d'une (ou de plusieurs) série(s) de données. Elle est vue comme le centre de gravité et sert à synthétiser une distribution en spécifiant la position autour de laquelle les données tendent à se concentrer. Ainsi, pour le dictionnaire CNRTL[21], la moyenne arithmétique correspond à la « *Valeur qu'aurait chacune des parties d'une somme si, la somme restant égale, toutes les parties étaient égales entre elles* ». De plus, elle sert à mesurer l'espérance d'une loi de

21. Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (CNRTL) créé en 2005 par le CNRS.

Laplace-Gauss car la moyenne découle de la fonction de répartition. Cependant, lorsque les données possèdent des valeurs extrêmes ou dans le cas de comparaison de plusieurs séries, la moyenne arithmétique montre vite ses limites. En effet, elle ne nous renseigne pas, par exemple, sur l'homogénéité des valeurs ; de plus, le calcul de la moyenne arithmétique ne livre pas d'indications sur l'allure globale de la distribution des données. La moyenne n'est pas non plus toujours révélatrice de l'ensemble qu'elle entend caractériser. Il est donc nécessaire d'adjoindre d'autres indicateurs pour exprimer plus précisément une suite numérique et ses caractéristiques centrales en particulier. Il peut aussi être ajouté des indicateurs de dispersion, dont le plus commun est l'écart-type qui complète les indicateurs de tendance centrale en apportant des informations additionnelles par la quantification de la dispersion des séries de données.

2.2.3. Autour de la notion d'écart-type

La paternité du concept d'écart-type est ordinairement attribuée à Abraham de Moivre (1718). Pour retracer l'étymologie de la notion d'écart-type, nous reprenons l'argumentation de Boyé et Comairas (2002, p. 30) à notre compte : « *Variance, écart-type : l'histoire de ces mots est presque l'histoire des statistiques mathématiques, et ils sont de ceux que l'on comprend difficilement si l'on méconnaît les liens essentiels entre statistiques mathématiques et théorie des erreurs.* » L'article cité ci-dessus retrace l'évolution de cette notion, en établissant un lien entre le développement de la notion d'écart-type et l'élaboration de la loi de Laplace-Gauss (1781, 1809), reposant sur l'hypothèse que : « […] *si une quantité a été déterminée par plusieurs observations directes, faites dans les mêmes circonstances et avec le même soin, la moyenne arithmétique des valeurs observées donne la valeur la plus probable, si ce n'est exactement du moins approximativement, si bien qu'il est toujours plus sûr d'y recourir* ». Suite à ce raisonnement Gauss a posé la loi des erreurs selon la formulation suivante :

$$f(x) = \frac{1}{h\sqrt{\pi}} e^{-\frac{x^2}{h^2}}$$

FORMULE 1 – DENSITÉ DE LA LOI DES ERREURS SELON GAUSS

Alors initialement baptisée l'erreur moyenne à craindre, c'est en 1894 que Karl Pearson la renommera *standard deviation* et la notera σ, dont la traduction française d'écart-type paraît assez éloignée de l'expression anglaise originelle[22].

22. Les espagnols ont adopté la locution « desviación típica » ou parfois « desviación estándar ».

Selon la définition de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), l'écart-type sert à mesurer la dispersion, ou l'étalement, d'un ensemble de valeurs autour de leur moyenne. Plus l'écart-type est faible, plus la population est homogène. Généralement déterminé comme la racine carrée de la variance, l'écart-type est la moyenne quadratique des écarts à la moyenne x et mesure l'étalement et la variabilité autour de la valeur centrale. Tout en recourant à des conceptions distinctes ces deux termes demeurent complémentaires puisque l'étalement détermine la longueur de l'intervalle alors que la variabilité définit la fluctuation. L'écart-type se représente habituellement par s (de l'anglais *standard deviation*) ou σ ech (sur l'échantillon d'effectif n) aussi noté σ (sur la population d'effectif N) et se calcule selon la formule suivante :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2}$$

FORMULE 2 – ÉCART-TYPE

Dans la pratique, on procède habituellement à son calcul à la suite de celui de la variance. Cette dernière, comme l'écart-type, synthétise en une seule valeur la dispersion de toutes les données observées ce qui offre une meilleure caractéristique de la tendance de la distribution. L'inconvénient de la variance est qu'elle n'est pas exprimée dans l'unité de la variable puisqu'elle est déterminée au carré. Comme il est plus difficile d'interpréter son ordre de grandeur par rapport à la série observée, on lui préfère alors souvent l'écart-type. Ceci est fort utile pour comparer la dispersion entre deux séries statistiques.

Cet indicateur intervient également dans le domaine de la probabilité ; soustrait à la moyenne, il sert à caractériser et inférer une série statistique. Si cette dernière suit la loi normale dite gaussienne, alors on obtient la répartition suivante :

- 68 % des éléments de la série statistique sont compris entre $(x - \sigma)$ et $(x + \sigma)$
- 95 % des éléments de la série statistique sont compris entre $(x - 2\sigma)$ et $(x + 2\sigma)$
- 99,7 % des éléments de la série statistique sont compris entre $(x - 3\sigma)$ et $(x + 3\sigma)$

Il existe d'autres indicateurs pour déterminer la dispersion d'une distribution et mesurer l'étalement des valeurs autour d'une position centrale, comme : l'étendue, le coefficient de variation, l'écart absolu moyen ou l'écart interquartile, ou encore le skewness et le kurtosis, pour ne citer que les plus connus.

2.2.4. Autour de la notion de test d'hypothèse et le risque d'erreur

Selon l'Encyclopedia Universalis[23] un exemple de test d'hypothèse statistique apparaît dans un mémoire de Pierre Simon de Laplace publié dès 1773. Le début du XXe siècle favorise le développement de la statistique inférentielle qui consiste à inférer, c'est-à-dire à induire à une population mère les observations ou les estimations initialement rapportées à un (o plusieurs) échantillon(s) connu(s). La notion d'erreur dans les mesures provient de la physique qui s'intéresse à l'observation des différences entre une valeur vraie et une valeur observée. Pour l'éclairage historique nous rapportons dans les lignes suivantes les trois principaux jalons fondateurs des tests d'hypothèse, prélevées dans les travaux de Droesbeke *et al.* (2005, p. 14). Ces auteurs signalent qu'en premier lieu le test du khi-deux a été utilisé comme test d'ajustement, et il faut attendre 1900 pour qu'il soit mis en œuvre pour la comparaison entre fréquences observées et théoriques. C'est à Karl Pearson que l'on doit un article fondateur décrivant, démontrant et illustrant le test du khi-deux. Quatre ans après ces travaux instructifs et avant-coureurs, Pearson est également l'initiateur de la locution : table de contingence. Cette dernière permet d'associer deux critères en dénombrant le croisement des modalités X et Y.

Un test statistique recouvre deux conceptions :

– celle de Fisher liée à la p-value et qui ne considère que l'hypothèse H0 ;
– celle de Pearson qui s'organise autour de deux hypothèses alternatives H0 et H1, parmi lesquelles on choisit la plus vraisemblable.

Un test d'hypothèse consiste à rejeter ou non une proposition de réponse hypothétique, à partir de l'étude d'un ou de plusieurs échantillons, par une démarche mobilisant la théorie des probabilités et a pour but de procurer une règle de décision permettant de faire un choix entre deux hypothèses. Il est donc fort utile :

> Pour aider à la prise de décision entre deux hypothèses alternatives. Dans cette perspective, l'idée de *vérité* est remplacée par celle de *vraisemblance*. Un test statistique est alors une procédure logico-mathématique sur laquelle on s'appuie pour choisir entre deux hypothèses alternatives sur la base d'informations partielles issues d'un échantillon, celle qui est la plus vraisemblable. (Régnier, 2010)

En résumé, il s'agit d'une procédure d'aide à la décision en situation incertaine avec un risque de première espèce contrôlé. La mise en œuvre d'un test d'hypothèse permet de rejeter ou non, sur la base de résultats d'échantillon(s), une hypothèse H0 précédemment

23. Leonid I. Galtchouk, « statistiques tests d'hypothèses », Encyclopædia Universalis [en ligne]. Récupéré le 24 février 2016 de http://www.universalis.fr/encyclopedie/tests-d-hypotheses-statistiques/

émise et ainsi de déterminer si les différences constatées peuvent être imputables au simple fait du hasard ou pas. On cherche essentiellement à savoir s'il y a une différence importante, dite significative, pour un seuil d'erreur prédéterminé que l'on est prêt à accepter. Le terme général de test du khi-deux regroupe plusieurs tests :

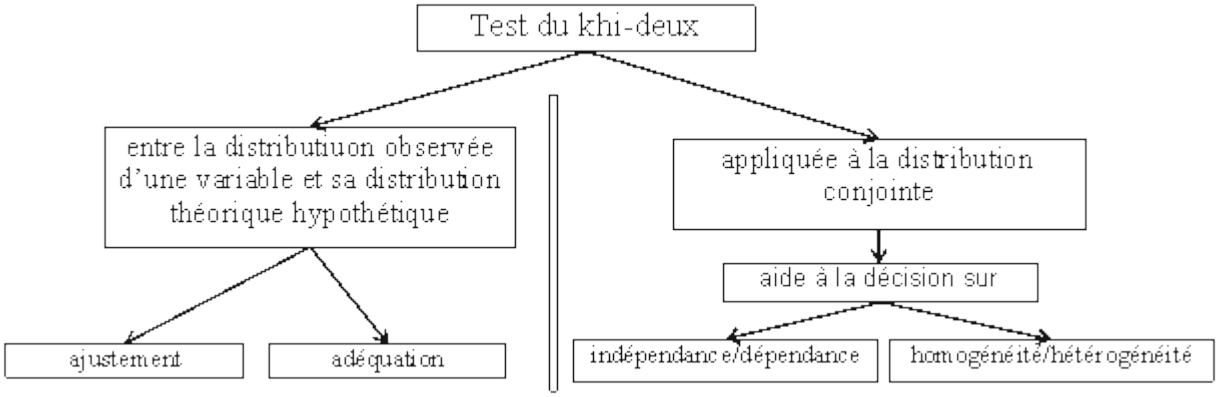


FIGURE 3 – LES TESTS DU KHI-DEUX

Un test d'hypothèse sert à comparer des distributions ou des paramètres et donne lieu au calcul de la « *p - valeur* » (ou p-value en anglais) qui schématiquement permet d'admettre ou de rejeter l'hypothèse nulle. Comme toute probabilité, elle est comprise entre 0 et 1 ; et pour simplifier, correspond à la probabilité de commettre une erreur en acceptant ou rejetant H0. Ainsi, selon la pratique courante, une valeur p inférieure à 0,05 atteste d'une différence significative qui ne serait pas due au simple hasard et prescrit le rejet de l'hypothèse nulle. Dès lors, lorsque $p \leq 5\,\%$, la différence est dite « *statistiquement significative* ». Pour Batanero (2001, p. 109) la littérature adopte les seuils de signification arbitrairement selon des choix conventionnels établis (et non par des raisonnements mathématiques) de 0,05, 0,01 ou 0,001 et ces niveaux s'utilisent presque sous une forme universelle indistinctement pour n'importe quel type de problème. Adoptant les propos de Skipper, Guenter et Nass (1967) elle suggère que cela a toutefois une conséquence importante sur les résultats de recherche. En sciences de l'éducation, il est couramment consenti un seuil de risque fixé conventionnellement à 5 % ; cela signifie corrélativement qu'il est communément admis que l'intervalle de confiance (IC) a 95 % de chances de contenir la valeur qu'aurait donnée une enquête exhaustive sur la population entière. Bien entendu, plus le seuil est faible et plus on obtient une faible probabilité de se tromper. Il est assez rare que la littérature distingue le degré de signification p du risque d'erreur α, alors qu'ils se différencient à plusieurs titres, comme la p-valeur se calcule *a posteriori*. À l'inverse, le risque d'erreur se détermine *a priori*, arbitrairement, selon un seuil conventionnel et correspond au risque maximum que l'on est prêt à accepter.

De surcroît, un des fondements essentiels de la notion du test d'hypothèse repose sur l'estimation du « *risque* » des décisions prises c'est-à-dire sur la probabilité que l'on a de se tromper ; ainsi, un test statistique engendre deux types (espèces) de risques d'erreurs encourus.

On appelle risque de première espèce (risque α) la probabilité de rejeter à tort H0 et prendre la décision appelée d1 (décider que H1 est vraie), alors que H0 est vraie. On note α la probabilité de se tromper dans ce sens. Par exemple : α = 0,05 signifie que l'on admet que la variable d'échantillonnage puisse prendre, dans 5 % des cas, une valeur se situant dans la zone de rejet de H0.

On nomme risque de deuxième espèce la probabilité d'accepter à tort H0 et prendre la décision d0 (décider que H0 est vraie), alors que H1 est vraie. On note β la probabilité de se tromper dans ce sens.

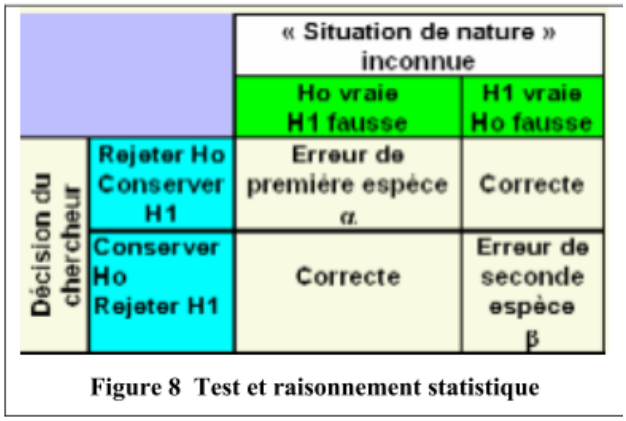


FIGURE 4 – ERREURS ET RISQUES ENCOURUS DANS LE CADRE DES TESTS D'HYPOTHÈSES STATISTIQUES (RÉGNIER 2005, P. 20)

Le rejet de l'hypothèse H0 se fait sans aucune ambiguïté et le risque de se tromper est alors de 5 %. En revanche, si les résultats obtenus ne permettent pas de rejeter H0 cela n'implique pas de déduire que H0 est vraie ; en d'autres termes, « *Les tests peuvent apporter la preuve de l'existence d'un facteur de variation non aléatoire, ou la non-preuve de cette existence, mais non la preuve de la non-existence* ». (Vessereau, 1983 cité par Bressoux, 2008, p. 67)

2.3. Trois notions fondamentales abordées par la didactique de la statistique

Décrites précédemment, les trois notions fondamentales de statistique que sont la moyenne, l'écart-type et la procédure du test d'hypothèse vont à présent être abordées sous l'angle de la didactique de la statistique, l'objectif étant de rendre compte des principales avancées et de rapporter l'essentiel des résultats obtenus lors d'enquêtes. Pour ce faire, nous avons procédé à un choix de recherches dans le but de rendre compte de l'état d'avancement

de la recherche sur ces points précis. Tous les textes sélectionnés se situent dans un terrain universitaire et examinent plus spécifiquement des étudiants en sciences humaines et sociales (SHS).

2.3.1. Le concept de moyenne arithmétique vue par la didactique

L'enquête rapportée par Dubreil-Frémont *et al.* (2012, 2014) est menée auprès d'étudiants de premier cycle en SHS à partir d'un échantillon de 352 individus pour le pré-test et 318 étudiants pour le post-test dans le cadre d'une deuxième sollicitation après la formation. Le questionnaire soumis permet de comparer les réponses obtenues sur le niveau de maîtrise perçu avant et après une formation en statistique. Il livre notamment les connaissances sémantiques des concepts les plus usuels de statistique descriptive. Il ressort que la moyenne est la notion la mieux maîtrisée. Cependant, lorsqu'il est demandé plus précisément de la définir avant la formation, 20 % des étudiants ne donnent aucune définition, 15 % des répondants fournissent une explication erronée et seuls 65 % d'entre eux sont en mesure de l'expliquer correctement. La réponse alors la plus fréquemment obtenue (61,2 %) avant le cours se focalise sur la description de l'algorithme. Après le cours, il est à noter des progrès puisque seulement 10 % des étudiants n'inscrivent pas de définition, 16 % des répondants donnent une explication erronée et 74 % d'entre eux parviennent à la définir correctement. Dans la même lignée, Zendrera *et al.* (2014, p. 2) notent que la majorité des réponses apportées par des étudiants de SHS sur la définition de la moyenne se rapportent à des énoncés algorithmiques. Même si, globalement, elles paraissent assez satisfaisantes, ces formulations ne résument toutefois pas toute la palette des possibles. Néanmoins les connaissances évoluent en cours de formation, puisque, après un premier cours de statistique, « …*leurs conceptions de la moyenne semblent s'enrichir encore ; les étudiants définissent la moyenne en fournissant la formule mathématique, donnent une définition algorithmique pondérée, et la voient aussi comme une valeur qui résume la distribution* ».

Gattuso et Mary (1997, p. 11) relèvent dans la littérature des erreurs de conceptualisation et rapportent notamment les difficultés à distinguer la notion de moyenne par rapport à d'autres indicateurs de tendance centrale que sont le mode ou la médiane. Les réponses obtenues varient selon la formulation du problème, le vocabulaire employé et le contexte évoqué dans l'énoncé. Ainsi les auteures ont pu remarquer qu'un énoncé situé en contexte quotidien de notes scolaires est mieux appréhendé qu'un autre évoquant un contexte moins ordinaire. De plus, pour certains étudiants, il est malaisé d'accepter que le résultat de la moyenne ne corresponde pas à un des nombres de la série. Ces conceptions erronées sont communes, récurrentes, tenaces et surtout malaisées à rectifier. Pour démontrer la validité de

ces présupposés, il a été mené une enquête québécoise exploratoire en tenant compte des degrés de connaissances, selon quatre niveaux d'étude allant de l'enseignement du secondaire à l'université. Il en ressort que le niveau de calcul d'une moyenne s'améliore avec le niveau de scolarité lorsque l'énoncé est simple et ressemble à ceux formulés dans les manuels scolaires. Cependant, lorsqu'il est demandé une forme de réversibilité en exprimant une valeur sans appliquer un calcul, mais à partir du résultat donné, alors, les étudiants universitaires deviennent moins performants que leurs cadets. Il semble que la prise en compte de la pondération ne soit pas systématique et qu'elle reste difficile à maîtriser et cela quel que soit le niveau d'étude. Si le concept de moyenne provoque chez les étudiants notamment en SHS des difficultés variées de compréhension, cependant, elles sont globalement moins importantes que les difficultés d'acquisition du concept d'écart-type (Zendrera *et al.*, 2014, p. 2 ; Dubreil-Frémont *et al.*, 2014).

2.3.2. Le concept d'écart-type vu par la didactique

Les difficultés d'acquisition du concept d'écart-type ont donné lieu à moins de recherches que celles sur la notion de moyenne (Reading et Shaughnessy, 2004 rapporté par Zendrera *et al.*, 2014). Partant de ce constat, delMas et Liu (2005) ont mis en place une recherche exploratoire reposant sur des entretiens menés auprès de douze étudiants volontaires. Chaque entretien se déroule devant un ordinateur qui permet l'interactivité avec un environnement informatique conçu pour aider à coordonner les concepts fondamentaux sous-jacents dans la compréhension de l'écart-type. Il se répartit en trois phases distinctes : l'introduction, l'exploration et les tests. Après avoir demandé aux étudiants de réorganiser les barres de diagrammes afin d'obtenir le plus grand et le plus petit écart-type, la phase test consiste à comparer les tailles de l'écart-type de deux distributions dissemblables. L'analyse des données révèle que les étudiants sont généralement passés d'une compréhension unidimensionnelle qui omet de prendre en compte la variation autour de la moyenne à une compréhension pluridimensionnelle qui considère conjointement les effets de la fréquence sur l'écart des données par rapport à la moyenne.

L'enquête menée par Dubreil-Frémont, Chevallier-Gaté et Zendrera (2013, 2014) auprès d'étudiants de premier cycle en SHS et décrite à la section précédente pour le concept de moyenne a donné lieu au même protocole de recherche pour la notion d'écart-type. Les réponses à la question ouverte demandant de définir la notion d'écart-type confirment que les étudiants ont fait des progrès importants entre le début et la fin de leur cours de statistique. Au départ, une grande majorité d'entre eux n'est pas en mesure de dire quoi que ce soit à propos de l'écart-type, seulement un faible pourcentage donne une explication adéquate et un tiers

inscrit une réponse inadéquate. À l'issue de la formation, plus de la moitié des commentaires sont corrects. Les réponses se répartissent selon le tableau ci-dessous :

Conceptions de l'écart-type	Avant le cours		Après le cours	
	Total	Pourcentage	Total	Pourcentage
Mesure de la dispersion	9	8,3	34	14,3
Racine carrée de la variance	11	10,2	109	45,8
Tautologie	1	0,9	0	0
Variance	0	0	3	1,3
Fluctuation	28	25,9	9	3,8
Milieu	1	0,9	0	0
Interdécile	2	1,9	1	0,4
Interquartile	2	1,9	3	1,3
Autre	54	50	79	33,2
Total	108	100	238	100

TABLEAU 5 – DIFFÉRENTES CONCEPTIONS DE L'ÉCART-TYPE

Après le cours de statistique, il est à noter que la fréquence la plus élevée (45,8 %) correspond à un énoncé de type algorithmique explicitant le calcul et se limite à un seul angle de vue. Le même constat a déjà été fait pour le concept de moyenne. De plus, tant au niveau de la maîtrise perçue vis-à-vis des deux concepts, qu'au niveau des définitions consignées à leur égard, on observe que la perception des étudiants et leur connaissance sémantique évoluent positivement entre le début et la fin de la formation.

2.3.3. Le concept de procédure du test d'hypothèse statistique vu par la didactique

Par rapport à toutes les notions élémentaires de statistique, les tests d'hypothèses engendrent de nombreuses difficultés conceptuelles (Siegel, 1956, p. 33, cité par Cañadas *et al.*, 2012, p. 4) et sont considérés comme reposant sur les méthodes les plus *incomprises* (Brewer, 1986 cité par Cañadas *et al.*, 2012, p. 4). Cette notion provoque des erreurs intrinsèques d'interprétation et en conséquence elle a fait l'objet de nombreuses recherches. L'état de la littérature de Cañadas *et al.* (2012) met en évidence les difficultés les plus courantes inhérentes à la compréhension du test d'hypothèse, selon :

– la nature de la variable aléatoire de production d'échantillonnage ;

– les concepts d'hypothèse nulle et d'hypothèse alternative ;

– le niveau de signification statistique.

Quant à leur recherche, elle porte sur un échantillon de 92 étudiants inscrits en première année de psychologie durant un cours d'analyse statistique de données nommé « *data analysis in psychological research* ». Cette enquête a pour objectif d'observer la compétence d'étudiants à compléter toutes les étapes d'application du khi-deux d'homogénéité et ainsi de mieux appréhender leur compréhension du test. Il est donné un problème ouvert, qui est résolu à l'aide du logiciel EXCEL, pour parvenir à :

– analyser la formulation d'hypothèses ;

– identifier le test khi-deux ;

– comprendre la p-valeur ;

– prendre une décision ;

– interpréter les résultats.

Il en ressort, dès la première étape, que 46,6 % des étudiants parviennent à poser correctement les hypothèses alors que 32,7 % émettent une réponse partiellement correcte et que 13,1 % d'entre eux formulent une hypothèse incorrecte. Lors de l'étape suivante, 64,1 % de ceux qui ont répondu précédemment correctement obtiennent des calculs exacts (avec l'aide du logiciel) ; 51,9 % des étudiants révèlent une décision juste et 43,5 % d'entre eux ont correctement interprété les résultats dans le contexte du problème et ont ensuite répondu correctement aux quatre questions. En résumé, certains étudiants ne différencient pas les deux hypothèses H0 et H1 et n'intègrent pas que l'hypothèse nulle est supposée vraie ; il est également constaté des confusions entre la p-value et le niveau de signification, une partie des étudiants confondaient le test d'homogénéité et le test d'indépendance, et plus de la moitié des étudiants ne donnaient pas une interprétation et une conclusion conformes au test.

Batanero (2001, p. 110) présente une enquête menée avec Vallecillos Jimenez et Serrano (1994, 1997), dont nous rapportons les différentes propositions présentées aux étudiants, ci-dessous :

- Point 19 : un niveau de signification de 5 % signifie qu'en moyenne 5 fois sur 100, nous rejetons l'hypothèse nulle, alors que nous nous trompons. V / F Justifiez votre réponse
- Point 20 : un niveau de signification de 5 % signifie, qu'en moyenne 5 fois sur 100 et que l'hypothèse nulle est vraie alors que nous la rejetons. V / F Justifiez votre réponse (traduction personnelle)

Ces deux propositions ont une syntaxe similaire ; cependant, elles recouvrent des concepts bien distincts. Le second point restitue la définition du niveau de signification, tandis que le premier reprend une erreur récurrente chez les étudiants qui consiste à intervertir les deux événements et ainsi à interpréter P (H0 est vraie | H0 est rejetée) alors qu'il faut comprendre α = P (rejeter H0 | H0 vraie) ordinairement, un seuil de signification inférieur à 0,05 engage au rejet de l'hypothèse nulle. Une erreur fréquente consiste à inverser les termes de probabilité conditionnelle. Ainsi, plusieurs étudiants répondent que la première proposition est correcte et la seconde fausse. Des entretiens avec un groupe restreint d'étudiants a permis de constater que certains faisaient cette erreur alors qu'ils étaient capables de distinguer la différence entre une probabilité conditionnelle P (A|B) et son inverse P (B|A). En revanche un groupe limité d'étudiants ne différencie pas cette distinction et répond que les deux

conclusions sont justes. Quelques étudiants interprètent les erreurs de type I (risque de première espèce) et II (risque de deuxième espèce) comme si elles provenaient d'événements subséquents. Tandis que les deux hypothèses H0 et H1 sont complémentaires mais surtout exclusives, la prise de décision se prend avec le risque de commettre deux types d'erreur qui restent contraires. Il est également perceptible des erreurs de compréhension du concept de probabilité conditionnelle. Selon l'état de l'art de Castro Sotos *et al.* (2007, p. 105) d'autres confusions apparaissent dans l'interprétation du seuil de signification comme

– α est considéré comme la probabilité que l'une des hypothèses est vraie.

– α est considéré comme la probabilité de faire une erreur.

– p est considéré comme la probabilité que l'événement observé est arrivé par hasard.

Somme toute, ces erreurs de conceptualisation permettent de constater qu'il existe un écart entre les savoirs techniques, généraux, que l'on qualifie souvent de savants, et les connaissances qui sont leur incorporation par les sujets apprenants.

3. Les spécificités de la statistique et les difficultés de conceptualisation qu'elles engendrent

Il est communément admis que toute situation d'apprentissage est, par nature, déstabilisante, mais il apparaît que certaines le sont davantage. Partant de nos lectures nous avons tenté de construire une catégorisation suffisamment large pour couvrir les principales difficultés relatives à l'enseignement et l'apprentissage de la statistique. Il est tout d'abord à noter que tous les étudiants ne sont pas à la même enseigne lorsqu'ils abordent une unité d'enseignement (UE). Certaines spécialités disciplinaires révèlent, voire exacerbent, des difficultés diverses et variées. C'est le cas de la statistique qui provoque des difficultés comme cela est fréquemment lisible chez les étudiants provenant de domaines d'enseignement éloignés des sciences dites exactes et regroupées sous le nom générique de sciences humaines et sociales (SHS). Cela a donné lieu à de nombreuses recherches issues majoritairement de la recherche en didactique de la statistique.

3.1. Des difficultés rencontrées chez les étudiants de SHS face à la statistique

Assurément, la statistique engendre des difficultés de compréhension inhérentes à la discipline (Batanero *et al.*, 1994) et des obstacles variés. Somme toute, il est possible d'identifier des difficultés de compréhension, des difficultés d'application, et des difficultés d'interprétation (Zendrera, 2003, p. 2). Allant dans ce sens, mais ajoutant un point supplémentaire, Bihan-Poudec (2009, p. 2) relève dans la littérature anglo-saxonne une grande variété de difficultés ; pour les synthétiser, il extrait de l'article de Castro Sotros *et al.*

(2007) les quatre principales formes. Elles se résument en : *preconception* (préconception, idée reçue), *misunderstanding* (malentendu, incompréhension), *misuse* (mauvaise application), *misinterpretation* (interprétation erronée). Partant de ces nomenclatures nous les avons complétées par nos lectures pour délimiter les principales difficultés qui peuvent advenir lors de l'apprentissage de la statistique médiée par les TIC, auprès d'étudiants de SHS. Cela nous a permis de relever dans la littérature d'autres formes de difficultés que nous détaillons dans les sections suivantes.

3.1.1. Des difficultés de perception face à la statistique

Avant même tout enseignement, l'étudiant n'arrive pas vierge mais apparaît – comme lorsqu'il se présente à la culture scientifique – avec ses préjugés (Bachelard, 1938, p. 14), ses idées préconçues, ses préconceptions et ses connaissances préalables. Il est reconnu que la statistique provoque rarement de l'enthousiasme (Bihan-Poudec, 2010, p. 2) mais entraîne plutôt du stress et de l'anxiété (Hellemans, 2004, p. 2) voire occasionne un rejet anxieux (Bihan-Poudec, 2009, p. 1). Pour peu que les étudiants aient connu une expérience scolaire antérieure délicate ils vont développer un rejet pour tout ce qui s'apparente à une formule (Genolini et Driss, 2010, p. 50). Il semble que l'expérience vécue par l'apprenant influence considérablement et longuement sa scolarité. Certains étudiants de sciences humaines et sociales tentent l'évitement et la fuite de la discipline (Régnier, 2003, p. 23) sans même espérer en tirer des connaissances (Roditi, 2009, p. 2) ou des compétences. De nombreuses recherches mentionnent une forte résistance (Zendrera, 2004, p. 3 ; Calmant *et al.*, 2011, p. 4) de ces apprenants éloignés des sciences dures. Pour Lahanier-Reuter (2003, p. 2) les étudiants inscrits en sciences de l'éducation ont des caractéristiques qui leur sont propres car ce sont pour beaucoup des adultes, dont certains ont été insuffisamment formés à la statistique, soit parce que ce sont des professionnels en reprise d'études, soit parce que ce sont des étudiants provenant d'études antérieures littéraires. Comme cela est avéré pour les mathématiques (Nimier, 1976, 1988), la statistique provoque des angoisses, véhicule des images négatives et engendre de nombreuses peurs. Celles-ci seraient majoritairement provoquées par la proximité entre les deux disciplines. En partant des représentations des étudiants, Bruyninckx *et al.* (2002, p. 63) ont pu établir un lien fort entre la peur de la statistique et sa part d'imbrication avec les mathématiques. Constituée de croyances, d'idées préconçues, d'évaluation d'une sous-prédisposition à apprendre, l'attitude face à la statistique, quand elle manifeste de la négativité, du désintérêt ou de la dénégation est considérée comme étant susceptible de diminuer la performance des étudiants (Nolan *et al.*, 2013 ; Garfield, 1995). Il est à noter que ces difficultés ne sont pas d'ordre cognitif mais psychologique. De natures très

diverses, les difficultés que nous venons de décrire ne sont pas contrôlées par le sujet qui généralement les subit. Elles relèvent du domaine de l'émotion et révèlent des représentations ou des sensations, c'est pourquoi nous les classons sous le terme générique « *de difficultés de perception* ».

3.1.2. Des difficultés de compréhension face à la statistique

Outre les difficultés de perception d'ordre émotionnel, les étudiants en SHS peuvent également éprouver des difficultés dues à leurs méconnaissances de la statistique. Ainsi Régnier (2003, p. 179 ; Diaz et Régnier, 2015) remarque des spécificités propres aux étudiants inscrits en sciences de l'éducation et relève pour beaucoup d'entre eux des méconnaissances des notions élémentaires de statistique. De nombreuses recherches corroborent cette constatation en déplorant un manque de compréhension des concepts rudimentaires et cela même après une formation initiale (Batanero *et al.*, 1994 ; Gattuso et Mary, 1996). Selon Bakker (2004) c'est dès l'âge de 10-11 ans qu'apparaissent des difficultés de compréhension conceptuelle nécessaires pour analyser les données. Ce problème est visible dans de nombreux pays qui tentent de l'endiguer. Quant aux notions élémentaires, plusieurs recherches se sont penchées sur les mesures de tendance centrale (comme la moyenne, la médiane et le mode). Par exemple, Barr (1980) a identifié les connaissances sur la notion de médiane auprès d'élèves âgés de 17 à 21 ans et a pu constater que la moitié des réponses sur la médiane étaient incorrectes et que les autres concepts élémentaires n'étaient pas assimilés à l'issue d'une formation. Pour Sander, Meunier et Bosc-Miné (2004) certains étudiants ne parviennent pas à s'approprier facilement les relations entre les concepts et à structurer leurs connaissances selon un réseau sémantique cohérent, ce qui freinerait leur compréhension des concepts de statistique.

Cañadas *et al.* (2012, p. 6) évoquent la notion de *fonction sémiotique*, initiée par Eco (1979, p. 83) puis reprise et complétée par Godino (2002) qui correspond à la mise en correspondance entre un contenu et une expression. Selon ces auteurs, le sens des fonctions sémiotiques, à savoir le contenu, s'établit par un sujet selon des correspondances (relations de dépendance ou de fonction) entre un antécédent (expression, signifiant) et une conséquente (contenu, signifié ou la signification). Le contenu de la fonction sémiotique peut être un objet soit personnel, soit institutionnel et il peut être un concept-définition, une situation-problème, une procédure, un argument, ou un élément linguistique. Ce modèle explicatif ne va pas sans rappeler la description du concept que Vergnaud (1985, p. 247-248 ; 1990, p. 145) expose suivant un ensemble tripolaire C = {S, **I**, *S*}. Or, transformer une conception inappropriée réclame un véritable « *changement conceptuel* » qui ne peut se produire que de façon

progressive et laborieuse selon Zendrera *et al.* (2014, p. 1) se reportant aux travaux de Vosniadou (2007). Plus pessimistes, les études de Giordan et De Vecchi (1990, p. 9) démontrent que bien souvent les représentations anciennes qualifiées de « *naïves* » résistent aux changements. Allant dans le même sens, Garfield et Ahlgren (1988) remarquent que certaines idées erronées sur la statistique sont immuables et persistent de l'enfance à l'âge adulte et vont jusqu'à être perceptibles chez des chercheurs même expérimentés. Nous classons les difficultés sémiotiques qui reposent sur des connaissances déclaratives analogues à *misunderstanding* sous le terme générique « *de difficultés de compréhension* ».

3.1.3. Des difficultés d'application face à la statistique

Pour plusieurs chercheurs le cours de statistique qu'ils analysent est le plus souvent guidé par un objectif méthodologique (Lahanier-Reuter, 2003 ; Sander, Meunier et Bosc-Miné) et peut être considéré comme un enseignement procédural. D'après ces derniers auteurs il serait vraisemblablement plus complexe à appréhender qu'un enseignement expositif de type magistral. Si la plupart des étudiants possèdent les compétences symboliques suffisantes, selon Schuyten (1990, p. 488), vingt-cinq pour cent des entrants qu'elle observe rencontrent des difficultés. La lecture et la compréhension des symboles mathématiques peuvent produire des obstacles insurmontables. En effet, non seulement les signes ne permettent pas systématiquement de condenser les données mais ils peuvent même freiner la compréhension et, dès lors, ils ne sont d'aucune aide. Les formules apparaissent à certains étudiants comme une collection de symboles et ne sont pas rattachées à leur signification. Certains étudiants rencontrent des difficultés pour admettre qu'un même symbole puisse représenter plusieurs notions ; par exemple, p évoque indifféremment une proportion et une probabilité en fonction du contexte. À l'inverse, plusieurs symboles peuvent figurer la même notion ; par exemple, aussi bien μ que $\bar{x}$ représentent la moyenne. Toutefois μ symbolise plutôt la moyenne de la population, alors que $\bar{x}$ se rapporte à l'échantillon et représente une réalisation de la variable « moyenne empirique » ; ou encore μ0 évoque la moyenne norme à laquelle μ va être comparé. Comme le remarque Zendrera (2003, p. 2) dans le cas des tests portant sur la moyenne relative à une variable sur la population : « l'un des pivots de la logique des tests est de bien appréhender le fait que les hypothèses portent sur la valeur du paramètre moyenne de la population (μ), et non pas sur la norme (μ0) ou encore sur $\bar{x}$ ». Il en résulte qu'une difficulté initiale de compréhension peut avoir des conséquences sur le procédé même de calcul.

Certains chercheurs se sont plus particulièrement intéressés aux techniques de calcul. Ainsi, Gattuso (1997) a pu montrer les limites d'un apprentissage mécaniste du calcul de la

moyenne au détriment d'un enseignement portant sur le concept même. Quant à Chevallard et Wozniak (2003), ils emploient l'expression de « *statistique calculatoire scolaire* » qu'ils opposent aux connaissances des définitions des concepts de statistique.

> L'ingénuité distante de la statistique calculatoire à l'endroit de ce qui n'est pas la pure arithmétique des résumés statistiques fait un dur contraste avec les incertitudes d'un véritable arraisonnement statistique du réel, où chaque étape compte. Dans la perspective de la statistique calculatoire, en effet, ces concepts statistiques conquis historiquement de haute lutte ne sont guère plus que « du vocabulaire ». (Chevallard et Wozniak, 2003, p. 13)

Ici nous intégrons aussi bien les difficultés de calculs que les difficultés de procédures ou encore les difficultés dans l'emploi d'un test (Bihan Poudec, 2007 p. 1) correspondant en anglais à *misuse*, sous le terme générique « *des difficultés d'application* ».

3.2. Des difficultés propres à la discipline statistique

Si de nombreuses difficultés sont inhérentes aux connaissances et compétences des étudiants, incontestablement, la statistique provoque des difficultés inhérentes à la discipline. Il ne s'agit pas seulement de transmettre les rudiments de la statistique descriptive, ni de se limiter à la mise en œuvre de quelques algorithmes mais l'enseignement universitaire de la statistique impose de dépasser le niveau concret pour initier les étudiants au raisonnement statistique. La prudence que requièrent le maniement des concepts et la manipulation des outils impose de la vigilance dans leur usage. C'est pourquoi leur transmission comporte aussi l'engagement des étudiants dans le développement de leur jugement critique (Cobb et Moore, 1997, p. 801) à toutes les étapes de l'apprentissage. À partir d'articles scientifiques, nous avons construit une liste restrictive des principales difficultés pour tenter de les circonscrire. Ce sont ces points qui seront traités dans les sections suivantes.

3.2.1. Des difficultés d'appréciation face à la statistique

À l'université, l'enseignement de la statistique ne consiste pas seulement à doter les apprenants d'outils, de méthodes, d'algorithmes et de procédures (Sander *et al.*, 2004) mais implique de surpasser les simples étapes de calculs, d'exécution d'opérations et de traitement des données (Gattuso, 2011, p. 13). Ces tâches seraient de l'ordre de l'exécution, du savoir-faire et du savoir mobiliser une formule dans une situation donnée. Or, il est attendu des étudiants la mobilisation d'un degré supérieur de compréhension et d'analyse qui leur permette d'atteindre un niveau de conceptualisation plus abstraite. Prenant en compte ces distinctions delMas (2004) distingue nettement la pensée statistique du raisonnement statistique. Dans ce registre, la pensée statistique est avérée lorsque l'étudiant sait quand et comment appliquer les connaissances et les procédures de statistique. En revanche, le

raisonnement statistique ne peut être atteint que lorsque l'étudiant peut justifier des conclusions et procéder à des inférences ce qui correspond à un degré supérieur de conceptualisation. Selon Duperret (2001, p. 10) il s'agit alors du troisième niveau d'apprentissage de la statistique qui consiste à esquisser des conclusions « *vraisemblables* » et « *probables* » et devient alors un instrument d'aide à la décision.

Prenant appui sur l'approche initiée en 1938 par Bachelard, Régnier (2003, p. 9) propose l'idée de formation à l'esprit statistique. Elle se caractérise par « *la nature du rapport à l'incertitude et à l'erreur* » ; par conséquent « *L'esprit statistique requiert un renoncement à l'usage systématique de l'idée de vérité pour chercher à maîtriser celle de vraisemblance, de plausibilité* » Régnier (2005, p. 3). Suivant ce principe, le premier niveau de cet enseignement serait la prise de conscience de la présence de la fluctuation d'échantillonnages, c'est-à-dire que les résultats obtenus varient en fonction des échantillons. Si l'on met en place plusieurs enquêtes, à partir de divers échantillons représentatifs, alors les résultats ne seront pas forcément identiques, mais plutôt sujets à variation. Cependant, quand les caractéristiques de l'échantillon sont connues, ces données parcellaires peuvent indiquer, avec une certaine marge d'erreur acceptable, les tendances de la population mère. Il s'agit alors d'établir des liens entre ce que l'on observe sur des échantillons et ce qui se produit concrètement pour l'ensemble de la population. Comme ce premier exemple l'atteste, cette attitude consiste à dépasser le niveau de la statistique descriptive pour atteindre celui de l'induction, traité par la statistique inférentielle. Dans le schéma synthétique, ci-dessous, Régnier rapporte les principaux éléments qui concourent à la formation de l'esprit statistique en incluant la pensée, le raisonnement et l'induction dans son modèle explicatif.

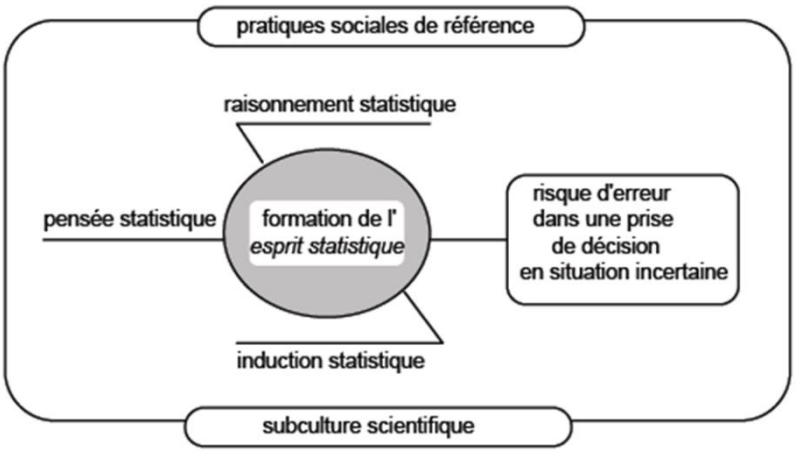


FIGURE 5 – FACTEURS DE LA FORMATION DE L'ESPRIT STATISTIQUE, SELON RÉGNIER (2003, P. 9)

Mais l'acquisition du raisonnement statistique et le développement de l'esprit statistique requièrent un changement conceptuel qui n'est pas aisé et peut provoquer des difficultés que nous rangeons sous le terme générique « *de difficultés d'appréciation* ».

3.2.2. Des difficultés d'interprétation face à la statistique

Dans cette section, nous considérons le terme *interprétation* au sens large, c'est-à-dire comme synonyme du sens dégagé d'une notion par un sujet dans l'analyse et son explicitation personnelle, comme il est employé par Calmant *et al.* (2011, p. 51). Cependant, nous l'acceptons également au sens plus restrictif qu'il prend dans la réponse formalisée à un test statistique, comme il est employé par Zendrera (2004, p. 1). Dans ce dernier cas il constitue alors l'étape ultime mais fondamentale de la résolution d'un problème de statistique qui consiste à commenter les résultats obtenus après un test d'hypothèse. Ainsi, Cañadas *et al.* (2012, p. 12) rapportent que pour Chaput, Girard et Henry (2011), l'interprétation est la dernière étape de tout processus de modélisation. Elle consiste d'abord à la traduction des résultats mathématiques puis à leur donner un sens pour obtenir des réponses. Cette étape est délicate et peut donner lieu à des difficultés d'appréciations et engendrer des difficultés d'analyse. Par conséquence, l'interprétation a donné lieu à plusieurs études dont celles de Castro Sotos *et al.* (2007) dressant un état des principales recherches empiriques qui s'intéressent aux idées fausses provoquées lors de l'apprentissage de la statistique inférentielle et plus spécifiquement à partir des difficultés relevées dans l'interprétation des tests d'hypothèses. Plusieurs auteurs signalent que ces tests seraient la partie du programme d'enseignement qui produirait le plus de difficulté d'interprétation (Brewer, 1956, cité par Batanero *et al.*, 1994, p. 538 ; Siegel, 1956, cité par Zendrera, p. 2).

Les difficultés inhérentes aux tests d'hypothèses peuvent avoir des origines extérieures aux étudiants. Ainsi, dès 1975, Nunally (p. 19-96, cité par Haller et Krauss, 2002, p. 3) relève dans différents manuels universitaires des phrases ambiguës qui sont susceptibles d'induire une interprétation erronée. Cet auteur en arrive à la conclusion que les expressions qui portent à confusion ne sont cependant pas très nombreuses ; en revanche il déplore que tous les manuels examinés s'attardent à l'exécution des procédures formelles au détriment de la compréhension de la signification des résultats. Une enquête par questionnaire, menée par Haller et Krauss (2002), rapporte des difficultés d'interprétation même chez des enseignants de méthodologie. Ils rencontrent moins de difficultés à interpréter un test d'hypothèse que les étudiants, toutefois 80 % des répondants (n = 30) commettent au moins une erreur sur les six items posés. C'est la proposition sur la probabilité de se tromper lors du rejet de l'hypothèse nulle qui engendre le plus de difficultés. Cette erreur récurrente est aussi constatée par Batanero *et al.* (1994) lors de leur recension d'articles sur les tests d'hypothèse produit à partir des articles de Reeves et Brewer (1980), Johnson (1981) and Shoesmith (1983). Nous groupons les difficultés qui relèvent de l'analyse et l'explicitation, équivalant à *misinterpretation*, sous le terme générique « *des difficultés d'interprétation* ».

3.2.3. Des difficultés de manipulation numérique face à la statistique

Il existe aujourd'hui une myriade de logiciels qui facilitent le traitement statistique des données et améliorent la rapidité de réalisation des calculs tout en offrant un *condensé* de résultats (Aragon, 2007, p. 3). Les technologies de l'information et de la communication (TIC) évoluent sans cesse et leur développement offre des représentations graphiques plus complexes et plus nombreuses qu'avant (Gattuso, 2011, p. 9). Toutefois, la facilité avec laquelle il est possible de tracer des graphiques et la multitude de fonctions mises à disposition par les logiciels ne sont pas sans comporter le risque de choisir une représentation incorrecte, d'utiliser un traitement à mauvais escient et d'obtenir une figure inadaptée (Batanero *et al.*, 1994). Les logiciels de traitement de données facilitent considérablement les opérations de calculs et soutiennent l'instrumentation statistique. Ils permettent ainsi de se décharger de la mise en œuvre de certains calculs qui sont complexes, longs et fastidieux. À cela s'ajoute le développement actuel des capacités informatiques qui améliore la puissance du recueil de données et permet des traitements de plus en plus volumineux. Les algorithmes usités sont efficientes dans la plupart des logiciels de traitement de données, mais les formules mathématiques sous-jacentes ne sont toutefois pas visibles par l'utilisateur. Ce dernier n'a pas accès à leur syntaxe, ni même à leur représentation, puisqu'à l'écran ne s'affichent que le nom de la fonction – ou bien une icône la symbolisant – puis le résultat obtenu, sans aucune spécification du traitement produit. Tout à la fois les logiciels de traitement de données facilitent les opérations de calculs mais complexifient la compréhension du résultat obtenu ; ce paradoxe didactique est souligné par Régnier. Il signale que : *L'espace dégagé par une moindre expertise dans le domaine calculatoire est à occuper au profit d'une plus grande expertise dans le choix des modèles de traitements et dans l'interprétation de leurs produits*. Régnier (2003, p. 22). En effet, le recours à des traitements assistés par ordinateur, s'il décharge l'étudiant de tâches fastidieuses de calcul, impose simultanément un accroissement de sa vigilance pour produire les vérifications ainsi que les interprétations sur les résultats obtenus.

Ainsi, un des changements majeurs entre un cours de statistique non médié par ordinateur et un cours l'incluant avec un logiciel de traitement de données nous semble être dû à cette disparition de toute représentation formelle du calcul et de sa formule. La majorité des applications s'attachent à guider, simplifier et faciliter leur utilisation en accomplissant automatiquement les traitements de données et en procurant des résultats (Roditi, 2009, p. 2). Aussi, les formules n'ont plus lieu d'être apprises par cœur par les étudiants puisqu'elles sont applicables à tout moment grâce à des programmes puissants. Elles sont également disponibles sur Internet comme l'indique Alcheghri (2012) et toute personne connectée peut

donc rapidement en prendre connaissance. Or, la performance technique et l'apparente simplicité d'utilisation des logiciels n'exemptent nullement la nécessité d'une expertise en statistique pour une manipulation pertinente des outils et une analyse fine des données (Régnier, 2003, p. 22).

Toujours à l'instar de Régnier, force est de constater que :

> L'obstacle majeur à l'apprentissage de la statistique n'est pas le stockage des formules à appliquer. C'est plutôt la compréhension du sens des modèles construits pour conduire l'étude instrumentée d'un objet. Les critères mis en avant sont alors la pertinence du choix de la formule, et la validité et l'efficacité de l'interprétation des résultats que produit cette formule. (Régnier, 2002, p. 8)

Pour toutes ces raisons, il devient alors primordial pour le didacticien de rester vigilant aux difficultés propres à l'utilisation d'un outil numérique, que nous classons sous la dénomination « *des difficultés de manipulation numérique* ».

En résumé, dans une tentative de compréhension des difficultés éprouvées par les étudiants issus des SHS, lors de l'apprentissage de la statistique médiée par les TIC, nous avons extrait de la littérature six formes distinctes de difficultés récurrentes que nous venons d'ordonner selon des dénominations génériques.

3.3. Des erreurs, difficultés et obstacles dans l'apprentissage de la statistique

Nous avons délibérément utilisé l'expression de difficultés et celle d'erreur tout au long des sections précédentes et il est à présent nécessaire de les définir avant de les décrire plus longuement. Force est de constater que la plupart des concepts élémentaires de statistique peuvent provoquer des difficultés, des erreurs, ou des obstacles à l'apprentissage. Parfois utilisés comme des synonymes, ces trois termes colportent des notions pourtant différentes. Il va s'agir dans les paragraphes suivants de distinguer les nuances sémantiques qu'ils colportent au regard des chercheurs qui se sont penchés sur le sujet et de restituer leurs apports majeurs. Dans le cadre de la didactique des mathématiques, Brousseau (2001) dresse une nomenclature et une description détaillée des erreurs que commettent les élèves face aux mathématiques.

3.3.1. Les distinctions sémantiques entre erreur et difficulté

De la description de Brousseau (2001) il ressort que les erreurs sont propres à une connaissance ou à une situation mathématique. Elles sont inhérentes au processus d'apprentissage car elles ne peuvent surgir que dans des situations qui laissent une part de liberté à l'apprenant, c'est-à-dire qu'elles favorisent sa « *prise de risques* ». C'est pourquoi on ne peut pas l'interpréter comme une faute mais bien comme un processus accidentel en réponse à une « *provocation* » calibrée par l'enseignant. Nécessaires aussi bien pour celui qui

les commet que pour celui qui les a évitées, elles sont toutefois vite oubliées. Les erreurs doivent être comprises par tous les élèves, de préférence énoncées dans leur répertoire lexical, identifiables, explicitables et surtout « *rectifiables* ». Il nous semble que ces caractéristiques conviennent également à la didactique de la statistique. C'est dans ce champ que Régnier (2012) en concordance avec Brousseau caractérise l'erreur suivant les cinq caractéristiques suivantes :

> Elles ne sont pas des erreurs pour celui qui les commet.
> Elles sont un état des connaissances d'un sujet à un moment donné de son développement.
> Reproductibilité : elles sont reproductibles chez l'élève.
> Persistance : elles ont une certaine persistance.
> Systémique : elles ne sont pas isolées, sont en relation avec d'autres. (Régnier, 2012, p. 31)

Astolfi (1997) conçoit l'erreur comme *un outil pour enseigner*, c'est le titre de son ouvrage qui veut dépasser l'image péjorative de l'erreur pour la reconsidérer comme un indicateur des processus d'apprentissage qui favorisent la mise en place de remédiations adaptées. Quant aux troubles de l'apprentissage, ils demeurent persistants voire permanents et ne sont pas liés à la situation d'apprentissage mais sont imputables à des dysfonctionnements des capacités cognitives de l'apprenant. Dès lors, l'erreur est inévitable, nécessaire et intrinsèquement consécutive au processus d'apprentissage.

L'erreur se rapporte au fait de se tromper, ou de porter un jugement erroné. Elle reste liée à la réponse inappropriée de l'apprenant, alors que la difficulté, elle, est imputable à la condition, la situation et aux circonstances qui provoquent des leurres comme le précise Brousseau, dans l'extrait suivant :

> Une difficulté est une condition, un caractère d'une situation qui accroît de façon significative la probabilité de non-réponse ou de réponse erronée des sujets actants impliqués dans cette situation. Cet actant peut être un élève, mais aussi le professeur qui peut éprouver une difficulté à obtenir les apprentissages qu'il projette. (Brousseau, 2001, p. 1)

Une difficulté est donc fermement liée aux variations didactiques et reste fortement dépendante du contexte dans lequel elle apparaît. Il s'agit d'une circonstance qui augmente significativement la probabilité d'engendrer chez les apprenants des solutions inadaptées qu'elles soient inexistantes ou inexactes.

Suivant les définitions préceptes de l'obstacle épistémologique développées par Bachelard (1938), complétées par les écrits de Piaget (1975) et réexaminées par Brousseau (1976, 1983, 1998), la survenue d'un obstacle se produit quand les conceptions préalables contredisent et surtout entravent l'acquisition de nouvelles conceptions. Il peut résulter, toujours selon Brousseau, des trois origines suivantes :

– ontogénique : associé aux capacités neurophysiologiques de l'apprenant ;
– didactique : allant du curriculum prescrit à la méthode d'enseignement pratiquée en classe ;
– épistémologique : lié à la discipline même et au processus d'apprentissage.

Selon Batanero *et al.* (1994, p. 529) certaines conceptions permettent de résoudre correctement un ensemble de problèmes mais se trouvent inappropriées ou inadéquates lorsqu'elles sont transférées dans d'autres classes de situations. L'étudiant présente alors une forme de résistance au changement et persiste dans ses conceptions précédentes. Dans ces circonstances il s'agit d'un *obstacle cognitif* qui peut être à l'origine des erreurs et des difficultés observées.

3.3.2. Les niveaux de conceptualisation dans le champ conceptuel de la statistique

Reid et Petocz (2002) ont mené une étude qualitative sur les conceptions et les compréhensions des étudiants concernant la statistique. Ils ont questionné vingt étudiants, choisis au hasard par un assistant de recherche à partir des listes de classes de première et de troisième année universitaire inscrits en mathématiques, avec des spécialisations possibles en statistique. Les réponses obtenues permettent de rassembler plus de 33000 mots et donnent lieu aux catégories hiérarchiques suivantes :

Focus sur la technique

– Par la description des activités numériques individuelles : la statistique est alors comparée aux mathématiques impliquant l'utilisation de calculs (conception 1).
– Par la description des techniques statistiques individuelles : selon des techniques utilisées pour traiter les données (conception 2).
– Par la description de techniques statistiques correspondant à une « *boîte à outils* » rassemblant différentes méthodes nécessaires pour traiter les données (conception 3).

Focus sur les données

– Par l'évocation des analyses et des interprétations des données : la statistique est alors décrite comme une discipline donnant du sens aux données (conception 4).
– Par l'évocation de l'utilisation de modèles statistiques : la statistique est alors décrite comme très utile pour comprendre des situations de la vie quotidienne (conception 5).

Focus sur le sens

– Par la considération de son utilité pour donner du sens et augmenter le développement personnel : la statistique est alors rapportée selon une pensée créative et critique (conception 6).

Cette catégorisation en trois focus donne lieu à un regroupement des conceptions qui caractérisent le niveau d'approche.

Approche	Focus sur la technique	Focus sur les données	Focus sur le sens
Collecte de Données	Conception 1 Conception 2 Conception 3		
Application traitement		Conception 4 Conception 5	
Appropriation création			Conception 6

TABLEAU 6 – DÉFINITION DE LA STATISTIQUE SELON REID ET PETOCZ (2002)

Suivant un tout autre protocole, Gordon (2004, p. 49) analyse un questionnaire remis vers la fin du premier semestre dans le cadre d'un cours obligatoire de statistique à 279 étudiants australiens inscrits en deuxième année universitaire de psychologie. Ces données sont complétées par des extraits d'interviews audio-enregistrées avec une sélection des étudiants et deux professeurs d'université. Le corpus obtenu permet de mettre en évidence les cinq catégories distinctes de représentations de la statistique suivantes :

– ne perçoivent pas de sens ;

– décrivent des procédés ou algorithmes ;

– maîtrisent des concepts et méthodes statistiques ;

– perçoivent un outil pour obtenir des résultats dans la vie réelle ;

– développent une pensée critique.

Gordon (2004) signale que la majorité des étudiants interrogés dans cette enquête ont étudié la statistique à l'université à contrecœur (en anglais : *unwillingly*). Ils décrivent cette discipline comme étant l'apprentissage de procédés mécaniques ou la maîtrise de concepts et de méthodes statistiques décontextualisées. Seule une minorité d'étudiants a exprimé une plus grande volonté de participer au cours de statistique et a rapporté des conceptions plus réfléchies, riches et personnelles sur le sens qu'ils donnaient à la discipline.

3.3.3. Les niveaux de conceptualisation concernant la définition de la statistique

Une troisième enquête portant sur le même objet d'étude a été menée par Bond *et al.* (2012) auprès de 47 étudiants pour le pré-test (avant la formation en statistique) et 37 étudiants pour le post-test (après la formation en statistique) pour identifier comment les étudiants définissent et conceptualisent la statistique au début d'un cours de statistique

élémentaire et déterminer si une différence est visible entre les préconceptions et les définitions après le cours. Il en ressort diverses représentations rapportées dans le tableau ci-dessous.

Connaissance / contenu	Pré-test (n = 47)		Post (n = 37)	
(catégorisation des mots de statistique)	Eff.	Fréq.	Eff.	Fréq.
Ne comprend pas	4	8 %	0	0 %
Probabilité seulement ; stat. sportive	7	15 %	0	0 %
Statistique descriptive seulement	20	42 %	1	3 %
Statistique descriptive et variabilité	6	13 %	3	8 %
Statistique descriptive et probabilité	5	11 %	11	30 %
Statistique inférentielle	5	11 %	22	59 %

TABLEAU 7 – RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE MENÉE PAR BOND ET AL. (2012)

Lors du pré-test moins de la moitié des étudiants (n = 20/47) évoquent la statistique inférentielle alors que dans le post-test ils sont plus de la moitié (n = 22/37) à l'évoquer. L'écart entre ces deux réponses permet de confirmer un changement important dans la conceptualisation de la définition de la statistique. De plus, au début de la formation, les étudiants évoquent majoritairement la statistique descriptive en inscrivant les notions élémentaires comme la moyenne, la médiane et le mode ce qui n'apparaît à la fin de la formation que sur trois questionnaires. Seulement six participants sont restés au même niveau de conceptualisation tandis que trente et un d'entre eux ont donné une définition de la statistique plus précise.

4. Le cadre conceptuel de la thèse et les conditions facilitatrices de formation

L'état de l'art a pour fonction de décrire des connaissances à un temps *t* sans restriction particulière et reste très ouvert, alors que le cadre théorique d'une thèse, comme son nom l'indique, circonscrit une recherche en apportant des définitions, des références et des modèles conceptuels déjà éprouvés antérieurement par d'autres chercheurs. Toutes les informations sont alors compilées et surtout mises en perspective pour donner conjointement une trame de fond épistémologique, une structure intelligible et des outils méthodologiques. Le cadre théorique permet de prendre parti, d'effectuer des choix raisonnés, de se situer dans un paradigme existant et de s'inscrire dans une lignée scientifique et cela dans la pléthore d'écrits, d'idées et de communautés scientifiques existants. Aucune recherche n'est exempte de filiation ou tout au moins de relation avec une étude précédente et donc se positionne immanquablement dans un continuum.

Notre recherche s'inscrit dans le champ de la didactique de la statistique qui offre un cadre théorique pertinent pour cette étude et nous avons convoqué d'autres disciplines complémentaires pour circonscrire notre enquête dans un cadre suffisamment large.

Les erreurs relevées dans les écrits et les témoignages d'étudiants ont suscité un intérêt considérable dans la communauté des chercheurs, très souvent engagés dans leur double statut de praticiens-chercheurs de terrain. Selon De Lavergne (2007, p. 28), cette expression reliée par un trait d'union « *signifie que l'activité professionnelle génère et oriente l'activité de recherche, mais aussi de façon dialogique et récursive, que l'activité de recherche ressource et ré-oriente l'activité professionnelle* ». Nous revendiquons également ce statut double de praticienne-chercheuse. Comme chargée de cours, plus que les difficultés qui ont été déjà longuement traitées en didactique de la statistique, ce sont les facilités et les réussites des étudiants qui nous intéressent. En effet, il semble particulièrement stimulant d'observer les conditions de formation améliorant la réussite dans des situations éducatives favorables. Ainsi, nous nous sommes demandé quelles sont les situations facilitatrices. Une première proposition dérive des conditions intrinsèques à la situation. Ce qui revient à se demander quelles sont les situations de formation propices à l'acquisition de connaissances, au développement de compétences et au développement du raisonnement statistique. Plusieurs auteurs se sont attachés à les décrire, c'est ce que nous allons aborder dans les sections suivantes.

Cette section restitue les résultats des recherches qui décrivent les situations propices pour surmonter les difficultés récurrentes rencontrées par des étudiants qui abordent la statistique dans un cadre universitaire. De nos lectures nous retenons l'intérêt et l'utilité de mettre les étudiants en situation d'apprentissage par l'action qui peut s'effectuer à plusieurs comme le préconise Dunn (2001) « *two heads are better than one* » pour appréhender la statistique à partir d'un panorama d'activités de statistique collaboratives applicables au niveau de l'enseignement universitaire. Reprenant à notre compte les écrits de Garfield (1995, p. 29), nous retenons qu'il existe des situations didactiques et pédagogiques particulièrement favorables à l'amélioration du processus d'apprentissage en général et de la statistique en particulier, comme :

– Les activités basées sur la collaboration entre petits groupes pour favoriser l'acquisition de concepts.
– L'utilisation du numérique pour visualiser et interagir sur les données.

Arrivant à des conclusions similaires, Leavy *et al* . (2013, p. 4l) préconise le travail de groupe, l'utilisation de pédagogies innovantes et d'évaluations authentiques et l'emploi de la technologie pour favoriser le raisonnement statistique. Ce sont essentiellement ces trois modèles d'enseignement basés sur l'action, la collaboration et le numérique que nous allons développer dans les chapitres suivants.

4.1. Apprendre par l'action

Pour appréhender comment une connaissance se construit, dans sa mise à l'œuvre par la posture active de l'étudiant, nous nous tournons vers les apports de la théorie des champs conceptuels. Ce modèle fait valoir la place fondamentale qu'occupe l'activité effective produite par l'apprenant dans le processus d'apprendre. Pour Vergnaud, un concept ne peut se réduire à sa seule définition, il doit alors être étudié à travers l'ensemble des situations qui lui donnent du sens. Nonobstant une grande variété de situations liées à un concept, la conduite des activités s'ordonne suivant des caractéristiques communes et surtout conformément à un traitement identique. Elles forment ainsi des classes similaires qui sont elles-mêmes en relation avec d'autres concepts pour former des ensembles et des sous-ensembles selon un agencement organisé. Il s'agit des fondements de la théorie des champs conceptuels. Ils seront décrits dans les chapitres suivants à la suite de quoi seront abordés les piliers de la théorie de l'activité.

4.1.1. Apports de la théorie des champs conceptuels

Le développement d'un concept se présente sous forme d'un système ordonné que Vergnaud nomme un champ conceptuel. Pour une même catégorie de situations données, l'apprenant va mettre en place une conduite analogue, c'est ce que l'on appelle un schème. Pour le définir, Piaget (1947, p. 17) emploie la comparaison simplificatrice et imagée de « *canevas des actions répétables* ». Le principe de cette « *forme d'organisation de l'activité* » va être revu et complété par les travaux de Vergnaud qui place le schème au centre de ses réflexions. Il le définit comme : « *une organisation invariante de la conduite pour une classe de situations* » (Vergnaud, 1990, p. 136). Pouvant être assimilé à une routine stabilisée et opératoire, le schème contient tout ce qui permet d'accomplir une action, soit aussi bien la prise d'informations que son traitement ou encore sa mise en acte. Le schème comprend quatre composantes distinctes :

– la déclinaison de buts en sous-buts passant par des intentions et des anticipations ;
– la mise en place de règles d'action ;
– le traitement d'invariants opératoires qui se décomposent en concepts-en-acte et théorèmes-en-actes ;
– l'adaptation aux conditions par l'inférence en situation.

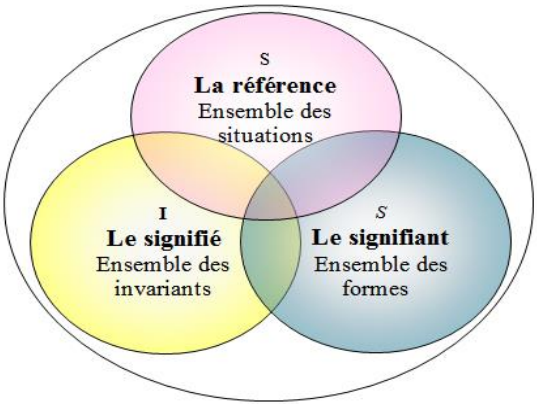


FIGURE 6 – DESCRIPTION D'UN CONCEPT (ADAPTÉ DE LA DESCRIPTION DE VERGNAUD)

Vergnaud (1985, p. 247-248 ; 1990, p. 145) parachève son modèle explicatif en décrivant le concept, suivant un ensemble tripolaire C = {S, I, *S*}, où :

– S est l'ensemble des situations qui donnent du sens au concept (la référence) ;

– I est l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié) ;

– *S* est l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant).

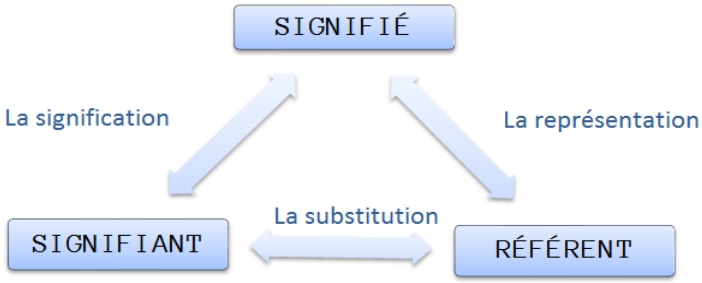


FIGURE 7 – DESCRIPTION D'UN CONCEPT (ADAPTÉ DE LA DESCRIPTION DE VERGNAUD)

4.1.2. Statistique et théorie des champs conceptuels et la statistique

Partant de ce modèle, Oriol (2007, p. 40) illustre la théorie du champ conceptuel par une comparaison concrète qu'il emprunte à la statistique. Il prend alors comme exemple la notion de moyenne arithmétique d'une série de données. Tout d'abord elle est indéniablement un concept puisqu'elle se rapporte à un ensemble de situations (la référence). Elle regroupe également un ensemble d'invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié). Enfin, la moyenne arithmétique d'une série de données admet un ensemble de formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant). Sur l'échantillon d'effectif n elle est désignée par la lettre latine *m* et peut alors prendre les trois notations en relation avec la procédure pour son calcul.

$$m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n} o_i = \quad \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{k=p} n_k x_k = \quad \sum_{k=1}^{k=p} f_k x_k$$

FORMULE 3 – TROIS FORMULES DE LA MOYENNE[24]

Toutefois, un concept n'est pas une structure isolée. Il s'inscrit dans un champ conceptuel. La moyenne arithmétique peut ainsi être mise en relation avec la variance ou l'écart-type, pour ne citer que les plus communs.

Outre le modèle explicatif décrit ci-dessus, nous retenons trois points essentiels de la théorie des champs conceptuels. Tout d'abord, ce modèle théorique stipule qu'il est nécessaire d'étudier un concept en le reliant à un champ de problèmes distincts mais reposant sur une notion identique. Ainsi Vergnaud s'intéresse à la structure de l'addition et de la multiplication en listant des situations différentes qui font appel au même calcul de sommes. Sur ce point, dans notre recherche, nous suivons les étudiants sur plusieurs séances et les observons dans plusieurs situations qui convoquent les mêmes concepts de statistique.

Les invariants opératoires sont les représentations qui regroupent d'une part des concepts-en-acte, en d'autres termes des invariants opératoires reposant sur ce que le sujet tient pour pertinent, et d'autre part les théorèmes-en-acte, c'est-à-dire des propositions qui reposent sur ce que le sujet tient pour vrai. Ces deux catégories constituent les connaissances-en-acte qui permettent au sujet de répondre aux tâches prescrites. La locution « *en-acte* » renforce le lien avec l'organisation de la conduite de l'action en cours produite par le sujet en situation. De surcroît, cette tournure syntaxique accentue la part de l'action dans la production des invariables opératoires qui émanent de l'action.

La stabilité et la durabilité des représentations ne font aucun doute et en cela plusieurs recherches attirent notre attention sur la permanence des connaissances naïves chez les adultes. Or, le processus d'apprentissage passe inexorablement par des changements conceptuels ; pour gérer l'antagonisme entre la persistance d'un schème et le déséquilibre provoqué par le développement de l'individu. Ainsi, Vergnaud (1994, p. 18) identifie dans le schème la possibilité d'inférence qui permet de réguler les activités en situation et donc d'envisager des changements. Suivant ce modèle nous allons nous attacher à mettre en perspectives des classes de situations qui mobilisent des concepts de statistique. Ainsi nous pourrons constater une pluralité d'activités effectives produites par les étudiants et des formes diverses de théorèmes-en-actes mis en jeux pour répondre à des tâches prescrites.

24. Ces trois représentations nous renseignent sur le procédé de calcul qui diffère d'une formule à l'autre. Elles sont extraites du support de cours de Régnier (2007) qui les dispose les unes à la suite des autres.

4.1.3. Apports de la théorie de l'apprentissage par l'action

Selon les conseils précurseurs *hands-on learning* de Dewey, Ord (2012, p. 55) signale qu'apprendre en faisant, aussi nommé apprendre par l'action repose sur les trois hypothèses décrites par Smith, suivantes :

> Les élèves apprennent mieux quand ils sont personnellement impliqués dans l'expérience d'apprentissage.
> La connaissance doit être découverte par l'élève pour avoir une signification importante mais aussi pour modifier son comportement et son engagement.
> Un élève est mieux armé quand il est libre de fixer ses propres objectifs d'apprentissage et qu'il est en mesure de le poursuivre activement, dans un cadre donné (Smith, 1980, p. 16).

Smith (1998) met en application le célèbre adage de Dewey en instituant le « *Learning Statistics By Doing Statistics* » pour aider ses étudiants à développer un raisonnement statistique et leur permettre d'améliorer leur préconception en complétant ce qu'ils ont entendu, lu et retenu sur la statistique en faisant réellement et concrètement des activités. Elles consistent à mettre en œuvre une étude par la collecte de données, puis advient l'analyse des résultats obtenus, à la suite de quoi il est demandé la préparation de rapports écrits. En dernier lieu leur diffusion doit se faire sous la forme d'une présentation orale. Cette expérimentation permet de remarquer que les notes d'examen des étudiants se sont améliorées de façon spectaculaire, mais il est particulièrement intéressant de pointer une diminution des scores très faibles et une meilleure constance des résultats surtout par la disparition d'échecs en cours de formation. Si ces résultats paraissent prometteurs en termes de performance universitaire, il est indispensable d'ajouter que la théorie de l'apprentissage par l'action est également abordée par Piaget (1975) comme un facteur de développement personnel. L'approche de « l'apprentissage fondé par le tâtonnement expérimental de l'apprenant » selon le cadre pédagogique de la pédagogie Freinet se fonde sur l'expérimentation. Tel un apprenti-chercheur l'enfant met en place une démarche naturelle et universelle à partir d'hypothèses qu'il tente de confirmer.

> Il s'agit de laisser les enfants émettre leurs propres hypothèses, faire leurs propres découvertes, éventuellement constater et admettre leurs échecs mais aussi parvenir à de belles réussites dont ils peuvent se sentir les vrais auteurs. Les résultats ? Une motivation très forte, une implication immédiate de chaque enfant, qui acquiert ainsi confiance en lui et en ses possibilités de progresser par lui-même. (Freinet, 1943)

Cette approche repose sur la conscientisation de l'action et sa répétition. Elle favoriserait la motivation, la confiance en soi et en sa capacité de progression.

4.1.4. Apports de la théorie de l'activité

Née des travaux précurseurs des penseurs russes tels que Vygotsky et Leontiev, la théorie de l'activité (TA) s'attache à comprendre l'activité en la situant dans son contexte.

Pour Leontiev (1978 ; 1981), l'opérationnalité se produit selon les trois niveaux d'organisation hiérarchique suivante :

– l'activité correspond au mobile ;

– l'action supporte le but ;

– l'opération repose sur les conditions.

Engeström (1987) adjoint au modèle de la théorie de l'activité l'idée de communauté. Elle participe dès lors qu'un individu n'est plus seul et se caractérise comme étant l'ensemble des individus partageant le même objet, comme l'illustre la figure ci-dessous.

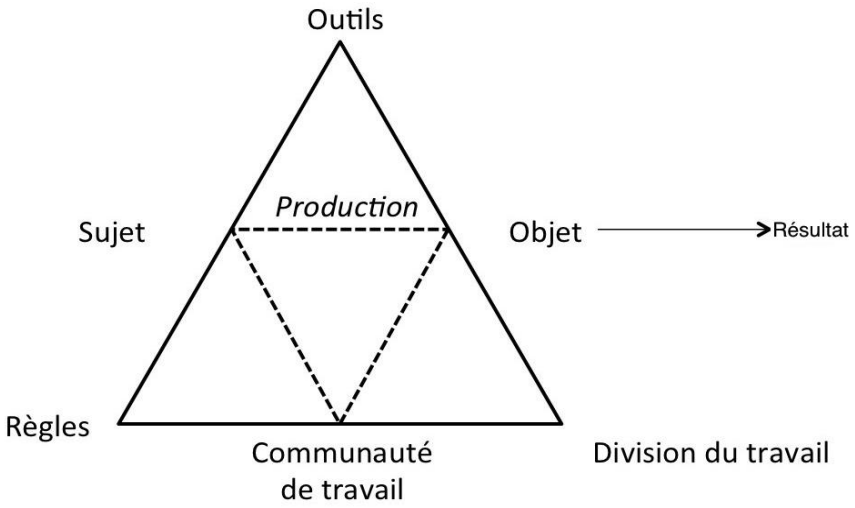


FIGURE 8 – MODÈLE DE L'ACTIVITÉ SELON ENGESTRÖM (1987, P. 78)

Le triangle éclaté ci-dessus représente différents éléments connectés entre eux. Selon ce schéma la communauté est :

– régie par les normes sociales et répartie par la division du travail ;

– constituée des sujets qui la composent et reliée au même objet de l'activité produit à plusieurs ;

– outillée par des instruments permettant la production.

Engeström (2011, p. 171) ajoute à ce modèle l'idée que « *l'activité implique des actions individuelles, elle n'est en aucune façon irréductible à la somme des actions individuelles* ».

Dans cette thèse nous employons le terme « *activité* » selon les descriptions de Leplat et Hoc (1983, p. 50) et la définissons succinctement comme : la réponse émise par un étudiant, par l'accomplissement d'un enchaînement d'opérations effectives, en réaction à des

consignes émanant d'une tâche prescrite par l'enseignant, lors de productions numériques menées à plusieurs.

4.2. Apprendre par l'interaction et la collaboration

L'idée de rassembler des élèves en petits groupes n'est pas nouvelle puisqu'elle serait déjà présente dans les écrits de Comenius. Cependant, il faudra attendre le XXe siècle pour que se développe cette forme d'enseignement grâce aux pédagogues tels que Decroly, Cousinet, Claparède en Europe et Dewey aux USA. En France, on peut faire remonter à la fin de la Seconde Guerre mondiale le projet de coopération le plus abouti. C'est essentiellement à Freinet que l'on doit son zénith et son application quotidienne au sein de sa propre classe. Cet éducateur se donne pour objectif de placer l'apprenant au cœur de ses camarades et s'octroiera pour maxime : « *L'enfant développera au maximum sa personnalité au sein d'une communauté rationnelle qu'il sert et qui le sert* » (Freinet, 1968, p. 18). Bien plus qu'une méthode demutualisation utilitariste, la gestion de la classe, préconisée par Freinet, véhicule toute une idéologie et porte sur un nouveau modèle de société dérivant du courant de pensée humaniste. Il veut « *aider à l'instauration, dans la classe, d'une relation nouvelle qui ne sera plus d'autorité et d'obéissance mais de prise en charge coopérative* » (ICEM, 1972, p. 156). Le partage de ressources pédagogiques sont elles aussi mutualisées par des organismes comme l'Office central de la coopération à l'école (OCCE). Ces principes se distinguent nettement du modèle transmissif qui confère au rapport maître/élève une position inégalitaire dans laquelle le maître reste le garant des savoirs et de l'organisation de la classe. À l'inverse, la pédagogie Freinet confère au camarade le statut de pair.

En tant que pair, chaque étudiant n'est plus seulement un individu intégré dans une promotion, il prend alors le statut de semblable, d'alter ego, et de fait participe à *l'interaction horizontale* par opposition à *l'interaction verticale* qui se produit entre étudiant et enseignant. Ce choix lexical présuppose une équivalence et une parité de droits dans les relations instaurées entre camarades de promotion. Cependant, derrière cette apparente égalité statutaire, se trouvent indubitablement des activités et des interactions fortement inégalitaires. Si, en théorie, chaque étudiant occupe un statut identique, il est à noter que dans l'activité commune mise en place se produisent de nombreux jeux et enjeux distinctifs. Comme nous avons pu le souligner, dans le cadre de notre Master 2, bien des dissemblances se cachent sous une apparente proximité. Dès lors, les rôles de chacun se construisent dans l'action, durant les activités produites individuellement comme collectivement. Le groupe n'évoque pas un sujet en particulier mais suggère un ensemble unifié d'individus. Il reste alors à préciser la nature des liens qui les réunit ainsi que les objectifs visés par la situation de formation. Il existe une

grande diversité de modes de regroupement des apprenants dont nous avons identifié les quatre principaux types rapportés dans la figure qui suit.

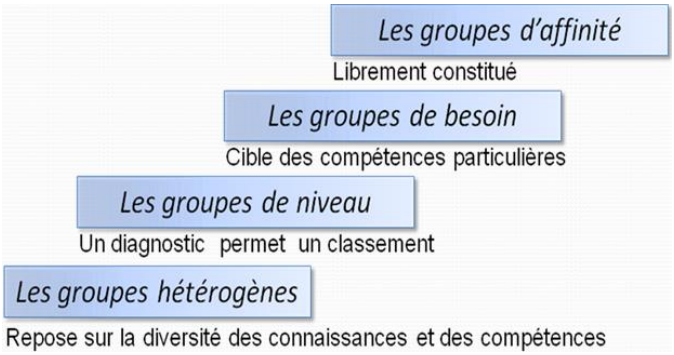


FIGURE 9 – PRINCIPAUX TYPES DE REGROUPEMENTS

L'apprentissage entre pairs regroupe également diverses formes d'activités collectives ; nous citerons ici les plus courantes que sont le travail en équipe, l'apprentissage coopératif, l'apprentissage collaboratif. Pour lever le voile des ambiguïtés phonétiques, linguistiques et conceptuelles, nous confronterons les définitions de plusieurs chercheurs. Après avoir rapporté les principales interprétations et déterminé les critères saillants, nous apporterons une définition synthétique. Au regard de ces trois concepts nous retiendrons plus particulièrement la collaboration dont il sera question dans cette recherche.

4.2.1. Apprendre à plusieurs

La consultation de textes sur l'apprentissage entre pairs donne à voir trois concepts concurrents que sont : la coordination, la coopération et la collaboration. Outre une proximité évidente d'ordre phonétique, on note également une parenté entre ces termes. Ces analogies sont en partie dues à la frontière fluctuante des emplois et des définitions usitées par différents auteurs. Chaque vocable a pu pâtir d'un manque de consensus sémantique voire d'une permutation de sens. Selon le collectif RECRE@SUP[25] (Projet européen Socrates – Minerva – 2000-2002) qui s'est intéressé à l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) dans les pratiques d'enseignement supérieur, il semble que certains auteurs emploient indifféremment collaboration et coopération, sans apporter de distinction particulière. Ce serait le cas de Winer *et al.* (1998) ; Hassard (1992) ; Birk et Kurtz (1996) ; Wright (1996) pour qui il existe une confusion lexicographique. En cela, ces chercheurs se distinguent de Ferber et Perrot (1995) ; Jermann (1996) ; Roschelle et Teasley (1995) ou encore Garfield (1993) ; Goodsell *et al.* (1992) qui ont constaté de nettes différenciations. Plus récemment, il a été possible d'observer de nouveaux usages, de distribution des activités,

25. http://tecfa.unige.ch/proj/recreasup/rapport/WP2.pdf

dus à l'avènement de formations à distance instrumentées, au développement de logiciels de partage de documents et à l'apparition de sites Web de type wiki. Devant l'ampleur croissante du phénomène, une littérature scientifique s'est emparée des notions de collaboration, coopération et coordination et a tenté de circonscrire des dissemblances sémantiques. Cela a favorisé l'émergence d'une terminologie riche et variée. Pour dissiper toute ambiguïté, nous allons procéder à une description minutieuse des caractéristiques dans les sections suivantes.

Le travail en équipe ou en groupe de travail est un mode de fonctionnement de type coopératif. Il consiste à rassembler plusieurs individus qui unissent leurs efforts en fournissant un travail pour parvenir à un but commun. Cette forme de regroupement demeure très usitée dans le domaine sportif. Dans le monde du travail il existe plusieurs dénominations comme « *équipe responsabilisée* » mais la plus courante reste le « *groupe de travail semi-autonome* ». La finalité productiviste incite tous les employés à s'entraider pour obtenir le rendement maximum. Dans ce modèle de fonctionnement, la responsabilité des tâches demeure partagée, comme la gestion des tâches qui se négocient entre participants et chacun est responsabilisé pour maximiser les gains productifs. Les résultats du travail fourni ont généralement des répercussions sur chaque coéquipier. En effet, cette organisation de travail est souvent assortie de primes, d'intéressement qui récompensent et/ou pénalisent les employés. S'il laisse plus d'autonomie à l'individu, ce système de travail confine l'individu dans un engrenage productiviste. Ainsi nous n'employons pas dans cette thèse les locutions comme le travail en équipe, le groupe de travail ou le travail autonome.

4.2.2. Apprentissage coopératif

Dans le langage courant, coopérer véhicule une double acception : d'une part il signifie obéir, se soumettre à l'autorité et, d'autre part, il désigne le fait d'œuvrer à plusieurs, de concourir à une activité commune. Issu du monde anglo-saxon, l'apprentissage coopératif s'apparente au modèle européen de la pédagogie de groupe. Selon Johnson et Johnson (1990) il se définit par un groupe de peu d'élèves dont l'objectif commun favorise les apprentissages individuels. En résumé, l'apprentissage coopératif consiste à faire étudier des apprenants ensemble, au sein d'un groupe restreint, sur une activité commune mais partagée et repose sur le principe de l'interdépendance entre apprenants ainsi que sur la répartition des tâches. Une des caractéristiques essentielles de l'apprentissage coopératif réside en une division rationalisée de la tâche organisée et planifiée. Ainsi la tâche prescrite, fragmentée en sous-tâches, est affectée aux apprenants. La répartition se partage, soit par l'enseignant, soit par une distribution collective produite au sein même du groupe d'apprenants. En somme, chacun a la charge et la responsabilité d'une partie explicitement fixée à l'avance. Ce morcellement

du travail aboutit à un regroupement final qui permet de constituer une œuvre commune à partir des résultats individuels.

La coordination regroupe des individus possédant un projet commun. L'exécution d'une tâche reste collective ; néanmoins, découle d'objectifs fixés par les participants. On emploie le terme coordination lorsque l'on évoque des regroupements d'individus issus de professions différentes, par exemple les enseignants et leur direction. L'organisation du groupe se produit selon l'exécution de tâches interdépendantes ; ainsi, il est communément usité l'expression : « *coordination des actions* ». Cette locution véhicule l'idée d'arrangement, d'organisation, voire de contrôle de l'action individuelle en vue d'obtenir un résultat commun et cela quand bien même les visées divergent.

4.2.3. Apprentissage collaboratif

Quant à l'apprentissage collaboratif, il désigne une organisation qui ne planifie, n'organise et ne distribue nullement les tâches aux participants *a priori* mais, au contraire, favorise le libre engagement. Il aspire à la cohérence du collectif afin que les sujets se désagrègent dans le groupe pour former une entité à part entière ; en conséquence, les tâches et les buts deviennent collectifs. En ce qui concerne la responsabilité, elle n'est plus partagée mais devient globale et collective et permet à chacun de concourir à la réalisation de la tâche en favorisant le partage des connaissances. Baudrit (2005, 2007) distingue nettement quatre orientations scientifiques de l'apprentissage collaboratif :

– psychologie européenne (suivant les préceptes de Piaget) ;

– psychologie américaine (inspirée par Vygotsky) ;

– courant psychiatrique aux États-Unis (influencé par Rogers) ;

– philosophie américaine (issue du courant pragmatique de Dewey).

L'apprentissage collaboratif s'est donc forgé suivant les apports théoriques de plusieurs courants qui ont émergé au siècle précédent. Nous retenons que « *ce sont les étudiants qui doivent déterminer eux-mêmes les sous-tâches, le déroulement, voire les ressources et le choix des outils de communication* » (Dejean-Thircuir et Mangenot, 2006, p. 314) dans l'application d'un scénario collaboratif. Ainsi une des caractérisations principale de la collaboration consiste en une mutualisation des tâches.

> L'apprentissage collaboratif est une démarche active par laquelle l'apprenant travaille à la construction de ses connaissances. Le formateur y joue le rôle de facilitateur des apprentissages alors que le groupe y participe comme source d'information, comme agent de motivation, comme moyen d'entraide et de soutien mutuel et comme lieu privilégié d'interaction pour la construction collective des connaissances. La démarche collaborative reconnaît le caractère individuel et réflexif de l'apprentissage de même que son ancrage social en le raccrochant aux interactions de groupe. En fait, la démarche collaborative couple deux démarches :

> celle de l'apprenant et celle du groupe. (Henri, F. et Lundgren-Cayrol, K., 2001, p. 42)

La collaboration peut être qualifiée de démarche constructive puisqu'il s'agit de mener à plusieurs une activité commune dans le but d'une construction à plusieurs de connaissances et de compétences.

Ainsi, cette démarche active est décrite comme la première recommandation apportée par Garfield (1995, p. 29) pour améliorer l'enseignement de la statistique. Il signale que l'apprentissage collaboratif en petits groupes semble aider les étudiants non seulement pour surmonter certaines idées fausses de probabilité (Shaughnessy, 1977) mais encore pour améliorer l'apprentissage des concepts de statistique (Jones, 1991).

4.3. Apprendre avec les TICE

Les technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE) couvrent un large panel d'outils numériques destinés à des fins pédagogiques et didactiques. Certains chercheurs attribuent à leur usage les plus grands dangers, alors qu'à l'inverse, d'autres leur trouvent les plus grandes qualités. Le numérique effraye ou fascine mais ne laisse pas indifférent. Nous n'entrerons pas dans la querelle dualiste simplificatrice qui oppose les alarmistes détracteurs aux farouches partisans de l'informatique car ce débat paraît obsolète à une période où les logiciels, initialement destinés à la bureautique, envahissent notre quotidien. Les TICE demeurent toujours un sujet d'actualité et leur usage a des répercussions dans de nombreux domaines. Elles touchent aussi bien les décisions politiques exercées par les gouvernements, les projets d'avenir du système éducatif et de recherche dans son ensemble, que des choix de financements en matériels. Les recherches sur leur usage n'apportant pas une réponse unanime sur l'intérêt didactique et/ou pédagogique, ce domaine reste encore très ouvert à de nouvelles prospections.

4.3.1. Apprendre avec et par le numérique

En France, les technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE) ne s'inscrivent pas comme une discipline d'enseignement à part entière. Il est à noter que du primaire au secondaire ces technologies n'apparaissent pas dans l'emploi du temps des élèves. Elles occupent toutefois une place importante dans les programmes scolaires. Vivement préconisées dans toutes les matières scolaires, elles s'inscrivent transversalement et longitudinalement et font partie des connaissances et compétences à acquérir. Dès lors, elles figurent dans la plupart des programmes disciplinaires et leur enseignement recommandées tout au long du parcours scolaire. Le contenu visé repose le plus souvent sur des tâches appliquées à une discipline de référence. Ainsi la culture

informatique se constitue-t-elle par morcellement, en fonction des progressions des enseignants, et au gré des rencontres scolaires. Tous les élèves ne bénéficient pas systématiquement de son enseignement, malgré les investissements matériels, les formations des enseignants et les textes officiels allant dans ce sens. Passant en revue les contradictions entre les prescriptions ministérielles d'une part et les pratiques en classe d'autre part, Meignié et Lebeaume (2010) rapportent des écarts importants entre les activités scolaires et extra-scolaires et s'attachent à observer plus spécifiquement ce qu'ils nomment « *la rencontre numérique* ». Cette enquête fait émerger deux univers d'usages dichotomiques : l'un scolaire et l'autre privé. C'est ce dernier qui est le plus présent dans les discours des collégiens interrogés qui évoquent prioritairement les usages issus de leur vie privée. Dans cette sphère ils paraissent plus enclins à l'apprentissage qu'à l'école. Les élèves emploient fréquemment le verbe transférer. Cependant, ces témoignages décrivent des usages assez peu variés en comparaison du temps passé devant un écran.

Ainsi, chaque élève se construit un curriculum de compétences, très personnel fait d'enseignement formel scolaire comme de rencontres informelles, fortuites parfois même improvisées. Arrivé à l'université, il est donc à noter d'importantes divergences d'un étudiant à l'autre et leurs compétences se situent entre pratique courante de type « *presse-bouton* » et un « *usage maîtrisé* » de l'outil informatique. Dans certaines universités, comme à Lyon 2, il existe des unités d'enseignement obligatoires destinées à tous les étudiants entrants qui se nomme « *TICE* ». Elles ont alors comme double objectif d'une part d'enseigner l'utilisation courante des logiciels de base et d'autre part de préparer à la certification informatique et Internet C2i.

4.3.2. Apprentissage de la statistique au moyen du numérique

Nous avons vu précédemment que le numérique pouvait, dans certains cas, engendrer des difficultés de manipulation numérique et d'application des outils numériques. Cependant, une myriade d'intérêts a été établie par de nombreuses recherches, comme celles de grande ampleur financées par des réseaux institutionnels[26]. Il est à craindre que la combinaison d'intérêts économiques, d'avantages financiers et d'appuis politiques ne va pas sans le risque de partialité des conclusions. Une telle étude *« peut être pervertie au contact d'une certaine logique idéologique de la décision politique »* (Tardif, 1998). La plupart du temps les éléments divulgués présentent des bilans positifs comme l'indique la dernière enquête européenne en date de « *The ICT Impact Report* », qui prône qu'incontestablement, l'usage

26. Par exemple le réseau d'information sur l'éducation en Europe, appelé Eurydice.

des TIC a un effet positif sur les élèves. De plus, Chaptal (2007, p. 82) critique deux positions radicales et dépassées : celle du techno-déterminisme qui pense qu'il suffit d'installer des outils technologiques pour provoquer un changement et celle du finalisme et fonctionnaliste dont la représentation réductrice de l'histoire des techniques les envisage comme en perpétuel renouvellement. En ce qui concerne la majorité des enquêtes à taille plus réduite, elles nous paraissent dépasser ces écueils et montrent souvent des situations complexes moins partisanes, plus proches des réalités de terrain.

S'appuyant sur les conclusions et les recommandations issues de recherches antérieures, Batanero (2001, p. 114) envisage le numérique, et plus spécifiquement l'adoption de logiciels de simulation, comme un moyen pour améliorer la compréhension des étudiants sur la constitution de l'échantillonnage, la variabilité et la distribution statistique. Ces notions provoquent de nombreuses erreurs communes (Rubin, Bruce, et Tenney, 1991 ; Well, Pollatsek et Boyce, 1990) et sont pourtant fondamentales pour comprendre la logique des tests de signification. De plus, il en va pour le numérique comme dans bien des cas, dès que l'on s'intéresse à des situations éducatives, il n'existe pas une méthode unique et exclusive mais des conditions plus pertinentes à mettre en place dans certains cas particuliers.

Selon les propos rapportés par Batanero, même lorsque les résultats montrent un changement positif pour les étudiants, delMas, Garfield et Chance (1999) avertissent que l'usage de la technologie, à partir d'activités basées sur des données issues d'une investigation, ne produit pas systématiquement une compréhension effective des distributions. L'outil numérique ne peut pas concurrencer d'autres situations, puisque, toujours selon Batanero (2001, p. 139), il possède une capacité consubstantielle et surtout unique de gratification. Il facilite l'application de l'analyse exploratoire des données en permettant une représentation graphique instantanée simultanément à sa visibilité sous forme de tableau. Il permet également de passer rapidement à des représentations distinctes. La gestion des diverses formes de représentations dynamiques et interactives enrichit la signification des concepts présentés aux étudiants.

4.3.3. Apprendre avec les outils numériques entre pairs

L'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur (CSCL[27]) généralement traduit en français par apprentissage collaboratif assisté, ou médié, par ordinateur (ACAO est une approche des sciences de l'apprentissage qui s'est spécialisée sur les méthodes d'apprentissage à plusieurs, au moyen du numérique. Selon Lipponen (2002) cette théorie

27. Traduction littérale de l'anglais « Computer Supported Collaborative Learning ».

serait apparue au début des années quatre-vingt-dix, sur les fondements du « *computer-supported cooperative work* » (CSCW) reposant sur le terrain du travail en entreprise puis transposée au domaine éducatif. Dillenbourg (1999) définit cette approche comme une situation dans laquelle deux ou plusieurs personnes apprennent ou font ensemble une tentative d'apprentissage où leur activité est assistée par ordinateur. Ce cadre conceptuel apporte des précisions sur les situations facilitatrices pour enseigner la statistique et offre des préconisations que nous considérons comme acquises.

Pour toutes ces raisons nous avons observé une situation d'apprentissage conjuguant les trois modèles d'enseignement qui favorisent : les actions, les interactions, la collaboration médiés par les outils numériques. Dans ce contexte, Il reste toutefois des zones d'ombre sur les facteurs les plus déterminants dans la réussite des tâches prescrites.

5. Quelques conditions pour la réussite de l'activité

Dans des situations favorables où les étudiants suivent une formation dans un cadre institutionnel donné, dans un contexte didactique et pédagogique identique, certains étudiants réussissent mieux que d'autres. C'est pourquoi, à eux seuls, le cadre institutionnel et le contexte ne peuvent expliquer ces dissemblances. Ce constat nous a engagée dans la recherche des caractéristiques préexistantes inhérentes aux étudiants qui pourraient contribuer à leur réussite. Aussi distinguons-nous trois axes fondamentaux :

– ceux liés à l'histoire sociale et individuelle des étudiants, à leur formation antérieure « curriculaire » et culturel que nous nommons biographiques ;
– ceux correspondant à l'affectivité, à l'émotion et à la compétence perçue que nous nommons psychologiques ;
– ceux qui s'attachent aux connaissances déclaratives et aux compétences pré-acquises traduisant des fonctions cognitives que nous dénommons cognitifs.

À ces attributs qui peuvent être qualifiés de dispositionnels nous avons adjoint des variables relatives au contexte. Dans une situation didactique, pour appréhender la réalité, les étudiants cherchent du sens au réel par des activités mentales favorisant des transformations durables. Ces dernières se construisent et se développent à partir d'un processus actif, réactif et adaptatif qui engendre un renouvellement de la structure cognitive. Cette régénération provient d'une confrontation productrice d'un déséquilibre fécondé par une altercation entre l'environnement intrinsèque et extrinsèque. C'est pourquoi, nous proposons :

– d'interagir pour changer ;
– d'encourager la métacognition pour favoriser le transfert de connaissances et compétences ;

– de réguler les activités pour acquérir des connaissances et des compétences.

In fine il s'agit de préciser la part individuelle de la réussite des activités. Pour ce faire, nous tenterons de circonscrire les critères qui nous semblent les plus pertinents pour délimiter la réussite des activités. Ces points seront abordés dans la section suivante.

5.1. Quelques critères de réussite de l'activité

La notion de réussite est multiforme et ne peut faire l'objet d'une définition univoque. Elle est communément employée pour signaler les résultats académiques en prenant comme critère la validation d'une année universitaire et bien souvent l'admission au niveau supérieur. Pour notre part, nous avons délaissé les performances pour nous attacher aux compétences puisque nous avons tenté de repérer une autre forme de réussite reposant sur des critères liés à l'activité effective produite lors de travaux dirigés (TD).

Trouver les critères les plus pertinents pour déterminer la réussite d'activités n'est pas simple. Ils peuvent par exemple reposer sur une perspective ergonomique en reprenant les bases de l'analyse du travail présentées par Leplat (1987). Il s'agirait alors de mesurer l'écart entre la tâche prescrite par l'enseignant et la tâche effective redéfinie et surtout produite par l'étudiant. Dans ce cas, il suffit d'établir la liste des attendus et d'observer le comportement formellement mis en œuvre lors des activités effectives puis de comparer les distances entre les deux. Mais ce modèle nous est paru restrictif puisqu'il se limite à une modélisation formelle de la tâche présentée comme une procédure optimale pour atteindre un but. Or, dans cette approche, l'apprenant est négligé. Pour toutes ces raisons, nous lui avons donc préféré le modèle de développement de compétences décrit par Vergnaud et détaillerons les définitions qu'il propose dans les sections suivantes. Nous accordons une importance primordiale à l'activité effective de l'étudiant et, à l'instar de Vergnaud (2006), concevons que « *c'est l'activité en situation (geste, attention sélective, raisonnement, gestion de l'incertitude…) qui constitue le ressort principal du développement des compétences* ». Dès lors, nous tenterons de définir ces dernières dans les sections suivantes.

5.1.1. Autour de la notion de compétence

Les notions de savoir, savoir-faire et savoir être, restent insuffisantes pour décrire toute la diversité des savoirs qui se combinent dans la pratique d'une activité. Aussi, dans la lignée de Vergnaud, qui valorise le savoir de l'action, nous reprenons à notre compte la phrase synthétique du Bureau international d'éducation et Unesco (1993) sur les savoirs praxiques, décrits ainsi : « *Si être compétent c'est savoir agir, il est nécessaire de développer*

un savoir de l'action, par l'action, sur l'action. »[28] Ce terme polysémique a donné lieu à une multitude de définitions rapportées en substance par Jammoul (2013, p. 56-59) dont nous n'en reprendrons pas l'inventaire mais notons une grande diversité d'acceptions.

Nous retenons la définition pragmatique et simplifiée issue du référentiel de compétences des mentions de licence : « *Une compétence est l'aptitude à mettre en œuvre un ensemble organisé de savoirs, de savoir-faire et d'attitudes permettant d'accomplir un certain nombre de tâches.* »[29] Dans un cadre scolaire, en situation de classe, Vergnaud (2006) stipule que les compétences se développent par l'adaptation selon la palette de registres suivante :

> - **les gestes, l'interaction avec autrui** (gestion de la coopération et du conflit, souci et respect d'autrui, séduction…) ;
> - **la communication langagière** et le dialogue (expression des idées, élimination des équivoques, argumentation…) ;
> - **l'affectivité et les émotions**. Dans leur activité de travail, les hommes et les femmes soient reconnus autant en raison de leurs qualités dites « humaines » que de leurs compétences techniques. Les deux sont d'ailleurs rarement indépendantes.

Dans le cadre de la didactique professionnelle, Vergnaud (2001, p. 2) évoque la notion de compétence en distinguant quatre indicateurs de compétences. Cela lui permet de dresser une description échelonnée selon des classifications qui attestent du développement de compétences. Ce modèle initial a évolué au fil du temps, aussi mettrons-nous en perspective deux versions distinctes et complémentaires dans le tableau suivant.

5.1.2. Autour du développement de compétences selon Vergnaud

Il nous semble que les deux typologies ci-dessous sont régies par une perspective plus professionnelle dans la version plus ancienne et par une perspective plus ample dans la version plus récente.

28. http://www.lesformateursontdutalent.fr/wp-content/uploads/Commentdevelopperlacompetence-pdf.pdf
29. Selon le référentiel de compétences des mentions de licence, janvier 2015, p. 4 fixé par le Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

Dans une perspective professionnelle :	Dans une perspective plus large :
A est plus compétent que B **s'il sait faire quelque chose que B ne sait pas faire**. Ou encore : A est plus compétent **au temps t' qu'au temps t** s'il sait faire ce qu'il ne savait pas faire ; A est plus compétent s'il s'y **prend d'une meilleure manière** : plus rapide par exemple, ou plus fiable, ou encore mieux compatible avec la manière de faire des autres ; A est plus compétent **s'il dispose d'un répertoire de ressources alternatives** qui lui permettent d'adapter sa conduite aux différents cas de figure qui peuvent se présenter ; A est plus compétent **s'il est moins démuni devant une situation nouvelle,** jamais rencontrée auparavant. (Vergnaud, 2001, p. 2)	Est plus compétent **celui qui sait faire quelque chose qu'il ne savait pas faire** (perspective développementale) ou que **d'autres ne savent pas faire** (perspective différentielle) ; est plus compétent **celui qui s'y prend d'une manière** plus fiable, plus économique, plus générale, plus élégante, mieux compatible avec le travail des autres...; est plus compétent **celui qui dispose d'une plus grande variété de procédures** pour traiter une classe de situations, en fonction des valeurs particulières prises par les variables de situation. est plus compétent **celui qui est moins démuni devant une situation nouvelle**, jamais rencontrée auparavant. (Vergnaud, 2006)

TABLEAU 8 – DEUX VERSIONS DE LA NOTION DE COMPÉTENCE DÉCRITES PAR VERGNAUD

Selon ce modèle, pour observer une activité effective, il ne suffit pas d'évaluer le résultat obtenu, c'est-à-dire la performance du sujet en activité, encore est-il nécessaire de comparer divers sujets entre eux, ou d'observer le développement personnel d'un individu ou encore de s'attacher à la gestion et l'organisation des tâches. Ainsi, deux dimensions fondamentales se détachent : l'une étant plus différentielle puisqu'elle compare des individus entre eux alors que l'autre s'ancre davantage dans une dynamique développementale propre à chacun. De plus, si la première proposition se limite à la performance d'un sujet jugé par rapport à ses pairs ou à lui-même, les descriptions suivantes, elles, adjoignent à ces descriptions la prise en compte d'un contexte spécifique. La situation provoque des réactions propices à l'adaptation du sujet placé en contexte ; dès lors, la résolution de situations problématiques est source de connaissances. Moins développée dans les commentaires de Vergnaud (2007), nous percevons dans son inventaire, la notion de temporalité qui ressort nettement dans les deux premières propositions puis qui réapparaît sous-entendue dans la quatrième proposition. Nous trouvons toutes ces descriptions particulièrement adaptées et appropriées pour identifier l'acquisition de compétences d'un apprenant en vue d'évaluer sa réussite d'activités.

La plupart des recherches, rapportées dans notre état de la littérature, observent les résultats issus d'enquêtes par questionnaire qui permettent d'obtenir de nombreux renseignements sur les représentations des étudiants. Certaines d'entre elles portent également sur l'état des connaissances et compétences des étudiants et s'attachent aux performances en statistique au travers de leurs productions. Nombreux sont les chercheurs qui s'appuient sur un pré et un post-test sans regarder ce qu'il se passe concrètement durant l'activité effective. Encore peu explorée en didactique de la statistique, cet objet d'étude nous a semblé pouvoir donner lieu à une recherche originale.

5.2. Quelques facteurs préexistants chez l'apprenant d'ordre biographiques, psychologiques et cognitifs

Même dans une situation favorable où les étudiants suivent une formation dans un cadre institutionnel analogue, selon un contexte didactique et pédagogique identique, certains étudiants réussissent mieux que d'autres. Lors de situations mobilisant des connaissances et des compétences de statistique exigeantes, certains étudiants parviennent difficilement à les accomplir avec succès. C'est pourquoi, à eux seuls, le cadre institutionnel et le contexte ne peuvent expliquer ces dissemblances. Ce constat nous a engagée dans la recherche des caractéristiques préexistantes inhérentes aux étudiants qui pourraient contribuer à leur réussite. Notre présupposé théorique repose sur un modèle compréhensif qui concilie plusieurs facteurs que nous considérons comme déterminants dans le contexte étudié.

Pour expliquer les différences individuelles et les facteurs discriminants intervenant dans la réussite d'activités collaboratives, médiées par un logiciel outil dans une situation de formation à la statistique nous proposons un cadre plurifactoriel. Nous pensons que nos observations ne peuvent se réduire à un seul indicateur simplificateur et réducteur. C'est pourquoi nous nous inspirons de l'approche systémique et plurifactorielle de la pensée complexe tracée par le sociologue et philosophe Morin (1999, p. 18) qui perçoit la connaissance comme un tissage de liens entre des éléments qui lui paraissent inter reliés et interdépendants.

Nous proposons donc un modèle compréhensif qui concilie plusieurs facteurs que nous envisageons comme déterminants dans la réussite d'activités effectives. Nous faisons donc l'hypothèse que ces facteurs influenceraient la réussite des activités des étudiants.

Aborder l'enseignement et l'apprentissage de la statistique par le croisement de facteurs multiples n'est pas nouveau, il a donné lieu à d'importantes enquêtes internationales et surtout nord-américaines. Nous reprenons dans les lignes suivantes les questionnaires les plus connus rapportés par la littérature. Nous nous reposons sur la plupart de leurs postulats ; cependant, nous nous démarquons partiellement de ces études étant donné que nous dépassons les représentations des étudiants en mettant ces facteurs en lien avec des activités effectivement produites. De plus, nous croisons nos résultats avec des données issues d'observations de situations d'apprentissage collaboratif médié par les TICE. En cela, notre thèse est originale et s'inscrit dans la lignée de recherches dites « *naturelles* ».

Notre hypothèse générale repose sur le constat que tous les étudiants ne disposent pas des mêmes chances de réussite aussi nous postulons que celles-ci peuvent être influencées par des facteurs personnels préexistants. Cette constatation soulève de nouvelles interrogations sur les caractéristiques préexistantes inhérentes aux étudiants qui pourraient contribuer à leur

réussite. Aussi, nous distinguons trois axes fondamentaux : ceux liés à l'histoire des étudiants que nous nommons biographiques, ceux correspondant aux émotions et affections que nous nommons psychologiques mais aussi ceux qui s'attachent aux connaissances déclaratives et aux compétences que nous dénommons cognitifs. Ce sont eux que nous décrirons dans les sections suivantes.

5.2.1. Facteurs biographiques et culturels de l'apprenant

Nous employons le terme biographique, et non celui d'antécédent sociodémographique, car nous nous intéressons à l'histoire des étudiants et plus spécifiquement à leur rapport à la statistique et leur rencontre avec cette discipline durant leur parcours scolaire antérieur. La plupart des travaux de recherche qui se sont intéressés à la réussite universitaire ont mis en évidence l'importance de la scolarité antérieure et l'influence de plusieurs antécédents sociodémographiques (Morlaix et Suchaut, 2012). Selon la synthèse de Boujut et Bruchon-Schweitzer (2007, p. 158) reprenant l'étude menée par Hardouin *et al.* (2003), certaines caractéristiques comme le sexe, l'âge, le type de baccalauréat, l'âge de son obtention et l'origine sociale des étudiants seraient des facteurs relativement décisifs dans la réussite universitaire. Concernant l'obtention de la licence, les filles réussissent généralement mieux que les garçons (Hardouin *et al.* 2003, rapporté par Boujut et Bruchon-Schweitzer, 2007, p. 159) en raison de leur plus grande capacité à s'adapter aux règles et normes ainsi que leur meilleure organisation (Frickey, Primon, 2002, rapporté par Morlaix et Suchaut, p. 2). Or, il est à noter que cette différence entre étudiantes et étudiants n'est pas systématique et inconditionnelle puisqu'elle ne serait pas visible par exemple aux Etats-Unis ; de plus, il s'avère que la courbe s'inverse pour les disciplines scientifiques dans lesquelles les garçons obtiennent de meilleurs résultats que les filles. Par ailleurs, il a été noté que généralement les étudiants les plus jeunes réussissent plutôt mieux les examens que leurs camarades plus âgés.

Or, ces différences d'âge sont à nuancer dès que l'on s'intéresse à la réalisation d'activités, puisque des conclusions inverses sont apportées par une étude exploratoire menée par Korin (2010) auprès de 140 étudiants argentins dans le but de constater l'existence éventuelle de différences dans la compréhension des tests d'hypothèse. Issus de deux facultés, les étudiants ont été confrontés à la même approche méthodologique, selon les mêmes contenus abordés par le même enseignant. Il leur a été administré un questionnaire inspiré d'une recherche de Vallecillos Jimenez (1997) composé de huit items sur les tests d'hypothèse. Le traitement des réponses permet d'obtenir des différences notables en fonction de l'âge des répondants. Ainsi le groupe des plus jeunes étudiants situés dans l'intervalle]18 ; 23] est moins performant que le groupe des plus âgés]30 ; 41] pour répondre à six items sur

huit alors qu'il remporte de meilleurs résultats aux questions portées sur la sémantique et liées à la définition des notions essentielles du test d'hypothèse. L'âge apparaît également déterminant dans l'étude conduite au Canada par Gattuso et Mary (1997) au collège, au lycée et à l'université. Les 241 élèves interrogés ont été mis face à quatre situations distinctes de résolution de moyennes arithmétiques et d'explicitation des procédures employées. Les résultats des étudiants les plus âgés ne sont pas systématiquement meilleurs que ceux de leurs cadets. En effet, certaines erreurs typiques, par exemple celle propre à la difficulté de présenter un résultat sous forme fractionnaire, se retrouvent sans aucune distinction d'âge, dans tous les échantillons. En somme, dans ces deux enquêtes, la variable âge n'est pas neutre puisque dans le premier cas ce sont les étudiants les plus jeunes qui ont le plus de facilité sur les questions de sémantique et, dans le second cas, ils écrivent plus souvent les résultats sous la forme d'une fraction que leurs camarades plus âgés.

Outre des caractéristiques telles que le sexe et l'âge, d'autres facteurs comme le type de baccalauréat ou la formation antérieure peuvent être essentiels dans la réussite à l'université. Plus que les déterminants sur le sexe, l'âge ou l'origine sociale des étudiants, c'est la série du baccalauréat et l'âge de son obtention qui seraient capitaux dans la réussite en licence (Fouquet, 2013). Par exemple, les titulaires d'un baccalauréat professionnel ont un taux d'obtention d'une licence en quatre ans de 1,9 % alors que leurs camarades ayant obtenu un baccalauréat scientifique décrochent un taux de réussite supérieur à 30 %. Selon l'enquête de Gattuso et Mary (1997, p. 17) il apparaît des disparités entre niveaux d'études puisque les élèves du collège (équivalent du secondaire québécois de 12 à 16 ans) réussissent curieusement mieux que leurs aînés, qu'ils soient au lycée ou à l'université, sur les situations faisant appel à la « *réversibilité* » c'est-à-dire aux questions présentant dans l'énoncé le résultat de la moyenne et les effectifs et où il est demandé de retrouver les valeurs de x. Étonnamment, la compréhension conceptuelle, notamment de la notion de moyenne, n'est pas proportionnelle au nombre d'années passées sur les bancs de l'école. Toutefois, des différences notoires apparaissent dans la résolution de problèmes simples puisque les étudiants de l'université ont tendance à employer plus facilement une stratégie algébrique alors que leurs cadets opteraient davantage pour des stratégies arithmétiques. Il va de soi que le cursus ou *curriculum* c'est-à-dire le programme d'étude ne garantit en rien l'acquisition tangible de savoirs savoir-faire ou savoir-être de l'apprenant, qu'il ne faut pas confondre avec ce que Perrenoud (1993) nomme le *curriculum réel* qui, lui, est propre à chaque sujet.

5.2.2. Facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels

Pour Batanero *et al.* (2001) la composante émotionnelle a longtemps été négligée dans la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage de la statistique. Or, observer les facteurs psychologiques et leur influence à l'égard des processus d'apprentissage apporte une dimension complémentaire à l'élaboration d'un cadre explicatif. Cela paraît d'autant plus nécessaire pour une discipline telle que la statistique qui a tendance à provoquer de nombreux émois lors de son enseignement. Un rapide balayage des écrits sur les facteurs prenant en compte l'état émotionnel des étudiants nous permet de découvrir une grande variété de nuances qui vont de l'estime de soi, du sentiment d'auto-efficacité, de l'affectivité à l'anxiété. Par exemple, le jugement évaluatif des étudiants peut notamment porter sur le sentiment de compétence perçue, l'estimation des habiletés perçues ou le sentiment d'auto-efficacité. Ces trois variables donnent lieu à des modèles explicatifs sur la motivation (Wigfield et Eccles, 2000 ; Kahn et Nauta, 2001). De nombreuses recherches ont pu établir un lien étroit entre l'estime de soi ou le sentiment d'auto-efficacité et les performances académiques.

> L'influence favorable de l'estime de soi (Lane, Lane et Kyprianou, 2004), (Chemers, Hu et Garcia, 2001 ; Hampton et Mason, 2003 ; Voelkl Finn et Frone, 2001) et de l'optimisme (Robbins, Spence et Clark, 1991) sur les performances académiques. […] L'affectivité négative prédirait l'échec chez les étudiants en médecine (Robbins *et al.*, 1991). […] Quelques auteurs ont mis à l'épreuve le rôle de l'anxiété dans la réussite académique (Eysenck, 1997 ; Matthews, Davies, Westerman et Stammers, 2000 ; Spielberger, 1972). Les sujets anxieux réussissent généralement moins bien que les non-anxieux. (Boujut et Bruchon-Schweitzer, 2007, p. 158)

Bandura (1997) a rapporté qu'il existe un lien entre le sentiment de compétence positive et l'acquisition de connaissances. Sur l'importance des autorégulations et de l'estime de soi dans la régulation des activités de classe nous nous en tiendrons à l'analyse de Cosnefroy (2010) qui associe cognition et motivation. Cet auteur relève notamment que l'intérêt de l'apprenant se définit à travers quatre caractéristiques : la centration de l'attention, la persistance de l'effort, l'optimisation du fonctionnement cognitif et le renforcement d'une charge émotionnelle positive (Ainley, Hidi et Berndoff, 2002 ; Schraw et Lehman, 2001). De plus, en contexte scolaire, la motivation aurait un effet sur la dynamique, l'engagement et la persévérance puisqu'elle « *…est un état dynamique qui a ses origines dans les perceptions que l'élève a de lui-même et de son environnement et qui l'incite à choisir une activité, à s'y engager et à persévérer dans son accomplissement afin d'atteindre un but »* Viau (1994, p.6). Or la perception des élèves n'est pas le seul élément à prendre en compte. Paris et Turner (1994) se sont ainsi attachés à caractériser ce qui rend une tâche prescrite motivante en regroupant les facteurs sous le sigle des 4C : *Choice, Challenge, Control et Collaboration*.

Concernant le sentiment d'efficacité personnelle ou la sensation de bien-être en contexte éducatif, cela a été traité par Heutte (2011) qui a notamment mis au point une échelle permettant de mesurer les effets du flow (Heutte, Fenouillet, Boniwell, Martin-Krumm et Csikszentmihalyi, 2013), mot qui, littéralement, signifie « *flux* » mais qui pourrait se traduire par l'engagement et l'implication des étudiants dans des activités, aussi bien personnelles que collectives.

Quant aux recherches qui portent plus précisément sur la formation à la statistique, beaucoup se sont tournées vers les attitudes des étudiants envers la statistique. Nous synthétisons dans cette section la chronologie décrite par Estrada *et al.* (2011 p. 166) et Roca (2007 et 2009). Il semble que le premier questionnaire ait été rédigé par Roberts et Bilderback (1980) et se nomme SAS pour Statistics Attitude Survey. Il a été mis au point pour répondre aux besoins de mesurer les attitudes des élèves envers la statistique. Il se compose de trente-quatre variables et comporte une échelle de Likert proposant cinq choix allant de fortement en désaccord à fortement d'accord. Ce questionnaire initialement donné à l'Université Penn State (Pennsylvanie) auprès d'un échantillon d'étudiants inscrits à un cours d'introduction à la statistique a été distribué en trois périodes différentes (printemps 1978, printemps et hiver 1979). Mais il a rapidement subi des critiques, notamment de Wise (1985) qui lui reproche d'une part de mesurer davantage des performances que des attitudes et d'autre part de contenir des questions d'un niveau trop élevé auxquelles ne peuvent pas répondre les étudiants débutants. Pour combler ces manques, Wise a mis au point un nouvel instrument appelé *Attitudes Toward Statistics*[30] (ATS) avec des éléments exclusivement attachés aux attitudes qui se démarquent avec la réussite des élèves dans la résolution de problèmes de statistique ou la compréhension de concepts statistiques. Ce questionnaire mesure également le changement d'attitude envers la statistique d'étudiants en formation basique par vingt variables générales fondées sur le champ de la statique et neuf autres orientés plus spécifiquement vers le cours suivi. Depuis les années quatre-vingt, de nombreux questionnaires ont été développés pour mettre en avant les émotions des étudiants. Bond *et al.* (2012, p. 9) indique que les résultats d'une étude menée par Evans en 2007 avec le questionnaire appelé attitudes des étudiants et conceptions en matière de statistique (STACS) ont montré, vers la fin du cours, une corrélation significative entre les attitudes positives envers la statistique et l'énonciation de conceptions précises. Pour un état des lieux, se

30. Questionnaire le plus souvent traduit par attitudes à l'égard de la statistique.

reporter à l'article de Ramirez *et al.* (2012) qui croise quinze questionnaires d'enquêtes sur les attitudes envers la statistique.

Un des questionnaires très usité, certainement le plus connu, reste celui de Schau *et al.* (1995, 2003) nommé *Survey of Attitudes Toward Statistics* (SATS). Il inventorie les six composantes affectives principales suivantes :

– Affective : sentiments positifs ou stress à l'égard de la statistique.
– Capacités cognitives : perception de leur propre capacité sur les connaissances et les compétences en statistique.
– Valeur : utilité, la pertinence et la valeur perçue de la statistique dans la vie personnelle et professionnelle.
– Difficulté : se réfère à la perception de la statistique.
– Intérêt : se rapporte au niveau d'intérêt pour la statistique.
– Effort : perception de l'investissement futur dans la discipline.

Roca *et al.* (2003) explique que même si un étudiant peut reconnaître la valeur d'une discipline (composante valeur), sentir de l'intérêt à son égard (composante affective), penser qu'il a suffisamment de connaissances et de compétences (composante capacités cognitive), il peut tout aussi bien considérer cette discipline comme facile ou difficile (composante difficulté). En effet, ces composantes ne sont pas corrélées entre elles et peuvent donner lieu à d'importantes variations.

Les six composantes affectives proposées par Schau *et al.* paraissent balayer les principaux facteurs liés à une situation de formation et nous semblent donc pertinentes pour rendre compte des facteurs affectifs et émotionnels, que nous avons classés dans la catégorie psychologiques capitaux. Cependant, nous ne retenons pas la composante « affective » ni celle sur l' « effort » décrites dans la liste ci-dessus. Elles sont abandonnées car toutes deux se révèlent plus pertinentes à évaluer en situation, lors d'observations d'activités, bien plus qu'au moyen d'un questionnaire qui rapporte des représentations. En revanche à ces variables nous ajoutons une dimension supplémentaire qui ressemblerait à « *affective* » mais que nous nommons « *attitude émotive* » car elle consiste à relever, dans le questionnaire, les réponses qui signalent des sentiments personnels par opposition à une « *attitude neutre* ».

5.2.3. Facteurs cognitifs de l'apprenant

Batanero (2001, p. 66) indique qu'un des principes de psychologie de l'éducation, largement admis et repris par Ausubel *et al.* (1983), explicite que « *Le facteur le plus*

important qui influence le processus d'apprentissage repose sur ce que l'apprenant sait déjà[31] » (traduit par l'auteur). Les connaissances antérieures que l'étudiant possède dans sa structure cognitive joueraient un rôle primordial dans l'acquisition de nouvelles connaissances et, suivant ce modèle, les connaissances préalables sont également essentielles dans le processus même d'apprentissage.

Les savoirs ont donné lieu à de nombreuses recherches qui ont mis en évidence des dénominations précises qui permettent de les circonscrire dans des contextes particuliers.

Dans une situation de formation à la statistique il est mobilisé une myriade de savoirs et pour en dresser un premier inventaire nous nous reposons davantage sur les registres de l'activité décrits par Vergnaud (1999, p. 50) qui semblent plus adaptés à cette thèse et que nous complétons par une mise en perspective avec les savoirs alors mobilisés :

– **savoir-faire** : sous formes gestuelles ;
– **savoir-faire cognitif** : sous formes de raisonnement ;
– **savoir exprimé** : sous formes d'énonciation ;
– **savoir-être** : sous formes d'interaction sociale (ou savoir social) et affective (ou savoir-être émotionnel).

Dans cette thèse, nous classons dans la catégorie générique de facteurs préexistants cognitifs les connaissances et compétences qui mobilisent toutes les capacités cognitives comme la communication, le traitement de l'information, le raisonnement logique, la mémorisation, etc. Elles seront abordées au moyen de situations remises aux étudiants pour évaluer leurs acquis comme leur capacité à gérer des notions de statistique.

5.3. Collaborer pour provoquer un conflit sociocognitif

S'inscrivant dans cette lignée piagétienne, Doise et Mugny (1981) s'interrogent sur la genèse du développement cognitif mais ils reprochent à leurs prédécesseurs leur absence de vérifications empiriques sur l'implication des interactions sociales. Aussi vont-ils s'employer à produire des situations pragmatiques allant dans ce sens. Leurs expériences font nettement apparaître l'apport des interactions sociales sur la progression des compétences des sujets observés. Ceux-ci obtiennent de meilleures performances grâce aux étayages contrôlés mis en place dans des conditions particulières. Également mobilisatrice d'apprentissage, la confrontation entre pairs favorise la décentration du sujet, mais lors des expériences ces attitudes sont plus rares et les chercheurs assignent ce phénomène à la précarité des relations

31. « El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. » (Batanero, 2001, p. 66).

entre enfants de bas âge. Suivant les deux psychologues sociaux, les interventions verbales maîtrisées provoquent un conflit sociocognitif qui donne naissance à de nouvelles représentations et, par là même, modifient la structure cognitive et accélèrent le développement de l'enfant. Allant dans le même sens, Perret-Clermont insiste sur la place qu'occupent les représentations préliminaires dans l'adoption et l'entérinement de nouveaux concepts.

L'implication de l'interaction sociale dans la construction des savoirs est confirmée par d'abondants travaux de recherche provenant de divers pays. En France, les chercheurs du C.R.E.S.A.S (Centre de recherche de l'éducation spécialisée et de l'adaptation scolaire) ne valorisent pas les interventions de tutelle mais s'attachent aux interférences coopératives et échafaudent la notion « *d'interaction symétrique* ». Elle s'élabore essentiellement entre congénères, c'est-à-dire entre enfants pour éviter les risques de rapports de pouvoirs et de savoirs imposés par les échanges discordants entre l'enseignant et l'enseigné. La plupart des enquêtes relatées dans l'ouvrage *On n'apprend pas tout seul*, édité par le C.R.E.S.A.S, aboutissent aux mêmes conclusions : les échanges entre pairs provoquent des conflits sociocognitifs. En effet, les divergences de points de vue créent une perturbation dont l'issue consiste à se décentrer pour ajuster ses représentations et ainsi restructurer ses processus de réflexion. Ils se développent par un mécanisme dynamogène agissant sur une désorganisation suivie d'une réorganisation productrice de développement de la structure mentale. Cette conception valorise le sujet apprenant, dont l'activité et la prédisposition sont proportionnellement inhérentes à chaque individu, qui se transforme et intègre de nouveaux savoirs notamment par le dépassement d'un conflit. En s'appuyant sur les conclusions des socioconstructivistes, Nonnon (1999) rappelle les effets de la verbalisation de la prise de conscience de la différence et de la décentration dans le développement cognitif des enfants en interaction.

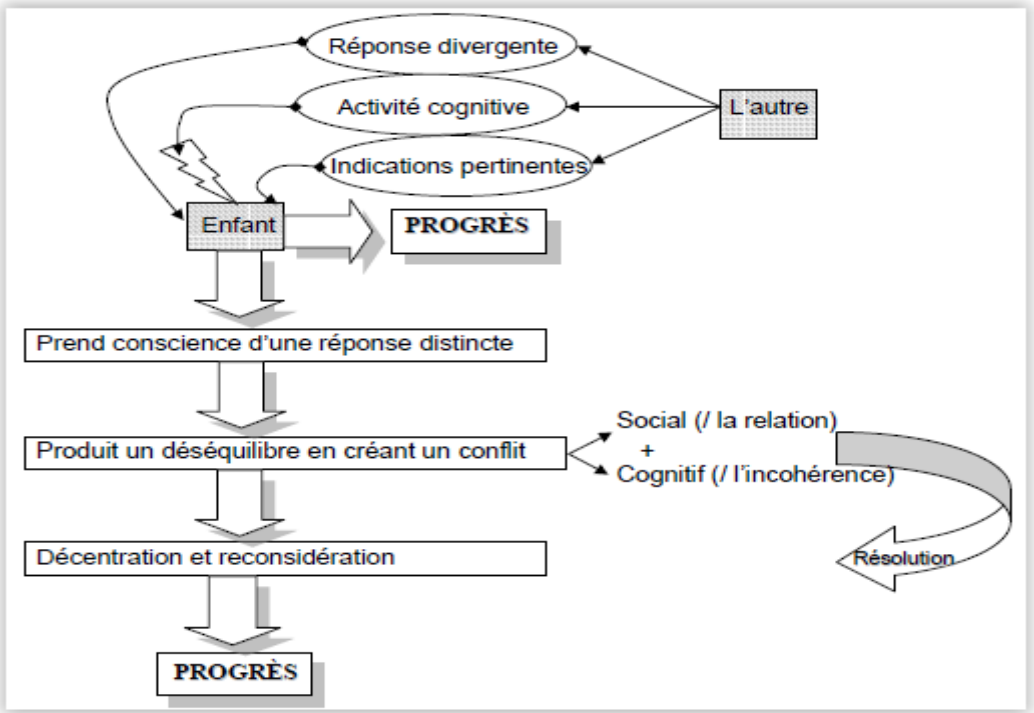


FIGURE 10 – LES PROCESSUS PRODUITS PAR LE CONFLIT SOCIOCOGNITIF (DIAZ, 2009)

Il est aujourd'hui largement admis que le processus d'appropriation est le fruit d'un arrangement correctif endogène face à une divergence environnementale exogène. Selon la figure ci-dessus, une réponse divergente produit un déséquilibre en créant un conflit dont la résolution favorise le progrès. On peut alors se demander comment se produit le passage entre les deux pôles. Une des réponses consiste à envisager que toute intervention extérieure, à condition d'être contradictoire, produit nécessairement un changement. Sur ce point, nous venons d'aborder plusieurs théories et, si le modèle piagétien insiste sur l'impact de l'environnement et s'intéresse au sujet épistémique, celui de Vygotsky, Bruner, Doise et Mugny valorise l'impact de l'adulte sur le progrès de l'enfant. La complexité des interférences reposent sur le triangle didactique qui relie : apprenant, enseignant et savoir. Les interdépendances peuvent donc prendre trois aspects : les interactions entre pairs, celles entre apprenant et enseignant et les interactivités avec un matériel.

L'expression conflit sociocognitif porte parfois à confusion. Plus qu'un mot, au-delà d'une définition canonique et universelle et par-delà la quête d'un paradigme universel, ce que retient Barthélémy (1993) c'est le concept même qu'elle propose de réhabiliter par un retour réflexif sur ses racines. Il ne faut pas nécessairement entendre le terme conflit au sens premier : synonyme de querelle, de dispute ou d'altercation, mais il est préférable de retenir les notions d'antagonisme, de confrontation et de divergence de point de vue. L'intervention d'un ou plusieurs partenaires est donc déterminante et permet la comparaison de réponses dissemblables, c'est-à-dire des répliques logiquement incompatibles. La recherche d'un

dénouement satisfaisant provoque une transmutation dans les processus mêmes d'analyse. Si la collaboration reste essentielle pour se perfectionner, toutefois, comme la tournure lexicale l'indique, le conflit sociocognitif se situe consubstantiellement sur un niveau social et sur un plan cognitif. C'est-à-dire sur les processus mentaux mis en place dans l'acquisition de connaissances.

5.3.1. Interagir pour changer

Depuis le siècle dernier, le concept d'interaction, devenu fondamental dans la compréhension des relations humaines, a profondément renouvelé les perspectives dans de très nombreux domaines. De fait, le concept d'interaction relève d'une multitude de disciplines, ce qui engendre une grande confusion dès que l'on souhaite délimiter le sens qu'il recouvre. Nous retenons quelques définitions qui, sans être exhaustives, permettent de circonscrire une notion dans cette recherche. Le concept d'interaction s'inscrit dans la catégorie des termes « *nomade* » (Stengers, 1987) car il est présent dans de nombreuses recherches et s'adapte à une grande variété de disciplines. Ce mot recouvre un large éventail de notions. Nous n'en ferons pas une recension exhaustive mais nous limiterons aux principales disciplines constitutives qui l'ont adopté. À partir de cette présentation nous tenterons d'extraire cinq spécificités qui nous paraissent constituer des caractéristiques communes aux différents champs disciplinaires.

Pour Goffman (1973, p. 23) l'interaction porte sur les effets mutuels, sortes de rétroactions, engendrés par la proximité physique des participants à la communication.

> Par l'interaction (ie interaction de face-à-face), on entend à peu près l'influence réciproque que les participants exercent sur leurs actions respectives lorsqu'ils sont en présence physique immédiate les uns des autres ; par une interaction, on entend l'ensemble de l'interaction qui se produit en une occasion quelconque quand les membres d'un ensemble donné se trouvent en présence continue les uns des autres ; le terme de « rencontre » pourrait convenir aussi. (Goffman, 1973, p. 23)

Partant de cette définition, Cosnier (2002, p. 319) ajoute la notion de réaction, d'actes qui se suivent. « *L'interaction, c'est d'abord les processus d'influences mutuelles qu'exercent les uns sur les autres les participants à l'échange […] mais c'est aussi le lieu où s'exerce ce jeu d'actions et de réactions : une interaction, c'est une rencontre, c'est-à-dire l'ensemble des événements qui composent un échange* ».

Divers courants comme la pragmatique linguistique, la psychologie génétique, la psychologie clinique et la psychologie sociale se sont employés à expliciter la relation entre deux ou plusieurs sujets. Devant la pléthore de textes qui abordent ce sujet nous ne pouvons prétendre à l'exhaustivité mais essayerons de démêler quelques disciplines pour parvenir à

identifier et caractériser les principales recherches qui traitent de ce concept. Pour une meilleure compréhension, nous avons tenté une synthèse restreinte mais assez complète des principaux courants de recherche qui s'intéressent aux interactions croisées avec les chercheurs qui nous paraissent les plus emblématiques de la discipline.

SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX COURANTS DE RECHERCHE SUR LES INTERACTIONS

Interactions verbales

Analyse du discours	Analyse conversationnelle	Sciences du langage	Multimodalité
Kerbrat Orecchioni (1990) Maingueneau (1990) Vion (1992) Bronckart (1997) Roulet, Filliettaz et Grobet(2001)	Sacks (1992) Schegloff et Jefferson (1989) Bange (1992)	Rabatel (2004)	Levine et Schollon(2004) Mondada (2004)

Interactions non verbales et multimodales

Éthologie des communications	Sémiotique	Ethnographie de la communication	Sociolinguistique
Brossard et Cosnier (1984) Pléty (1985)	Kress, Jewitt, Ogborn et Tsatsarelis (2001) De saint Georges (2008) **Sémiotique éducative** Rickermann (2001)	Hymes (1984)	Goffman (1973) Gumprez (1989) **Micro-sociologie** Fele et Paoletti (2003) Grossen (2001)

Interactions sociales

Psychologie sociale	Psychologie	Psychologie de la communication	Sciences cognitives
Perret-Clermont (1979) Doise et Mugny (1981) Buchs, Lehraus et Butera (2006)	Gilly, Fraisse et Roux (1988) Gilly, Roux et Trognon (1999) Sorsona (1999) Danis, Schubauer leoni et Weil-Barais (2001)	Orly-Louis et Chabrol (2007)	Baker, de Vries, Lund et Quignard (2001)

Interactions didactiques

Didactique des mathématiques	Didactique du français	Didactique des langues	Didactique des staps
Aldon (2011) Hersant (2001)	Barré de Miniac et Halté (2002) Canelas Trevisi et Thévenaz (2002) Nonnon (2008)	Cicurel et Blondel (1996) Baurens, Blanc et Griggs (2007)	Amade-Escot (2005) Darnis-Parabochi, Lafont et Menaut (2006)

Dans les travaux de recherche sur les interactions à visée éducative, comme l'a décrit Allal (1988), les interactions produites en situation de classe peuvent essentiellement se décomposer en trois formes :

– les interactions entre l'apprenant et l'enseignant ;

– les interactions entre l'apprenant et un matériel/outil[32]. Dans ce cas nous préférons employer le terme d'interactivité ;

– les interactions entre pairs.

32. Nous différencions l'interaction qui se limite aux rapports d'influence entre humains et l'interactivité qui qualifie les relations et rétroactions homme/machine.

Dans leurs travaux de recherche sur les interactions dyadiques provoquées chez des enfants, Gilly, Fraisse et Roux (1988) produisent un modèle compréhensif sur la dynamique collective de résolution de problème à deux, en décrivant quatre catégories distinctives.

La première catégorie comportementale est baptisée : *co-élaboration acquiesçante*. Elle consiste à soumettre une proposition de résolution par un sujet à un autre. L'apprenant récepteur ne manifeste aucune divergence et accepte la suggestion initiale instaurée par son camarade, sans condition. D'apparence passive, cette réponse peut toutefois produire une réflexion, ainsi qu'une mise en perspective avec ses propres représentations. Par ailleurs, elle peut également provoquer un renforcement positif.

La deuxième catégorie se nomme : *co-construction* car elle admet une solution unique mais produite au fur et à mesure par les deux apprenants. Dans ce cas, chacun participe activement à la résolution commune du problème qui provient d'une alternance des propositions verbales et/ou des actions.

La troisième catégorie s'appelle la *confrontation avec désaccord* où le sujet refuse catégoriquement les propositions de son camarade mais n'offre aucune alternative, aucune argumentation ou aucune proposition en retour.

La quatrième catégorie prend la forme de *confrontation contradictoire* où le sujet désapprouve la proposition de son camarade mais développe une argumentation, une nouvelle proposition ou une autre procédure et produit ainsi une confrontation justifiée. Cette situation reprend la condition dynamogène du conflit sociocognitif dont les apports proviennent des confrontations contradictoires des pensées des sujets.

Si ces quatre catégories participent au développement cognitif des élèves, il est à noter que la dernière forme demeure la plus bénéfique, par contre elle n'apparaît que rarement dans des situations collaboratives.

Sur le terrain de la formation pour adultes, Monteil (1987) a ajouté la dimension socio-affective dans la dynamique dans l'interaction sociocognitive. Ainsi, il isole :

– dans la dimension cognitive : la contradiction (point de vue divergent) versus l'approbation (point de vue convergent) ;
– dans la dimension affective : la contrariété (attitude agressive) versus l'aménité (attitude affable).

Le croisement de ces variables permet la construction de quatre pôles combinatoires.

	Contrariété	Aménité
Contradiction	I	II
Approbation	III	IV

TABLEAU 9 – LES DIFFÉRENTES COMBINAISONS SOCIO-COGNITIVES, (MONTEIL, 1987, P. 206)

Les travaux de recherche continuateurs de Monteil et Chambres (1990) mettent en évidence que la divergence de point de vue associée à une attitude affable, en d'autres termes la condition II, produit de meilleures performances.

Les deux modèles cités précédemment ne nous informent pas des objets sur lesquels portent les conflits sociocognitifs. Or, cette information nous apparaît fondamentale pour mieux appréhender les dynamiques interactives à visée didactique.

5.3.2. Susciter une approche métacognitive pour faciliter le transfert de connaissances

Introduite dans les années 70 par Flavell, la notion de métacognition comprend la connaissance que l'apprenant possède sur ses propres processus cognitifs (Hartman, 2001). Le terme métacognition se compose de la racine « *cognition* », c'est-à-dire des processus mentaux d'acquisition de la connaissance, soit de l'acte cérébral par lequel on acquiert une connaissance, et du préfixe grec « *méta* » qui signifie au-delà de, après et qui indique le changement, et/ou le dépassement. Cette notion recouvre donc la connaissance qu'un sujet a de ses propres connaissances, et correspond alors à une activité réflexive. Selon la définition la plus courante et reconnue comme la plus ancienne « *La métacognition se rapporte à la connaissance qu'on a de ses propres processus cognitifs, de leurs produits et de tout ce qui y touche, par exemple, les propriétés pertinentes pour l'apprentissage d'information ou de données* […] *Il renvoie aussi au contrôle actif, à la régulation et à l'orchestration de ces processus* » (Flavell, 1976, p. 232). Dans cette description étendue nous notons que la métacognition restitue aussi bien des connaissances déclaratives que des connaissances procédurales ainsi que les résultats obtenus et englobe également l'activité de contrôle, d'évaluation et de régulation.

Pour circonscrire cette notion ambiguë à double acception Noël, Romainville et Wolfs (1995) ont engagé une réflexion épistémologique sur les limites opérationnelles à lui donner. Pour ces chercheurs belges, la métacognition est une opération mentale consciente et donc intelligible dans la mesure où on la définit comme une connaissance, mais dès que l'on envisage la métacognition comme une opération de régulation, alors, elle peut prendre une forme d'adaptation automatisée inconsciente. Exploitant ces diverses interprétations, plusieurs recherches ont tenté de faire le lien entre la métacognition et la performance en cherchant à établir une relation positive entre le développement de capacités métacognitives et l'efficience cognitive. Il s'avère que devant une tâche prescrite, les apprenants ne mettent pas systématiquement en pratique leurs acquis métacognitifs. De plus, les chercheurs belges (1995, p. 50) vont même jusqu'à remarquer un paradoxe concernant l'activation de la

métacognition en situation, puisqu'elle se révèle inefficace dans le cas de régulations de certaines activités simples et insuffisante pour gérer certaines activités complexes. D'où l'importance de bien délimiter la notion de métacognition, de l'utiliser avec précaution en distinguant la connaissance déclarative introspective, consciente de son propre processus cognitif , de la connaissance procédurale de contrôle, d'évaluation et de planification de ses processus cognitifs intentionnels (Romainville, 2007, p. 108) pour atteindre un objectif déterminé, selon la définition de Gombert (1990, p. 27).

Traduisant les propos de Gaveleck et Raphael, Dolly (2006, p. 3) rapporte que « *La promesse de la métacognition(…) c'est qu'elle permet la généralisation des performances à des situations différentes, c'est qu'elle fait de l'apprenant, un sujet auto-évaluateur, quelqu'un qui a appris comment apprendre* » (Gaveleck et Raphael, 1985). En d'autres termes, la métacognition faciliterait le transfert des habiletés à diverses situations et amplifierait une posture auto-évaluative qui dénote d'une méthodologie d'apprentissage.

5.3.3. Réguler les activités pour acquérir des connaissances et développer des compétences

Lebrun (2007) reprend les bases de la pragmatique pour construire son modèle compréhensif de l'apprentissage selon la boucle ci-dessous :

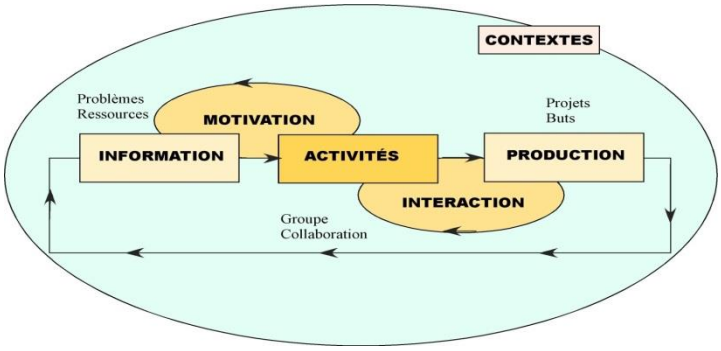


FIGURE 11 – MODÈLE SYNTHÉTIQUE DE L'APPRENTISSAGE CONSTRUIT PAR LEBRUN[33]

Les activités occupent une place centrale dans le processus en intervenant comme médiateur entre l'information et la production. En effet, les informations faites de connaissances antérieures et le contexte vont se transformer, grâce à l'activité de l'apprenant, pour donner des productions. Ces dernières serviront à leur tour d'expérience pour résoudre les problèmes ou études de cas suivants.

Leplat (1997) s'est intéressé au phénomène de régulation des activités à partir desquels il a pu modéliser la double régulation suivante :

33. Illustration récupérée le 28 février 2016 du blog de Lebrun http://lebrunremy.be/WordPress/?p =559

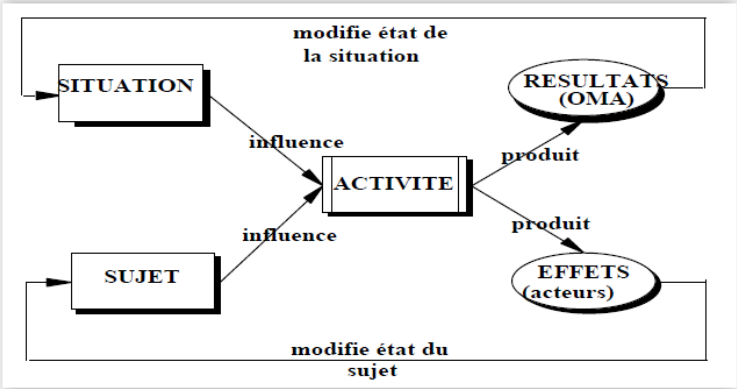


FIGURE 12 – SCHÉMA DE DOUBLE RÉGULATION DE L'ACTIVITÉ D'APRÈS LEPLAT, 1997[34]

Dans le schéma ci-dessus l'activité est à nouveau au centre du modèle et provient d'une double influence engagée par la situation ainsi que par le sujet qui intervient. L'activité produit à son tour des résultats tangibles et des effets intangibles. Par voie de conséquence, ce schéma permet d'appréhender l'activité selon deux perspectives complémentaires : l'une productive et l'autre constructive. En effet, l'activité renferme une fonction productive puisqu'elle donne des résultats visibles, selon la boucle du haut, et une fonction constructive puisqu'elle a aussi des effets invisibles sur le sujet même qu'elle transforme, selon les boucles du bas. Ces deux modèles paraissent en adéquation avec notre compréhension initiale de la place fondamentale qu'occupe l'activité dans le processus inhérent à l'acquisition de connaissances et de compétences. Aussi, nous transposons ces apports à une situation d'enseignement de la statistique en recommandant la régulation des activités pour acquérir des connaissances et des compétences, en d'autres termes, en rendant l'apprenant acteur de sa formation.

Nous faisons donc nôtre l'essentiel des conclusions et des préconisations des modèles décrits ci-dessus. Dans cette perspective, nous avons observé une situation de formation simultanément active, collaborative et médiée par un logiciel de traitement de données afin de réunir des conditions essentielles propices à la réussite des étudiants.

34. Rogalski, J. (2006), schéma récupéré le 28 février 2016 de http://www.lirmm.fr/eiah2006/cours/cours2.3.pdf

Synthèse des fondements théoriques

Il est aujourd'hui largement admis qu'à l'université, dans les spécialités de sciences humaines et sociales, l'enseignant de statistique est confronté à la difficulté de former à une discipline pour laquelle les étudiants sont peu familiarisés. Les freins observés ont donné lieu à de nombreux travaux de recherche nous permettant de dresser une typologie des obstacles les plus cités. Il s'agit couramment de difficultés de perception, de compréhension, d'application, d'appréciation, d'interprétation et de manipulation numérique. Ce constat établi, nous nous sommes demandée s'il existerait des situations de formation universitaire plus favorables à l'enseignement de la statistique.

De nos lectures nous avons extrait trois leviers fréquemment évoqués : la posture active de l'apprenant, la collaboration en petits groupes et l'utilisation du numérique. Dans cette perspective, nous avons observé une situation de formation simultanément active, collaborative et médiée par un logiciel de traitement de données afin de réunir des conditions propices à la réussite des étudiants.

Toutefois, dans une situation favorable où les étudiants suivent une formation dans un cadre institutionnel donné, dans un contexte didactique et pédagogique identique, certains étudiants réussissent mieux que d'autres. C'est pourquoi, à eux seuls, la situation, le cadre institutionnel et le contexte ne peuvent expliquer ces dissemblances. Notre hypothèse générale repose sur le postulat que tous les étudiants ne disposent pas des mêmes chances de réussite. Aussi faisons-nous l'hypothèse que celles-ci peuvent être influencées par des facteurs personnels préexistants.

Ce postulat nous a engagée dans la recherche des caractéristiques préexistantes inhérentes aux étudiants qui pourraient contribuer à leur réussite. Aussi distinguons-nous trois facteurs préexistants influençant la réussite des activités collaboratives médiées par le numérique :

- ceux liés à l'histoire des étudiants, à leur formation antérieure et d'ordre culturel que nous nommons biographiques ;

- ceux correspondant à l'affectivité, à l'émotion et à la compétence perçue que nous nommons psychologiques ;

- ceux qui s'attachent aux connaissances déclaratives et aux compétences pré-acquises traduisant des fonctions cognitives que nous dénommons cognitifs.

À ces attributs, qui peuvent être qualifiés de dispositionnels, nous avons adjoint des facteurs relatifs aux conditions perçues favorables par les étudiants à l'égard de la formation en statistique.

PARTIE 2 – Approche méthodologique de la construction, du traitement, de l'analyse et de l'interprétation des données

Il s'agit à présent de mettre en place la méthode la plus pertinente pour répondre aux questions de recherche et soumettre les hypothèses à l'épreuve des faits. Pour comprendre la réussite d'activités collaboratives et aborder la formation à la statistique assistée par les TIC, nous avons choisi de recourir à une méthodologie mixte qui permet de recueillir des données aussi bien qualitatives que quantitatives. En raison des contraintes matérielles et du temps imparti nous avons dû nous résoudre à faire des choix raisonnés. Le premier s'est porté sur l'observation participante, qui, si elle reste circonscrite, permet cependant d'effectuer une étude en profondeur et d'obtenir de nombreuses données. De plus, la présence sur le terrain reste très stimulante et devient une source permanente d'approvisionnement de données. Pour cette thèse, nous avons donc enregistré des données directes captées dans une situation authentique. Dans ce contexte nous avons tenté de trouver les instruments de construction des données les plus pertinents et surtout les plus adaptés à nos contraintes. Pour ce faire, nous avons choisi de croiser les données issues d'un questionnaire, des observations *in situ* et *in vivo* et des entretiens semi-directifs. Nos questionnements préliminaires ont provoqué de nombreuses interrogations sur les moyens d'obtenir les traces des activités quotidiennes des étudiants et de conserver les données pour pouvoir les analyser *a posteriori*. Les sections suivantes décrivent les choix qui nous ont guidée tout au long de ces réflexions.

1. Méthodes et techniques de construction des données : ressources et argumentations pour notre recherche

La conduite d'une recherche impose de procéder à des sélections dans le large éventail des possibles. Pour la production des données de terrain, nous avons choisi la forme d'investigation fouillée, implicative et intégrative qu'offre l'ethnographie. Elle signifie littéralement « *description des peuples* » et, par voie de conséquence, elle préconise que le chercheur se place comme un explorateur étranger, découvreur d'un nouveau monde, afin de rendre visible et intelligible des événements de la vie quotidienne (Diaz, 2014).

1.1. Les choix propres à l'enquête de terrain

L'ethnographie se caractérise par l'observation prolongée et rigoureuse de petits groupes. Cette approche directement en contact avec la réalité consiste à observer en détail un

phénomène circonscrit dans un contexte longuement décrit. Cette méthodologie englobe plusieurs techniques et favorise la pluralité des instruments de recueil de données.

> Elle [L'ethnographie de l'éducation] est un outil très puissant pour la compréhension des intenses et complexes dialogues intersubjectifs que sont effectivement les pratiques pédagogiques, des dialogues intersubjectifs qui établissent les liens entre les acteurs qui meuvent dans le contexte scolaire (Fino et Sousa, 2010, p. 3).

L'ethnographie permet donc d'obtenir conjointement une connaissance approfondie des sujets observés et des activités produites. Partant de ces principes nous avons mis en œuvre une approche naturaliste selon une étude de cas multiples au moyen de l'observation participante. Ce sont ces points qui seront abordés dans les sections suivantes.

1.1.1. Une approche naturaliste selon une étude de cas multiples

Nous avons adopté une posture distancée inspirée par celle préconisée par Chevallard. En effet, l'activité sociale observée conjuguée avec l'utilisation d'outils numériques produisent un cadre bien défini qui « *se traduit par la création de conditions supposées accroître la probabilité de survenue d'un apprentissage donné* » Chevallard (2010, p. 138). Développée par ce didacticien, la théorie anthropologique du didactique apparaît dans les années quatre-vingt dans le champ des mathématiques et se place en rupture avec les méthodes antérieures. Pour preuve, le premier précepte préconise une posture engagée et critique du chercheur sur les objets, leur nature et les liens qu'ils tissent et/ou détissent. Quant au second précepte, il repose sur le postulat que :

> Toute action humaine procède d'une praxéologie, en admettant bien sûr que cette praxéologie puisse être en cours d'élaboration, ou, aussi bien, que sa construction se soit arrêtée – peut-être définitivement, à l'échelle d'une vie humaine ou institutionnelle –, en la figeant dans un état d'incomplétude ou de sous-développement, avec, par exemple, un type de tâches mal identifié, une technique à peine ébauchée, une technologie incertaine, une théorie inexistante. (Chevallard, 1997, p. 38)

Ainsi, sans en appliquer méthodiquement tous les fondements, nous nous inspirons cependant des principes fondateurs de la théorie anthropologique du didactique (TAD). C'est en restant attentif à la distance nécessaire que le chercheur doit s'imposer tout au long de la recherche. Il lui incombe de porter son attention plus précisément sur la praxéologie qui soutient la diversité des réponses possibles pour un même type de tâches et cela dans le champ des sciences de l'éducation.

La plupart des recherches en sciences de l'éducation sont des enquêtes ponctuelles, s'inscrivant dans une période donnée, et limitée à un moment particulier formellement défini.

On repère quelques recherches focalisées sur l'évolution des sujets, leur histoire, ou encore l'enchaînement d'événements qui jalonnent leur existence. Ce sont alors des enquêtes dites longitudinales puisqu'elles recueillent des informations dans un temps long et mettent en œuvre un suivi prolongé des sujets étudiés. Les observations peuvent alors être régulières ou marquées par des événements particuliers. Notre protocole, lui, se situe à la frontière entre ces deux extrêmes puisque notre enquête de terrain adopte un plan longitudinal en se produisant sur plusieurs années consécutives soit de 2009 à 2012. Toutefois, notre intérêt ne se porte pas sur un seul échantillon observé à plusieurs reprises mais se concentre sur quatre cohortes. Ce terme peut être défini comme une entité regroupant des individus, autrement dit, il délimite une catégorie d'étudiants ayant partagé une histoire commune, un parcours similaire, abordé un programme scolaire semblable et vécu un événement analogue. Nous partons du présupposé que chaque cohorte – pour nous il s'agit d'étudiants inscrits en sciences de l'éducation – a son histoire, ses particularités et ses attributs propres tout comme le décrit Bihan-Poudec (2007, p. 2). Cependant, malgré des différences circonstancielles, nous préjugeons des ressemblances structurelles entre des étudiants qui suivent la même formation universitaire, comme le montre Houssaye (1998, p. 4).

Nous avons essayé de trouver un terrain qui soit le plus caractéristique de la situation et qui pouvait répondre à nos questions initiales. Pour Miles et Huberman (2003), il s'agit d'effectuer une sélection « *adéquate* » de cas. Ainsi, au lieu d'observer un grand nombre d'étudiants, au moyen de la composition d'un échantillon représentatif, nous avons opté pour une recherche portant sur l'examen d'un nombre restreint de sujets sélectionnés en raison de leurs particularités et leurs caractéristiques. Par ailleurs, au cours de nos lectures, nous avons fait le constat que de nombreuses expériences et observations rapportées par la recherche décrivent des périodes charnières de développement et s'intéressent à la genèse de nouvelles représentations. La plupart des recherches que nous avons listées dans la première partie s'intéressent au premier cycle universitaire et ont majoritairement délaissé le deuxième cycle. Nous faisons le choix d'observer, à l'extrême opposé, des adultes qui ont dépassé le niveau de licence et surmonté la sélection d'entrée en Master 2. Cette dénomination correspond à la dernière année du cursus universitaire pendant laquelle les professeurs dispensent encore des enseignements réguliers et il est toujours organisé des rassemblements presque hebdomadaires. Ces derniers participent inéluctablement à la cohésion et à la socialisation du groupe.

Nous avons opté pour l'étude de cas essentiellement pour pouvoir mener une recherche approfondie et proche du terrain. Il semblerait que ce choix méthodologique repose

davantage sur l'objet d'étude, qui est alors analysé dans une visée compréhensive, que sur un choix méthodologique, comme le rapporte Yin (1989/2014, p. 2) « *lorsque se pose une question du type "comment" ou "pourquoi" à propos d'un ensemble contemporain d'événements, sur lesquels le chercheur a peu ou pas de contrôle* ». Notre recueil de données s'est enrichi des « faits », du « vécu », dans le but de comprendre en profondeur les pratiques effectives des étudiants et les dynamiques sous-jacentes dans la réussite des tâches prescrites.

Nous prenons à notre compte les propos d'Alexandre (2013, p. 27) sur les querelles suscitées entre chercheurs et les critiques récurrentes envers l'étude de cas, dont les plus fréquentes reprochent le risque d'une tendance à l'idiosyncrasie au détriment de la généralisation des résultats à l'ensemble de la population mère.

> La crédibilité et la scientificité des résultats des études de cas font face à de nombreuses critiques (Roy, 2009). Les plus fréquentes portent, notamment, sur l'inconscience des biais des résultats, le choix erroné du cas, le peu de profondeur dans l'étude du cas, l'absence de vérification de la validité et de la fidélité ainsi que sur une fausse interprétation ou une généralisation des résultats (Roy, 2009). Depuis quelques décennies, l'étude de cas connaît un certain désaveu qui peut s'expliquer en partie par la polysémie de l'expression (Latzko-Toth, 2009 ; Merriam, 1998). (Alexandre 2003, p. 26)

Les principaux arguments d'Alexandre (2013), en faveur de la méthode de l'étude de cas, s'appuient sur la fluctuation inhérente aux objets d'études issus des sciences de l'éducation (Merriam, 1998) et donc sur l'incapacité d'obtenir la fiabilité et la reproductivité de résultats. À l'inverse, pour Elias (2001, p. 36), choisir une petite échelle permet une observation microscopique plus fine et plus détaillée qui n'empêche en rien la construction d'un modèle explicatif transférable à d'autres situations. En effet, la taille de l'échantillon ne peut en rien influer sur la capacité de reproductivité d'une enquête. Pour pallier la plupart des biais de scientificité et de validité précédemment cités, nous avons opté pour une étude de cas multiples. Elle offre un cadre unique pour rapporter des événements observés en situation d'enseignement qui présentent plusieurs facteurs déterminants interagissant ensemble. Elle permet de croiser diverses sources d'information pour couvrir les nombreux angles de l'objet d'observation, comme le préconise Yin (2014). Notre objectif n'est pas de rechercher des cas particuliers pour les comparer et extraire des phénomènes marginaux, mais à l'inverse nous avons réuni plusieurs cas pour ne former qu'un tout. C'est pourquoi, lors de l'analyse, nous partons d'un groupe unique constitué de l'agrégation de tous les cas supposés provenir d'une seule et même population. Dans la lignée du guide méthodologique de Marien et Beaud (2003, p. 12), il paraît essentiel de constituer plusieurs microéchantillons pour se préserver d'une étude trop restrictive. La validité réside alors dans l'utilisation de tests statistiques

appropriés à des effectifs faibles. L'étude de cas multiples paraît donc tout à fait indiquée pour rendre compte des éléments difficiles à dissocier de leur contexte et révéler les dynamiques complexes des activités de cours universitaires (Stake, 1995 ; Yin, 2014 ; Albero, 2010).

1.1.2. Recourir à l'observation de type participante pour mieux comprendre la situation

L'observation participante, initiée par Bronislaw Malinowski au début du XXe siècle, consiste à s'immerger longuement dans un terrain en se glissant dans le quotidien des sujets observés. Ainsi, pour Spindler et Hammond (2000), la validité de cette méthode de récolte de données dépend essentiellement de deux facteurs complémentaires qui sont d'une part la durée passée sur le terrain et d'autre part l'engagement actif du chercheur au sein du groupe observé. Les idées, remarques, notes et observations sont consignées dans un journal de recherche que nous avons nommé « *carnet de terrain* » selon les termes d'Olivier de Sardan (1995). Nous nous sommes positionnée tout à la fois comme observatrice impliquée dans l'observation de la situation et parfois même comme accompagnatrice. Il nous est arrivé d'assumer ponctuellement le rôle d'assistante de l'enseignant. Ces intrusions dans le déroulement des activités ne se sont produites qu'à la demande d'un participant : que ce soit l'enseignant ou un étudiant. Ayant nous-même été étudiante dans le même dispositif, nous avons vécu l'expérience de « *l'intérieur* ». Ceci nous a permis, avant même de commencer l'enquête, d'être déjà familiarisée avec le langage, la culture et les mœurs propres à l'institution universitaire. Nous avons adopté l'observation participante afin de :

– mieux comprendre le comportement des étudiants ;

– observer des activités effectives, les relations tangibles entre pairs ;

– saisir le réel et non sa représentation ;

– se confronter au quotidien des sujets observés pour approcher leur expérience.

Ces observations imposent de se faire accepter par les sujets observés et d'établir une relation de confiance propice aux confidences et aux révélations sincères tout en restant suffisamment distancée pour en extraire toute l'objectivité.

Néanmoins, il n'est pas aisé d'abord de recueillir puis d'analyser des données issues d'une salle de cours en raison de leur complexité due au nombre d'acteurs et au foisonnement de l'activité. Ainsi, dès 1981, de Landsheere pointe la diversité perceptible ou non des situations scolaires.

> Or, mille choses se passent en même temps dans une classe. Comptez une trentaine d'enfants et un maître qui parlent, et tout ce monde est en interaction. À

> côté de tout ce qui se dit, il y a tout ce qui se pense, se ressent » (de Landsheere, 1981, p. 4).

La gestion commune des activités reste plurielle, multimodale et pluri-sémiotique et en conséquence difficilement immédiatement observable (Guernier et Sautot, 2010, p. 1). Pour toutes ces raisons, c'est en différé que se démêlent plus aisément les nœuds des variétés des activités, des coopérations et des interactions. Outre leur complexité, il est à noter l'intériorisation des activités produites en cours. Toute activité humaine est à la fois biologique, cognitive, émotive, culturelle et sociale. Dans une situation d'apprentissage les activités restent partiellement intériorisées et la partie extériorisée se circonscrit dans la résolution de la tâche qui donne à voir aussi bien les comportements gestuels adoptés que les propos verbaux tenus. Ainsi une partie des transformations opérées reste inaccessible et donc hermétique au chercheur par la simple observation. De plus, les changements observés se limitent dans le temps, selon la durée institutionnalisée des travaux dirigés (TD), alors que les activités des apprenants se produisent conjointement hors des murs, suivant une longue durée. Nous ne retiendrons pas cet espace élargi, pas plus que la temporalité étendue, mais nous nous concentrerons sur le cœur de nos préoccupations qui se resserrent entre les murs, dans une salle de cours, lors de travaux dirigés, durant une situation didactique.

1.1.3. Limites de l'observation participante

Notre investigation portant sur les interactions mises en place par les étudiants nous pousse tout naturellement vers l'observation directe. C'est donc *in situ* que nous choisissons de capter une situation quotidienne d'initiation collective à un logiciel. L'observation de sujets en train de manipuler impose un certain nombre de précautions. Comme toute méthode de collecte, celle qui consiste à recueillir des faits observés, partagés et vécus par le chercheur a des limites inhérentes au procédé. En effet, l'observation participante, si elle offre une multitude d'informations tangibles, restreint néanmoins la lisibilité et la compréhension d'une situation au seul chercheur. En conséquence, pour répondre à nos questions initiales, les seules observations des étudiants ne suffiraient pas pour comprendre les phénomènes examinés. Notre triple ancrage d'enseignante, de chargée de cours et de doctorante engendre une implication à plusieurs titres dans le département où se situe l'étude. Ce statut pluriel provoque des questionnements sur notre engagement personnel et sur le risque de faire preuve de subjectivité excessive. Ces biais peuvent subvenir à toutes les étapes de constitution du protocole de recherche et, plus spécifiquement, depuis les conditions de production des connaissances jusqu'à l'analyse des données. Ainsi nous avons tenté de trouver la juste distance entre implication et distanciation par rapport à notre objet de recherche.

Sur ces points, Elias (1993) soutient que, loin d'être une entrave, il s'avère que l'engagement des spécialistes des sciences humaines peut faciliter la compréhension des groupes humains observés. Il rapporte que :

> Leur propre participation, leur engagement, conditionnent par ailleurs leur intelligence des problèmes qu'ils ont à résoudre en leur qualité de scientifiques. Car, si pour comprendre la structure d'une molécule on n'a pas besoin de savoir ce que signifie se ressentir comme l'un de ses atomes, il est indispensable, pour comprendre le mode de fonctionnement des groupes humains, d'avoir accès aussi de l'intérieur à l'expérience que les hommes ont de leur propre groupe et des autres groupes ; or on ne peut le savoir sans participation et engagement actifs. (Elias, 1993, p. 29)

En effet, si l'implication du chercheur améliore l'accès au terrain et l'observation de situations réelles et vraies, elles ne garantissent en rien l'objectivité ou la neutralité de celui-ci. En revanche l'impartialité s'échafaude par l'autoréflexivité et la quête de rigueur méthodologique. Afin de contrôler notre fort ancrage dans le terrain nous avons tenu un carnet de terrain pour consigner des informations et accéder à une forme de « *distance réflexive* ». Selon les prescriptions de Van der Maren (1996, p. 195) cette étude demeure simultanément multidisciplinaire par la définition même de son cadre conceptuel et multimodale dans la construction des données. Enfin, pour parfaire les informations acquises, nous avons adjoint des données issues d'un questionnaire et les avons enrichies des répétitions des sujets par la mise en place d'entretiens individuels semi-directifs.

1.2. Choix des instruments de construction des données

La section suivante décrit la méthode retenue et aborde plus particulièrement le choix des trois instruments de collecte de données. Il est largement conditionné par la nature des informations recherchées. Aussi, pour répondre à nos interrogations initiales, nous choisissons de recueillir des données selon la triple temporalité de construction ci-dessous.

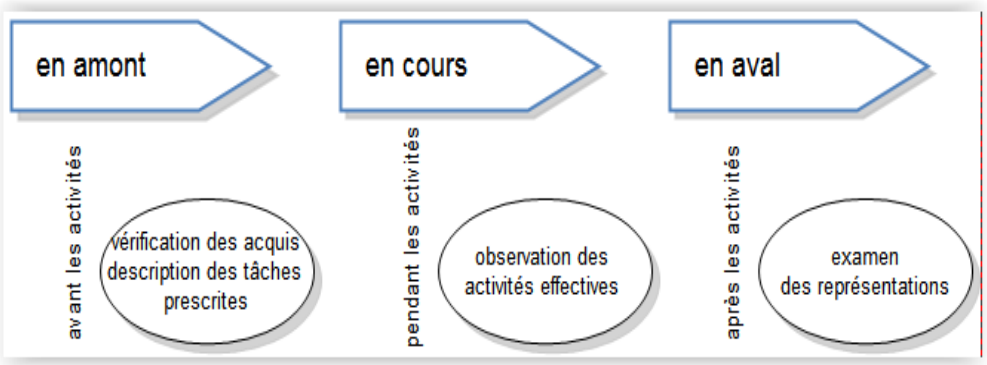


FIGURE 13 – DIVERSES PHASES DE COLLECTE DES DONNÉES

En amont il est évalué les pré-acquis et récolté les facteurs préexistants, en cours d'activité il est effectué une observation et en aval il est récolté la représentation de la

situation. Ce sont ces trois temps de récolte et les réflexions sur la quête des instruments qui seront traités dans les sections suivantes.

1.2.1. Trois temps de construction des données

Le recueil se produit selon les trois temps décrits ci-dessus. Tout d'abord, l'enquête par questionnaire permet d'identifier les sujets observés, d'extraire leurs représentations et surtout d'effectuer une évaluation des connaissances acquises antérieurement à la formation. Elle est complétée par une observation des activités effectives produites par les étudiants, entrecoupée par une expérimentation pour étudier plus finement les activités et leurs enchaînements. Il s'est agi de regrouper les étudiants en deux groupes : une dyade et une triade ayant des niveaux initiaux de connaissance et de compétence très distincts. S'ensuit une recherche descriptive sans aucun contrôle ou aucune intervention sur les variables indépendantes pour se situer au plus près des réalités du terrain. Par conséquent, cette observation des phénomènes permet d'examiner ce qui se passe concrètement en cours et ainsi de parvenir à collecter une série d'événements produits en situation. Grâce à l'observation participante nous examinons la situation d'apprentissage tout en vivant et en nous impliquant dans les activités. Enfin, l'addition d'entretiens individuels semi-directifs dote notre protocole de recherche des représentations des individus sur la situation d'apprentissage, nous informe notamment sur leur lien avec leurs camarades et nous permet de récolter leur retour d'expérience.

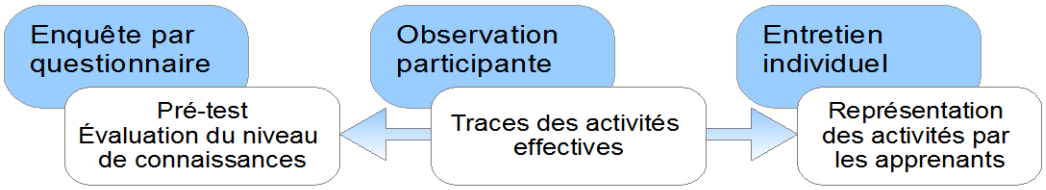


FIGURE 14 – LES TROIS TEMPS DE COLLECTE DES DONNÉES ADOPTÉS

En résumé, selon la figure ci-dessus, l'enquête par questionnaire a trois fonctions : renseigner sur l'identité des étudiants, recueillir leur représentation de la statistique et enfin informer sur leurs pré-acquis. Elle permet de recueillir les informations utiles sur les facteurs préexistants. En complément, l'observation participante permet d'obtenir des traces numériques permettant de conserver les activités effectives produites lors des TD. Quant à l'entretien individuel, il ajoute à l'ensemble les représentations des activités évoquées par les étudiants.

1.2.2. En quête d'un instrument de recueil des traces des activités

Nos questionnements préliminaires ont donné lieu à de nombreuses interrogations sur les moyens d'obtenir les traces et conserver les données pour pouvoir par la suite les analyser *a posteriori.* La tâche était d'autant plus difficile que nous recherchions à enregistrer des données directes captées dans une situation authentique. De plus en plus usitée en classe, la vidéographie paraît être l'instrument le plus pertinent pour recueillir des interactions et la multimodalité propres aux processus d'apprentissage. Toutefois, nous n'avons pas choisi de filmer les situations d'apprentissage médiées par les TIC, et cela, pour de nombreuses raisons. D'une part, notre problématique se focalise sur les activités produites sur l'ordinateur et sont donc visibles à l'écran. Techniquement, il est difficile de filmer directement un écran d'ordinateur car la fréquence de rafraîchissement (balayage) est supérieure à celle produite sur un caméscope, c'est pourquoi des bandes horizontales apparaissent au visionnage. Ces dysfonctionnements peuvent cependant être gommés en utilisant certaines fonctions de type « *clear scan* » mais qui imposent l'utilisation d'un matériel sophistiqué. Cela nécessiterait par ailleurs un important dispositif technique avec l'emprunt de nombreux caméscopes, sans compter les cordons électriques à gérer et à dissimuler pour des raisons de sécurité. Outre la surcharge matérielle, il aurait fallu augmenter les ressources humaines et trouver plusieurs cameramen pour diversifier les angles de vue. Un certain nombre d'écueils et de biais dus à l'usage de la caméra pour capturer des moments de classe sont listés dans l'ouvrage collectif (Sautot, 2009).

1.2.3. Limites de la vidéographie pour notre recherche

Dans le cadre de nos observations les étudiants restent assis à leur poste durant presque toute la durée du TD et les déplacements ne surviennent que très exceptionnellement. Quant à l'organisation spatiale des étudiants elle reste assez figée. Lorsque des changements de place se produisent ils sont audibles et généralement verbalisés ce qui permet de les localiser. De plus, lors des transcriptions, il est possible d'entendre les mouvements de chaises puis de distinguer des conversations intragroupes. Le plan que nous traçons en début de chaque séance et les notes consignées dans un carnet de terrain sont suffisantes pour saisir les rares déplacements survenus durant les TD. Il est également à noter que les étudiants sont assis côte à côte devant un écran et non face à face ce qui provoque peu de gestuelle. De plus, si le film numérique offre une meilleure visibilité des détails, les écueils dus à l'emploi de la caméra restent cependant nombreux. La distanciation du visionneur demeure difficile face aux images qui donnent l'illusion de retranscrire la réalité. De plus, la surproduction de données

issues de la réplique animée du vécu complexifie à outrance la situation. Dans ces conditions, cette accumulation risque de parasiter la compréhension des activités effectives réellement produites en cours et subséquemment pourrait dissimuler certaines données pertinentes. Le chercheur peut alors se trouver face à une masse trop dense d'informations qu'il est par la suite laborieux de traiter. Enfin, il nous paraît difficile, pour les sujets observés, d'oublier une caméra qui reste très visible.

1.3. Choix des instruments de construction des données

Dans notre souci de discrétion, une de nos principales difficultés résidait dans la quête d'un instrument adéquat et pertinent de recueil de données (Diaz, 2014). Nous voulions qu'il soit tout à la fois le plus discret possible pour être vite oublié par les étudiants, tout en restant assez performant pour recueillir les données nécessaires à l'enquête mais aussi suffisamment robuste pour les restituer. Nous décrirons les raisons du choix de Camstudio dans les lignes suivantes. Il s'ensuivra l'explication de l'adoption de l'entretien semi directif puis nous justifierons la convergence entre ces instruments de collecte. Ainsi, descriptions, raisons de nos choix, leur combinaison par le recours à la triangulation seront les thèmes abordés dans les sections suivantes.

1.3.1. Choix du questionnaire pour recueillir les données sur les facteurs préexistants des sujets

Le questionnaire reste un instrument de récolte très usité de par sa praticité et son efficacité. Il consiste à engranger les réponses des sujets observés à partir de questions précises issues des objectifs propres à la recherche. De Landsheere (1982) critique cette méthode à laquelle il reproche ses insuffisances en termes d'exhaustivité en raison de la restriction due au nombre limité de questions posées. Si, en effet, un questionnaire ne couvre qu'une fraction d'un problème, pour autant il peut cependant en révéler l'essentiel et ainsi apporter une réponse suffisante. L'auteur de *L'introduction à la recherche en éducation* émet des réserves sur la validité des réponses ; de plus, il reproche aussi à cette méthode la partialité du chercheur. Il lui appartient, en effet, de construire par avance, en fonction de ses conceptions et de ses compétences, un cadre prédéfini. Certains biais menacent la validité du questionnaire ce qui impose de prendre des précautions telles que l'instauration d'un pré-test, le choix de la population et la constitution d'un échantillon. Par ailleurs, cela impose la formulation d'objectifs clairs, le choix d'indicateurs opérationnels, la rédaction de questions précises et univoques, la planification de la passation et le traitement méticuleux des diverses variables. Cependant une fois ces précautions prises en compte, cet instrument de construction

de données s'avère particulièrement efficace pour obtenir des données à partir de questions ciblées et fermées. Le recours à un support écrit est également très performant pour identifier les connaissances acquises préalablement à la formation et même évaluer le niveau de connaissances. Le questionnaire permet de récolter rapidement et facilement une grande quantité d'informations. La saisie et le traitement des données s'accomplissent alors également promptement et aisément.

Le choix de l'enquête par questionnaire s'est donc alors imposé à nous pour construire des données ciblées afin de connaître le profil des sujets et obtenir des données sur leur identité, leur histoire, leur compétence perçue, leur préconception, comme sur leur pré-acquis et préconceptions. Dans cette recherche, nous avons pu exploiter une enquête par questionnaire, existante depuis 2008, créée et administrée par notre directeur de thèse. Nous avons ainsi bénéficié d'une méthode, d'un protocole et d'une logistique existant depuis 1992 et répétés chaque année (Régnier, 2002, p. 161). Toutefois, dans cette recherche, nous n'avons dépouillé, saisi et analysé que les réponses en lien avec nos questions de recherche. Nous avons plus particulièrement utilisé le questionnaire (Annexe 1) comme un instrument informatif pour nous renseigner sur l'identité des étudiants et ce que nous avons nommé les facteurs préexistants biographiques. Ainsi nous avons traité l'âge, le genre, la série du baccalauréat obtenu ou encore le cursus poursuivi. Le questionnaire nous a également permis de récolter les facteurs que nous avons nommés psychologiques. Pour ce faire, nous avons relevé les variables relatives à l'intérêt et l'utilité de la formation en statistique, la difficulté perçue et la compétence perçue en statistique et l'attitude émotive. Nous avons également extrait les facteurs que nous avons dénommés cognitifs. En évaluant les pré-acquis pour mesurer le niveau initial de connaissances en statistique et, plus particulièrement, avons relevé les indicateurs de compréhension des étudiants sur les trois notions fondamentales, évoquées dans la première partie, que sont : la moyenne, l'écart-type et le risque d'erreur. Cependant, dans le cadre de cette recherche, le questionnaire ne couvre pas tous les aspects de notre problématique et s'avère insuffisant pour répondre à toutes nos interrogations. Aussi lui avons-nous adjoint d'autres méthodes d'enquête.

1.3.2. Choix du logiciel Camstudio pour le recueil des traces numériques

Dans notre enquête de terrain l'instrument de collecte doit présenter des dispositions pour la manipulation de la multitude d'informations acquises lors de l'enregistrement et leur restitution ultérieure. Nous souhaitons traquer puis décortiquer les comportements induits par l'initiation à un logiciel par des étudiants étudiant à plusieurs. Plus que la gestuelle de groupe

ou celle de chaque sujet, ce sont les activités effectives et les modes opératoires qui nous intéressent. Par conséquent, plus que les images, nous recueillons les traces des procédures accomplies par les sujets observés. Une telle précision ne peut s'obtenir avec les instruments traditionnels de recueil de données. Dès lors, il est indispensable d'utiliser un outil de capture puis de restitution qui favorise un décodage plus fin. L'usage d'un logiciel d'enregistrement d'écran (*screencast* en anglais) apparaît comme le moyen le plus efficace pour récolter et pour traiter ultérieurement les processus de manipulation de sujets. Pour enregistrer les activités effectives produites par les étudiants et simultanément leurs échanges verbaux, nous avons détourné un logiciel libre, initialement utilisé pour effectuer des tutoriels ou des démonstrations, nommé Camstudio (http://camstudio.org).

Cette appropriation nous permet de consigner les informations pertinentes, de visionner *a posteriori* et ainsi de pouvoir disséquer les données. Les deux programmes les plus connus se nomment Camtasia (logiciel propriétaire) et Camstudio (logiciel libre). Lorsque l'on installe ce type de programme, l'utilisateur note parfois un léger ralentissement des fonctions de base dû à l'utilisation de ressources système pour l'enregistrement des données. À part cela, ce logiciel de capture d'écran reste très discret, facile à utiliser et surtout immatériel. Il est donc conseillé de l'installer sur des matériels récents et suffisamment puissants pour le supporter. En ce qui concerne la technique, le procédé de fixation des images consiste à capturer en continu les images qui apparaissent à l'écran. Une fois l'enregistrement terminé il porte l'extension .AVI par défaut. Ce logiciel nous permet de recueillir un type particulier de données qui ne sont ni filmiques, ni des traces issues de fichiers log, mais se situent entre ces deux types de traces. En effet, un fichier log, aussi nommé « *journal* », est un écrit au format texte résumant chronologiquement les opérations produites sur un logiciel ou sur Internet, alors que nous avons recueilli l'enregistrement de tout ce qui s'affiche à l'écran.

1.3.3. Choix de l'entretien individuel semi-directif pour le recueil des représentations *a posteriori*

Après avoir examiné ce que les sujets nous donnent à voir, il faut confronter ces images à la teneur de ce qu'ils nous livrent à entendre. L'étape suivante consiste à obtenir des renseignements *a posteriori* de données déclaratives sur l'analyse de l'accomplissement d'une tâche collective. C'est par la voie d'entretiens que nous obtenons ces informations qui s'orientent vers ce que les apprenants expriment oralement à l'égard de leur activité. Nous en étudions la pertinence et les traitons comme des post-test pour mesurer les changements produits à l'issue de la formation. Dès lors, nous nous focalisons sur ce que les étudiants en

retiennent, sur le vocabulaire qu'ils emploient et sur leur mise en mots de l'expérience didactique vécue. Le passage d'une dynamique procédurale à son interprétation déclarative semble riche en informations et particulièrement adapté à la confirmation de notre hypothèse. Les entretiens, produits à la fin de la formation, ont un usage complémentaire et viennent parachever les données précédentes. Ils ont pour objectif de venir parfaire la compréhension du sujet apprenant et nous renseignent sur l'énonciation que les acteurs donnent de leurs pratiques, leurs systèmes de valeurs, leurs types d'interprétations. Pour obtenir une connaissance individuelle, saisir la singularité des sujets, la représentation propre à chaque apprenant, il a été choisi l'entretien individuel. Sachant qu'il faut un certain temps pour que le sujet sorte du discours convenu et rentre dans une relation de confiance, l'entretien ne peut pas être trop rapide au risque de ne prélever qu'un propos surfait et conventionnel. La durée d'une heure nous paraît idéale pour dépasser ce biais tout en restant acceptable par les étudiants, qui, peu disponibles, sont sollicités pour donner volontairement de leur temps.

Les données prises individuellement pourront se croiser afin de comparer les divers points de vue. Ce qu'il est parfois difficile de comprendre seul en tant qu'observateur est éclairé par les regards portés par les actants eux-mêmes, sur leurs représentations des pratiques courantes. Les énoncés produits lors des entretiens apportent un angle de vue diversifié, complémentaire, voire contradictoire sur une situation réellement produite et passée. La variété des explications favorise la compréhension mais aussi permet de mettre en perspective des représentations divergentes. Il s'agit en conséquence de saisir ce que les étudiants retiennent des séances de formation à la statistique médiée par un logiciel de traitement de données et leur lien avec le travail de groupe. Ainsi nous identifions les écarts entre le début et la fin de la formation. De plus, nous retenons l'entretien semi-directif car il se positionne entre l'ouverture complète sur des thématiques parfois très éloignées de la recherche et la fermeture sur des questions antérieurement prédéterminées par le chercheur (Quivy et Campenhoud, 1995, p. 195). Ce dernier doit recadrer le sujet interviewé dès qu'il s'éloigne excessivement de l'objet de recherche et tenter d'aborder de nouveaux points au moment le plus opportun. En résumé, l'entretien semi-directif offre énormément de liberté au sujet interrogé tant qu'il s'exprime sur des sujets pertinents.

1.3.4. Convergence entre les instruments de construction des données

Devant la complexité de l'analyse d'une situation d'apprentissage et d'enseignement nous avons opté pour la diversification des sources suivant la triangulation ; cette option méthodologique permet de rapprocher des données issues de plusieurs instruments de récolte.

La démarche consiste à convoquer le pluralisme des instruments de collecte d'informations. Elle vise l'amélioration de la compréhension d'une situation complexe par la confrontation et/ou la complémentarité de divers canaux de prises de données. La triangulation des méthodes repose sur le présupposé que la diversité et la corrélation des informations permettraient de réduire les biais de chaque méthode. « *Les faiblesses d'une méthode sont souvent la force d'une autre, en combinant méthodes, observations on peut atteindre le meilleur de chaque, tout en dépassant leurs déficiences particulières* » (Denzin, 1989, p. 117). Certains chercheurs vont même jusqu'à recommander « *la contamination des démarches* » (Péladeau et Mercier, 1993, p. 117), c'est-à-dire leur interdépendance pour favoriser la multiplication de points de vue et ainsi optimiser la compréhension des phénomènes observés. Nous dépassons donc les querelles entre enquêtes quantitatives et qualitatives en recherchant davantage la complémentarité des méthodes pour placer l'objet d'étude sous la rampe d'éclairages distincts afin de « *lui donner tout son relief* » (Hamel, 1997, p. 104) et ainsi mieux faire émerger l'organisation générale. L'observation de la situation nous permet de déterminer une description chronologique qui peut s'appliquer à de nombreuses organisations de formations et se présente selon la description chronologique ci-dessous

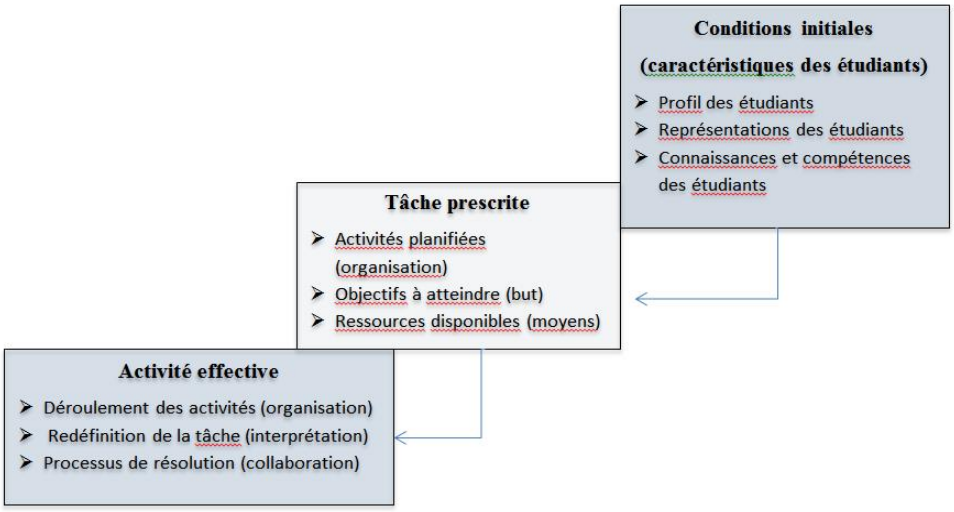


FIGURE 15 – DESCRIPTION CHRONOLOGIQUE

Ces mises en perspective participent à la technique de triangulation définie dans le dictionnaire des méthodes qualitatives en Sciences Humaines et dans lequel Mucchielli stipule que « *le recours à la triangulation décrit un état d'esprit du chercheur, lequel tente activement et consciemment de soutenir, de recouper, de corroborer les résultats de son étude* » (2004, p. 289). Cette stratégie, également appelée pluralisme méthodologique, consiste à employer plusieurs méthodes de recueil de données. L'objectif est de diminuer les éventuels écueils propres à chacune d'entre elles pour examiner la conformité et la constance

des informations rassemblées et pour se soumettre aux exigences d'une rigueur scientifique. Nous avons utilisé l'approche par méthode multiple aussi bien pour la collecte des données que pour leur analyse « *mixte* ». Suivant ce principe, le corpus de travaux de recherche et les données verbales seront analysés à l'aide de méthodes qualitatives afin de dévoiler les stratégies personnelles. Quant à l'utilisation de méthodes quantitatives, elles nous révéleront les tendances générales des activités effectives du groupe. Tout en incorporant la part de subjectivité de notre regard, de nos choix et notre interprétation, nous optons pour la triangulation afin de ne pas nous cantonner aux préjugés et aux obstacles épistémologiques propres à notre position.

2. Instruments de construction des données mis en œuvre

Les instruments de construction des données choisis ne sont pas neutres puisqu'ils ont une incidence sur la quantité tout comme sur la qualité des données recueillies. De par leur autonomie et leur performance, ils contribuent à augmenter ou diminuer l'espace entre le sujet observé et l'observateur. C'est pourquoi la constitution du corpus peut prendre plusieurs formes et contenir une grande variété d'informations, voire être mixte et à caractère multimodal. Quels que soient ses attributs, il convient de rappeler que c'est en partie sur la qualité du corpus que reposent la crédibilité et la validité d'une recherche (Van der Maren, 2004). Pour cet auteur, il faut tenir compte des quatre critères fondamentaux suivants : l'accès aux sources, l'exhaustivité, l'actualité et l'authenticité. À cette liste nous ajoutons la cohérence du corpus avec le reste de l'étude dans le but d'engendrer un tout explicite et vraisemblable. En fonction des recherches, il est possible de distinguer cinq principales méthodes de production de données : l'étude de documents, le questionnaire, l'observation, l'expérimentation et l'entretien. Chacun d'eux peut prendre des formes différentes et leur construction participe amplement à la production des données. Aussi il appartient au chercheur d'en produire une description suffisamment détaillée pour que la recherche puisse être reproduite dans des conditions similaires.

2.1. Description des outils de construction des données

Les instruments de construction de données choisis pour répondre à notre quête sont conjointement : le questionnaire, l'observation et l'entretien. Ils livrent des *données provoquées* et des *données suscitées ou d'interaction* selon la classification établie par Van Der Maren (2004, p. 83). Les premières sont partiellement imposées par le chercheur qui aiguille le sujet observé en fournissant un cadre et des réponses souvent préétablies, alors que

les secondes sont le fruit de l'interaction entre les deux protagonistes et se construisent conjointement et au fil de l'entretien. Dans tous les cas, toute recherche s'effectue sous le contrôle d'une équipe de chercheurs qui adapte les outils aux attendus et aux contraintes existantes. Aussi, pour plus de clarté sur nos intentions, nos prévisions et nos prédictions, nous traiterons des ajustements, des accommodations et réglages des instruments sélectionnés dans les sections suivantes.

2.1.1. Description du questionnaire *étude des difficultés et des facilités d'apprentissage de la statistique*

Ce questionnaire se présente sous la forme d'un livret de quatre pages et se décompose en trois parties distinctes :

– vous et votre parcours antérieur à la formation ;

– vous et la statistique ;

– quelques situations-problèmes.

L'organisation en trois parties facilite la compréhension du cheminement à suivre par le sujet enquêté. Après les questions ayant trait à la date de passation et au niveau d'étude, la première partie aborde l'identité du sujet ainsi que son cursus et permet ainsi de débuter le questionnaire sans effort particulier. Des questions faciles, courtes et compréhensibles, s'enchaînent pour saisir des informations sur les répondants. Les variables d'ordre qualitatif et quantitatif se suivent et permettent ainsi d'éviter l'ennui de l'individu sondé. Les questions s'organisent en partant de questions d'ordre général pour arriver à des questions plus spécialisées et plus complexes.

La deuxième partie veut faire émerger la représentation de l'enquêté sur la statistique et se présente sous forme de plusieurs questions ouvertes dans les variables codées [V9] puis [V12] à [V16]. Ces dernières n'induisent pas une réponse préétablie mais elles laissent au contraire une large part de liberté au répondant aussi bien sur la forme que sur le fond de ses expressions. Elles obtiennent des réponses diversifiées et se présentent sous forme de mots, d'expressions langagières, voire de phrases ; ce sont donc des variables qualitatives textuelles. En revanche, les questions sur l'intérêt et le niveau d'utilité de la statistique, respectivement [V10] et [V11], constituent des variables ordinales qui permettent de dégager différents degrés d'opinion à partir d'une échelle allant de zéro (le plus faible) à dix (le plus fort).

Quant à la troisième partie, elle consiste dans un premier temps à er le niveau de conceptualisation à l'égard de notions élémentaires de statistique que sont la moyenne, l'écart-type et l'intervalle de confiance sous la forme de trois situations-problèmes S1, S2, S3. Cette troisième partie permet également d'évaluer le niveau de connaissance des étudiants sur

un certain nombre de domaines mathématiques comme l'utilisation des règles de priorité, la notion de proportionnalité ou encore l'identification des catégories de nombres. Comme il a été spécifié précédemment nous n'avons saisi et traité que les questions en lien avec notre problématique. Nous avons ainsi extrait les réponses qui nous permettent d'identifier et de caractériser les sujets, leur représentation de la statistique et leur traitement des situations-problèmes portant sur les notions fondamentales de statistique. Ces notions devraient être acquises lors du cursus secondaire et sont souvent revues durant le premier cycle universitaire.

De surcroît, les trois situations-problèmes évaluent d'abord des savoirs généraux tels que savoir lire, comprendre les consignes et savoir identifier et extraire les informations utiles dans l'énoncé. Ce sont des savoirs qui font partie des aptitudes spécifiques de la compréhension écrite. Selon Valdois « *Il est aujourd'hui largement établi que la compréhension de texte repose sur des aptitudes (traitements sémantiques, syntaxiques, morphologiques, pragmatiques)* » (2003, p. 1). À partir de la classification établie par Lecœur (2008, p. 78-92), complétée par notre expérience d'enseignante et enrichie par nos lectures, nous avons défini les sept principales aptitudes cognitives considérées :

– aptitude à comprendre des phrases et paragraphes écrits en lisant ;
– aptitude à appliquer des concepts et principes pour tirer des conclusions pertinentes ;
– aptitude à extraire une information et la retranscrire ;
– aptitude à comprendre, organiser un problème et sélectionner une méthode ou la formule appropriée pour le résoudre ;
– aptitude à faire rapidement des calculs exacts ;
– aptitude à définir des notions de base de statistique ;
– aptitude à structurer des phrases et des paragraphes écrits pour se faire comprendre en écrivant.

En résumé, ce questionnaire donne une photographie des étudiants inscrits dans la formation. Comme le ferait une évaluation diagnostique, il permet d'observer le fonctionnement des connaissances et compétences en jeu et met en exergue les facilités comme les difficultés rencontrées par les étudiants. Il permet de dresser la liste des facteurs individuels préexistants à la formation.

2.1.2. Description des réglages de Camstudio

Depuis l'année 2006 nous avons pour habitude d'utiliser la version d'essai du logiciel Camtasia pour recueillir les traces numériques des activités effectives des apprenants. Nous

l'installons manuellement sur chaque poste, après l'obtention d'une dérogation des établissements scolaires étudiés et les autorisations des sujets observés. Néanmoins, à partir de 2008, nous avons été confrontée à des contraintes informatiques puisque l'installation d'une version de démonstration reste interdite à l'université. Il est, de plus, impossible de modifier la gestion des postes informatiques en ajoutant de nouveaux programmes, même libres. Cette tâche incombant à l'administrateur réseau, nous avons dû tout d'abord effectuer toutes les démarches pour obtenir les autorisations, à la suite de quoi il a été créé une image ISO installée simultanément sur tous les postes informatiques, le temps des enregistrements. C'est également avec l'aide de l'administrateur réseau que nous avons procédé à une étude comparative des programmes libres qui offrent des fonctions analogues à Camtasia. Après réflexion, nous nous sommes alors tournée vers Camstudio, libre de droits et développé sous licence publique générale libre (GNU GPL). Ce logiciel enregistre toutes sortes d'informations en format vidéographique comme les déplacements de souris et les saisies au clavier. Son interface simple, voire minimaliste, reste assez intuitive à utiliser.

Les captures de vidéo demeurent excessivement volumineuses. Pour faciliter leur traitement elles requièrent la compression des données. Elle se fait grâce à l'utilisation de CoDecs ; ce mot-valise contient conjointement le COdage et son antonyme le DÉCodage. Cette opération consiste à diminuer la taille des données en modifiant leur codage. Il existe une myriade d'algorithmes de compression dont chacun possède ses spécificités, ses domaines de prédilection et ses performances de restitution. On classe habituellement les opérations de codage / décodage en deux catégories : celles qui se produisent sans et celles qui se produisent avec perte. Dans ce dernier cas, il est à noter que l'information reste identique à l'original et que la diminution de la suite de bits se produit sans altération perceptible par les organes sensoriels humains. Le choix du format de compression s'avère délicat puisque la qualité est proportionnelle au poids, ce qui implique de trouver un compromis entre définition et taille de la vidéographie. Pour nos recueils de données, le matériel disponible étant vétuste (processeur Pentium de 2,66 GHz avec 1 Go de RAM), nous avons dû paramétrer le logiciel finement (Annexe 2). Suivant ces prescriptions, le service informatique nous a conçu une image Iso, qui, téléchargée en réseau sur tous les postes, nous a grandement facilité la mise en place du logiciel. Pour améliorer la qualité des enregistrements sonores nous ajoutons un dictaphone numérique Digital Audio Tape (DAT) sur chaque poste. La mise en perspective de plusieurs groupes effectuant la même tâche prescrite devrait permettre de dégager des phénomènes récurrents et des similarités entre les étudiants tout en apportant des divergences inter-groupales.

2.1.3. Description de la grille d'entretien menée auprès des étudiants

Notre grille d'entretien (Annexe 3) se compose de quatre parties et chacune se subdivise en cinq thèmes.

La première partie a pour but d'obtenir des données informatives sur la formation initiale, l'utilisation des outils numériques, ainsi que les représentations sur les connaissances et les compétences en informatique. Elle permet de dresser un profil d'utilisation des outils informatiques et les questions abordent :

– formation suivie précédemment ;

– équipement personnel et les logiciels disponibles ;

– temps consacré à l'informatique (en général) ;

– usages numériques les plus fréquents ;

– fréquence d'utilisation de l'informatique (en général) ;

– type de problème rencontré et sa résolution.

La deuxième partie a plus une portée descriptive et compréhensive sur les séances de formation suivies. Elle se centre sur l'évocation des séances et sur la verbalisation *a posteriori* de l'activité effective. Les questions portent sur :

– description des séances ;

– mémorisation de la tâche prescrite ;

– lien avec les autres enseignements ;

– énonciation des consignes ;

– verbalisation des activités effectives.

Quant à la troisième partie, elle a une portée psychosociale et sonde la position du sujet dans le groupe. Elle comprend les thématiques suivantes :

– description des activités effectives produites par le sujet interrogé ;

– représentation des rôles ;

– évocation des étudiants avec lesquels ils aimeraient étudier ;

– évocation des étudiants avec lesquels ils n'aimeraient pas étudier ;

– inférence de l'autre dans l'apprentissage.

Enfin, les dernières questions se recentrent sur la formation suivie. Il est demandé aux sujets d'expliciter un extrait des captures d'écran. Par la mise en mots de la situation réelle et passée on espère obtenir des informations sur le vécu de l'étudiant. Les questions abordent les thèmes suivants :

– vérification des acquis des séances suivies ;

– observation des pairs ;

– améliorations qui pourraient être apportées à la formation ;

– expérimentation du travail collaboratif ;

– description d'autres expériences de travail collaboratif.

Dans la lignée de l'entretien d'auto confrontation simple (Clot *et al.*, 2000), à la fin de l'entretien, il est projeté sur un écran d'ordinateur l'extrait des traces numériques récoltées pendant lequel l'interviewé étudie l'écart-type avec ses pairs et il lui est demandé de décrire l'extrait visualisé.

2.2. Description *a priori* des trois situations-problèmes du questionnaire

Pour connaître le niveau de conceptualisation des étudiants, avant même de commencer le TD, il semble nécessaire de vérifier leurs pré-acquis. Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, le questionnaire utilisé reprend les trois notions fondamentales abordées en cours d'initiation au raisonnement statistique que sont la moyenne, l'écart-type et le risque d'erreur. Remis dès la première séance de cours, il a plusieurs objectifs dont celui de connaître les représentations et les pré-acquis des étudiants, tout en permettant de vérifier le niveau de connaissances et compétences acquises par les étudiants et, réciproquement, de saisir les erreurs effectivement commises. De plus, le questionnaire favorise l'identification des différentes représentations sous-jacentes et sert à repérer les difficultés récurrentes. Les commentaires que les étudiants inscrivent ont pour objectif de mettre en lumière leurs interprétations de l'énoncé, leurs représentations de notions élémentaires de statistique, ainsi que de révéler la nature des difficultés qu'ils rencontrent. Ces annotations préfigurent les obstacles qu'ils auront à surmonter. Nous commençons par une analyse *a priori* de la tâche prescrite, avant de procéder à l'analyse des données recueillies dans la troisième partie de cette thèse.

2.2.1. Situation-problème S1

La première situation-problème proposée aux étudiants décrit un événement de la vie quotidienne qui requiert l'utilisation du calcul de la moyenne pour le résoudre. Il s'attelle à vérifier principalement des connaissances procédurales également qualifiées de pratiques (Gagné, 1985 ; Tardif, 1992) sur le calcul d'une moyenne arithmétique pondérée. La formulation repose sur un énoncé issu des mathématiques et non du paradigme classique de la statistique.

Situation 1

Un ascenseur dont la capacité maximale est de 700 kg, doit transporter dix personnes : quatre femmes dont le poids[35] moyen est de 60 kg et des hommes de poids moyens quatre vingt kg. Ces personnes pourront-elles être transportées en un seul voyage ? Quel est le poids moyen de ce groupe de personne ?

Les études sur le calcul de la moyenne ne sont pas nouvelles. En effet, nous avons pu trouver dans la littérature des résolutions de problèmes similaires (Pollatsek *et al.* 1981, p. 195 ; Mary et Gattuso 2005 ; Bihan-Poudec, 2010). Le premier énoncé date de 1981 et s'attèle à vérifier le calcul de deux moyennes pondérées à partir d'un exemple concret basé sur des nombres entiers.

There are ten people in an elevator, four women and six men. The average weight of the women is 120 pounds, and the average weight of the men is 180 pounds. What is the average of the weights of the ten people in the elevator? (Pollatsek *et al.*, 1981, p. 195)

À première vue, cet énoncé est proche de celui proposé par Régnier ; cependant, il est plus facile à résoudre. En effet, ici il est précisé le nombre exact d'hommes et de femmes et une seule question est posée.

L'énoncé de la situation-problème S1 ressemble également en tout point à la situation-problème posée par une enquête de Mary et Gattuso (2003, 2005) sur la moyenne et reprise par Bihan-Poudec (2010) dans le cadre d'une recherche clinique. Suivant cet énoncé :

Exercice 2 : poids

Il y a dix personnes dans un ascenseur, huit adultes et deux enfants. Le poids moyen des adultes est 60 kg et le poids moyen des enfants est 20 kg.

Quel est le poids moyen des dix personnes dans l'ascenseur ?

Une affiche indique que la limite permise pour cet ascenseur est de 500 kg. Cette limite est-elle respectée ? (Mary et Gattuso, 2003, 2005 p. 99)

Dans cet exemple, il est également précisé la répartition exacte des individus, ce qui facilite la résolution du problème. Les trois situations-problèmes décrites ci-dessus présentent des difficultés similaires dans le calcul de la moyenne pondérée.

La moyenne arithmétique pondérée $\bar{x}$ est calculée suivant la formule :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

FORMULE 4 – MOYENNE ARITHMÉTIQUE PONDÉRÉE

35. Ici le terme « poids » est utilisé selon l'expression usuelle du langage courant pour évoquer la masse.

En d'autres termes, c'est le quotient de la somme pondérée des x_i par la somme des poids.

La situation-problème proposée par Régnier ne dénombre pas précisément les deux catégories d'individus, ce qui revient à poser une équation du premier degré à une inconnue pour connaître le nombre exact d'hommes. Dès lors, pour résoudre la première situation-problème, il est initialement nécessaire de déterminer le nombre d'hommes à partir du total des individus auquel on soustrait le nombre de femmes. Si l'énoncé ne spécifie pas l'opération arithmétique à effectuer, cependant, le contexte ainsi que l'expression « *le poids moyen* » semblent être de bons indicateurs pour appliquer le calcul de la moyenne (Pollatsek *et al.* 1981, p. 195). Quant au processus de calcul il peut être posé ou instrumenté (calculatrice ou Smartphone), aucune contrainte n'est imposée à l'étudiant qui est libre de choisir la méthode qui lui convient le mieux.

À titre indicatif, une des réponses pourrait être :

x = 10-4 ; il y a donc 6 hommes

(4 X 60) + (6 X 80) = 720

- Non, ces personnes ne pourront pas être transportées en un seul voyage car le poids total est supérieur à la charge maximale (ou 720>700).
- Le poids moyen de ce groupe de personnes est de : 720/10 = 72, soit 72 kg.

2.2.2. Situation-problème S2

La situation-problème S2 complète parfaitement la situation-problème S1 car elle évalue également la notion de moyenne mais cette fois-ci selon un registre déclaratif. La question posée réunit de plus les deux indicateurs de base les plus usités pour décrire la variabilité d'une série de données que sont : la moyenne et l'écart-type.

Situation 2

Comment interprétez-vous cette conclusion ?

« L'estimation du nombre moyen d'enfants des jeunes couples français est de 2,3 avec un écart-type de 1,9 ».

Le calcul de l'écart-type prend en compte la moyenne puisqu'il s'agit de la racine carrée de la variance, elle-même calculée par la moyenne des carrés des écarts à la moyenne. En résumé, l'écart-type présente comment les valeurs de la distribution sont en majorité groupées autour de la tendance centrale. Si la moyenne est abordée en classe, dès l'école primaire, et reste un des indicateurs les plus familiers, l'écart-type, lui, est moins présent dans

les programmes scolaires. Il est aussi plus difficile à calculer comme à interpréter, même s'il demeure essentiel pour catégoriser des séries de données.

Cette situation-problème s'intéresse à l'interprétation de résultats et à la compréhension d'un énoncé. La question initiale, très ouverte, peut donner lieu à des réponses très diverses. Il est toutefois attendu une explicitation sur la moyenne et l'écart-type ainsi qu'un éclaircissement sur les conclusions émises. Extraites du contexte, elles ne fournissent que peu d'informations, il appartient alors au répondant d'expliciter le sens qu'il perçoit à partir d'une formulation imprécise. Par conséquent, la situation-problème S2, en réunissant dans le même énoncé deux notions complémentaires mais fondamentalement différentes de la statistique descriptive que sont la moyenne et l'écart-type, permet de comparer les divers traitements effectués par les sujets interrogés. Les différences peuvent provenir de dissimilitudes conceptuelles qui peuvent apparaître dans les réponses. Les commentaires produits par les étudiants permettent de mettre en lumière leurs interprétations de l'énoncé, leurs représentations de notions élémentaires de statistique et la nature des difficultés qu'ils rencontrent. Les situations-problèmes S1 et S2 permettent donc d'identifier les connaissances des étudiants, en d'autres termes leurs pré-acquis, et s'inscrivent comme des évaluations diagnostiques instaurées avant le démarrage des séances de TD.

2.2.3. Situation-problème S3

Comme précédemment pour la situation-problème S2, la question posée reste très ouverte et laisse une large part à l'initiative de l'étudiant. Toutefois, l'énoncé s'attelle à vérifier les capacités des étudiants à produire une explication sur un concept fondamental de statistique : le risque d'erreur.

> Situation 3 :
>
> Comment interprétez-vous cette conclusion ?
>
> « Avec un risque de 5 %, on peut dire qu'il existe un lien entre le climat familial dans lequel vivent les enfants et la réussite scolaire ».

Il s'agit également d'examiner la compréhension des étudiants à la lecture d'une phrase extraite d'un article scientifique. Le texte à interpréter est issu de la revue de psychologie de l'éducation et cet article s'est donné pour objectif de rechercher les liens entre l'affectivité familiale et la réussite scolaire d'élèves de Lomé (Togo).

Quand bien même cela n'est pas spécifié dans l'énoncé, la situation-problème S3 aborde la statistique inférentielle et plus spécifiquement le test d'hypothèse qui, pour simplifier, aboutit à un algorithme conduisant à accepter ou à rejeter H0 à partir

d'observations d'un phénomène. Nous sommes ici devant le seuil de signification statistique usuellement fixé à un risque de se tromper de 5 %. Cela signifie que l'on autorise par avance que la variable d'échantillonnage puisse prendre, dans 5 % des cas, une valeur se situant dans la zone de rejet de H0, bien que H0 soit vraie et inversement. Il existe en effet deux façons contraires de se tromper : premièrement on accepte l'hypothèse nulle alors qu'elle est fausse et deuxièmement on rejette l'hypothèse nulle alors qu'elle est vraie. En conséquence, la situation-problème S3 a pour objectif d'observer la prise en compte, la compréhension et la formulation de la variabilité par les étudiants en sachant que ce concept abstrait, loin d'être facilement assimilable, demande de dépasser la « *culture courante* » (Chevallard et Wozniak, 2003, p. 20) qui nous ancre dans le fait concret de la certitude.

2.3. Description des observations des étudiants en situation de travail

Comme cela a été spécifié précédemment, compte tenu du faible effectif de sujets assidus, il était impossible d'établir un échantillonnage. En conséquence notre enquête a regroupé tous les étudiants inscrits en Master 2 recherche présents lors des observations. Dès lors cette enquête de terrain porte sur une durée de quatre ans, allant de 2008 à 2012, selon la répartition indiquée dans le tableau ci-dessous.

Questionnaires (n = 72)		23	29	20
Entretiens (n = 38)	8	1	7	22
Observations (n = 55)	10 étudiants	19 étudiants	5 étudiants	21 étudiants
Année universitaire	2008/2009	2009/2010	2010/2011	2011/2012

TABLEAU 10 – CHRONOGRAMME RÉCAPITULATIF

Cette étude de cas multiples permet de disposer de diverses données mixtes à caractère multimodal et d'obtenir au bout de quatre ans sur le terrain, d'un total de :

– 72 questionnaires ;

– 40 étudiants effectuant 5 055 opérations (durée enregistrements : 92 h 20) ;

– 40 croisements observations / questionnaires ;

– 27 croisements questionnaires / observations / entretiens.

Plusieurs tableaux (Annexe 4 et 5) recensent le détail du corpus obtenu. Il ne s'est pas constitué suivant les règles de production d'un échantillon représentatif mais il s'est bâti sur une base longitudinale, selon le principe de convenance, soit par choix raisonné, en reprenant les fondements de l'étude de cas multiples dont nous avons décrit les principes dans les sections précédentes. Ces recueils multimodaux nous permettent de croiser des données variées et multiples.

2.3.1. Description des modalités de passation et de recueil des questionnaires

Au fil de trois ans (2009 à 2012), les questionnaires ont été récoltés selon un protocole identique. Durant la première séance d'une formation à la statistique auprès d'étudiants de Master 2 recherche en sciences de l'éducation, nous nous présentons très brièvement, expliquons sommairement notre recherche puis faisons signer un document de consentement à l'exploitation des données et de garantie de l'anonymat. Suivant le même rituel, l'enseignant se présente, décrit la discipline et les caractéristiques de son enseignement, expose le programme à venir, explicite les objectifs didactiques et illustre ses propos d'exemples concrets, parfois tirés de la vie courante ou de sujets d'actualité. Après cette introduction d'environ une heure, l'enseignant décrit le questionnaire et les objectifs de l'enquête. Les questionnaires papier sont ensuite distribués puis complétés par les étudiants présents, sans contrainte de temps. Le recueil se conforme aux exigences de confidentialité et d'anonymat mais il est cependant proposé aux étudiants d'inscrire leur nom sur le document, et cela, sans aucune contrainte particulière. Il s'avère que 57 des sujets observés sur les 72 répondants (presque les 4/5) acceptent volontiers de rendre leur questionnaire nominatif et ainsi facilitent le recoupement avec les autres données récoltées. La distribution comme le ramassage se produisent en main propre. Dans ce contexte, ce mode de transmission permet d'obtenir un taux de retour exceptionnel de presque cent pour cent de questionnaires complétés.

L'observation participante impose une immersion longue dans le terrain observé. Par conséquent, nous avons vécu au côté des étudiants durant toute leur formation à la statistique. Toujours à découvert, notre posture de chercheur a invariablement été explicitée aux sujets observés (Annexe 6), sans pour autant spécifier nos hypothèses. Une période de plusieurs séances de cours nous permet d'incorporer le groupe et de commencer notre immersion puis notre assimilation dans la collectivité universitaire. Durant cette période prolongée de cohabitation nous n'avons pas recueilli de données, excepté des notes personnelles, des réflexions, des plans des salles (Annexe 7), et nous avons consigné ces observations sur un journal de terrain. Nous avons alors eu pour seul objectif de nous faire accepter par la promotion observée et devenir un membre de la communauté. Cette immersion dans l'organisation quotidienne nous permet également de débuter la recherche par une réflexion sur l'acquisition de données nombreuses et variées. De plus, participer à la vie étudiante facilite la compréhension de l'évolution des situations et la perception par soi-même du vécu quotidien des apprenants et ainsi améliore l'observation et l'analyse. Entre-temps, nous avons

mis en place une expérimentation permettant une observation plus fine de la situation didactique. Elle se produit par une étude pilote à vocation exploratoire qui consiste à réunir deux groupes très distincts d'étudiants pour les observer dans les mêmes conditions de collaboration médiée par un logiciel de traitement de données à partir de consignes identiques.

Les étudiants participent aux entretiens volontairement et bénévolement en dehors des cours, sur leur temps libre ; cela explique des différences d'effectifs entre les promotions. Au cours de la dernière année nous sommes arrivée à combler les manques précédents, ainsi nous parvenons à interroger plus de la moitié des étudiants questionnés (n = 38/72). Pour plus de rigueur les entretiens se déroulent principalement quelques jours après la fin de la formation. La plupart des rendez-vous sont pris très rapidement car nous voulions que le sujet interviewé se rappelle mieux les différentes séances d'apprentissages. Nous voulions rester dans une dynamique d'entretien, nous focaliser sur les thématiques et demeurer dans les meilleures dispositions pour effectuer les premiers liens entre les différents individus des groupes. Envisageant les entretiens comme un tissage fait de fibres individuelles, suivant un entrecroisement uni, nous avons immédiatement souhaité entrevoir cet exercice comme un textile dont la lisibilité et la combinaison se tissent au fil des entretiens. À l'aide des entrecroisements produits antérieurement, nous co-produisons des bribes de compréhension par apports successifs. Un entretien reste un discours en train de se faire, nous avons tenté de le fabriquer par imbrication de paroles interférentes les unes aux autres, en entrecroisant les discours des étudiants.

2.3.2. Description ethnographique : du visible au dicible

Les données brutes du corpus ne peuvent pas être utilisées dans leur forme primitive mais nécessitent des traitements.

> Cette expérience, à dire vrai étrange, qui consiste à nous étonner de ce qui nous est le plus familier (ce que nous vivons quotidiennement dans la société où nous sommes nés ou qui nous accueille depuis longtemps) et à rendre plus familier ce qui nous paraissait originellement étrange et étranger (les comportements, les croyances, les coutumes des sociétés qui ne sont pas les nôtres) est l'expérience même de l'ethnographie, ou comme on dit, du terrain. (Laplantine, 2010)

En conséquence, la description ethnographique relève plus d'une posture que d'une méthode. Elle préconise que le chercheur se place comme un explorateur étranger découvreur d'un nouveau monde afin de rendre compréhensible et intelligible des événements de la vie quotidienne. Jamais neutre, elle consiste en une construction, une traduction d'une réalité et permet le passage du visible au dicible par la transformation des faits observés à l'étape cruciale de leur mise en mots. Cette représentation, parmi d'autres, ne consiste pas à rapporter

des discours établis ou à restituer une situation en conséquence mais elle a pour vocation de provoquer et ainsi de faire naître une analyse inédite. Inspirés par cette méthode de l'étonnement, nous en retenons l'observation minutieuse et dense des phénomènes observés. De ce fait, pour compléter notre observation, nous consignons nos impressions et relatons nos présomptions dans un carnet de terrain. Mais, au moment de rendre compte du terrain observé et de décrire le contexte par sa mise en écriture, se pose le problème de cette restitution *a posteriori*. Si la mise en mots permet de trier, classer, inventorier, ordonner et s'efforce d'être exhaustive, il va de soi que la description réside moins dans la transcription que dans la reconstruction. De surcroît, une autre difficulté réside dans sa visée exhaustive. Ainsi Laplantine (2010, p. 30-32) préconise de rapporter l'intégralité de ce qu'a vu et vécu le chercheur. Au demeurant, nous retenons de la description ethnographique sa quête de recension de la quotidienneté, sa vigilance quant au langage utilisé et sa recherche d'exhaustivité.

Les préceptes de la description ethnographique nous donnent ainsi un cadre pour une analyse systémique de la situation. Pour clarifier notre terrain de recherche et énoncer le contexte de notre étude ancrée dans l'institution universitaire, il nous semble opportun de le détailler plus spécifiquement au moyen d'un scénario pédagogique. Cet outil didactique permet d'exposer l'organisation d'une situation d'enseignement et d'obtenir une explicitation dense qui favorise la compréhension ainsi que l'explicitation d'une situation complexe. Ainsi, nous portons notre attention sur l'organisation des séances observées et tentons de rendre visibles quelques éléments qui paraissent essentiels pour la compréhension. Il appert qu'un scénario pédagogique peut se bâtir indifféremment avant ou après la situation didactique. Il peut aller du projet initial de planification d'un cours jusqu'au *scénario d'évaluation – apprentissage* (Priolet et Régnier, 2006). Pris au sens large, le scénario pédagogique regroupe toutes les tâches prescrites par l'enseignant aux étudiants, auxquelles s'ajoutent les ressources disponibles et les productions attendues. À ce synopsis, destiné essentiellement à décrire les moyens mis à disposition des apprenants, il est généralement adjoint le canevas à suivre conjointement par l'enseignant. Dans la pléthore de définitions proposées nous optons pour celle de J.-P. Pernin, synthétique et consensuelle, rapportée ci-dessous :

> Un scénario d'apprentissage représente la description, effectuée *a priori* (prévue) ou *a posteriori* (constatée), du déroulement d'une situation d'apprentissage ou unité d'apprentissage visant l'appropriation d'un ensemble précis de connaissances, en précisant les rôles, les activités ainsi que les ressources de manipulation de connaissances, outils et services nécessaires à la mise en œuvre des activités. (J.-P. Pernin, 2003)

La description suivant un scénario pédagogique *a posteriori* nous apporte quelques éléments que nous retiendrons pour rapporter le contexte dans lequel se situe notre étude.

2.3.3. Description des caractéristiques de l'activité dans une situation d'enseignement et d'apprentissage

Selon le modèle d'analyse de l'activité de l'enseignant de Goigoux (2007, p. 59), l'Institution, l'enseignant et les caractéristiques du public se présentent comme des facteurs « *déterminants de l'activité* » qui conduisent à trois effets en retour. Cette perspective offre un référent opérationnel et transposable pertinent pour comprendre ce qui se passe réellement sur le lieu de formation et décrire des activités effectives. Cette schématisation est initialement construite pour analyser l'activité de l'enseignant alors que nos observations se portent essentiellement sur les étudiants. Aussi, pour pouvoir adopter ce modèle, nous devons adapter les facteurs préalables à notre objet de recherche. Nous avons donc remplacé les « *caractéristiques de l'enseignant* » par « *caractéristiques de l'étudiant* » et l'expression plus générique de « *déterminant contextuel* » à la place de « *déterminant public* ».

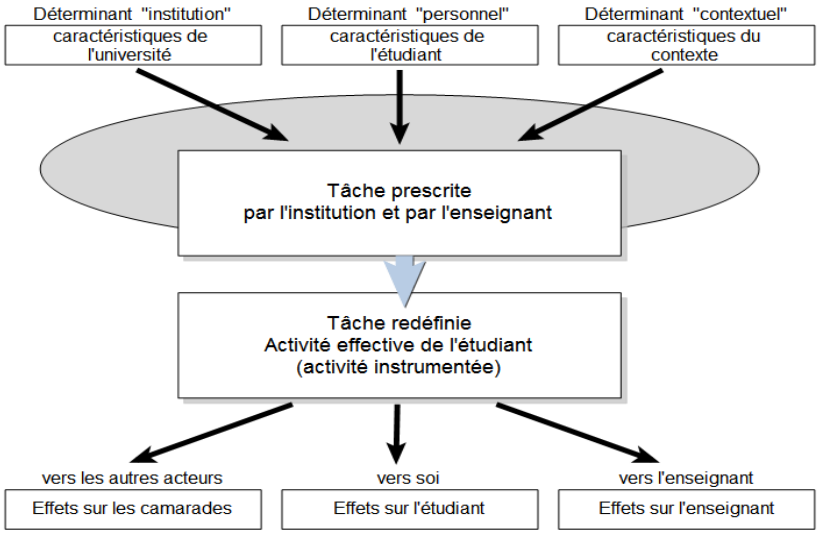


FIGURE 16 – ADAPTATION DU MODÈLE DE GOIGOUX (2007)

Au centre de ce schéma se trouve la *tâche redéfinie* (Leplat, 1980 ; Amalberti *et al.*, 1991 ; Rabardel *et al.*, 1998 ; cités par Goigoux, 2007, p. 56) interprétée par l'apprenant qui s'approprie le but, les ressources à sa disposition et le degré de réussite attendue, en fonction de la tâche prescrite par l'enseignant. Il est intéressant de noter les influences de l'activité sur les autres acteurs, sur soi et sur l'enseignant. Ce cadre de lecture nous aidera à structurer la description de la formation à la statistique observée.

3. Présentation du contexte de la recherche

Avant d'aller plus loin, il nous semble important de resituer cette recherche dans son contexte authentique de production ; cela paraît d'autant plus utile que nous observons une situation *in situ* et *in vivo*. Nous partons du postulat que l'activité dépend en partie du cadre institutionnel qui contient la formation dans son ensemble. Par voie de conséquence, pour rendre compte des activités quotidiennes et authentiques, nous décrirons dans les pages suivantes le contexte dans lequel se produisent nos études de cas multiples. Pour décrire ses caractéristiques nous nous inspirons d'un modèle de scénario pédagogique construit par de Brassard et Daele (2003) selon dix-sept dimensions. Notre objectif n'est pas ici de mesurer l'impact de ces déterminants, ou encore de dresser un scénario pédagogique dans l'optique de l'appliquer en classe, mais bien de décrire le plus finement possible le terrain de recherche dans lequel se situe cette thèse.

3.1. Organisation institutionnelle du terrain d'étude

En premier lieu, nous allons aborder les dimensions constitutives d'un scénario pédagogique par les choix pédagogiques effectués et décrirons plus longuement l'organisation institutionnelle de notre terrain de recherche. Son choix ne s'est pas fait par hasard pas plus que par une méthode probabiliste mais bien par convenance. Il s'est agi de trouver un lieu qui permette d'observer une situation propice à l'acquisition de connaissances et de compétences. C'est dans un dispositif universitaire préparant au Master 2 recherche en sciences de l'éducation (Annexe 8) que nous avons perçu un vivier favorable. Les paragraphes suivants le présenteront et expliqueront ses caractéristiques. En deuxième lieu nous traiterons de l'organisation de l'unité d'enseignement (UE) choisie qui relève des *méthodes quantitatives* et se situe dans une perspective plurielle et une approche pluridisciplinaire propre aux exigences des sciences de l'éducation. Enfin, en troisième lieu, nous évoquerons la préconception de l'enseignement et de l'apprentissage

3.1.1. Conception d'un scénario pédagogique

Dans le dispositif observé l'enseignant n'a pas rédigé explicitement un scénario pédagogique ; cependant, la structuration des travaux dirigés (TD), la gestion des activités, l'organisation de la progression et le discours produit – qu'il soit oral ou écrit – laissent deviner une ingénierie pédagogique sous-jacente. Les nombreuses ressources collectées et les supports de cours nous permettent de formaliser un synopsis « *constaté* ». Ce sont principalement le document envoyé avant les cours (Annexe 9) et les fascicules remis aux

étudiants qui explicitent les objectifs de la séquence, décrivent le déroulement des opérations, prescrivent les tâches à produire et définissent les modalités d'évaluation. Ces documents constituent des ressources utiles pour dresser l'inventaire des moyens disponibles et des attendus de la séquence. À cela se sont ajoutées de nombreuses observations de terrain qui nous ont permis d'affiner les objectifs de l'enseignement. Pour parvenir à construire le scénario du dispositif observé et le formaliser par une grille d'écriture, nous nous sommes inspirée des travaux de recherche de Brassard et Daele (2003), dont nous rapportons les principales dimensions ci-dessous :

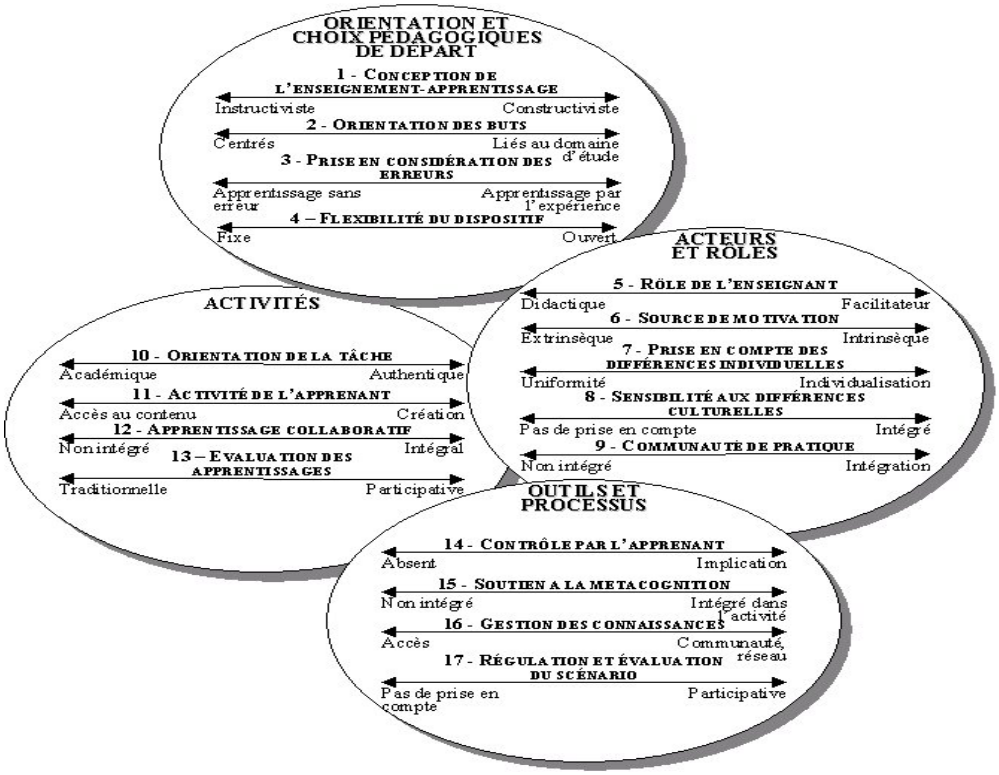


FIGURE 17 – DIMENSIONS POUR CONCEVOIR UN SCÉNARIO SELON BRASSARD ET DAELE (2003, P. 140)[36]

Suivant ce modèle, la conception d'un scénario pédagogique se décline en quatre grandes catégories qui se superposent pour fonder un continuum sans rupture entre les éléments qui les composent. Ainsi cette schématisation préconise d'apporter une attention particulière sur dix-sept dimensions distinctes bien que complémentaires. Par conséquent notre plan suivra les recommandations inscrites dans la figure ci-dessus tout en l'adaptant à nos besoins spécifiques. Ainsi, certaines rubriques seront amalgamées pour permettre plus de clarté et s'accorder avec les spécificités du dispositif observé. Le dix-septième point ne sera

36. Schéma des dix-sept dimensions récupéré de https://hal.archives-ouvertes.fr/edutice-00000159/document

pas évoqué puisqu'il a pour fonction d'évaluer et de faire évoluer le scénario pédagogique, il s'agit de critères ne rentrant pas dans notre étude.

3.1.2. Conception de la formation : Master 2 recherche en sciences de l'éducation

Aujourd'hui, le Master 2 recherche – anciennement DEA : Diplôme d'Études Approfondies – se prépare en une année universitaire et ambitionne de former les étudiants à la recherche et plus spécifiquement dans la discipline des sciences de l'éducation. Il porte plus précisément sur l'enseignement et la formation mais s'ouvre sur d'autres spécialités. Accessible en formation initiale ou continue, cette formation requiert l'obtention d'un Master 1 ou d'un diplôme équivalent. L'admission dans ce parcours de deuxième cycle repose sur un dossier de candidature soumis à une commission. Il constitue un continuum du cursus universitaire antérieur tout en dotant les étudiants d'instruments méthodologiques et d'outils d'analyse plus avancés. En conséquence, il aspire au perfectionnement propre à l'exercice de responsabilités de haut niveau dans le champ de la recherche et de l'expertise professionnelle. Le Master 2 en sciences de l'éducation s'effectue soit à distance, par exemple par le biais du campus Numérique FORSE, soit en présentiel et cela dans une vingtaine d'universités françaises. Elles se répartissent géographiquement dans de nombreuses académies avec une concentration des formations sur Paris.

Le cursus s'organise selon divers enseignements : des cours magistraux (CM), des travaux dirigés (TD), des périodes de stages (ST) et des séminaires (SM). Ces divers enseignements sont évalués sous forme de contrôle continu, de dossier à produire ou de devoir sur table. Cette formation a également une vocation propédeutique puisqu'elle ambitionne de donner les connaissances et les compétences utiles pour la poursuite d' études en doctorat. Les étudiants peuvent prétendre au grade de master après l'obtention du diplôme niveau BAC plus 5, validé par 120 crédits ECTS (European Credits Transfer System) comptabilisés après l'acquisition de la licence, soit durant les deux ans de Master. L'année de Master 2 correspond à la dernière année du cursus universitaire pendant laquelle il est dispensé des enseignements et des rassemblements presque hebdomadaires qui participent à la cohésion et à la socialisation du groupe. Le Master 2 observé n'est ouvert qu'à une quarantaine d'étudiants. Les différents enseignements sont consignés dans un contrat quadriennal (depuis 2011 quinquennal) qui a pour vocation de spécifier la stratégie de l'établissement et décrit chaque unité d'enseignement (UE). En ce qui concerne les méthodes statistiques, appliquées à la recherche en sciences de l'éducation, elles se décomposent en trois points :

> – objectifs et contenus : développer les connaissances dans le champ de la statistique en apportant des compléments instrumentaux et conceptuels relatifs aux techniques de construction des données pertinentes et utiles à la recherche et à leur traitement tant dans une perspective « *exploratoire* » que « *confirmatoire* » ;
> – développer les compétences relatives aux traitements statistiques assistés par informatique ;
> – organiser des confrontations relativement aux modèles statistiques construits de manière adéquate à la problématique de recherche afin d'en discuter la pertinence et la robustesse. (Quadriennal mastère, 2011-2015, p. 13)

Ces objectifs généraux visent tout à la fois de faire acquérir des connaissances de statistique aussi bien instrumentales que conceptuelles, que de développer des compétences pratiques numérisées, que l'interprétation et le retour réflexif sur la pratique adoptée et sa cohérence avec la problématique.

3.1.3. Conception de l'enseignement et de l'apprentissage de la statistique

Dans le dispositif étudié, les enseignements dispensés s'organisent autour d'un tronc commun obligatoire qui est renforcé par des matières optionnelles et complété par des séminaires. Le tout s'organise dans une perspective plurielle et une approche pluridisciplinaire propre aux exigences des sciences de l'éducation. Le volume horaire est de soixante-quatorze heures de cours auxquels s'ajoutent les séminaires. Le temps libre restant doit être consacré à la rédaction du mémoire. L'unité d'enseignement (UE) choisie s'intitule : *méthodes quantitatives*. Elle est gérée par deux professeurs d'université expérimentés que nous baptisons respectivement M. X et M. Y. Ils partagent les enseignements sur le principe de deux volets : l'un plus théorique couvre une approche de la statistique selon la modalité d'un cours magistral alors que l'autre plus pratique aborde l'initiation à un logiciel de traitement de données, sous forme de travaux dirigés (TD). Le partage des heures a changé durant les trois ans d'observation, la partie pratique prenant de plus en plus d'ampleur (environ quinze heures) au détriment du volet plus théorique (environ six heures) abordé au moyen de cours magistraux.

Si l'on s'en tient au support de cours (Annexe 10) remis par l'enseignant, il spécifie que l'objectif de la séance consiste à « *revoir quelques rudiments en statistique et, dans le même temps, de découvrir un logiciel couramment utilisé pour les traitements statistiques en sciences humaines et sociales…* ». Par conséquent, deux activités distinctes se détachent : d'une part des révisions de statistique et, d'autre part, l'initiation à un logiciel. Aucune action ou réalisation commune n'est formalisée dans cette introduction. En effet, l'objectif de la première séance reste la familiarisation avec l'outil de traitement statistique par chaque individu. Ensuite, la tâche à effectuer se décompose en procédures développées dans le document et des sous-objectifs précis sont soumis aux étudiants. Ces derniers, guidés par un

polycopié, ont une faible marge de liberté. Ils doivent découvrir l'interface proposée par l'application et manipuler le logiciel suivant un algorithme prédéfini. Les tâches prescrites par l'enseignant, respectent des instructions très détaillées qui laissent peu de place à l'initiative. L'essentiel de l'activité consiste alors à se conformer aux usages et à reproduire la tâche prescrite en effectuant les opérations décrites. Derrière ce cadre d'apparence rigoureux et fermé, les étudiants gardent toutefois le contrôle sur de nombreux paramètres comme par exemple le choix de leurs camarades, l'organisation commune des activités et la gestion du temps. Nous détaillerons ces points par la suite.

3.2. Le cadre situationnel de l'enseignement et de l'apprentissage de la statistique

Comme nous l'avons indiqué précédemment, les tâches prescrites sont centrées sur deux buts pédagogiques distincts et complémentaires. Il s'agit d'une part de de revoir quelques rudiments en statistique et d'autre part de découvrir un logiciel de traitement de données. Les consignes sont explicitement développées par l'enseignant puisqu'il stipule sur le support de cours : « *L'étudiant est invité à suivre pas à pas le cheminement proposé en réalisant lui-même les opérations concernées* ». Cette phrase, extraite du fascicule d'accompagnement de l'apprenant, insiste sur deux points : d'une part, elle signale l'importance de respecter l'ordre chronologique établi et, d'autre part, elle invoque la nécessité d'exécuter les opérations individuellement. Ces recommandations semblent contredire la volonté affichée par l'enseignant de proposer une situation collaborative numérique. Ce contexte particulier impose de fait qu'un seul étudiant effectue les opérations et centralise les intentions de ses pairs. Les sections suivantes aborderont l'orientation des buts, la prise en considération des difficultés et flexibilités du dispositif puis le rôle de l'enseignant.

3.2.1. Orientation des buts pédagogiques de la formation

Il apparaît que les étudiants doivent s'entraîner et répéter des gestes pour les incorporer, puisque la même tâche se reproduit plusieurs fois. Ainsi, le travail individuel sur le clavier se révèle formateur et les tâches prescrites s'apparentent au renforcement des comportements et à l'exécution mécanique d'algorithmes déterminés. Il s'avère que, dans ce cas, l'activité collaborative risque de réduire les occasions de manipulations individuelles et menace alors d'être un frein, voire un obstacle, à l'apprentissage de procédures par chacun. En effet, la situation d'apprentissage désignée ainsi s'attache à l'appropriation d'une démarche automatisée par l'incorporation d'instructions définies et désignées par l'approche

béhavioriste[37] comme une réponse à un stimulus. Ce modèle impose à l'élève d'effectuer les exercices fournis par l'enseignant suivant un itinéraire prédéfini. Les erreurs alors constatées sont considérées comme des accidents pouvant être résolus par une reconsidération des objectifs et un renouvellement des tâches intermédiaires, c'est-à-dire par un guidage plus morcelé.

Or, si l'on se réfère au mail envoyé par l'enseignant et surtout à son discours durant les TD, on comprend que son objectif est d'outiller les étudiants au moyen d'un logiciel de traitement de données et de leur permettre d'appliquer les concepts de statistique pour résoudre des problèmes concrets issus de la recherche. Quant aux connaissances visées, elles sont explicitées dans le fascicule. Elles se décomposent en trois axes qui sont liés à la posture de l'étudiant, suivant qu'il est placé en situation de :

– compréhension de la situation ;

– résolution de problème ;

– manipulation du logiciel de traitement des données.

Il s'agit d'un objectif très pratique dont le but reste la résolution d'une situation-problème par la mise en œuvre d'une procédure de traitement de données au moyen d'un logiciel.

3.2.2. Prise en considération des difficultés et flexibilité du dispositif pédagogique

Cette séance de TD ambitionne de permettre aux étudiants d'être en mesure de mieux connaître et utiliser les outils de traitement statistique médié par un logiciel. Elle repose sur un modèle constructiviste de l'apprentissage (Piaget, 1925) et socioconstructiviste (Vygotsky, 1985) où l'erreur n'est plus considérée comme une faute mais obtient un statut didactique privilégié puisqu'elle peut être prise en compte et acquiert le statut d'« *indicateur de processus* » (Astolfi, 1997). Caractérisée comme utile et nécessaire par Brousseau (2001) qui ne considère pas l'erreur comme une faute mais comme un puissant outil informationnel.

> Les écarts entre les états actuels du milieu et le projet de l'actant sont interprétés par lui après chaque action à l'aide d'indices et de connaissances qui dirigent ses décisions. Ces connaissances lui fournissent une représentation anticipée du résultat des actions qu'il envisage. Ainsi, certains écarts sont jugés positifs parce que l'actant les interprète comme des étapes, en progrès, vers le résultat. D'autres seront jugés négatifs par le sujet lui-même parce qu'il y a un écart entre le résultat anticipé et le résultat observé. (Brousseau, 2001, p. 6)

37. Il est communément admis que les pères fondateurs sont Watson aux Etats-Unis et Bechterev en Russie.

En ce qui concerne le dispositif observé, les étudiants peuvent vérifier leurs erreurs au fur et à mesure de leur avancement puisqu'ils disposent, dans le fascicule de cours, des copies d'écran qui illustrent les productions attendues. De surcroît, l'enseignant est présent dans la salle et peut expliciter une notion restée obscure, si un étudiant en exprime le besoin.

Selon Brassard et Daele (2003), la flexibilité du dispositif se caractérise par l'usage d'outils variés et plus particulièrement par l'extensibilité à des formes de communication asynchrone. Le dispositif étudié ne s'inscrit pas résolument dans une formation mixte avec des échanges instantanés et des échanges en différé. Le temps de la formation se limite aux heures de TD. Cependant, les étudiants peuvent communiquer en dehors des cours avec leur enseignant ou leurs camarades par mail. De plus, pour compléter leur formation, chaque apprenant dispose d'un environnement numérique de travail (ENT) qui permet d'accéder à une plateforme d'échanges et de ressources. C'est d'ailleurs par ce biais que l'enseignant communique parfois avec ses étudiants et met à leur disposition les fichiers de données nécessaires pour réaliser les exercices. De surcroît, durant le TD, il est possible d'utiliser par exemple l'outil de clavardage en temps réel pour s'interpeller entre groupes. Si cette fonction est disponible, elle n'a jamais été utilisée durant nos observations. Par ailleurs, pour que les pratiques de TD puissent se poursuivre à l'extérieur de la salle de cours, l'entreprise distributrice du logiciel SPAD leur fournit une version gratuite durant un an. En résumé, l'ENT, le support de cours et l'accès au logiciel SPAD admettent un continuum à l'extérieur mais l'essentiel de la formation étudiée devrait se produire pendant les TD.

3.2.3. Rôle de l'enseignant en général et de celui observé en particulier

Le métier d'enseignant – pris au sens large – se circonscrit dans une temporalité élargie qui ne se réduit pas au face à face mais se construit dans la durée. De ce fait, Rogalski (2007, p. 101) décompose l'organisation des activités enseignantes suivant une échelle temporelle allant du temps long de l'année scolaire, en passant par le temps moyen correspondant à une unité de contenu et enfin le temps court ou très court qui se limite à une séance. Dès lors, l'enseignant se positionne en tant qu'organisateur d'une situation didactique, prescripteur d'une tâche, exécuteur des prévus comme gestionnaire des imprévus, personne ressource et évaluateur. On note que ces rôles complémentaires se produisent à des moments différents de la situation didactique : avant, pendant et après chaque enseignement. Ainsi, ces principaux cycles peuvent se diviser selon trois intervalles :

– une phase d'anticipation, de préparation et de prévision ;

– une phase de pilotage, de conduite et de régulation ;

– une phase de vérification, de contrôle, d'évaluation et de rétroaction.

Il existe un avant et un après le service en présentiel ; dans ces circonstances les heures de face-à-face constituent la part visible de la profession. Dans l'enseignement secondaire, on estime qu'une heure d'enseignement nécessite une heure de préparation personnelle. Cette disponibilité comprend aussi bien la préparation proprement dite, la recherche documentaire, l'accomplissement des tâches administratives, la participation aux réunions, ainsi que la correction des copies. Pour sa part, l'université juge qu'une heure d'enseignement présentiel équivaut à 4,2 heures de travail pour tenir compte de toutes les activités afférentes à la fonction. Pour répondre à nos préoccupations, nous nous en sommes tenue à l'observation des cours et n'avons pas considéré les tâches afférentes.

Quant à l'enseignant chargé des TD, nommé M. Y, s'il n'a pas produit un scénario pédagogique, il a cependant rédigé plusieurs fascicules très détaillés qui stipulent le canevas à suivre. Concernant la conduite en temps réel, durant les TD, l'enseignant adopte une position discrète et se déplace de groupe en groupe. Il se positionne comme prescripteur et comme ressource tout en laissant un certain contrôle et autonomie aux apprenants. Il s'assure de l'avancée des productions visible à l'écran des étudiants et écoute les discussions entre pairs. Il intervient de temps en temps mais accorde une grande liberté d'action aux étudiants. Il arrive que l'un d'eux l'apostrophe puis l'interroge sur un point précis. Restant debout, M. Y répond aux questions essentiellement oralement et ne produit qu'exceptionnellement une démonstration des tâches à accomplir. Il lui arrive très rarement de s'adresser à la totalité du groupe et privilégie une communication plus intimiste avec quelques étudiants. Peu interventionniste, il reste cependant toujours disponible. Très à l'écoute, cet enseignant se place à la distance préconisée par Perrenoud :

> Enseigner, aujourd'hui, devrait consister à concevoir, mettre en place et réguler des situations d'apprentissage, en suivant les principes des pédagogies actives. L'enseignant ne favorisera la vision critique du travail de l'élève qu'à la condition de se percevoir comme organisateur de situations didactiques et d'activités qui ont du sens pour eux, les impliquent, tout en engendrant des apprentissages fondamentaux. (Perrenoud, 2000, p. 22)

S'ils sollicitent peu leur enseignant, les étudiants disposent de leurs camarades comme personnes-ressources et surtout il leur a été remis un fascicule de cours très détaillé.

3.3. Retour sur le cadre contextuel de l'enseignement et de l'apprentissage de la statistique

Concernant la motivation des sujets observés il est ardu de la décrire. Pour pallier ce manque, il sera rapporté les fondements de la théorie de la motivation et le principe de

l'autodétermination qui en découle. Toutefois, la liberté concédée dans la gestion collective des tâches prescrites nous semble pouvoir concourir à une forme de régulation favorisant la motivation intrinsèque. Dans le dispositif observé, l'étudiant occupe une place privilégiée puisqu'il est considéré comme l'acteur principal de ses activités et responsabilisé. Quant aux différences culturelles, elles paraissent peu prises en compte malgré une forte proportion d'étudiants étrangers. En revanche, la tâche est longuement définie et il suffit à l'étudiant de se reporter au fascicule remis pour en prendre connaissance. Ce sont ces points qui seront décrits dans les sections suivantes.

3.3.1. Quelques sources de motivation

Selon la théorie de la motivation, initialement décrite par Richard Deci (1975) puis enrichie par Deci et Ryan (1985, 2002), il existe trois formes bien distinctes de motivation. La première concerne l'absence de motivation aussi appelée l'amotivation qui advient lorsque l'individu ne perçoit pas de lien entre ses actions et leurs conséquences. La deuxième forme est qualifiée d'extrinsèque car elle demeure externe au sujet et se trouve en dehors de l'action même. Plusieurs facteurs peuvent alors intervenir, par exemple : l'acquisition d'une récompense, l'obtention d'un encouragement ou le besoin d'évitement du sentiment de culpabilité. La troisième forme de motivation est désignée intrinsèque car elle émane de l'individu même et provient de l'action effectuée et est stimulée uniquement par un intérêt : la satisfaction ou un plaisir que le sujet en tire. Ce qui distingue ces différentes motivations, c'est le degré d'autodétermination qu'elles provoquent suivant l'échelle continue de régulation schématisée sur la figure qui suit et qui rapporte la théorie de la motivation de Deci et Ryan (1985, 2002). Elle va de l'absence de régulation pour le niveau le plus bas à la régulation intrinsèque, c'est-à-dire par l'intérêt et le plaisir qu'éprouve l'individu indépendamment de tout facteur extérieur, pour le plus haut niveau.

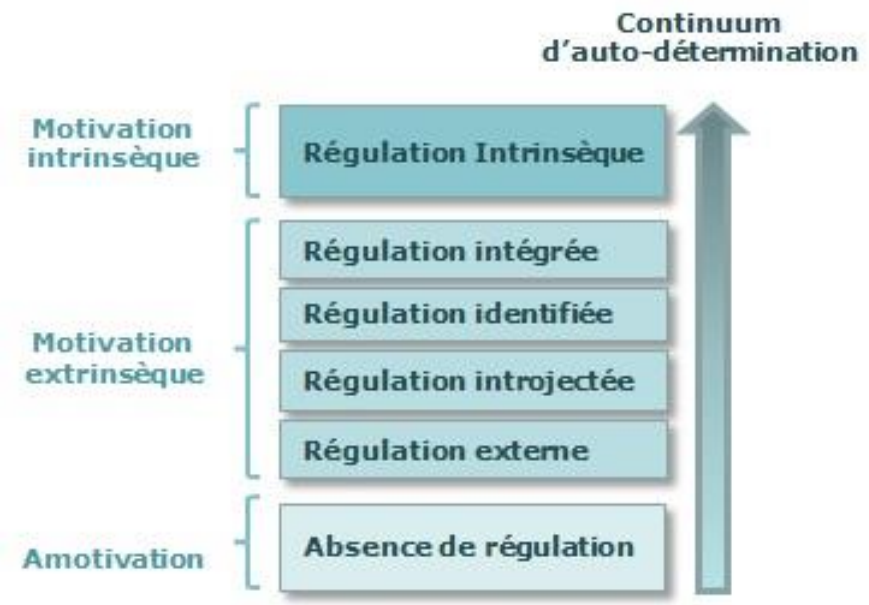


FIGURE 18 – REPRÉSENTATION DE LA GRADATION DE L'AUTODÉTERMINATION PAR ALAIN BATTARDIER[38]

Dans le dispositif étudié nous ne percevons aucun frein particulier à la motivation. Les étudiants sont adultes, leur inscription à l'université résulte d'une décision délibérée, l'environnement peut être qualifié de « *convivial* ». La liberté donnée à la gestion collective des activités nous semble pouvoir concourir à une forme de régulation intrinsèque favorisant la motivation.

3.3.2. Prise en compte des différences individuelles

Selon l'approche interactionniste décrite par Le Breton (2004, 2008) « *l'individu est un acteur interagissant avec les éléments sociaux et non un agent passif subissant de plein fouet les structures sociales à cause de son habitus ou de la « force » du système ou de sa culture d'appartenance* » (p. 46). Nous partons du constat que chaque membre interagit sur la communauté et dispose d'une place bien définie dans le groupe. Chacun à sa manière interfère avec son environnement. Ce principe est particulièrement visible avec un groupe de faible effectif. Dans la communauté d'apprentissage que constitue une classe ou une promotion, tout sujet modifie le groupe et, parallèlement, tout collectif influence individuellement chaque sujet. Même l'étudiant le plus discret et le plus réservé transforme l'environnement par sa présence ou son absence. Il nous semble donc fondamental de ne pas dissocier les membres de la promotion qui nous intéresse et nous avons décidé de l'observer le plus possible dans sa totalité. Une promotion, artificiellement formée, se compose d'un public hétérogène mais fort

38. Récupéré le 16 février 2016 de http://alain.battandier.free.fr/spip.php?article19

intéressant. Il constitue un ensemble formel, bien défini et unique et incorpore chaque étudiant, non seulement comme une personne, mais également comme membre d'un groupe. Le degré de cohésion du groupe, ses objectifs et ses valeurs marquent fortement chaque apprenant.

Précédemment mentionnées, la plupart des études réalisées dans le cadre de la psychologie sociale observent les relations entre pairs et prennent le parti de se focaliser sur les enfants et plus spécifiquement sur ceux en bas âge pour observer la genèse des connaissances et des compétences. Nous faisons le choix d'observer, à l'extrême opposé, des adultes. Nous pouvons envisager qu'ils ont mis en place des stratégies personnelles d'apprentissage et bénéficient de procédures éprouvées tout au long de leur formation. De plus, ces sujets privilégiés ont été sensibilisés aux questions sur l'apprentissage et l'enseignement puisqu'ils suivent une formation en sciences de l'éducation. De surcroît, ils sont parfois eux-mêmes enseignants ou formateurs. Notre observation porte sur des étudiants ayant dépassé le premier cycle universitaire et surmonté la sélection d'entrée en Master 2. Étant donné qu'ils sont inscrits en recherche, ils s'engagent dans une filière plus longue que s'ils avaient choisi le Master professionnel. Ainsi, ils se destinent à la recherche. Le niveau de diplôme suppose un approfondissement des connaissances, des acquisitions de compétences et le perfectionnement de méthodes de travail. Ces qualités se développent notamment en fonction de l'histoire individuelle, du style cognitif, des relations socio-affectives, du rapport à l'environnement, des facteurs culturels et des stratégies d'apprentissage adoptées. Or ces variables-sujets s'accompagnent d'invariants-sujets et, comme le remarque Lahire (1997), le cursus d'études suivi engendre « *une puissante matrice de socialisation* » qui conditionne des représentations et des conduites communautaires. Il convient de rappeler que la sociologie a mesuré combien l'orientation n'est pas le fruit de choix individuels mais reste déterminée par le milieu social familial. Ainsi, observer des étudiants inscrits en sciences de l'éducation présage la détection d'une culture commune, bâtie sur une vision générale des phénomènes éducatifs, aussi bien que disposant de traits identitaires collectifs. Dans le dispositif observé, l'étudiant occupe une place privilégiée puisqu'il est considéré comme l'acteur principal de ses activités et responsabilisé. Concernant le lien entre ce dispositif pédagogique et la communauté professionnelle, il demeure peu pertinent dans la mesure où la plupart des étudiants sont déjà – ou ont été – des professionnels en exercice. Toutefois ce Master 2 n'a pas une vocation professionnalisante et n'a donc pas pour ambition de mettre en contact les étudiants avec la communauté professionnelle.

Quant aux différences culturelles elles paraissent peu prises en compte malgré une forte proportion d'étudiants étrangers. Ainsi l'université étudiée accueille chaque année de nombreux étudiants étrangers intégrés soit à titre personnel, soit dans le cadre d'échanges et qui représentent 16 % de l'effectif total[39]. Des programmes spécifiques d'intégration, gérés par une cellule d'accueil, sont mis en place pour favoriser leur prise en charge. Il est proposé une aide logistique comme pratique. Ce service organise également des sorties culturelles et des rencontres avec des étudiants français pour favoriser des échanges formels ainsi qu'informels. Concernant les étudiants observés, nous constatons, dans toutes les promotions considérées, entre 10 et 25 % d'apprenants issus de pays et de cultures très différents. Parmi les nationalités les plus représentées, dans les promotions observées, nous rencontrons des Syriens, des Pakistanais, des Tunisiens, des Chinois et quelques Brésiliens. Nous avons pu noter que les apprenants se regroupent souvent par nationalité pour étudier ensemble. Cependant notre observation ne nous a pas permis de découvrir une prise en charge, par l'enseignant, de la dimension interculturelle ou de la diversité des appartenances, des traditions et des valeurs des apprenants. Nous n'avons remarqué aucune distinction de traitement ou de différenciation linguistique sur les supports de cours ou dans la gestion du groupe.

3.3.3. Orientation de la tâche et support des travaux dirigés (TD)

Pour compléter l'enseignement, un support papier est remis à chaque étudiant (Annexe 10). Il est une sorte « *d'outil de travail* » qui recense les consignes. Ce document au format A4, agrafé, se compose de plusieurs parties et se structure principalement en sept formes de contenus :

- apport de connaissances en statistique qui se rapportent à des notions rudimentaires ;
- description de la procédure à suivre sous forme d'aide injonctive à la manipulation du logiciel ;
- inventaire de la codification qui permet d'appréhender les données traitées ;
- exercice d'application qui assure la manipulation des concepts ;
- exercice de consolidation des acquis qui facilite la rétention ;
- correction qui permet de vérifier au fur et à mesure les productions visibles à l'écran ;

39. Selon le site de l'université, consulté le 18/02/2015.

– renvoi à des ressources complémentaires qui présentent des pistes pour compléter la formation.

Suivant cette typologie, il est possible de faire ressortir qu'une partie du fascicule vise l'acquisition de savoirs, alors qu'une autre s'intéresse à la construction de compétences. Pour ce faire, les notions de statistique se suivent selon la logique progressive usuellement rapportée dans les manuels de statistique. C'est ainsi que le fascicule aborde les notions de statistiques suivantes :

– les tris à plat ou analyses univariées – prise en main de SPAD ;

– les tris croisés avec deux variables ou analyses bivariées ;

– les tris croisés avec trois variables.

Dans les supports de cours remis une partie liminaire introduit les liens possibles avec d'autres enseignements de statistique. Cette présentation expose nommément d'autres enseignants ce qui présuppose que les étudiants les connaissent et ont suivi leur enseignement. Après ces rapprochements avec les enseignements précédents, le texte résume les intentions didactiques et pédagogiques. Viennent ensuite les objectifs attendus puis les étapes qui annoncent le plan. Tous les points dépeints dans ce paragraphe se trouvent sur la première page et se détachent du reste du support par leur contenu. La suite de l'imprimé comporte trois étapes décrites ultérieurement. Le tout est complété par une bibliographie composée de quelques références, toutes accessibles dans les bibliothèques universitaires. Enfin, des annexes apportent des compléments d'informations sur la codification des diverses variables étudiées. Les dernières pages contiennent le questionnaire qui a permis d'obtenir les données. Suivant le même plan, le second support s'attache à l'analyse multidimensionnelle descriptive. En résumé, ce support de cours est tout à la fois un guide prescripteur, un manuel exerciseur, un glossaire des concepts de statistique, une notice explicative décrivant les procédures à suivre et un outil d'analyse des résultats.

Pour parfaire la description du dispositif, il nous semble que la matrice du scénario pédagogique, mise au point par Brassard et Daele (2003), a négligé un point qui nous paraît primordial. Il s'agit de l'inventaire des ressources mises à disposition des apprenants. En effet, l'observation d'étudiants en train d'effectuer une tâche prescrite passe inévitablement par la connaissance des outils et des moyens qui peuvent être mobilisés en situation. Nous avons classé ces ressources dans deux familles distinctes : d'une part celles qui sont matérielles et d'autre part celles qui sont humaines. Concernant la partie matérielle, elle comprend toutes les ressources disponibles sur Internet : les pages qui s'affichent, forum, les Smartphones personnels dont disposent la plupart des étudiants. Ces derniers peuvent donner

instantanément des informations complémentaires et cela sans avoir à fermer la fenêtre active en cours. La plupart des ressources sont immédiatement utilisables en TD ; en revanche, d'autres sont à consulter à l'extérieur, et d'autres sont transportables d'un lieu à l'autre. À titre d'exemple, nous avons pu observer plusieurs étudiants munis de notes prises lors de cours de statistique suivis précédemment.

4. Retour sur le cadre organisationnel du terrain d'étude

Le cadre contextuel étant clarifié, il va à présent être présenté le cadre organisationnel sur lequel repose le terrain observé. C'est une situation à la fois active, collaborative et médiée par un logiciel de traitement de données. Les savoirs à acquérir sont de plusieurs ordres. Ils concernent aussi bien la statistique, qui reste la discipline support dont il faut connaître les rudiments, que la mise en œuvre des technologies de l'information et de la communication. Cela passe par la pratique d'un logiciel de traitement de données dont il faut maîtriser les principales fonctions. Tout au long de la formation les étudiants peuvent s'auto évaluer en suivant les indications correctives du support de cours remis. Tout semble concourir pour donner une large part d'autonomie et donc de responsabilité à l'étudiant.

4.1. Modalités organisationnelles du dispositif pédagogique

Dans le dispositif observé les étudiants bénéficient d'une large part décisionnelle dans la conduite des séances, le choix de ses pairs, l'organisation des tâches et la gestion du temps. L'enseignant reste en retrait et n'intervient qu'à la demande des étudiants. Il est précisé que « *l'objectif n'est pas d'appliquer mécaniquement les méthodes proposées. Il s'agit plutôt d'apprendre à utiliser de manière réfléchie les outils statistiques* ». Concernant les modalités d'organisation du dispositif ce sont elles qui seront détaillées dans les pages suivantes.

4.1.1. Place de l'apprentissage collaboratif

Libres de former les groupes, les étudiants sont également exempts de directives, aussi bien dans le choix des camarades de travail que dans celui de la taille du regroupement ; les étudiants bénéficient donc d'une large part d'autonomie dans ce dispositif. Le cadre souple laisse beaucoup d'initiative à l'apprenant. Le regroupement se limite à deux ou trois individus par poste de travail. Il est à noter qu'au-dessus de ce chiffre il est difficile d'avoir une bonne visibilité de l'écran qui ne mesure que dix-sept pouces. Les groupes constitués ne sont pas aléatoirement constitués, comme, par exemple, après un tirage au sort qui offrirait les mêmes chances à chaque participant d'intégrer un groupe et serait alors soumis au hasard. Le rassemblement existe car deux ou trois étudiants décident de se réunir. Nous avons évoqué,

dans la première partie, les formes de regroupement les plus courantes. Dans notre observation l'enseignant n'intervient nullement et suggère simplement aux étudiants de s'associer à ce qui s'apparenterait à des conglomérats par groupes d'affinités. Cependant, le nom commun « *affinité* » évoque un rapport d'amitié, une analogie de sensibilité, une ressemblance structurelle, une forme d'accointance et en conséquence ce terme polysémique caractérise systématiquement un lien fort. Ainsi, nous préférons à cette locution de groupe d'affinité celle, plus neutre, de « *groupe librement consenti* ».

Les étudiants sont donc en mesure de choisir leurs partenaires de travail et ils sont également autonomes dans plusieurs domaines comme l'organisation du groupe, la répartition des activités et la gestion du temps. Il leur incombe également de redéfinir la tâche prescrite qui leur est proposée, la comprendre, se l'approprier et mettre en place les moyens pour l'accomplir. Ces phases passent donc prioritairement par une co-compréhension de l'énoncé. Par une démarche de construction commune, ils doivent rechercher des stratégies cognitives et métacognitives adaptées, réfléchir conjointement sur et dans l'action accomplie à plusieurs. Faiblement astreints, les apprenants sont dégagés des contraintes autres qu'horaires puisqu'ils ne peuvent rester dans la salle qu'une quinzaine de minutes après le TD. Ainsi affranchis de la plupart des principales obligations didactiques, comme des exercices à produire dans un temps limité, ou encore l'exigence d'application de procédures imposées, il appartient donc aux apprenants de se former au mieux pour acquérir des savoirs et savoir-faire et de mettre en place les moyens qui leur semblent les plus efficaces. Les étudiants sont maîtres de leur temps comme de leur progression. Contrairement à des séances d'apprentissage en groupe plus courantes, le tempo n'est pas donné par des feedbacks communs ou des corrections qui ponctueraient le passage à une nouvelle opération. Il n'existe pas un rythme commun à tenir par la promotion et aucun indicateur temporel n'est exigé durant les TD. Le contrat didactique implicite instauré par l'enseignant incite donc à l'autonomie. Ce dispositif d'apprentissage offre une grande liberté et donc une responsabilité aux apprenants dans la gestion des tâches prescrites, mais surtout par le passage de la responsabilité individuelle à la responsabilité collective des activités.

4.1.2. Place de l'évaluation des apprentissages

En 2012, l'enseignant décrit l'objectif de la séquence dans un courriel envoyé plusieurs semaines avant le premier cours. Explicitement abordé dans le message, repris lors du discours introductif de la première séquence, M. Y annonce des intentions pédagogiques et didactiques fortes. D'un point de vue pédagogique le travail collaboratif est vivement

recommandé, sans être toutefois imposé. Ici, le modèle pédagogique est très éloigné du traditionnel cours magistral toujours majoritairement en vigueur à l'université. Ce dispositif repose sur les théories socio-cognitivistes qui préconisent que l'acquisition des connaissances passe par un processus qui va du social (connaissances inter-personnelles) à l'individuel (connaissances intra-personnelles). D'un point de vue didactique les savoirs à acquérir sont de plusieurs ordres. Ils concernent aussi bien la statistique, qui reste la discipline support dont il faut connaître les rudiments, que les technologies de l'information et de la communication. À cela s'ajoute la pratique d'un logiciel de traitement de données dont il faut maîtriser les principales fonctions. Il est à noter que durant les TD les étudiants ont peu de retour immédiat de l'enseignant sur leurs activités. Ils peuvent toutefois s'autoévaluer en suivant les indications du support de cours remis. Les savoirs déclaratifs et procéduraux abordés en formation font l'objet d'un contrôle en fin de semestre.

Dans une situation éducative, il semble difficile de se limiter à l'évaluation mise en place pour vérifier les connaissances et compétences acquises. À l'université, chaque semestre se clôt par une évaluation sommative qui peut prendre diverses formes, comme par exemple un contrôle continu ou un examen ponctuel, un dossier maison ou un devoir sur table. Le contrôle continu reste rare et les diverses formes d'évaluation de type diagnostique ou formative sont également peu présentes. Durant les quatre années de notre observation l'épreuve a toujours été ponctuelle mais elle a évalué des connaissances différentes. Elle a aussi pris de multiples formes et en fonction des années elle s'est produite en présentiel ou pas, individuellement ou collectivement. Le tableau synthétique ci-dessous récapitule les différentes formes d'évaluatio.

Année universitaire	Type d'épreuve	Mode de passation	Forme	Évaluation par
2008/2009	Présentiel	Individuel	Copie	Restitution d'une expérience
2009/2010	Présentiel	Individuel	Copie	Restitution de connaissances
2010/2011	Présentiel	Collectif	Dossier sur table	Construction de traitements
2011/2012	Extérieur	Collectif	Dossier à rendre	Construction de traitements

TABLEAU 11 – SYNTHÈSE DES FORMES D'ÉVALUATIONS

Le tableau ci-dessus montre des différences notables et des variations importantes d'évaluation des connaissances et des compétences durant les quatre années citées. Les deux enseignants impliqués ont alternativement (une année sur deux) pris la responsabilité en construisant, rédigeant, surveillant et corrigeant l'évaluation. Les deux premières années (2008/2009 et 2009/2010), l'évaluation consistait à décrire une expérience ou rapporter des connaissances et se rédigeait individuellement. Depuis 2010, l'évaluation cède une large place au contrôle collectif par le biais de l'écriture d'un dossier à produire, soit en présentiel (en

2010), soit à l'extérieur (en 2011). Les scores obtenus par les étudiants sont rapportés dans le tableau suivant.

Années	Effectifs	Moyennes	Écarts-types (N)	Minimums	Maximums
2008-2009	21	14,24	1,19	12	17
2009-2010	25	15,00	1,96	12	19
2010-2011	40	13,35	2,33	10	17
2011-2012	25	16,48	2,04	8	19

TABLEAU 12 – PERFORMANCES OBTENUES PAR LES QUATRE PROMOTIONS ÉTUDIÉES

D'un point de vue purement académique, il est à noter un taux de réussite élevé à ces épreuves durant les quatre ans, puisque sur les cent onze participants aux évaluations, un seul n'a pas validé l'unité d'enseignement (UE). La moyenne des performances obtenues par les quatre promotions étudiées oscille entre 13,35 et 16,48 avec un écart-type allant de 1,19 à 2,33. On observe une dispersion plus importante les deux dernières années. Au regard du tableau antérieur, il apparaît que les seuls points communs sont le mode d'évaluation collective et le type d'évaluation par construction de traitements de données et cela quel que soit l'enseignant et la forme de l'épreuve. Dans cette forme d'évaluation les scores minimums sont plus bas, alors que les scores maximums suivent l'alternance de l'enseignant.

4.1.3. Approche métacognition et gestion des connaissances

En décrivant sa connaissance sur le processus d'acquisition et en faisant donc appel à la métacognition, le sujet prend conscience de ses opérations mentales et peut ainsi les stabiliser voire les améliorer. Cette réflexion sur l'action, cette capacité à conscientiser ses propres processus cognitifs fait l'objet d'une communication qui ne prend pas systématiquement une forme verbale mais peut rester intériorisée. Pour Gombert, elle regroupe deux fonctions bien distinctes :

> 1- les connaissances introspectives conscientes qu'un individu particulier a de ses propres états et processus cognitifs ;
> 2- les capacités que cet individu a de délibérément contrôler et planifier ses propres processus cognitifs en vue de la réalisation d'un but ou d'un objectif déterminé (Gombert, 1990 p. 27).

Cette définition dichotomique contient à la fois un volet déclaratif et un volet procédural ce qui rend le concept de la métacognition ambigu selon Noël, Romainville, Wolfs (1995, p. 49) dans un article paru dans la Revue française de pédagogie. Ces auteurs proposent un classement ascendant selon trois critères :

– le mode métacognitif ;

– le type d'activité mis en œuvre par l'apprenant ;

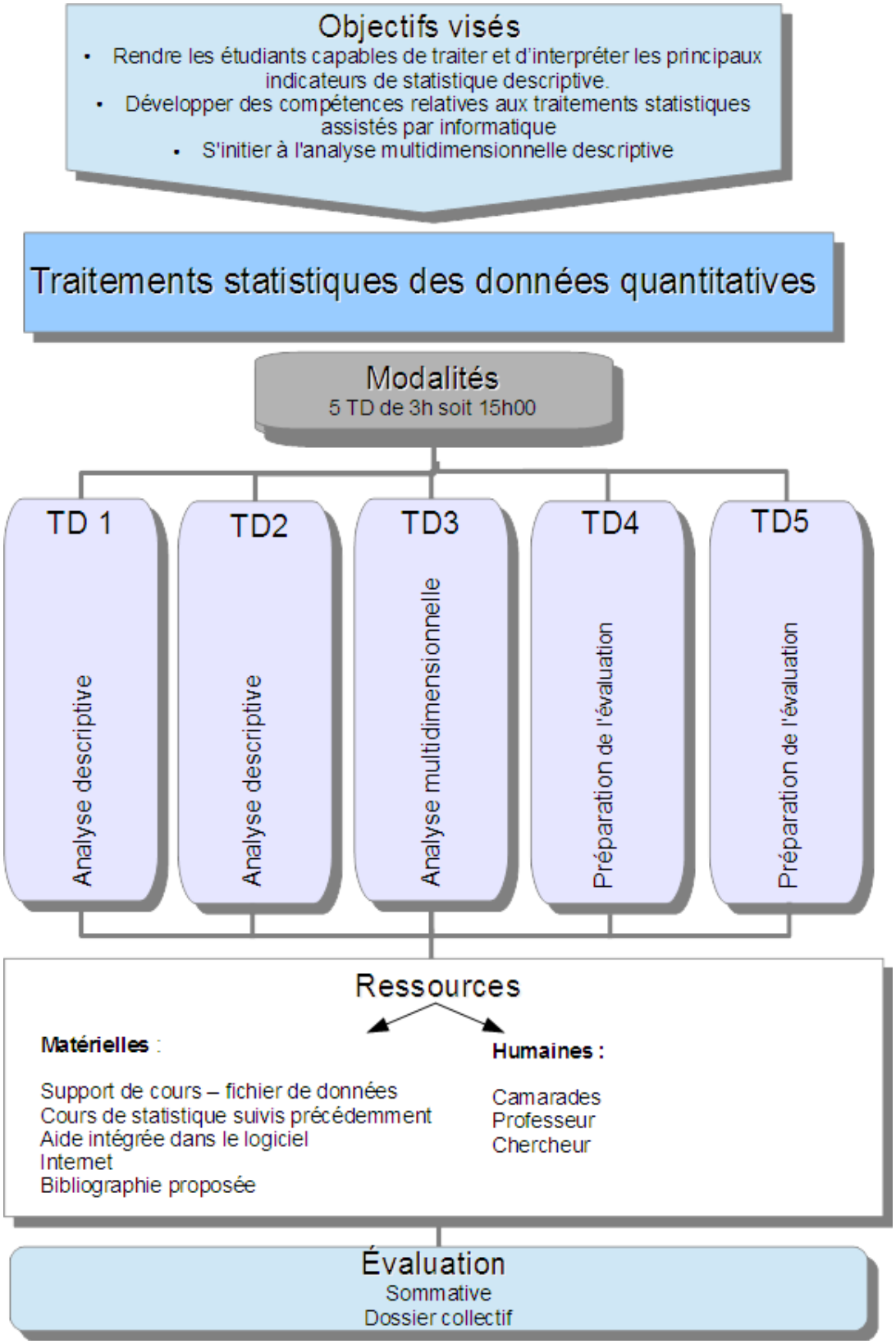
– l'objet sur lequel l'activité est exercée.

Dans le dispositif observé, les méthodes pédagogiques favorisent une réflexion sur les intentions et les méthodes qui régissent l'action. Ainsi, l'enseignant explique que « *l'objectif n'est pas d'appliquer mécaniquement les méthodes proposées. Il s'agit plutôt d'apprendre à utiliser de manière réfléchie les outils statistiques* ». Cet extrait du courriel, envoyé bien avant le premier TD, pour expliciter les contenus enseignés, les objectifs visés et le mode d'évaluation, traduit la nécessité d'une attitude raisonnée, du contrôle des opérations mentales et de la capacité d'analyse du processus même d'apprentissage. L'acquisition de connaissances et de compétences passe alors par une remise en question des représentations initiales ; nous sommes bien là dans une intention socioconstructiviste.

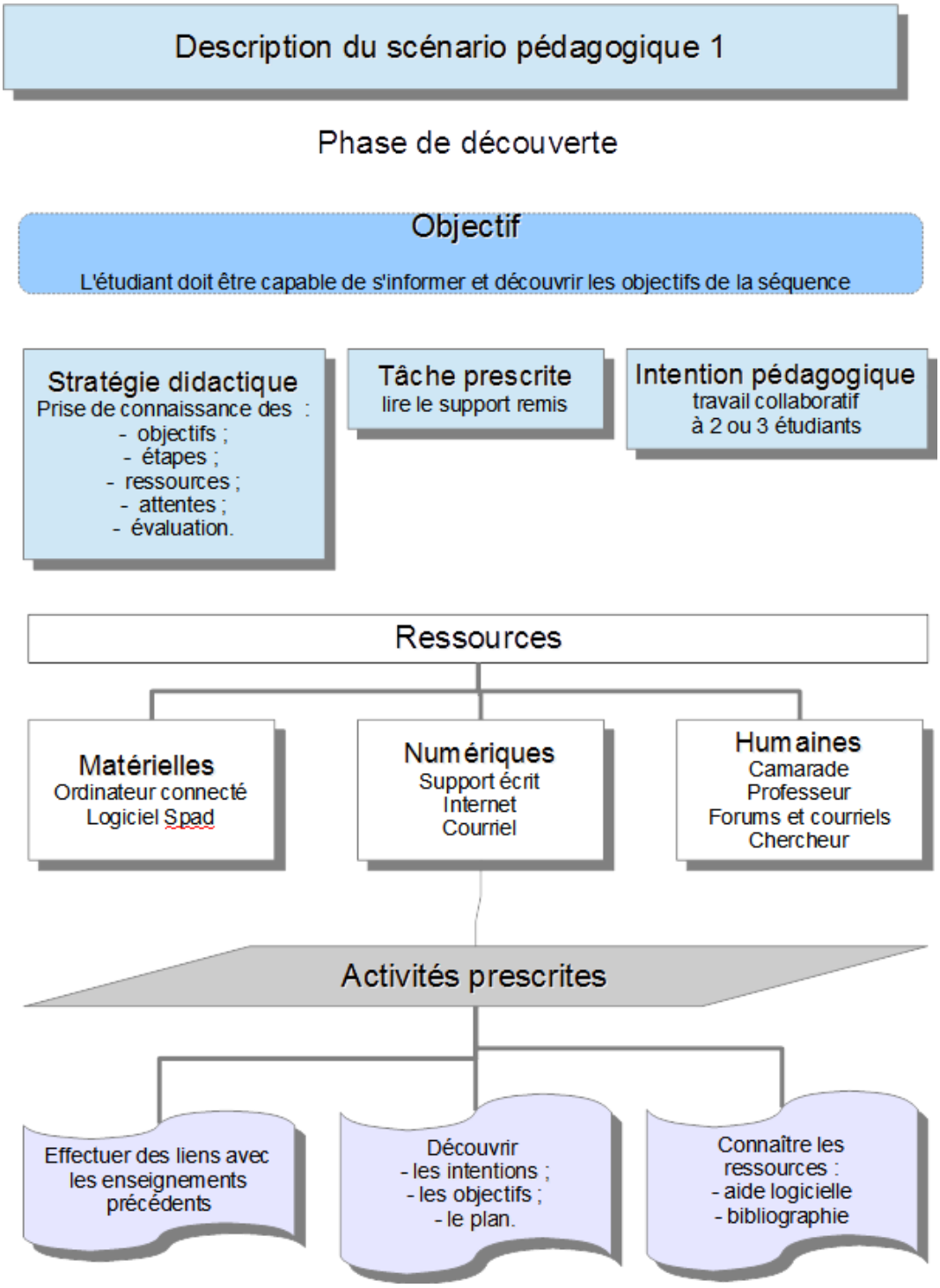
4.2. Description de l'ingénierie pédagogique

En vue de compléter le scénario pédagogique précédent et pour ajouter des dimensions qui n'entrent pas dans le modèle de Brassard et Daele (2003), nous allons procéder à une description rédigée dans la lignée de l'ingénierie pédagogique. Selon la définition donnée dans un J.O., l'ingénierie comprend : « l'ensemble des activités de conception, d'étude, de projet, de réalisation, d'aide au fonctionnement et d'évaluation des moyens techniques d'enseignement et de formation » (J.O. du 11 septembre 1992, p. 12-22). Pour ce faire, nous avons rédigé des documents de synthèse qui se composent d'une fiche pédagogique qui décrit l'essentiel des objectifs ainsi que des moyens pour les atteindre et d'une fiche de déroulement qui expose plus précisément chaque phase des activités. Les deux fiches ne proviennent pas du terrain mais sont le fruit de notre propre vision *a posteriori* de la situation. Cependant, pour vérifier leur pertinence, ces fiches ont été présentées à l'enseignant qui les a acceptées comme conformes à ses intentions et même approuvées comme représentatives de sa démarche. En effet, s'il n'a pas rédigé de documents de synthèse ou formalisé son enseignement, toutefois ses positions étaient bien présentes, lisibles dans les documents et audibles en cours. C'est la raison pour laquelle M. Y nous a signalé « *se retrouver* » dans notre visuel et notre interprétation de son ingénierie pédagogique.

4.2.1. Fiche pédagogique



4.2.2. Fiche de déroulement



4.2.3. Quelques finalités de la formation en statistique, objet de la formation

La formation étudiée s'inscrit dans le cadre des enseignements obligatoires de méthodes quantitatives et aborde plus précisément les traitements statistiques des données au moyen d'outils numériques. La formation se rapporte à une unité d'enseignement (UE) dispensée sous forme de travaux dirigés (TD) d'une durée de trois heures trente chacun, pour un total d'environ quinze heures. Plusieurs fascicules, intitulés « *informatique et statistique appliquées* » sont remis aux étudiants. Durant cette formation les étudiants doivent acquérir des connaissances aussi bien déclaratives que procédurales.

Un des objectifs du TD est de doter les étudiants de méthodes de traitement numérique de données. Pour ce faire, elle utilise un logiciel qui n'est pas à visée éducative ou didactique, mais plus à portée pratique. En effet, SPAD, le logiciel utilisé, est dévolu au traitement et à l'analyse de données et renferme de multiples fonctionnalités. Il s'inscrit ainsi dans la famille des « *logiciels outils* » ou logiciels d'application. S'il n'a pas une finalité éducative, cependant, son utilisation permet de mettre en application des concepts de statistique, de vérifier des connaissances déclaratives et d'éprouver des connaissances procédurales. C'est en adoptant une posture active que l'étudiant « *apprend en faisant* » tout comme le préconise la pédagogie active ou proche du « *learning by doing* » de Dewey. Pour ce dernier, la connaissance émane de l'expérience vécue et ce serait en faisant que nous apprendrions. De plus, cette première intention pédagogique selon les principes du modèle constructiviste s'enrichit d'une portée sociale impulsée par la prescription d'un travail collaboratif entre pairs.

5. Construction des différentes variables et leur codage

La constitution d'une grille d'analyse catégorielle implique la construction de catégories qui doivent réunir conjointement les quatre critères suivants : pertinence, exhaustivité, exclusivité et objectivité (Robert et Bouillaguet, 2007, p. 29). La difficulté réside dans la nécessité de trouver les classifications les plus pertinentes, au regard d'une problématique, sans pour autant tomber dans le travers d'une simplification extrême de la multipolarité qui occulterait la complexité de la réalité. D'après Guy Brousseau (1993, p. 4), un modèle doit :

– représenter correctement les observations (pertinence) ;

– être un résumé plus simple que les observations (communicabilité) ;

– permettre de reconstituer au mieux l'ensemble des observations (fidélité) ;

– permettre de comprendre les données, c'est-à-dire de les placer par rapport à des modèles familiers, universels et donc de permettre la comparaison avec d'autres modèles (intelligibilité) ;
– être accessible au contrôle mathématique (consistance).

La codification demeure une étape cruciale dans la recherche, puisqu'elle permet de synthétiser les données en leur affectant un code déterminant pour l'analyse. Dans notre cas, la catégorisation des réponses favorise l'émergence d'une typologie de la réussite des étudiants en fonction des données et des traces recueillies.

Ce chapitre aborde l'étape d'opérationnalisation des variables par la construction de grilles de lecture que nous avons mises en place pour décomposer les activités effectives des étudiants que nous avons observés. En somme, il nous semble que ce sont davantage les questions de départ, les choix épistémiques, méthodologiques et techniques qui déterminent les traitements que vont subir les informations bien plus que les outils qui ont permis leur récolte.

5.1. Les diverses variables selon les facteurs préexistants des apprenants

Les variables sont construites à partir de la recension d'articles, exposée dans la première partie de cette thèse. L'objectif est de résumer les observations au moyen des indicateurs les plus pertinents et des variables définies comme des structures mathématiques par Guy Brousseau (1993, p. 3) ayant des propriétés propres et présentant une grande diversité de formes. Ainsi, « *chaque fait sera considéré comme une "valeur" prise dans un certain ensemble, appelé variable, sur lequel certaines opérations sont définies* ».

Nous qualifions les facteurs biographiques, psychologiques et cognitifs de préexistants car ils précèdent la formation et représentent des spécificités antérieures, parfois même immuables comme c'est le cas pour les caractéristiques sociodémographiques.

Pour plus de détails sur chaque modalité, il suffit de se reporter à la première partie de cette thèse qui apporte des précisions supplémentaires sur la signification que nous donnons à chaque variable.

5.1.1. Facteurs biographiques et culturels préexistants selon cinq variables

Nous avons extrait de nos lectures les variables qui nous paraissent le mieux définir les facteurs biographiques.

Variables	Codifications	Descriptions
V01	Fem	féminin
[V1] quest	Masc	masculin
V02	Age1	se situe dans l'intervalle [22;30[et correspond à min : 22,48 et max : 29,94
	Age2	se situe dans l'intervalle [30;40[et correspond à min : 30,82 et max : 39,76
[V2] quest	Age3	se situe dans l'intervalle [40;60[et correspond à min : 40,29 et max : 54,70
V03	Bac_sc	baccalauréat scientifique
	Bac_l	baccalauréat littéraire
	Bac_ecs	baccalauréat économique et social
	Bac_etr	baccalauréat /diplôme étranger
[V5] quest	Bac_aut	autre baccalauréat : comprend les bacs technologiques et professionnels
V04	Bac_dp1	durée entre l'obtention du bac et l'enquête se situe dans l'intervalle [3;14[
	Bac_dp2	durée entre l'obtention du bac et l'enquête se situe dans l'intervalle [14;25[
[V6] quest	Bac_dp3	durée entre l'obtention du bac et l'enquête se situe dans l'intervalle [25;36[
V05	Stat_nv1	diplôme bac le plus élevé contenant une formation à la statistique
	Stat_nv2	diplôme de 1er cycle le plus élevé contenant une formation à la statistique
	Stat_nv3	diplôme de Master 1 le plus élevé contenant une formation à la statistique
[V7] quest	Stat_nv_AR	diplôme le plus élevé contenant une formation à la statistique : absence de réponse

Âge : l'âge est découpé en trois intervalles constitués automatiquement au moyen du logiciel C.H.I.C.

TABLEAU 13 – CATÉGORISATION DES FACTEURS BIOGRAPHIQUES PRÉEXISTANTS

Les facteurs biographiques et culturels restent en principe immuables, c'est pourquoi ils ne seront identifiés qu'au moyen du questionnaire et ne donneront pas lieu à des recoupements avec les données issues d'autres instruments de construction de données. Il s'agit d'éléments descripteurs qui informent sur les caractéristiques des sujets observés mais qui n'interviennent pas directement dans les observations et surtout ne varient pas. Dès lors, nous les traitons comme des variables secondaires également appelées supplémentaires qui n'entrent pas en ligne de compte pour les calculs. Les extraire permet d'éviter qu'elles ne soient trop visibles en s'imposant par leur solide « *rôle attracteur* » (Gras, 2004, p. 18) et en détournant l'interprétation des résultats des règles impliquant les variables dites principales.

5.1.2. Facteurs psychologiques d'ordre affectifs et émotionnels préexistants selon sept variables

Le questionnaire comprend plusieurs items proposant des échelles numérotées de 1 à 10 qui ont été synthétisées en trois niveaux à : faible, moyen et fort.

Variables	Codifications	Descriptions
V06	Int_f	intérêt faible pour l'enseignement de la statistique
	Int_m	intérêt moyen pour l'enseignement de la statistique
	Int_fo	intérêt fort pour l'enseignement de la statistique
[V10] quest	Int_AR	intérêt : absence de réponse
V07	Ut_f	utilité faible pour l'enseignement de la statistique
	Ut_m	utilité moyenne pour l'enseignement de la statistique
	Ut_fo	utilité forte pour l'enseignement de la statistique
[V11] quest	Ut_AR	utilité : absence de réponse
V08	1Dif_perc	1er mot rapporte la difficulté de perception à affronter dans le cours
	1Dif_comp	1er mot rapporte la difficulté de compréhension à affronter dans le cours
	1Dif_appl	1er mot rapporte la difficulté d'application à affronter dans le cours
	1Dif_int	1er mot rapporte la difficulté d'interprétation à affronter dans le cours
	1Dif_man	1er mot rapporte la difficulté de manipulation à affronter dans le cours
[V15] quest	1Dif_AR	1er mot sur la difficulté à affronter : absence de réponse
V09	2Dif_perc	2e mot rapporte la difficulté de perception à affronter dans le cours
	2Dif_comp	2e mot rapporte la difficulté de compréhension à affronter dans le cours
	2Dif_appl	2e mot rapporte la difficulté d'application à affronter dans le cours
	2Dif_int	2e mot rapporte la difficulté d'interprétation à affronter dans le cours
	2Dif_man	2e mot rapporte la difficulté de manipulation à affronter dans le cours
[V15] quest	2Dif_AR	2e mot sur la difficulté à affronter : absence de réponse
V10	3Dif_perc	3e mot rapporte la difficulté de perception à affronter dans le cours
	3Dif_comp	3e mot rapporte la difficulté de compréhension à affronter dans le cours
	3Dif_appl	3e mot rapporte la difficulté d'application à affronter dans le cours
	3Dif_int	3e mot rapporte la difficulté d'interprétation à affronter dans le cours
	3Dif_man	3e mot rapporte la difficulté de manipulation à affronter dans le cours
[V15] quest	3Dif_AR	3e mot sur la difficulté à affronter : absence de réponse
V11	Comp_neg	écrivent rencontrer très souvent un problème pour mobiliser leurs connaissances en statistique ce qui témoigne d'une compétence perçue négativement.
	Comp_neu	écrivent rencontrer moyennement souvent un problème pour mobiliser leurs connaissances en statistique ce qui témoigne d'une compétence perçue de façon neutre.
	Comp_pos	écrivent rencontrer rarement un problème pour mobiliser leurs connaissances en statistique ce qui témoigne d'une compétence perçue positivement.
[V4] quest	Comp_AR	absence de réponse
V12	Att_emot	réponses relevant d'une attitude émotive prélevées sur des questions de sémantique, de connaissances et compétences
[V9] quest	Att_neut	réponses neutres aux questions de sémantique

Intérêt de la formation en statistique : révèle le niveau d'attrait attribué à la statistique par l'étudiant.
Utilité de la formation : révèle les avantages perçus à son enseignement.
Difficulté perçue de la statistique : révèle des difficultés d'ordre psychologique et se mesure en tenant compte des types de difficultés décrites.
Compétence perçue en statistique : révèle le niveau perçu de soi et la confiance en ses compétences envers ses connaissances en statistique.
Attitude émotive envers la statistique : révèle craintes, stress, exaltation ou défiance excessive relevés dans le questionnaire aux variables [V9] et/ou S1àS3.

TABLEAU 14 – CATÉGORISATION DES FACTEURS PSYCHOLOGIQUES PRÉEXISTANTS

5.1.3. Facteurs cognitifs préexistants selon sept variables

Variables	Codifications	Descriptions
V13	Stat_def_con	phrase évoquant la statistique selon un moyen de connaissance
	Stat_def_tra	phrase évoquant la statistique selon une méthode de traitement des données
	Stat_def_quot	phrase évoquant la statistique rapporte qu'elle est présente au quotidien
	Stat_def_emot	phrase évoquant la statistique révèle une attitude émotive
[V9] quest	Stat_def_AR	absence de réponse concernant la phrase évoquant la statistique
V14	Mot1_dim_edu	1er mot évoquant la statistique relaté par sa dimension éducative
	Mot1_dim_prod	1er mot évoquant la statistique relaté par sa dimension productive
	Mot1_dim_pros	1er mot évoquant la statistique relaté par sa dimension prospective
	Mot1_emot	1er mot évoquant la statistique relaté relève d'une attitude émotive
[V9] quest	Mot123_AR	absence de réponse aux mots évoquant la statistique
V15	Mot2_dim_edu	2e mot évoquant la statistique relaté par sa dimension éducative
	Mot2_dim_prod	2e mot évoquant la statistique relaté par sa dimension productive
	Mot2_dim_pros	2e mot évoquant la statistique relaté par sa dimension prospective
	Mot2_emot	2e mot évoquant la statistique relève d'une attitude émotive
[V9] quest	Mot123_AR	absence de réponse aux mots évoquant la statistique
V16	Mot3_dim_edu	3e mot évoquant la statistique relaté par sa dimension éducative
	Mot3_dim_prod	3e mot évoquant la statistique relaté par sa dimension productive
	Mot3_dim_pros	3e mot évoquant la statistique relaté par sa dimension prospective
	Mot3_emot	3e mot évoquant la statistique relève d'une attitude émotive
[V9] quest	Mot123_AR	absence de réponse aux mots évoquant la statistique
V17	S1_appl	situation 1 constatation d'une erreur d'application
	S1_comp	situation 1 constatation d'une erreur de compréhension
	S1_interp	situation 1 constatation d'une erreur d'interprétation
	S1_rep_att	situation 1 révèle une réponse attendue
situation_S1	S1_AR	situation 1 : absence de réponse
V18	S2_comp	situation 2 constatation d'une erreur de compréhension
	S2_interp	situation 2 constatation d'une erreur d'interprétation
	S2_perc	situation 2 constatation d'une erreur de perception
	S2_rep_att	situation 2 révèle une réponse attendue
situation S2	S2_AR	situation 2 : absence de réponse
V19	S3_comp	situation 3 constatation d'une erreur de compréhension
	S3_interp	situation 3 constatation d'une erreur d'interprétation
	S3_perc	situation 3 constatation d'une erreur de perception
	S3_rep_att	situation 3 révèle une réponse attendue
situation S3	S3_AR	situation 3 : absence de réponse

Connaissances sémiotiques de la statistique : niveau de conceptualisation de la discipline
Trois mots évocateurs de la statistique : révèle le niveau sémiotique de compréhension relatif à la statistique
Les numéros 2 et 3 inscrits précisent le rang des réponses
S1 : situation-problème 1 : calcul de moyenne arithmétique pondérée
S2 : situation-problème 2 : description d'une moyenne et d'un écart-type
S3 : situation-problème 3 : interprétation de résultats

TABLEAU 15 – CATÉGORISATION DES FACTEURS COGNITIFS PRÉEXISTANTS

5.2. Détails des grilles de codage

Pour obtenir des informations multidimensionnelles de la situation observée, nous avons recueilli des renseignements plurimodaux au moyen de divers instruments de construction de données tels que le questionnaire, l'entretien et l'enregistrement de traces numériques. Une fois les données brutes récoltées, l'étape suivante consiste à les identifier puis à les coder en unité de sens. Pour ce faire nous avons procédé à plusieurs traitements, par la saisie des questionnaires (Annexe 11), par la transcription des entretiens (Annexe 12) et par le codage des observations (Annexe 13).

Le traitement des données s'effectue en plusieurs temps, selon la nature des données récoltées et en suivant les étapes suivantes :

– saisie des questionnaires et leur codage sous EXCEL ;

– transcription littérale des entretiens et leur catégorisation sous NVivo[40] ;

– transcription littérale des séances d'expérimentation et codification sous EXCEL ;

– découpage des traces obtenues en copies d'écran puis en épisodes fréquentiels et temporels sous EXCEL.

5.2.1. Grilles de lecture des facteurs psychologiques d'ordre affectifs et émotionnels

Concernant l'utilité de l'enseignement de la statistique, notre état de la littérature nous a permis d'isoler huit fonctions réunies selon quatre objectifs principaux.

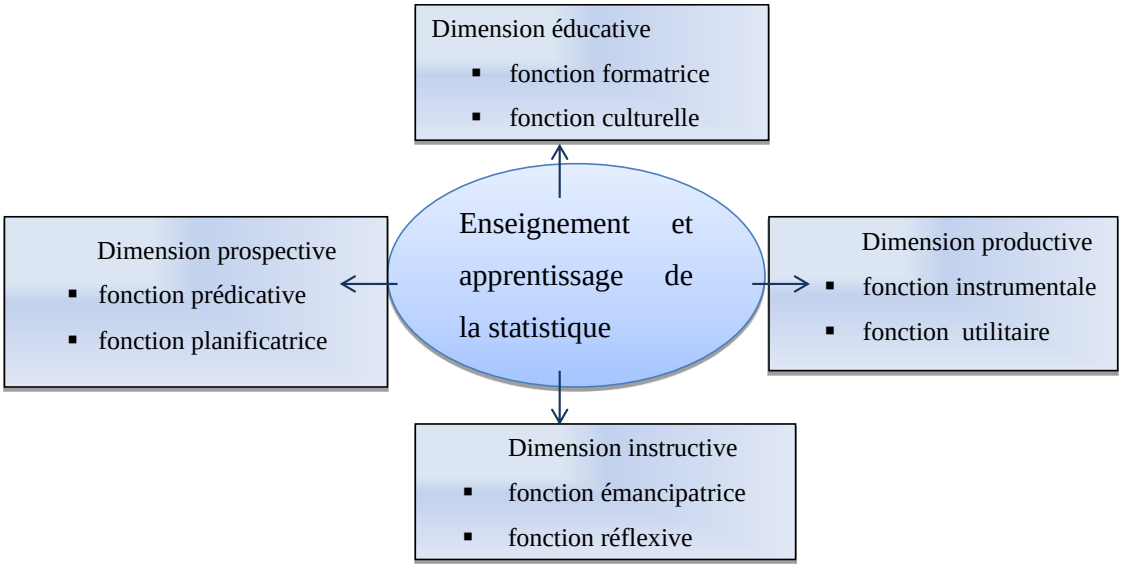


FIGURE 19 – REPRÉSENTATION SYNOPTIQUE DE L'UTILITÉ DE L'ENSEIGNEMENT DE LA STATISTIQUE

Longuement décrites dans la première partie, nous classons dans la catégorie de « *difficulté de perception* », toutes les réponses d'ordre psychologique qui relèvent du domaine de l'émotion.

5.2.2. Grilles de lecture des facteurs cognitifs

Pour mesurer les connaissances et compétences des étudiants sur la statistique les facteurs cognitifs sont mesurés selon plusieurs grilles explicatives.

40. Les différentes fonctions de NVivo sont décrites pages suivantes.

Catégories	Descriptions la statistique est définie comme :	Exemples
stat_déf_moyen_connaissance	étude de caractéristiques	*la statistique permet de mieux comprendre certains phénomènes que l'on aborde par l'étude d'un corpus très large*
stat_déf_méthode_traitement	traitement des données	*c'est une méthode de traitement des échantillons et d'information dans une recherche scientifique*
stat_déf_réponses_émotives	difficile, indispensable ou trompeuse	*dans ma tête, la statistique est toujours difficile, compliquée, et ennuyeuse, mais je sais qu'elle est très utile*

TABLEAU 16 – CATÉGORISATION DE LA DÉFINITION DE LA STATISTIQUE

La recension d'articles issus de la recherche en éducation statistique sur les difficultés rencontrées par les étudiants, décrites dans la première partie, nous permettent de construire une grille opérationnelle utile pour le codage des données que nous avons récoltées dans le cadre de cette thèse. Après avoir séparé les difficultés d'ordre psychologique, que nous avons décrites sous le terme générique de difficultés de *perception* et traitées dans le paragraphe précédent, nous convenons de distinguer cinq formes de difficultés récurrentes survenues à des degrés différents chez certains étudiants.

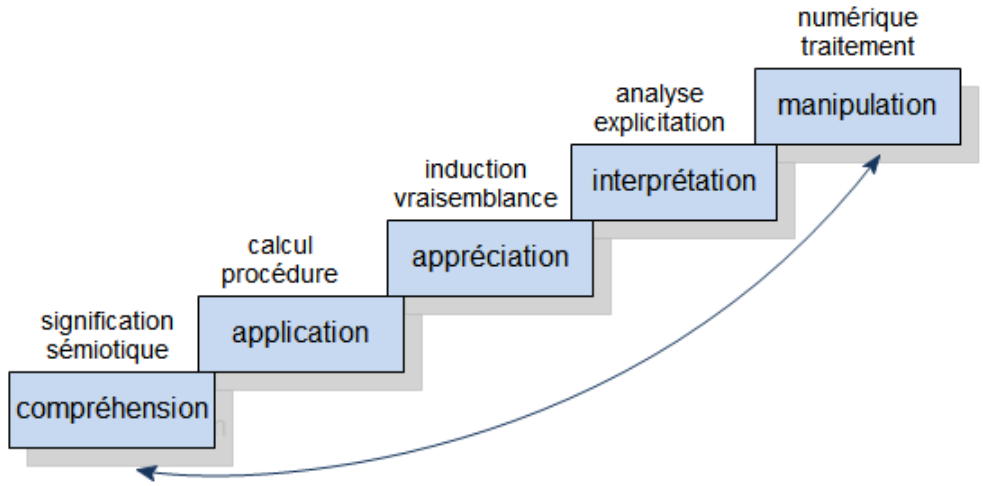


FIGURE 20 – PRINCIPALES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES PAR LES ÉTUDIANTS

Dans le cadre de cette thèse il nous est paru opportun de mettre en perspective les types de difficultés et les savoirs mobilisés. Ainsi nous avons reporté les réponses des étudiants dans des catégories reprenant le même vocabulaire :

– savoir ;

– savoir-faire_application ;

– savoir-faire_manipulation ;

– savoir-faire_interprétation ;

– savoir-être.

Grille du niveau de compréhension des situations-problèmes S1, S2, S3 :

A = **non-réponse à la question**, répétition de l'énoncé, ou ne sait pas

Elle peut se présenter sous forme d'une césure de la consigne, ou d'une réponse à connotation affective, ou encore sous forme d'un commentaire hors sujet qui manifestement ne répond pas à la question initiale. Nous avons dû ajouter cet item « *absence de réponse* » supplémentaire car il est apparu important par le volume qu'il occupait et par la portée significative qu'il pouvait restituer.

B = **réponse non opérationnelle** : hors propos ou erronée

Elle comprend aussi bien les difficultés de perception, de compréhension, d'application, d'appréciation que d'interprétation.

C = **réponse partielle**

Elle correspond le plus souvent à des réponses incomplètes pour lequel l'étudiant n'évoque qu'une partie de la réponse mais qui ne sont pas suffisante par rapport aux attentes.

D = **réponse attendue**

Les trois grilles descriptives de l'expérimentation, insérées ci-dessous, partent d'indicateurs prédéfinis parachevés au fur et à mesure des transcriptions.

Les travaux de recherche préceptes de Monteil (1986) poursuivis par Monteil et Chambres (1990) décrits dans la première partie de cette thèse nous ont aidée à construire les catégories relatives à la composante interactive.

Catégories	Descriptions	Exemples
ACQU	**Acquiescement**: sans argumentation et accord +	*« hum d'accord »*
APPR	**Approbation**: avec argumentation et accord ++	*« oui parce que c'est à partir de:: = deux »*
OPPO	**Opposition**: sans argumentation mais désaccord +	*« pfff non »*
CONT	**Contradiction** : avec argumentation et désaccord ++	*« non non non c'est cette proportion: LÀ divisé par cent/ »*

TABLEAU 17 – CATÉGORISATION DE LA COMPOSANTE INTERACTIVE

Dans la composante interactive nous situons les remarques qui vont du plus simple acquiescement à la contradiction.

Catégories	Descriptions	Exemples
ATEP	Attitude émotive positive remarques optimistes	*« c'est tout bon\ (4.) j'aime quand ça marche comme ça ((rires) »*
ATEN	Attitude émotive négative remarques pessimistes	*« ben ça ne va pas marcher (inaud.) c'est erreur/ (4.) »*
COPP	Compétence perçue positive énonciation de compétence	*« [(non mais hé)] et là on est tombé [sur une équipiè::re de (fou)] »*
COPN	Compétence perçue négative énonciation d'incompétence	*« je sèche complètement là: [dessus\][hum] (1.30) »*

TABLEAU 18 – CATÉGORISATION DE LA COMPOSANTE PSYCHOLOGIQUE

Dans la composante psychologique nous classons les remarques qui relèvent d'une attitude émotive, ainsi que les remarques sur la compétence perçue.

Catégories	Descriptions	Exemples
DESC	Description description, compréhension	*« donc euh ça c'est la deux[ième feuille] »*
REGU	Régulation proposition, planification	*« on va le refaire comme ça:: »*
EVAL	Évaluation évaluation, correction	*« ça c'est sur la première feuille non ? »*
RAIS	Réflexion argumentation, métacognition	*« [donc] il ne faut utiliser les fréquences mais les effectif de la valeur (3.) »*

TABLEAU 19 – CATÉGORISATION DE LA COMPOSANTE COGNITIVE

Dans la composante cognitive nous rapportons les remarques qui relèvent de quatre formes distinctives se rapportant à la simple description, en passant par la régulation des activités effectives.

5.2.3. Construction et explication des critères de réussite des activités

Il est généralement assez facile d'évaluer des connaissances individuelles ; pour cela il suffit, par exemple, de mettre en place un simple questionnaire. Il permet en effet d'identifier à un temps *t* si un sujet est capable de traiter une question et d'y répondre correctement. En revanche, lorsqu'il s'agit de vérifier l'acquisition de compétences individuelles, cela devient autrement plus compliqué dans la mesure où il est nécessaire d'instaurer des critères précis de réussite. Une difficulté supplémentaire s'est ajoutée à notre protocole d'observation puisque ce sont des étudiants actifs mais aussi participant à plusieurs que nous avons suivis. Dans ce contexte, il semblait primordial d'observer des réussites non seulement individuelles mais aussi collaboratives.

Pour la détermination et définition des critères de réussite des activités effectives produites par les étudiants nous nous sommes inspirée du modèle mis au point par Vergnaud pour définir la compétence et décrit dans la première partie. Partant de ce modèle, nous l'avons adapté à la didactique de la statistique afin de dresser les indices de réussite suivants :

– Rapidité

→ Regroupe les étudiants qui s'y prennent **d'une manière plus rapide** que les autres.

$$\frac{\Sigma \text{ du temps passé pour réussir des activités}}{\Sigma \text{ du temps passé pour réussir des activités totales}}$$

– Efficacité

→ Regroupe les étudiants qui effectuent plus d'activités de statistique réussies que les autres, ce qui permet de conjecturer qu'ils disposent d'une **plus grande variété de procédures**.

$$\frac{\Sigma \text{ des activités de statistique réussies}}{\Sigma \text{ des activités de statistique réussies totales}}$$

– Raisonnement

→ Regroupe les étudiants qui **réussissent plus de tâches complexes** d'interprétation qui mobilisent davantage la capacité de raisonnement.

$$\frac{\Sigma \text{ des activités de raisonnement}}{\Sigma \text{ des activités de raisonnement totales}}$$

– Développement

→ Regroupe les étudiants qui **savent faire au temps *t'*, ce qu'ils ne savaient pas faire au temps *t*.**

$$\frac{\Sigma \text{ des progrès individuels}}{\Sigma \text{ des progrès totaux}}$$

La prise en compte de l'activité effective comme unité d'analyse nous semble intéressante mais insuffisante pour restituer la complexité d'une situation didactique. Ne prendre en compte que les occurrences des activités effectives pour le traitement des données produirait une analyse restrictive puisqu'elle se limiterait à la dimension « *productive* » de l'activité (Samurçay et Rabardel, 2004, p. 2). Or elle est aussi « *constructive* » en participant à la transformation même de son auteur. À cette double portée, Pastré *et al.* ajoutent l'idée d'une possible poursuite après le temps d'exécution. Ainsi « *L'activité constructive peut se continuer bien au-delà, quand notamment un sujet revient sur son action passée par un travail d'analyse réflexive pour la reconfigurer dans un effort de meilleure compréhension* » (2006, p. 156). La construction de l'activité dépasse le temps de son exécution et peut très bien par la suite prendre une forme de métacognition rétrospective.

Il nous semble que la temporalité occupe une place primordiale. Nos traitements des traces numériques tiennent compte de la dimension temporelle. Elle est en effet un indicateur pertinent pour quantifier la durée des activités effectives mais la temporalité ne peut en aucun cas être prise en compte comme seul vecteur de réussite d'une activité « *constructive* ».

Considérer la rapidité des réponses apportées par les étudiants est un indicateur pertinent puisqu'il permet d'identifier la réactivité et la capacité des étudiants à résoudre les tâches prescrites mais ici il ne suffit pas pour caractériser la réussite des activités effectives. Il nous est alors paru judicieux d'identifier les activités effectives produites en situation de formation.

5.3. Analyse de contenu catégorielle des données construites

L'analyse de contenu sert à traiter aussi bien des textes, des transcriptions d'entretiens ainsi que tout type de supports qu'il soit écrit, visuel ou auditif. Bardin (1977, p. 43) la définit comme « *un ensemble de techniques d'analyse des communications visant, par des procédures systématiques et objectives de description du contenu des énoncés, à obtenir des indicateurs (quantitatifs ou non) permettant l'inférence de connaissances relatives aux conditions de production/réception (variables inférées) de ces énoncés* ». En d'autres termes, l'analyse de contenu a pour but de produire des indicateurs caractéristiques selon une visée nomothétique autorisant la généralisation des connaissances. Quant à l'analyse de contenu catégorielle,elle préconise la synthèse des énoncés en les classant dans des catégories de modalités prédéfinies pour qu'ils deviennent des variables statistiques caractéristiques quantifiables. Pour Robert et Bouillaguet (2007, p. 28) les sources demeurent *a priori* inintelligibles, ou, tout au moins, sont au premier abord opaques. Cependant, sans toutefois modifier le contenu mais juste en le révélant différemment, la catégorisation favorise l'accès à une signification insoupçonnable sans ce traitement. Ce dernier se décompose essentiellement en trois étapes, décrites par Unrug et d'Unrug (1974) comme suit :

– délimitation d'unités de sens par un découpage de contenu ;

– constitution de catégories ;

– dénombrement des occurrences.

Nous avons construit les catégories *a priori*, suivant les codages décrits aux sections précédentes.

5.3.1. Codage des réponses issues des questionnaires soumis aux étudiants

Dans un premier temps, le dépouillement des questionnaires permet de comptabiliser les données chiffrées et de rassembler les renseignements que nous saisissons au moyen du logiciel EXCEL. Il a été pris le parti de conserver toutes les informations récoltées et saisies pour ne pas négliger certains points à première vue insignifiants mais qui après remaniement et réflexion peuvent finalement s'avérer cruciaux. De plus, ces données brutes permettent de s'y reporter pour vérifier à tout moment que les modifications suivantes sont modérément tronquées et restent exactes. Un premier tableau rapporte scrupuleusement les données quantitatives récoltées lors de l'enquête par questionnaire. Selon les approches de la statistique descriptive univariée, il est effectué des tris à plat qui consistent à calculer et comptabiliser la distribution des effectifs pour chaque variable en ne tenant compte que d'une seule caractéristique. Il convient de rappeler, qu'en fonction des résultats, il est choisi le

graphique qui illustre le mieux les données parmi la multitude des possibles (diagramme en bâton, diagramme en secteurs, diagramme en barre, histogramme, etc.). Après une première saisie, un recodage et des toilettages sont effectués car il est essentiel de se rapprocher au plus près de nos préoccupations et de répartir les données selon nos thématiques prédéfinies mais aussi de préparer à des traitements multivariés. Les informations sont recodées et consignées dans des tableaux de séries statistiques.

Pour ce faire, un code simplificateur est attribué à chaque modalité. Dès lors, nos tableaux de séries statistiques se décomposent en plusieurs feuilles dont certaines rapportent les données brutes et les premiers tris à plat effectués et d'autres renferment les données toilettées pour des analyses multivariées. Les non-réponses sont incluses dans l'analyse et classées dans une catégorie prédéterminée. Bien qu'elles n'apportent aucune information factuelle et concrète, elles renseignent cependant sur une attitude estudiantine particulière. Nous n'avons pas procédé à d'importantes corrections ou pondérations en raison du faible nombre de répondants. De surcroît, après vérification et toilettage, nous procédons à un deuxième traitement automatique pour pouvoir effectuer des calculs au moyen du logiciel C.H.I.C. Nous transformons les modalités en matrices binaires au moyen de la fonction « *binarisation* » dans Data Management, fonction incorporée dans le logiciel SPAD. Les tableaux ainsi produits sont nommés tableaux disjonctifs complets et permettent de nombreux traitements ultérieurs. Les matrices obtenues et les principales représentations graphiques se trouvent en annexes.

5.3.2. Codage des traces numériques

Toutes les interventions produites avant l'ouverture du logiciel, comme les tests de synchronisation ou le temps de l'installation dans la salle, ne sont pas conservées mais effacées car elles ne renseignent en rien sur les activités effectives. Ce premier toilettage permet de ne conserver que les enregistrements utiles à l'analyse. Les données brutes récoltées étant inexploitables telles quelles, il est nécessaire de leur faire subir un deuxième traitement qui consiste à transformer les enregistrements des traces numériques de l'activité en copies d'écran consignées dans des tableaux synoptiques (Annexe 13). Cette première segmentation permet de rassembler les éléments en lien avec notre thèse et facilite les catégorisations ultérieures. L'étape suivante consiste à relever sur le support de cours les critères relatifs à la tâche prescrite. Puis il suffit de ranger les copies d'écran dans les onze catégories d'activités selon les indications consignées par l'enseignant dans le support de cours. À ces codifications initiales s'ajoutent deux catégories supplémentaires « *hors sujet* »

et « erreur numérique » qui permettent de dégager des activités qui, elles, ne sont pas conformes aux attentes de la formation :

– Les activités « *hors sujet* » correspondent aux périodes durant lesquelles les étudiants effectuent des activités différentes de celles prescrites.

– Les activités d' « *erreur numérique* » rassemblent des mésusages numériques dus à une manipulation non conforme du logiciel qui occasionne une erreur manifeste.

Le détail des codifications des activités effectuées se trouve dans le tableau ci-dessous.

1_oulog	Ouvrir le logiciel/la filière
2_imexp	Importer/exporter les données
3_eftri	Effectuer un tri à plat
4_outri	Ouvrir les tableaux de tri à plat
5_ouhis	Ouvrir l'histogramme/le diagramme en 3 D
6_efcor	Effectuer un test de corrélation
7_oucor	Ouvrir le test de corrélation
8_eftes	Effectuer un test d'hypothèse
9_outes	Ouvrir le test d'hypothèse
10_efacp	Effectuer une ACP/AFC
11_ouacp	Ouvrir l'ACP/AFC
12_horss	Hors sujet
13_ernum	Erreur numérique

TABLEAU 20 – DÉNOMINATION DES DIFFÉRENTES ACTIVITÉS EFFECTUÉES PAR LES ÉTUDIANTS

Le découpage des traces numériques laissées par les étudiants consiste donc à identifier les activités effectives et à vérifier l'adéquation entre les affichages à l'écran et les tâches prescrites par l'enseignant (Annexe 14). Les séances sont alors découpées en scènes produites à l'issu d'une décomposition de l'enregistrement continu en images. Ainsi chaque changement d'écran donne lieu à une copie d'écran dont chacune d'elle prend la codification simplifiée ci-dessus. Ce découpage séquentiel facilite le repérage rapide des activités numériques produites. Nous les baptisons : Unités Élémentaires d'Activités Numériques[41] (UEAN) en référence au logiciel Alceste. Cette classification permet de dissocier toutes les activités effectives produites par les étudiants et rend compte de la variabilité des comportements collaboratifs dans un temps imparti par la formation.

Après ce traitement des données brutes, les activités sont synthétisées puis classées selon les trois catégories correspondant aux capacités effectives qu'elles mobilisent chez les étudiants.

41. Par allusion au découpage produit par le logiciel Alceste et nommé : Unités de Contexte Élémentaires (UCE) qui sont automatiquement composées d'une à trois lignes de texte consécutives.

1_oulog +2_imexp (outils)	manipulation
3_eftri +6_efcor +8_eftes +10_efacp (calculs)	application
4_outri +5_ouhis +7_oucor +9_outes +11_ouacp (résultats)	interprétation

TABLEAU 21 – DÉNOMINATION DES DIFFÉRENTES CAPACITÉS IMPLIQUÉES

– Les activités « *manipulation*» : regroupent essentiellement les manipulations numériques, c'est-à-dire l'ouverture, la fermeture du logiciel mais aussi l'enregistrement des données et leur sauvegarde. Il s'agit de la mise en œuvre des connaissances et compétences liées aux fonctions élémentaires issues de l'appropriation d'un environnement numérique de travail.
– Les activités d' « *application* » rassemblent les activités de compréhension de la tâche prescrite, comme l'organisation et la mise en œuvre d'une procédure qui passe principalement par l'exécution des calculs en procédant au choix des fonctions appropriées et à leur accomplissement.
– Les activités d' « *interprétation* » réunissent les activités d'analyse et d'explicitation des calculs produits précédemment, ce sont elles qui sollicitent le plus de raisonnement.

Les traces informent également sur le temps passé pour chaque item et la durée entre la rencontre d'un concept et son traitement.

Pour le codage des traces numéiques issues des activités de TD produites lors de l'expérimentation, nous choisissons de transcrire littéralement les propos échangés. Pour ce faire, nous procédons à une première transcription à l'aide des conventions Icor (Annexe 15) qui constituent un cadre facilitateur pour rapporter au plus près les interactions produites, pour restituer les tours de parole, pour relever les chevauchements et coder les activités non langagières mais qui sont audibles comme par exemple le bruit du feuillettement des pages du fascicule. Alors que les normes Icor écartent toute forme de ponctuation, nous avons pris la liberté d'ajouter le point d'interrogation pour rendre lisible l'intonation montante spécifique à la forme interrogative. C'est dès le moment de recueillir les traces des activités des étudiants que se pose la question du choix de l'unité de sens à déterminer suivant la pertinence et la signification recherchée. En effet, il existe plusieurs possibilités de découpage, qui peuvent prendre en compte le mot énoncé, la phrase produite, l'épisode ou le tour de parole. À la suite de Kerbrat-Orecchioni, nous proposons une scission des communications en tours de parole, c'est-à-dire que les échanges se fractionnent selon toute la durée du maintien de la parole. Nous envisageons cette interaction verbale comme une intervention formant un tout cohérent.

À l'instar de Bange (1992), nous percevons le tour de parole comme une unité interactive ayant sa dynamique propre et s'inscrivant dans une alternance de propos.

> Le tour de parole n'est pas une unité grammaticale, comme la phrase, mais une unité interactive, l'élément de base de l'interaction verbale, oriente dans sa construction comme dans sa fonction à la fois vers le tour précèdent et vers le tour suivant. (Bange, 1992 p. 32)

Le tour de parole paraît intéressant lorsque l'on cherche à comptabiliser le nombre de fois où un sujet communique, lorsque l'on s'attache à la régulation des activités ainsi que pour décrire le système d'alternance instauré entre étudiants. En effet, la distribution des prises de paroles n'est pas désordonnée mais elle suit des règles conversationnelles très précises (Sacks, Schegloff, Jefferson, 1974). De plus, le tour de parole se distingue nettement de l'intervention qui, elle, tient compte du contenu et peut durer dans certains cas sur plusieurs tours de parole. Toutefois, la frontière entre les deux est parfois difficile à tracer. En résumé le tour de parole peut être assimilé à la prise de parole, toutefois il désigne plus précisément la durée pendant laquelle un locuteur prend mais aussi conserve la parole.

Nous avons pu déterminer une grille ample thématique. Cependant, pour rendre compte des interactions entre pairs de façon plus fine, il a été nécessaire de rajouter des catégories *a posteriori*. Selon Paillé et Mucchielli (2012) le choix se produit lors de la décomposition du texte qui induit des structures propres et saillantes. Dès lors, la décision du découpage ne peut se produire *a priori* suivant une unité prédéfinie mais bien *a posteriori* au moment de la lecture. L'écoute répétée, des traces laissées lors de l'expérimentation, font apparaître des sous-catégories émergentes qui n'ont pas été prédéfinies mais qui apparaissent au fil des transcriptions. Par ailleurs, lorsqu'un tour de parole peut correspondre à plusieurs catégories, il n'est pas comptabilisé dans plusieurs classes mais est placé dans la catégorie prédominante. Ce principe permet de catégoriser chaque tour de parole ainsi que de quantifier chaque unité de sens.

5.3.3. Traitement des entretiens menés auprès des étudiants

Ils sont d'abord transcrits littéralement, à la suite de quoi les questions sont supprimées pour ne laisser visible que les réponses des étudiants. Après cette étape, les transcriptions sont importées dans le logiciel NVivo pour être traitées. Le logiciel facilite la tâche de catégorisation en permettant de sélectionner très rapidement du texte, puis d'isoler les passages significatifs afin de le classer immédiatement dans des dossiers appelés « *nœuds* ». Nous nous appuyons sur la théorie de l'analyse de contenu catégorielle, décrite ci-dessus pour traiter les entretiens. Elle permet de relever et quantifier l'apparition de thèmes

préalablement définis qui apparaissent au fil des entretiens. Pour ce faire, nous reprenons la grille thématique décrite précédemment qui nous offre un cadre compréhensif. Pour obtenir une meilleure catégorisation, nous procédons à un double codage qui a pour objectif de garantir une catégorisation plus objective.et surtout plus rigoureuse. Les résultats ainsi obtenus, sont ensuite consignés dans les tableaux de données pour faciliter leur traitement.

6. Les outils d'aide aux traitements et à l'analyse des données mis en œuvre

Il existe deux grandes familles d'analyse provenant de recherches quantitatives et qualitatives. Pour les distinguer, il est communément admis que la nature des données prescrit leur traitement. Ainsi les données numériques, issues d'enquêtes, seront traitées suivant les méthodes quantitatives et les données textuelles ou vidéographiques, provenant d'enregistrements, seront explorées à l'aide d'approches qualitatives. Ces deux positions ne proviennent pas des mêmes questionnements. La première s'intéresse au « *pourquoi* » et suit une démarche hypothético-dédictive qui vérifie des hypothèses alors que la seconde s'attache au « *comment* » et adopte une démarche inductive génératrice d'hypothèses. Les choix précédents déterminent la sélection du logiciel d'aide à l'analyse de données.

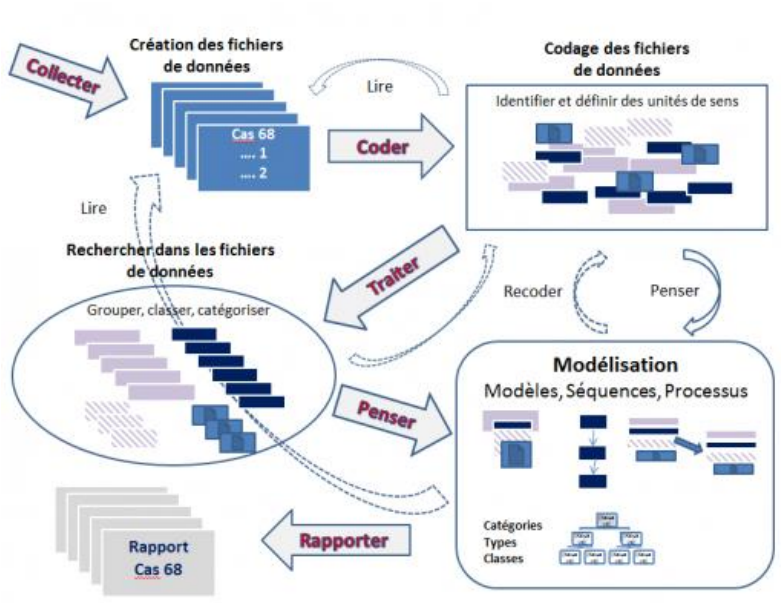


FIGURE 21 – LE PROCESSUS D'ANALYSE (ADAPTÉ DE SEIDER, 1998) PAR KOMIS *ET AL.* (2013)[42]

Certains logiciels s'appuient sur les concepts de statistique et sont alors destinés aux recherches quantitatives (Baron, 2013) alors que d'autres sont qualifiés de « *Computer-*

42. http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article216

Assisted Qualitative Data Analysis Software » et se fondent sur la catégorisation (Komis *et al.*, 2013). Mais les recherches recouvrent des réalités souvent bien plus complexes qui combinent les deux angles de vue et sont donc dites « *mixtes* ». C'est le cas de cette thèse, qui croise les angles de vue, les instruments de construction des données tout comme les outils d'analyse. Ce sont ces derniers qui seront traités dans les chapitres suivants.

6.1. Outils de traitement de données mis en œuvre

Le choix du logiciel de traitement des données influe sur toute la recherche et doit donc faire l'objet d'une attention particulière qui s'appuie sur une prospection comparative. Notre quête initiale s'est portée sur un logiciel qui permette de faciliter les extractions de données issues de sources variées. Pour ce faire nous avons choisi le logiciel NVivo qui nous a permis de traiter et analyser les copies d'écran et les entretiens. Pour l'analyse des données, issues du questionnaire, nous avons utilisé le programme C.H.I.C. version 6.0 dont l'acronyme signifie : Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive et permet de mettre en évidence la quasi-implication des variables. En supplément, nous avons employé deux logiciels de traitement de données : SPAD et XLSTAT, tous deux offrant des fonctions similaires mais complémentaires. Ces quatre logiciels seront décrits dans les chapitres suivants.

6.1.1. Choix du logiciel NVivo

Après comparaison et tests des logiciels les plus connus pour faciliter la mise en réseau des informations recueillies tels que The Ethnographer, Transana, ou Atlas/TI, notre choix s'est porté sur NVivo version 10 [43]. Initialement dévolu aux recherches qualitatives, ce logiciel s'est cependant ouvert aux recherches mixtes. Outre son interface conviviale intuitive et simple d'utilisation, puisqu'elle se calque sur le visuel de Microsoft, il offre l'avantage de traiter des données importantes et surtout de tolérer le poids de fichiers numériques volumineux, ce que ne permettent pas d'effectuer la plupart des logiciels. NVivo permet également d'établir des liens entre des données, quand bien même elles sont issues d'instruments divers et émanent, par exemple, de supports comme la vidéographie, le son, le questionnaire papier, ou l'image. Il facilite ainsi la compréhension de l'ensemble des informations recueillies. NVivo améliore grandement la mise en perspective de matériaux et apporte donc un gain de temps considérable par rapport à une méthode plus traditionnelle de

43. http://www.qsrinternational.com/products_nvivo.aspx

compilation et de classement manuel ou semi-manuel. Très utilisé pour la théorie ancrée, car il est possible de créer des nœuds au cours de la transcription, il s'adapte pareillement à d'autres méthodes qui imposent le codage *a priori*, puisqu'il est également possible de générer des classifications avant même la transcription ou l'encodage.

6.1.2. Choix du logiciel C.H.I.C.

Pour l'analyse des données, issues du questionnaire, nous avons utilisé le programme C.H.I.C. version 6.0. Conçu à l'origine par Régis Gras, l'algorithme initial est dévolu à l'analyse de données et repose sur les travaux de recherche issus de l'analyse statistique implicative (Gras, Régnier et Guillet, 2009 ; Gras, Régnier, Marinica, et Guillet, 2013). Son but est de er les liens de quasi-implication entre a et b pour mettre en évidence des propriétés entre variables telles que « *si a alors presque b* » (Gras, 1996). En d'autres termes, C.H.I.C. « *vise l'extraction de connaissances, d'invariants, de règles inductives non symétriques consistantes, et accorde une mesure à des propositions du type "quand a est choisi, on a tendance à choisir b"* » (Régnier *et al.,* 2012). Ainsi le logiciel C.H.I.C. facilite le traitement de diverses variables et leur interprétation par classification, rapprochement ou hiérarchisation et les représente sous diverses formes graphiques.

Au fil du temps plusieurs développeurs ont poursuivi l'amélioration du logiciel dont la charge incombe aujourd'hui à Raphaël Couturier. Il a procédé à de nombreuses améliorations ; on dénombre aujourd'hui cinq fonctions principales longuement explicitées dans l'article de Couturier (2001). La première consiste à produire les calculs des paramètres de statistique basique tels que la moyenne, l'écart-type et le coefficient de corrélation. La deuxième fonction s'appuie sur la théorie de Lerman et consiste à tracer l'arbre des similarités.

> Sur l'arbre ci-dessous, les variables b et d sont dans un premier temps les variables les plus similaires. Ensuite l'algorithme choisit d'associer la variable a à la classe (b,d), ainsi la nouvelle classe est (a,(b,d)). À l'itération (ou au niveau) 3, la classe (e,f) est formée. Finalement au dernier niveau, nous obtenons une seule classe, mais les classes (a,b,d,c) et (e,f) sont dissemblables (Couturier, 2001, p. 35).

Les variables sont ici regroupées selon le niveau de similarités et par deux. Les paires qui représentent le plus de « *significativité* » sont soulignées par un trait rouge gras.

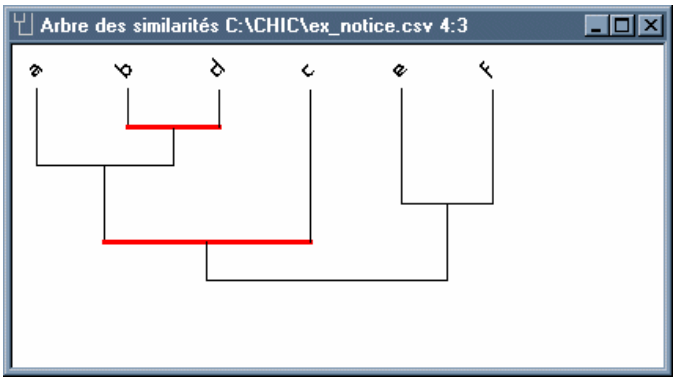


FIGURE 22 – ILLUSTRATION D'UN ARBRE DES SIMILARITÉS, COUTURIER (2001, P. 35)

Le logiciel C.H.I.C. permet le calcul de l'intensité d'implication, selon la définition de Gras *et al.* (2001, p. 12) suivante : « *…de a sur b la mesure j(a, b) = 1 – Pr (Q(a, b) £ q(a, b)) pour nb ≠ n Et, la quasi-implication a fi b est admissible au niveau de confiance 1 – a si et seulement si j(a, b) ≥ 1 – a* ». Cette intensité entre des couples de variables est représentée au moyen du graphe implicatif qui figure les résultats obtenus au moyen de traits colorés terminés par des flèches. Il est possible de choisir quatre seuils différents que l'on détermine préalablement aux calculs et qui permettent d'identifier les chemins représentatifs d'intensité variée. Par convention, il est communément admis qu'une liaison est statistiquement significative au seuil de risque $\alpha = 0{,}05$, en d'autres termes qu'elle est alors suffisamment importante par rapport aux fluctuations aléatoires pour que sa probabilité d'être observée se produise dans la zone dans laquelle il y a 95 % de chances que le résultat se situe.

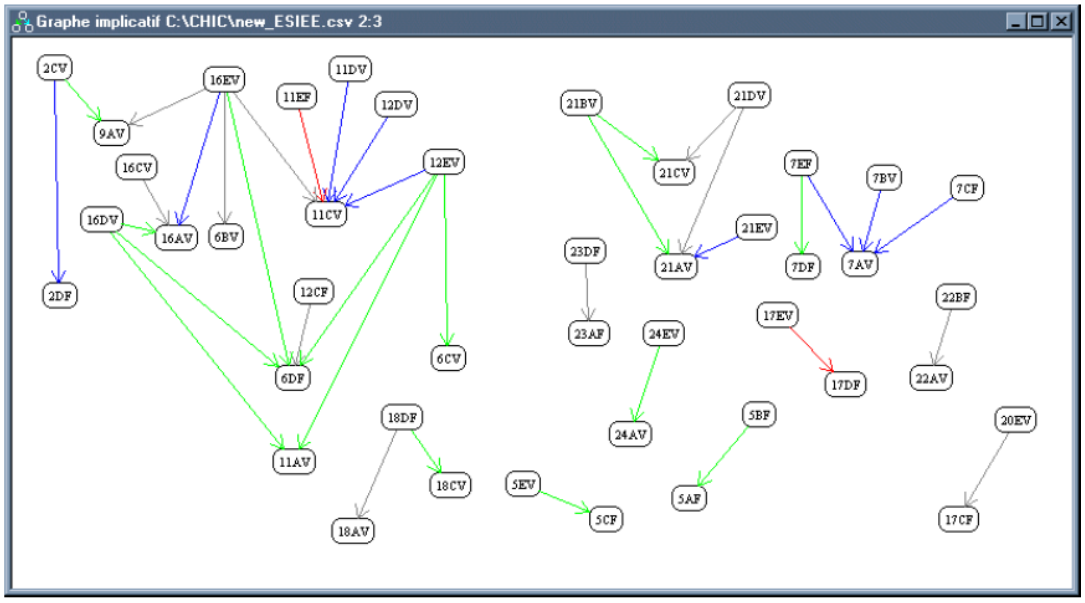


FIGURE 23 – ILLUSTRATION D'UN GRAPHE IMPLICATIF, COUTURIER (2001, P. 36)

Le logiciel C.H.I.C. permet aussi de calculer la cohésion entre classes et de tracer l'arbre cohésif. De nombreuses ressemblances sont notables entre l'arbre des similitudes et l'arbre cohésitif. Par exemple, les deux graphes se lisent dans un premier temps

horizontalement, en faisant apparaître sur la première ligne les correspondances les plus nettes. Les similarités ou la cohésion les plus significatives sont soulignées par un trait rouge gras. Dans un deuxième temps la lecture s'effectue vers le bas.

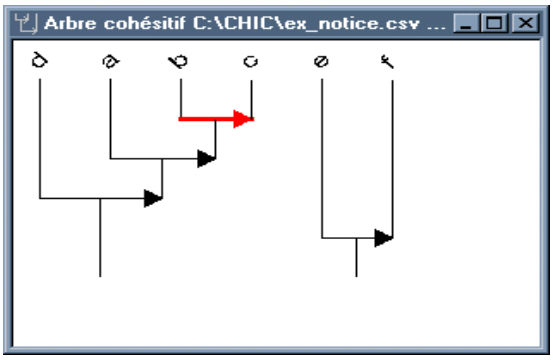


FIGURE 24 – ILLUSTRATION D'UN ARBRE COHÉSITIF, COUTURIER (2001, P. 37)

L'arbre cohésitif permet de relever la hiérarchie descendante entre classes cohésitives, selon un algorithme agrégateur qui rassemble les variables suivant une classification décroissante. Ainsi cet arbre permet de dégager les niveaux les plus pertinents (Gras 2004, p. 17) et le calcul s'interrompt quand le lien devient trop faible (Couturier, 2001, p. 37). Cet arrangement se traduit par des traits continus fins terminés par une flèche qui signale le sens de liaison.

La figure ci-dessus reprend les mêmes données que la figure précédente. Cette fois-ci c'est la classe (b,c) – au lieu de (b,d) – qui arrive au premier niveau de la hiérarchie et cela de façon d'autant plus proéminente que le trait rouge indique que le lien cohésitif apparaît de façon significative. En d'autres termes, la variable b implique la variable c « *avec une intensité plus forte que tous les autres couples de variables* » (Couturier, 2001, p. 37). Puis arrive au deuxième niveau la classe (a (b, c)) à laquelle s'agrège la variable d au troisième niveau pour former un nouveau groupe (d (a (b, c))). Enfin se génère le quatrième et dernier niveau formé par le couple (e, f). Les deux dernières classes ne sont pas reliées entre-elles et forment donc deux entités distinctes (d (a (b, c))) et (e, f). Malgré cette apparente simplicité, la lecture de l'arbre cohésitif ne va pas sans heurter la compréhension du chercheur non spécialiste qui utilise cette représentation pour construire ses interprétations Acioly-Régnier et Régnier,2007). Selon ces auteurs, des difficultés apparaissent dans la lecture verticale comme dans la lecture horizontale de l'arbre cohésitif.

6.1.3. Choix des logiciels EXCEL, SPAD et XLSTAT

Les premiers traitements statistiques, sous forme de tri à plat et les graphiques afférents, sont mis en œuvre avec le logiciel EXCEL. Les traitements suivants sont effectués avec SPAD. C'est un logiciel propriétaire, édité par l'entreprise Coheris et se classe dans la

famille des logiciels de statistique tout comme SAS (développé par SAS Institute, Inc), SPSS statics (diffusé par IBM), XLSTAT (développé par Addinsoft), R (libre et programmable) ou encore Tanagra (plate-forme d'expérimentation en Open source). Cette liste n'est pas exhaustive mais comprend les programmes les plus connus qui permettent l'exploitation de grands volumes de données ou Big Data. Dans cette offre pléthorique, SPAD se démarque de ses concurrents par son importante diffusion dans le monde universitaire français (Tufféry, 2010, p. 122). Selon cet auteur, cela serait dû à la qualité de ses procédés et de ses algorithmes. Il est à noter que son distributeur propose un prix attractif, voire une version d'essai gratuite pour que les étudiants puissent l'installer sur leur matériel personnel, ce qui peut contribuer à sa large propagation. De plus, le programme SPAD est destiné à implémenter une série de méthodes telles que l'analyse descriptive et exploratoire de données : tri à plat, tableaux croisés, analyses bivariées, etc. Il permet notamment de produire l'analyse en composantes principales (ACP) et l'analyse factorielle des correspondances simples (AFC). Ces deux méthodes sont utilisées pour décrire l'intégralité de l'information dont on dispose, résumer, visualiser l'ensemble des interrelations existantes et fournir une structure synoptique de la population. SPAD offre bien d'autres fonctions, il couvre de nombreux traitements statistiques et permet de traiter un grand volume d'informations. Par rapport aux précédentes versions, la sept, qui est utilisée à partir de 2012, est nettement plus esthétique, intuitive et conviviale, ce qui contribue à une meilleure prise en main pour les étudiants débutants et néophytes. Quant à sa nouvelle interface, elle apparaît sous la forme de « *projet* », c'est-à-dire qu'elle se structure suivant une architecture qui regroupe l'ensemble des éléments qui composent le traitement de données. L'interface de la version 7 se présente sous forme d'une fenêtre divisée en quatre parties distinctes. Celle nommée « *Méthodes* » est très importante puisqu'elle permet de visualiser les traitements comme la chaîne de traitements (import/export de données, statistique descriptive, analyse factorielle, etc.) et détaille la succession des opérations produites. Pour le traitement des données nous avons utilisé la version 8.0 pour étudiant[44] dont l'interface diffère peu de la version précédente.

En complément de SPAD, nous avons employé conjointement XLSTAT[45] , offrant des fonctions similaires, mais permettant d'obtenir certaines représentations plus esthétiques. Après avoir procédé à des essais de plusieurs logiciels, le choix d'utiliser XLSTAT s'est imposé pour le calcul de l'AFM car son interface nous paraît plus intuitive et sobre. De plus,

44. http://www.coheris.com/produits/analytics/
45. Il est édité pour Excel par la société Addinsoft. http://www.xlstat.com/fr/

la saisie des informations est plus précise et la classification en thématiques, qui demeure cruciale, nous est apparue très simple à implémenter. Ce logiciel est de plus doté d'explications sur la procédure mise en œuvre pour les calculs. Non seulement il permet d'automatiser davantage la construction du graphique mais encore il offre une visualisation instantanée des résultats alors qu'il est nécessaire d'intervenir sur d'autres logiciels par exemple pour visualiser chaque point du nuage.

6.2. Outils d'analyse des données issues des questionnaires et des traces numériques

Concernant les outils d'analyse des données issues des questionnaires, nous avons opté pour le nuage de points, la catégorisation, et l'indice de réussite. Ce sera l'objet des sections suivantes.

6.2.1. Le nuage de mots-clés

Dans un nuage de mots-clés, la taille de la police de caractères, la nuance de couleur ainsi que la position dans l'espace sont proportionnelles au poids des mots, c'est-à-dire à leur occurrence. Dès lors se dessine une sorte de cartographie qui permet de visualiser l'analyse lexicographique sous-jacente et fait ainsi apparaître les champs lexicaux employés.

6.2.2. L'analyse des réponses aux trois situations-problèmes

Pour analyser les réponses des étudiants nous procédons à la lecture attentive de l'intégralité des réponses obtenues afin d'effectuer une analyse qualitative fine. Les réponses donnent lieu à une catégorisation manuelle car une même formulation peut contenir à la fois :

– un calcul faux et une démonstration exacte ;

– une opération juste peut aboutir à une conclusion erronée.

Aussi il nous est apparu difficile d'automatiser cette étape de dépouillement et de saisie. Cette dernière s'est faite au moyen du logiciel tableur EXCEL.

6.2.3. De l'indice de difficultés aux indices de réussite des activités

Les difficultés identifiées à partir des traces obtenues font d'abord l'objet d'une catégorisation permettant de définir les activités effectives suivant des modalités discriminantes. À la suite de quoi, nous avons opté pour la mise en œuvre de l'indice de difficulté car il ne prend pas seulement en compte l'activité effective produite puisqu'il repose essentiellement sur la proportion des réussites de chacun par rapport au nombre total d'activités réussies par tous. Cette prise en compte de la totalité des étudiants nous apparaît

d'autant plus importante que dans notre situation d'étude la tâche prescrite est la même pour chacun.

La théorie de la réponse aux items (TRI), développée dans les années soixante à la suite des travaux précurseurs du danois Georg Rash, propose un modèle statistique qui définit le niveau de réussite des étudiants par rapport à la tâche. Repris par Laveault et Grégoire (2002, p. 200) le calcul repose simplement sur le nombre de réponses justes divisé par le nombre total de réponses, dont la formule est la suivante :

$$p = \frac{\sum x}{n}$$

Σx désigne la somme des réponses réussies
n représente le nombre total des réponses (dont les réponses inabouties ou inadéquates)

FORMULE 5 – INDICE DE DIFFICULTÉ

Le taux ainsi obtenu varie entre 0 et 1, c'est pourquoi plus sa valeur est élevée et plus l'item peut être considéré comme étant facilement résolu par un grand nombre d'étudiants observés. Outre des informations sur le niveau de réussite à l'item, cet indice permet de discriminer les étudiants qui réussissent de ceux qui échouent dans la tâche prescrite. Cet indice de difficulté, fondé sur le principe du calcul de la fréquence, nous a inspirée pour distinguer les proportions de réussite de chaque étudiant par rapport aux activités de ses camarades (Annexe 16).

Les calculs s'effectuent en tenant compte des variables décrites précédemment. À partir de ce classement, il est possible de partager les étudiants en deux groupes distincts. Le premier regroupe les étudiants ayant fortement réussi et le second rassemble les étudiants ayant faiblement réussi.

6.3. Les tests statistiques employés pour l'analyse des traces numériques

Il nous semble que c'est le plus souvent du recoupement de plusieurs informations que l'on obtient les résultats les plus explicites. Pour ce faire nous avons mis en œuvre :

– le test non paramétrique d'analyse de variance de kruskal wallis ;

– la régression logistique multinomiale (ou polytomique) ;

– l'analyse factorielle multiple (AFM).

Dans les chapitres suivants nous décrirons ces méthodes et évoquerons les raisons qui nous conduisent à les mettre en œuvre.

6.3.1. Le test de Kruskal Wallis

Le test non paramétrique d'analyse de variance de Kruskal Wallis se fonde sur l'hypothèse que les différents cas observés suivent une distribution similaire. Il permet de comparer plus de deux cas (et échantillons) quand bien même ils présentent des effectifs

différents. Il n'impose pas de distribution selon la loi normale ; cependant, il ne peut s'appliquer qu'avec des effectifs supérieurs à dix pour chaque série et l'approximation est convenable sur une quinzaine d'observations. Au demeurant, ce test se calcule en comparant les valeurs moyennes des rangs des séries, de sorte qu'il offre l'avantage de rester insensible aux valeurs extrêmes.

Pour son application, dans un premier temps, on présuppose les points suivants :

H0 : Les médianes de la population de k cas sont identiques.

H1 : Les médianes de la population de k cas ne sont pas toutes identiques et peuvent provenir de populations différentes.

Noté H, le test de Kruskal Wallis se traduit par :

$$H = \left(\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^{k} \frac{R_j^{\,2}}{n_j} \right) - 3(N+1)$$

k = nombre de cas
n*j* = nombre de cas dans le jème échantillon
N = le nombre de cas pour l'ensemble des échantillons
R*j* = somme des rangs de l'échantillon

FORMULE 6 – TEST DE KRUSKAL WALLIS

On rejettera l'hypothèse, au niveau α, lorsque la valeur H est égale ou supérieure à la valeur dans la table de Kruskal Wallis, au seuil de signification $\alpha = 0{,}05$, correspondant à 95 % de chances de rejeter l'hypothèse nulle à tort et de se tromper en affirmant la présence d'un certain effet. En d'autres termes, si *p* est supérieur à 0,05, nous ne pourrons pas conclure que les moyennes divergent ; en revanche, il sera possible d'indiquer que les différences entre les cas sont non significatives.

6.3.2. La régression logistique multinomiale (ou polytomique)

La régression logistique multinomiale (qualifiée de polytomique) fait partie des modèles d'analyse multivariée connue depuis le début du XXe. En revanche, son usage ne se répand en France que depuis une vingtaine d'années. Elle permet de prédire la probabilité de la présence ou non d'une variable binaire au moyen de plusieurs modalités explicatives incluant à la fois des variables qualitative ou quantitative. Il s'agit de mesurer la puissance de l'association entre la survenue d'un événement et les facteurs susceptibles de l'influencer. Son intérêt majeur réside dans sa capacité à apprécier la force de l'association « *ajustée* » entre la variable dépendante et chacune des variables explicatives. Elle se calcule au moyen de l'odds ratio (ou rapport des chances, des cotes, en français) qu'un événement de probabilité p se produise et dont la cote s'obtient au moyen de la formule élémentaire Odds(p) = p/(1–p). Il s'agit donc de vérifier la probabilité qu'un événement se produise sur celle de son absence de survenue. Selon l'article de Vallet (2007, p. 59), dès 1900, « *George Udny Yule propose*

l'odds ratio et une mesure d'association qui lui est liée, qu'il nomme Q, en l'honneur du statisticien belge Quetelet. » Ce rapport, souvent noté OR, varie entre 0 et +∞. S'il est inférieur à 1 il indique que l'événement a peu de probabilité de se produire, quand il équivaut à 1, cela correspond à une égalité des chances soit à une équivalence entre les modalités et lorsqu'il est supérieur à 1, la probabilité sera x fois supérieure. Sous XLSTAT, l'expression analytique de la régression logistique multinomiale est la suivante :

$$\log\left(\frac{p(y=j\mid x_i)}{p(y=1\mid x_i)}\right)=\alpha_j+\beta_j X_i$$

FORMULE 7 – RÉGRESSION LOGISTIQUE MULTINOMIALE

Cette modélisation est mise en œuvre pour repérer les facteursindividuels préexistants qui ont le plus de probabilité de se relier à la réussite des activités.

6.3.3. L'Analyse Factorielle Multiple (AFM)

Les méthodes conventionnelles de traitement statistique, par l'usage des tests d'hypothèse, s'avèrent très efficaces pour le croisement de deux ou trois variables afin de vérifier les liens existants entre elles. Toutefois, dès qu'il s'agit de croiser un nombre important de données issues de variables multidimensionnelles, il est alors nécessaire d'utiliser d'autres techniques d'analyse, comme l'Analyse en Composantes Principales (ACP) ou une de ses variantes[46], l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) ou l'Analyse Factorielle Multiple (AFM). Toutes trois permettent d'extraire les items les plus congruents pour résumer au mieux les informations récoltées. Ces techniques d'analyse représentent sur un même graphe aussi bien les individus que les variables. On doit au travail avant-coureur d'Escoffier et de Pagès, surtout de leurs publications des années quatre-vingt, d'avoir posé les fondements même des méthodes d'analyses multivariées. Si l'Analyse en Composantes Principales (ACP) permet de traiter des variables quantitatives et l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) de résumer des variables qualitatives, toutefois, seule l'Analyse Factorielle Multiple (AFM) autorise d'analyser simultanément des tableaux de nature différente. Elle distingue les tableaux de variables en fonction de thèmes prédéfinis et permet de condenser de nombreuses données hétérogènes pour extraire les variables qui pèsent le plus dans l'analyse. La mise en œuvre d'une AFM se produit en deux temps. Tout d'abord on procède à une ACP ou à une ACM en fonction de la nature de chaque variable. On ne garde alors que la première valeur propre qui sert à la pondération de l'analyse. Par la suite, on

46. L'AFC est couramment considérée comme une variante d'ACP.

effectue une ACP pondérée sur toutes les données. Pour ce faire, les variables qualitatives sont initialement transformées en tableau disjonctif complet dont les poids correspondent aux fréquences. La pondération obtenue prévient de l'influence que pourrait avoir le nombre de variables sur les résultats. La représentation graphique en plusieurs axes permet de valoriser le caractère multidimensionnel grâce à une projection des coordonnées des points dans un espace pluridimensionnel. Pour l'interprétation, il faut savoir que la proximité entre deux points traduit la ressemblance entre variables ou groupes de variables.

Synthèse des outils de construction, de traitement et d'analyse des données

Pour mettre les hypothèses à l'épreuve des faits, il a été choisi trois instruments de production de données :

- enquête par questionnaire ;
- observation des étudiants ;
- entretien individuel semi-directif.

Le questionnaire a permis de vérifier l'influence des facteurs individuels préexistants sur la réussite des étudiants. Toutefois, dans le cadre de cette recherche, le questionnaire ne couvrait pas tous les aspects de la problématique et s'avérait insuffisant pour répondre à l'intégralité des interrogations initiales. Il lui a été adjoint, en complément, l'observation de situations naturelles restituées par les traces numériques rendant compte d'activités ordinaires permettant de saisir les réussites des étudiants. Enfin, l'entretien individuel a permis de collecter les récits des activités remémorées par les étudiants et de relever les représentations des conditions facilitatrices.

Une fois le terrain arrêté, les moyens d'enregistrement choisis, les variables définies et la collecte terminée, il ne reste plus qu'à coder, transcrire et traiter les données. Le traitement des données s'est effectué au moyen des logiciels suivants :

- NVivo a permis de traiter et analyser les copies d'écran et les entretiens ;
- C.H.I.C. a mis en évidence la quasi-implication entre variables ;
- SPAD et XLSTAT ont produit les analyses multivariées.

Dans cette thèse le corpus a été traité en deux phases. Dans un premier temps une analyse statistique univariée visait à résumer les différentes données. Elle a été complétée, dans un second temps, par une analyse multivariée qui a permis de croiser des données provenant de différentes variables. Il a ainsi été mis en œuvre les trois analyses multivariées suivantes :

- analyse statistique implicative (ASI) pour déterminer les quasi-implications sous-jacentes entre tous les facteurs préexistants ;
- régression logistique multinomiale (ou polytomique) pour analyser les facteurs individuels préexistants les plus déterminants dans la réussite des activités ;
- analyse factorielle multiple (AFM) pour analyser les facteurs individuels préexistants influençant la réussite des activités.

PARTIE 3 – Résultats, discussion, interprétations

Après avoir décrit les choix méthodologiques, énuméré les différents instruments de construction des données, indiqué le contexte de l'étude et précisé les outils d'analyse, nous allons à présent détailler les résultats obtenus. Ils reposent sur le dépouillement des questionnaires, le codage des traces numériques, la transcription des entretiens et restituent les divers traitements produits. Ils s'effectuent dans un premier temps par la mise en œuvre d'opérations de base comme le calcul de moyenne, d'écart-type, de valeurs extrêmes, de médiane ou de fréquences ; soit l'exécution de tris à plat complétés par des représentations graphiques afférentes. Dans un second temps, les résultats liminaires donnent lieu une analyse multivariée qui permet de synthétiser des données provenant de différentes variables qui sont alors croisées. Cette méthode permet de distinguer les facteurs les plus déterminants dans la réussite des activités effectives.

Les premiers résultats relatifs aux profils des étudiants seront mis en perspective avec des enquêtes nationales pour vérifier comment nos sujets se situent par rapport à la population des étudiants inscrits en sciences humaines et sociales. La constitution de notre cohorte s'est forgée intentionnellement selon des critères de proximité et de convenance, donc de façon non probabiliste. Dès lors, il nous paraît intéressant de comparer certaines données de notre enquête avec des résultats dont nous disposons au sujet de la population mère.

Nous nous attacherons à décrire les erreurs relevées dans le questionnaire, puis nous rapporterons en complément celles observées en cours. À la suite de quoi nous évoquerons les facilités perçues par les étudiants puis celles examinées sur le terrain. Il sera adjoint des extraits d'entretiens pour éclairer l'analyse. Dans un dernier temps, le croisement de toutes ces variables livrera une meilleure compréhension des facteurs préexistants déterminants dans la réussite des activités effectives.

Pour faciliter la lecture et la compréhension des résultats, nous optons pour un plan qui reprend l'ordre des modalités antérieurement prédéfinies. Elles sont également rapportées dans les feuilles de calculs insérées en annexes qui détaillent, complètent et apportent des informations supplémentaires.

1. Les facteurs préexistants chez les apprenants à la formation en statistique

Le choix de l'étude de cas multiples présuppose que tous nos étudiants présentent des caractéristiques similaires et qu'ils sont issus de la même population mère ou, tout au moins, qu'ils suivent une distribution statistiquement analogue. Pour vérifier ce prédicat nous avons procédé au test de Kruskal Wallis (Annexe 17). Il en ressort qu'il apparaît des fluctuations entre les réponses relevées sur les trois promotions observées. Selon ces calculs nous pouvons conclure que les scores obtenus par les trois promotions observées ne présentent pas une différence significative avec un seuil communément admis de $p < 0,05$ puisque : H (ddl = 2, N = 72) = 1,969 ; p-valeur = 0,374. En d'autres termes, il n'existe pas de différence significative entre les scores obtenus par les étudiants durant les trois années d'observation.

Cette précaution prise, nous allons pouvoir traiter nos sujets comme un seul et même échantillon quand bien même ses individus sont issus de plusieurs cohortes d'étudiants. Les trois promotions observées seront donc traitées indistinctement par la suite, soit sans discrimination ou pondération particulière.

1.1. Les facteurs préexistants biographiques et culturels selon les profils des sujets observés

Nos lectures nous ont permis d'établir une typologie de facteurs que nous nommons préexistants car ils sont présents dès le début de la formation. Nous les avons classées en trois catégories très distinctes : biographiques, psychologiques et cognitifs. Pour chacun d'eux il a été déterminé des variables opérationnelles. Ce sont elles et les résultats obtenus suite à leurs traitements qui seront décrits dans cette partie.

Le chapitre suivant a pour objectif d'identifier les sujets observés à travers les facteurs préexistants biographiques comme le sexe ou l'âge, de déterminer le cursus scolaire antérieur, de connaître le type de baccalauréat obtenu et découvrir le diplôme le plus élevé comportant de la statistique. Comme cela a été détaillé dans la première partie, la formation précédente serait déterminante dans la réussite ou non des étudiants à l'université. L'objectif des sections suivantes sera de décrire les parcours universitaires suivis par les étudiants observés (Annexe 18). Ces résultats liminaires nous permettront de déterminer leur profil.

1.1.1. Le profil des sujets observés selon le sexe

Le sexe est étudié à l'aide du questionnaire, à partir de la question ci-dessous :

[V1] Homme Femme (entourez la réponse)

Modalités	Effectifs
Femmes	50
Hommes	22
Ensemble	72

TABLEAU 22 – RÉCAPITULATIF DE LA VARIABLE SEXE

Parmi les soixante-douze répondants, cinquante sont des femmes, de sorte qu'elles sont amplement majoritaires ainsi que cela s'observe bien souvent en sciences humaines et sociales.

Nous disposons de peu de données nationales sur les étudiants inscrits spécifiquement en sciences de l'éducation, cette spécialité étant généralement incluse, sans distinction, dans les sciences humaines et sociales. Si l'on se réfère, par exemple, à l'enquête nationale rapportée dans Repères et références statistiques, édition 2015[47], la répartition des étudiants en université selon le sexe des étudiants inscrits en Master Sciences humaines et sociales compte soixante-huit pour cent d'étudiantes. Dans notre enquête le taux s'élève à soixante-neuf pour cent. Toutes choses égales par ailleurs, ces résultats corroborent avec ceux d'autres recherches nationales mais aussi Belges (Droesbeke *et al.*, 2008, p. 64) qui révèlent une inégalité de répartition du genre selon une surreprésentation féminine en sciences humaines et sociales.

1.1.2. Le profil des sujets observés selon l'âge

Pour connaître l'âge des étudiants, nous avons traité la question suivante :

[V2] Date de naissance

V = âge	[22;26[	[26;30[	[30;34[	[34;38[	[38;42[	[42;46[	[46;50[	[50;54[
Effectif	18	17	7	7	9	6	4	2

TABLEAU 23 – RÉCAPITULATIF DE LA VARIABLE ÂGE

Issue de la date de naissance, la variable âge donne des informations intéressantes sur le profil des étudiants qui peuvent être classés selon les deux catégories bien distinctes suivantes :

– les étudiants en formation initiale se trouvent dans la première classe [22;26[;

– les étudiants en reprise d'études ont plus de 26 ans.

47. Récupéré le 16 février 2016 de http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/66/4/depp_rers_2015_etudiants_454664.pdf

Les enquêtes menées par le ministère de l'Éducation nationale[48] désignent par l'« *âge théorique normal ou à l'heure* » une formation normalisée correspondant à l'entrée au cours préparatoire à l'âge de six ans et un parcours scolaire sans saut de classe et sans redoublement. Selon cet indicateur, les étudiants accédant en Master 2 devraient avoir vingt-deux ans, ce qui correspond, dans notre étude, à deux étudiants seulement sur les soixante-dix ayant répondu à cette variable.

L'âge moyen des étudiants de Master 2 étudiés est d'environ 33 ans (n = 70[49]) avec un écart-type de 8 ans et une forte amplitude de 32 ans. En outre, la moitié des étudiants ont moins de 30 ans (Q2 ≈ 30 ans). En revanche, l'étude rapportée dans *Repères et références statistiques* (2012), montre que la moyenne nationale de l'âge des étudiants suivant le même niveau d'études est d'environ 24 ans, et cela toutes disciplines confondues. Dans notre enquête, on constate que seulement un quart des répondants (n = 18) poursuit un cycle d'étude initial. Nous sommes donc devant un groupe hétérogène exogène[50] (Sarrazy, 2002, p. 5) en termes d'âge. La grande majorité des sujets observés peuvent être considérés, selon la coutume courante, comme « *adultes* » puisqu'ils ont plus de 25 ans. Ces observations sont conformes aux écrits de Jean Houssaye qui constate que les sciences de l'éducation regroupent des étudiants plus âgés, plus expérimentés et plus diversifiés que d'autres branches universitaires. Une des caractéristiques de cette spécialité dite « *carrefour* » repose conjoncturellement sur l'hétérogénéité de ses étudiants issus minoritairement de l'enseignement initial et majoritairement du monde du travail. Parmi les salariés en reprise d'études, on rencontre principalement du personnel de l'Éducation nationale, des travailleurs sociaux, des personnels de santé et des employés du secteur public et privé. Cette constatation vient confirmer la plaquette de l'université Pierre Mendès France[51] (2012) qui signale qu'« *environ la moitié de nos étudiants de M2R sont des professionnels (qui viennent pour la plupart des secteurs de l'enseignement et de la santé)* ».

1.1.3. Les cursus antérieurs des étudiants selon le baccalauréat d'origine

La série du baccalauréat est donnée par la question suivante :

[V5] Baccalauréat : Série…….

48. Récupéré le 16 février 2016 de http://www.education.gouv.fr/cid23200/les-definitions-des-termes-et-indicateurs-statistiques-de-l-education-nationale.html
49. Pour les calculs suivants les deux « absence de réponses » ont été remplacées par la moyenne obtenue.
50. Pour Sarrazy il s'agit des conditions non-didactiques mais sociodémographiques (ou signalétique).
51. Récupéré le 28 février 2016 de http://www.upmf-grenoble.fr/formations/offre-de-formation/secteur/enseignement-formation/master-2-sciences-de-l-education-br-specialite-evaluation-des-dispositifs-educatifs-r--5497.htm

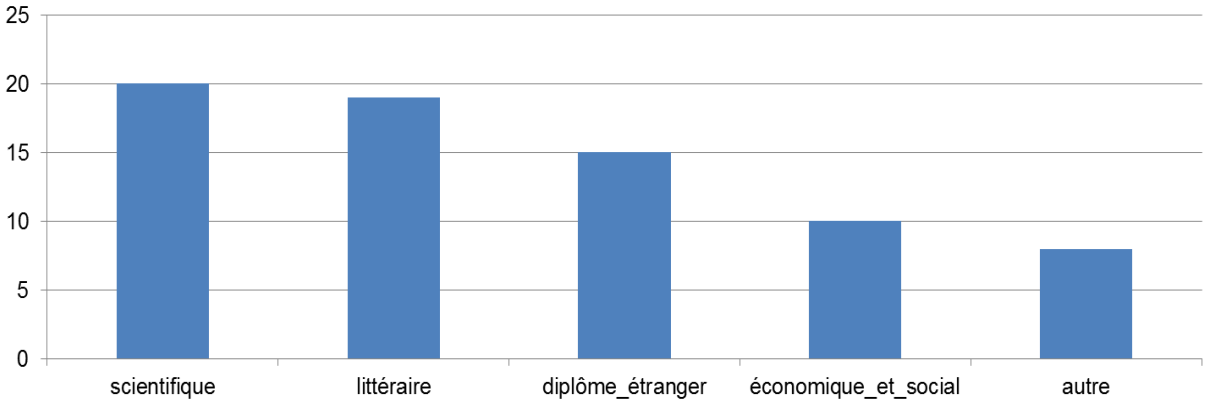


FIGURE 25 – RÉPARTITION SELON LE TYPE DE BACCALAURÉAT OBTENU

Les étudiants observés ont un parcours scolaire antérieur varié et sont détenteurs de baccalauréats distincts. Il s'agit du dernier diplôme sanctionnant la fin du parcours secondaire qui demeure obligatoire pour accéder à la poursuite d'études dans l'enseignement supérieur.

Le diagramme en bâtons ci-dessus montre que la majorité des étudiants questionnés a suivi une voie générale et c'est en effet le cas pour quarante-neuf étudiants. Il révèle également que presque un tiers d'entre eux est titulaire d'un baccalauréat scientifique, le deuxième tiers rassemblant les étudiants ayant validé un baccalauréat littéraire. On remarque donc un équilibre entre les étudiants titulaires d'un baccalauréat scientifique (n = 20) et ceux titulaires d'un baccalauréat littéraire (n = 19). Il est à noter également qu'un cinquième des étudiants (n = 15/72) a obtenu un baccalauréat ou un diplôme équivalent à l'étranger. Ces résultats présentent une proportion d'étrangers supérieure aux données, toutes les filières confondues, rapportée sur la note d'information[52] de la direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance (Depp). Cette dernière signale que les étudiants étrangers représentent, en 2005, dans l'enseignement supérieur français, plus d'un étudiant sur dix.

Du reste, dans notre enquête, un seul étudiant indique être issu d'un baccalauréat professionnel. Par ailleurs, pour plus de lisibilité, nous regroupons dans la classification « *bac_autre* » (n = 8/72) les filières technologiques et professionnelles qui sont minoritairement inscrites sur les questionnaires. Selon l'analyse menée par Duru-Bellat et Kieffer (2008, p. 137), depuis une vingtaine d'années, la part relative de la série scientifique s'est stabilisée à environ un tiers de la population bachelière.

52. Récupéré le 28 février 2016 de http://media.education.gouv.fr/file/25/7/4257.pdf

1.1.4. Les cursus antérieurs des étudiants selon l'ancienneté du baccalauréat

La variable [V6], rapportée ci-dessous, permet de mesurer le temps passé entre l'obtention du baccalauréat et le début de la formation.

[V5] Baccalauréat : Série…….	[V6] Année d'obtention :……..

Si de nombreux étudiants sont en reprise d'études, elle se produit après une durée d'interruption souvent longue et selon la répartition suivante :

Variable	Effectif	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Ancienneté bac	72	14,10	7,69	3	32

TABLEAU 24 – DIFFÉRENCE ENTRE L'ANNÉE D'OBTENTION DU BACCALAURÉAT ET CELLE DE L'ENQUÊTE

Entre l'obtention du baccalauréat et l'inscription en Master 2 il s'est passé de quatre à six ans pour neuf étudiants, ce qui correspond à un parcours assez classique ponctué parfois de changements d'orientation ou d'interruption d'études. En effet, selon les données rapportées par la note d'information de la Depp (2015), un entrant en première année de licence sur dix change d'orientation, tandis que plus d'un quart d'entre eux décroche, provisoirement ou définitivement, du système universitaire. Seuls environ les deux tiers des entrants de 2013-2014 poursuivent dans la même discipline l'année suivante (62,5 %), qu'il s'agisse d'un passage en deuxième année comme d'un redoublement. Par conséquent, aujourd'hui, il faut compter cinq ans pour que cinquante-sept pour cent des bacheliers entrés en licence générale valident une licence[53].

Dans notre étude, entre la date d'obtention du baccalauréat et celle de l'enquête, il s'est écoulé en moyenne 14 ans avec un écart-type de presque 8 ans et une amplitude de 28 ans, et la plus longue durée s'élève à 32 ans. Le diplôme le plus élevé, acquis dans l'enseignement supérieur, est le plus souvent un Master 1 en sciences de l'éducation (n = 50/68 réponses). Les étudiants viennent donc majoritairement de la même discipline en restant le plus souvent dans la même université. Par comparaison, toutes choses égales par ailleurs, ces résultats paraissent conformes aux données émanant d'une enquête produite auprès des doctorants en sciences de l'éducation[54] (Leclerc, 2008) qui révèle que 80 % des doctorants possèdent un diplôme de la filière et donc atteste que le Master 1 constitue un véritable tremplin pour la poursuite d'études dans la même filière en Master 2.

53. Récupéré le 28 février 2016 de http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/66/4/depp_rers_2015_etudiants_454664.pdf
54. Récupéré le 28 février 2016 de http://rechercheseducations.revues.org/index437.html

1.1.5. La formation antérieure à l'accès en Master 2

Pour connaître le niveau le plus élevé comportant de la statistique nous avons traité la question ci-dessous.

[V7] Vos diplômes les plus élevés pour accéder en Sciences de l'éducation:

	Nom	Année
Diplôme(s) comportant de la statistique sous forme de cours, d'usage, etc.		

Il est à noter que cette question obtient un faible taux de réponse. En effet, seuls quatre-vingts pour cent des étudiants inscrivent une réponse (n = 59/72).

Diplômes	Effectifs
Master	35
Licence	18
Dut	2
Bac	4
Ensemble	59

TABLEAU 25 – DIPLÔME LE PLUS ÉLEVÉ COMPORTANT DE LA STATISTIQUE

Comme le tableau ci-dessus permet de le constater, la grande majorité des étudiants (n = 53/59) indique avoir suivi des cours comportant de la statistique en premier et/ou deuxième cycle universitaire et seulement quatre d'entre eux n'auraient pas abordé la statistique après l'enseignement secondaire.

1.1.6. Synthèse des facteurs préexistants biographiques et culturels

Notre étude de cas multiples dresse les caractéristiques des étudiants observés en Master 2 recherche en sciences de l'éducation. Il en ressort que ce sont majoritairement des étudiantes (n = 50/72) qui suivent cette formation puisque plus de 69 % des étudiants observés sont des femmes. Dans son ensemble, la promotion est plutôt âgée (m = 33 ans) et dans la plupart des cas ces adultes sont des professionnels en reprise d'études (n = 52/70).

Quant au cursus antérieur, il apparaît que la majorité des étudiants a suivi une voie générale dans l'enseignement secondaire, un tiers d'entre eux possède un baccalauréat scientifique, un autre tiers a un baccalauréat littéraire et le tiers restant regroupe des diplômes équivalents acquis à l'étranger ou d'autres baccalauréats dont la plupart ne sont pas généraux. En cohérence avec l'âge des étudiants, entre l'obtention du baccalauréat et la reprise d'études la durée s'avère en moyenne longue (m ≈ 14 ans) et dans certains cas bien plus longue encore puisqu'elle va jusqu'à 32 ans.

Les étudiants indiquent majoritairement avoir été formés à la statistique en Master (n = 34/58) puis, avec une plus faible proportion, en licence (n = 18/58). Enfin, rares sont ceux qui ont écrit posséder un niveau baccalauréat (n = 4/58) comme diplôme le plus élevé comportant de la statistique.

1.2. Les facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels

Ainsi que cela a été développé dans la première partie de cette thèse, il a été souvent observé que les étudiants issus des sciences humaines et sociales entretiennent majoritairement un rapport difficile avec la statistique. Ces constatations issues de la recherche en éducation statistique sont aujourd'hui amplement admises. Cependant, nous avons essayé de vérifier si notre cohorte éprouvait des sentiments de cet ordre. À cet effet, nous avons recueilli les avis des étudiants sur leur représentation de la discipline selon les cinq variables que sont : l'intérêt, l'utilité, la difficulté perçue, la compétence perçue et l'attitude émotive envers la statistique. Les données sont récoltées à partir du questionnaire précédemment décrit et complétées par des citations prélevées dans les entretiens. Les résultats croisés obtenus font tout d'abord l'objet d'une analyse descriptive. Ils sont détaillés dans la section qui suit et sont enrichis par des graphiques supplétifs.

1.2.1. Intérêt perçu de la formation en statistique

Pour vérifier l'intérêt perçu de la formation en statistique, nous avons traité la question suivante :

[V10] Quel niveau d'intérêt personnel attribuez-vous à une formation en statistique en Sciences de l'éducation ? L'intérêt attribué doit être choisi sur une échelle allant de 0 à 10.

À la suite de quoi, nous avons regroupé les réponses obtenues suivant les trois graduations rapportées dans la figure ci-dessous.

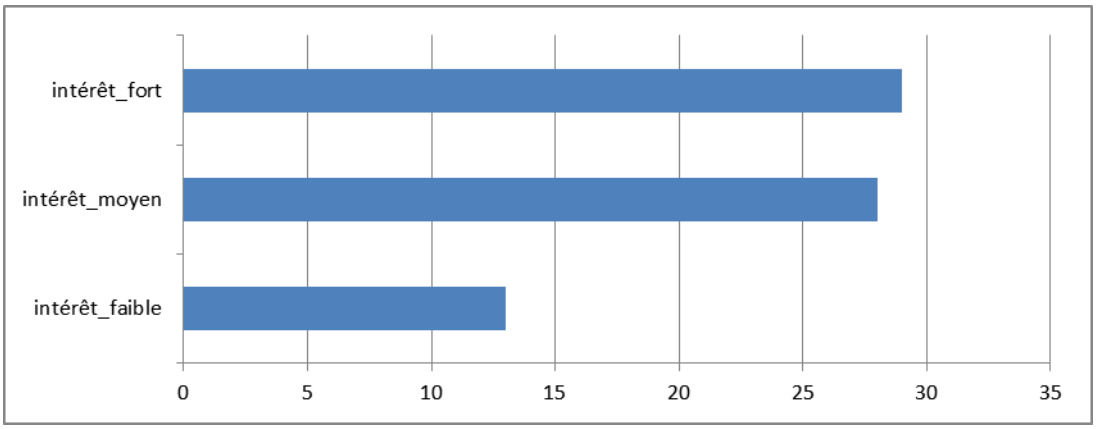


FIGURE 26 – INTÉRÊT PERÇU DE LA FORMATION EN STATISTIQUE AVANT LA FORMATION

Plus d'un tiers des étudiants indique porter un intérêt fort (n = 29/72) ou un intérêt moyen (n = 28/72) et moins d'un tiers (n = 13/72) d'entre eux rapporte ne trouver qu'un intérêt faible à une formation en statistique. La même information a été extraite des entretiens et rapportée dans la figure suivante.

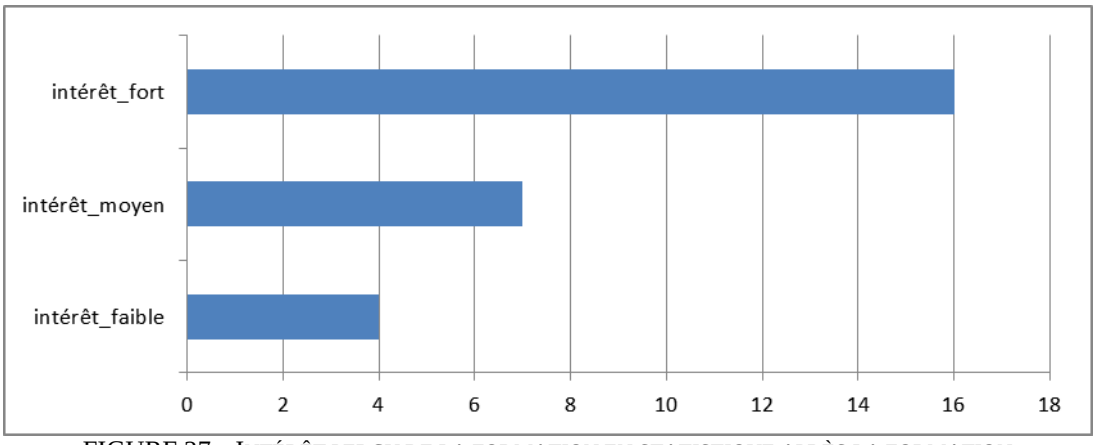


FIGURE 27 – INTÉRÊT PERÇU DE LA FORMATION EN STATISTIQUE APRÈS LA FORMATION

Après la formation, plus de la moitié des étudiants interviewés (n = 16/27) déclarent percevoir un intérêt fort pour la formation en statistique. Toujours dans le cadre des entretiens, un étudiant décrit le lien qu'il entrevoit entre l'intérêt pour un enseignement et son degré d'implication dans la formation.

> Je faisais pour faire, parce qu'il fallait faire des dossiers, donc c'est vrai que je me mettais avec des gens qui bossaient, enfin on bossait tous, mais c'est vrai que c'était pas moi qui... J'étais pas dans un rôle moteur. Je pourrais être aujourd'hui par mon implication, mais c'est vrai que voilà, donc j'avais un rôle de second, pas par timidité mais par, j'ai envie de dire...J'étais assez feignant, voilà. Et puis ça m'intéressait pas. Mais bon comme il fallait faire, je faisais. Voilà. Donc c'était un peu ça, et puis il y a eu, après, au fur et à mesure, après par contre à partir de la licence, j'ai compris un petit peu ce qui m'intéressait. Donc là j'ai commencé à m'impliquer davantage, et puis après quand ça m'intéresse vraiment je vais m'impliquer à 100 %. C'est vrai que si ça m'intéresse pas j'ai pas envie de tricher. Je fais pas. (Riadh, p. 468)

Plusieurs étudiants indiquent trouver un intérêt - ou plutôt une utilité - dans la formation à la statistique concernant l'acquisition des compétences nécessaires pour lire, comprendre et évaluer les travaux de recherche. Ce sont des connaissances et compétences qu'ils abordent dans le cadre de leurs études. En d'autres termes, ils évoquent la « *Competence in reading and evaluating research* » décrite par Schuyten (1990, p. 486).

> Moi j'ai trouvé ça vraiment intéressant parce que, déjà, parce que ça m'est complètement étranger, c'est un peu un monde que je découvre. En lisant des travaux de recherche, évidemment que ça m'est déjà arrivé, souvent, de tomber sur des études quantitatives mais ça permet justement, en voyant comment elles peuvent être constituées de mieux, déjà, de prendre un petit peu de recul sur les interprétations qu'on peut faire mais avant ça, de mieux comprendre, tout simplement, comment elles ont pu être constituées. (Sissi, p. 468)

Un étudiant explique qu'il trouve intéressant de traiter des données réelles provenant de travaux scientifiques concrets.

> Et puis de travail aussi sur les documents à la fois c'était intéressant et à la fois enfin ce qui était intéressant c'est qu'on travaillait sur des données qui existent. (Sam, p. 473)

Toutefois, cette remarque reste marginale puisque plusieurs étudiants rapportent qu'ils auraient préféré pratiquer le traitement numérique directement sur leurs propres données.

L'intérêt perçu de la formation en statistique a été contrôlée avant et après la formation, les résultats obtenus sont rapportés dans le diagramme en bâtons ci-dessous.

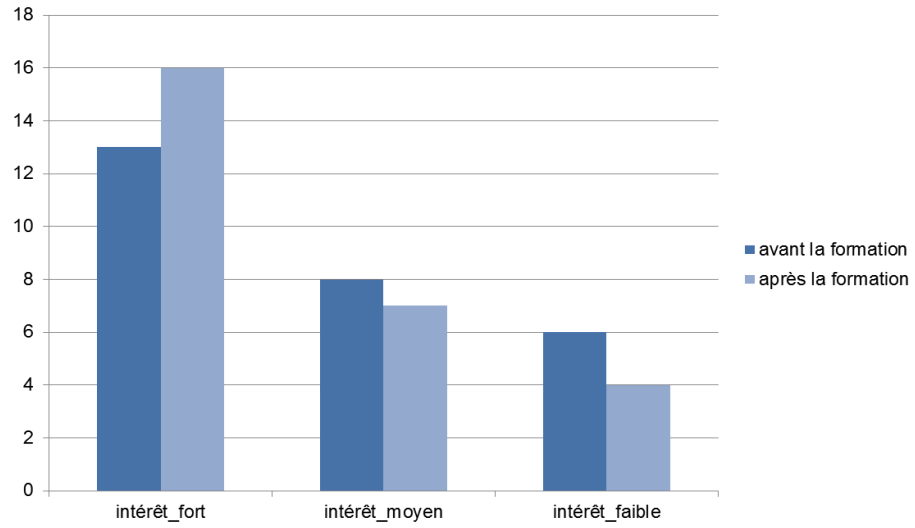


FIGURE 28 – INTÉRÊT PERÇU DE LA FORMATION EN STATISTIQUE AVANT ET APRÈS LA FORMATION

Il est à noter une augmentation de l'intérêt perçu entre le début et la fin des TD ce qui est plutôt positif et permet de vérifier une légère amélioration (+3) de la perception des étudiants sur la formation en statistique.

1.2.2. L'utilité perçue de la formation en statistique

Pour vérifier l'utilité perçue de la formation en statistique, nous avons traité la question suivante :

[V11] Quel niveau d'utilité attribuez-vous à une formation en statistique en Sciences de l'éducation ? L'utilité attribuée doit être choisie sur une échelle allant de 0 à 10.

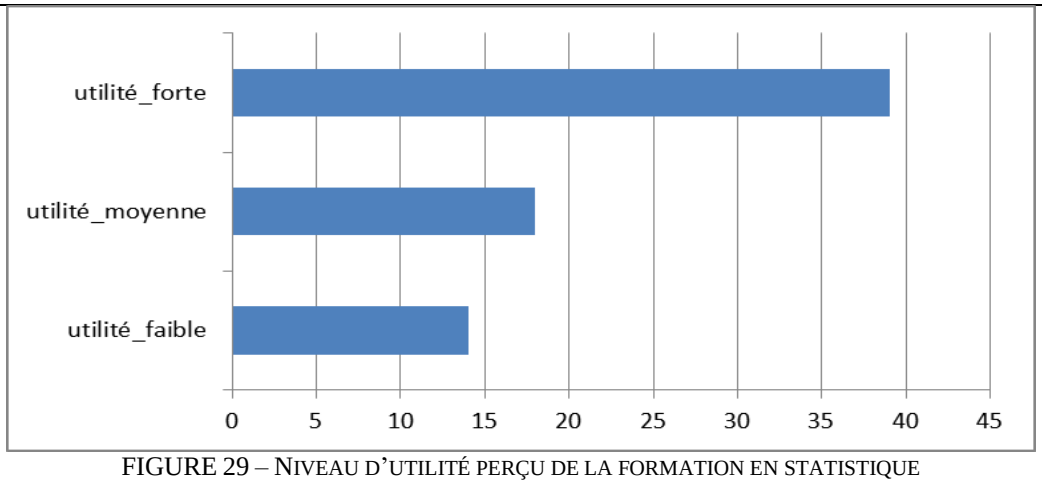


FIGURE 29 – NIVEAU D'UTILITÉ PERÇU DE LA FORMATION EN STATISTIQUE

Selon la figure ci-dessus, plus de la moitié des étudiants répondent (n = 39/72) percevoir une forte utilité d'une formation en statistique en sciences de l'éducation. Ils ne sont plus qu'environ un quart (n = 18/72) à déclarer ne trouver qu'un intérêt moyen et ne représentent plus qu'un cinquième (n = 14/72) à indiquer ne discerner qu'une utilité faible.

La même information a été extraite des entretiens dont les résultats sont présentés dans la figure ci-dessous.

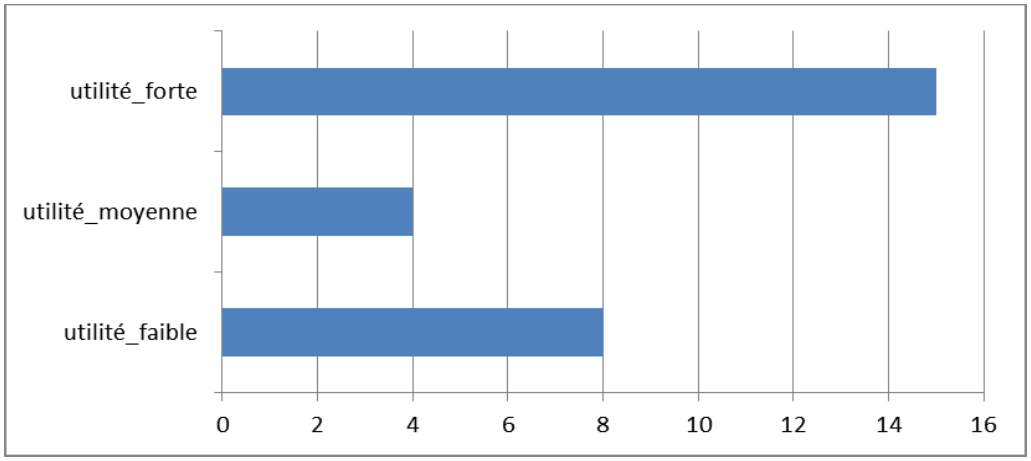


FIGURE 30 – NIVEAU D'UTILITÉ PERÇU DE LA FORMATION EN STATISTIQUE APRÈS LA FORMATION

Après la formation, les étudiants indiquent majoritairement trouver une utilité forte. De plus, dans le cadre des entretiens, une étudiante relie son implication dans la tâche prescrite et l'utilisation future qu'elle projette sur le logiciel. Dans ce témoignage nous nous trouvons à la frontière entre l'intérêt et l'utilité et il révèle surtout le désintérêt de se former à un logiciel dont on ne perçoit pas une utilisation ultérieure dans le cadre des études universitaires.

> J'étais, enfin... mais elle non plus je pense, pas passionnée, dans le sens où je vais pas l'utiliser, donc je me sentais moins l'obligation de rentrer dedans, l'idée pour moi a été plus de comprendre comment ça fonctionnait etc., (Adeline, p. 7)

En fait, il apparaît que la perception de l'intérêt est assez souvent liée à l'utilité perçue. Au cours des entretiens, cette dernière est fortement ramenée au dossier à fournir par les étudiants en fin de cursus ou soumise à la recherche qu'ils doivent mener dans le cadre de leurs études et se limite donc à un contexte universitaire très restreint.

> SPAD là sur ma recherche j'ai pas tellement de données de ce niveau-là. Après sur l'utilisation de SPAD par rapport à, enfin c'est assez simple en tout cas pour les premiers si on a des tableaux qu'on a bien mis en forme si j'ai besoin de ça je pourrai m'en servir assez vite quoi. Au moins pour les quelques données assez simples on va dire. Baser ma recherche là-dessus pour l'instant je vois pas. (Sam, p. 473)
>
> Je crois qu'on est d'ailleurs, comment dire, du point de vue motivation on n'avait pas la motivation d'utiliser le logiciel comme ça parce que, pour les stats. Parce qu'on utilise pas ça dans nos données. (Coco, p. 146)

Les entretiens révèlent que c'est l'utilité qui donne du sens aux apprentissages en général et permet d'agir, voire motive. En revanche, les témoignages rapportés ci-dessus illustrent, à l'inverse, le désintérêt qu'ont ces étudiants envers le logiciel SPAD en raison de son non réinvestissement imminent dans leur propre recherche. Ces remarques confirment les constatations de Dubeau *et al.* (2015) à partir de la recension d'écrits et plus spécifiquement sur « *l'utilité perçue endogène* » conçue par d'Husman et Lens (1999). Il s'agit de la perception qu'a un étudiant de l'importance de la réalisation d'une activité en fonction d'un but formel qu'il établit en contrepartie. Renforçant cette analyse, dans les entretiens, plusieurs étudiants instaurent un lien fort entre leur motivation, leur implication et l'utilité qu'ils perçoivent dans les tâches prescrites. En se positionnant dans une attitude utilitariste envers leur formation, ils paraissent alors se projeter sur une vision à très court terme et attendent d'une discipline universitaire son réinvestissement et/ou son transfert presque instantané.

> Enfin c'est toujours le problème des cours, les cours ça sert à rien tant qu'on n'a rien à en faire quoi. <rire> (Sam, p. 473)
>
> C'est pas une contradiction ben c'est on fonctionne comme ça c'est-à-dire du coup c'est à la fois si on sait pas trop comment on pourrait utiliser enfin si on sait pas… on utilise des choses les outils parce qu'on en a besoin mais on va pas apprendre à se servir d'un marteau comme ça dans le vide ça n'a aucun intérêt. (Sam, p. 479)

Deux étudiants décrivent plus spécifiquement le peu de besoin et d'enjeux qu'ils perçoivent dans leur formation à la statistique.

> Autant la pédagogie c'est intéressant parce que ça vous aide à construire votre pratique, notre enseignement, autant les stats appliquées à une moyenne, j'en ai pas absolument besoin. (Diego, p. 167)
>
> Oui mais là c'est… il y aurait eu des enjeux personnels oui mais là non. Là c'est un cours de statistiques, je sais que… je veux dire que ça implique en rien de ma personnalité quoi d'avec qui je suis. C'est un cours quoi. (Justine, p. 321)

Ces deux témoignages évoquent non seulement ce que Dubeau *et al.* (2015) nomment « *l''utilité perçue de la tâche* » mais ils confirment que la plupart des étudiants enquêtés ne rapprochent pas l'utilité de se former à la statistique avec son transfert dans la vie quotidienne, par exemple, ni ne l'associent avec les nombreux autres domaines d'utilité que nous avons énumérés au premier chapitre, dans la section sur l'utilité de la statistique.

Comme pour la variable sur l'intérêt, celle sur l'utilité perçue a été également vérifiée avant et après la formation et les résultats sont présentés dans le diagramme ci-dessous.

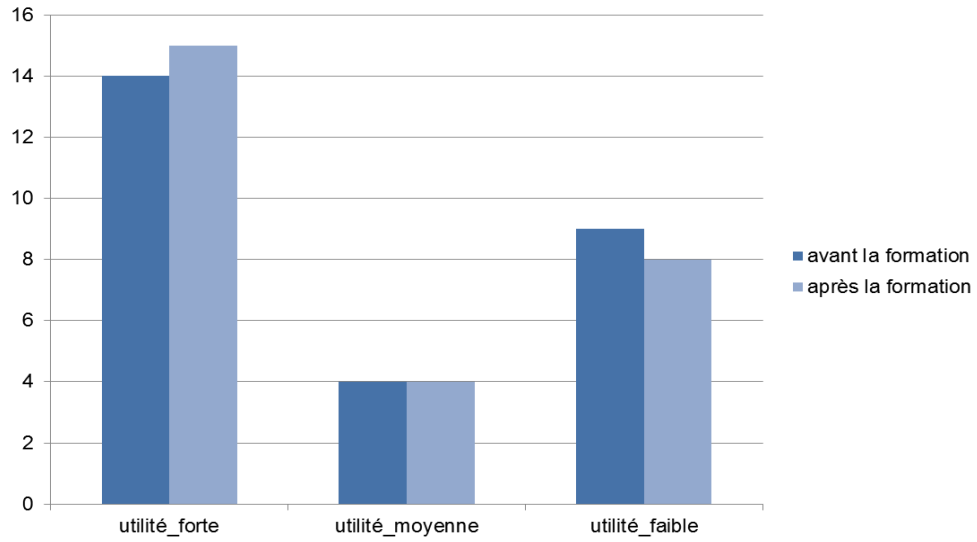


FIGURE 31 – UTILITÉ PERÇUE DE LA FORMATION EN STATISTIQUE AVANT ET APRÈS LA FORMATION

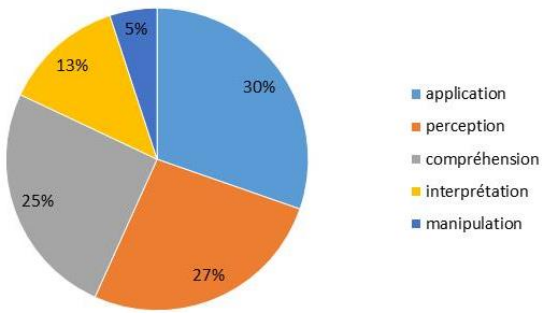
On note que l'utilité faible diminue au profit de l'utilité forte, avec un très faible écart (+1).

1.2.3. Les difficultés perçues en statistique

Pour examiner les difficultés perçues en statistique, nous avons traité la question suivante :

[V15] Selon vous, quelles sont les trois **difficultés majeures** que vous estimez devoir affronter dans le cours de statistique

Les réponses textuelles obtenues ont été classées à l'aide des catégories définies dans la première partie.



	Effectifs	%
Application	54	30%
Perception	47	27%
Compréhension	45	25%
Interprétation	23	13%
Manipulation	9	5%
Total	178	100

TABLEAU 26 – DIFFICULTÉS MAJEURES PERÇUES DU COURS DE STATISTIQUE

Comme le montre le diagramme circulaire ci-dessus, la catégorie des difficultés la plus évoquée rassemble trente pour cent des réponses et regroupe les difficultés liées à l'application en se rapportant plus spécifiquement aux opérations de calculs. Elle rassemble les expressions diverses comme :

– rapporte une expression neutre : « utilisation concrète des outils de calcul » ;

– se résume en un seul mot ou un verbe : « calculer » ;

– rapporte une locution : « appliquer le bon calcul » ;

– ajoutent un jugement de valeur supplémentaire « trop de formules mathématiques ».

Les difficultés les plus récurrentes perçues invoquent les modélisations algorithmiques, soit les opérations de calculs mathématiques. La deuxième difficulté exprimée est d'ordre psychologique et révèle des craintes initiales sur les connaissances et les compétences acquises précédemment. Deux formes se détachent : d'une part des difficultés d'apprentissage mentionnant des ignorances et d'autre part des difficultés d'ordre cognitif signalant des problèmes de compréhension ou des insuffisances méthodologiques. Les expressions typiques laissent apparaître les traits saillants suivants :

– « pas de connaissances préalables » ;

– « lacunes en mathématiques » ;

– « manque de temps pour m'approprier cette façon de penser ».

Ces locutions révèlent une perception pessimiste des connaissances préalables, une compétence perçue négative et un sentiment d'auto-efficacité perçu faible.

La troisième difficulté indiquée désigne des problèmes de compréhension et recouvre un quart des réponses. Les formulations les plus caractéristiques sont :

– « comprendre le cours » ;

– « compréhension des concepts » ;

– « compréhension du problème posé ».

Les difficultés perçues sont alors attribuées à des connaissances bien différentes puisque certaines évoquent la forme prédicative et d'autres la forme opératoire des connaissances (Vergnaud, 1996 ; 2000). Elles vont de craintes langagières d'ordre sémantique à la compréhension des interprétations en passant par le discernement des formules et la peur de l'incompréhension des données.

Par ailleurs, treize pour cent des réponses rapportent des difficultés perçues d'interprétation et se portent majoritairement sur les résultats obtenus et/ou sur les conclusions à fournir. Les expressions les plus emblématiques sont :

– « interpréter des résultats » ;

– « faire les bonnes conclusions » ;

– « faire le lien entre données calculées et le sens qu'on peut donner aux résultats ».

En dernier lieu, les cinq pour cent de réponses restantes évoquent les difficultés de manipulation numérique. Certains étudiants semblent appréhender le matériel informatique (hardware) « *l'outil : l'ordinateur* », alors que la plupart redoutent l'usage d'un logiciel

(software). On peut ainsi lire : « *l'utilisation de logiciels* », ou « *utiliser un logiciel inconnu* ». Ces craintes ne concernent cependant qu'un faible pourcentage d'étudiants.

1.2.4. La compétence perçue en statistique

Pour identifier le rapport que les étudiants entretiennent avec la statistique, nous avons traité la question suivante :

[V4] Quand des connaissances en statistique sont requises, cela vous pose-t-il des problèmes ? : *(Entourer votre réponse)*

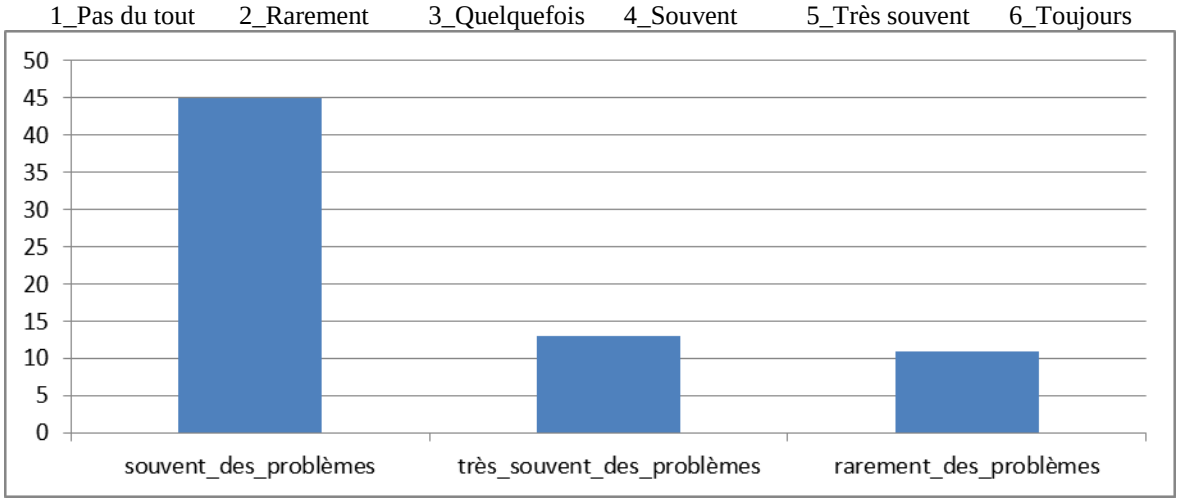


FIGURE 32 – PROBLÈMES PERÇUS QUAND DES CONNAISSANCES EN STATISTIQUE SONT REQUISES

Sur soixante-neuf réponses, treize confirment que les étudiants indiquent rencontrer souvent à toujours des problèmes quand ils sont confrontés à des connaissances en statistique, ce qui correspond à environ un cinquième d'entre eux (n = 13). Une grande majorité des répondants (n = 45) coche les items « *quelquefois* » et « *souvent* », que nous regroupons sous le terme souvent. Les étudiants écrivent majoritairement rencontrer des problèmes (n = 58/69) quand des connaissances en statistique sont requises. Ces données laissent percevoir une disparité de la perception des difficultés et problèmes rencontrés à l'égard du numérique et de la statistique. Pour rappel, la majorité des réponses écrites signalent des problèmes « *quelquefois* » et « *souvent* » en statistique, alors que les deux tiers des discours recueillis (n = 12 sur 18 exprimés) sur l'informatique laissent entendre que les étudiants ne perçoivent aucune difficulté. Dans ce contexte, on remarque que la statistique procure une perception des difficultés supérieure à celle procurée par l'outil numérique. Ces perceptions négatives des capacités à résoudre un problème de statistique peuvent être une cause de résistance qui pourrait faire obstacle à l'acquisition de connaissances et de compétences. Ces suppositions resteront à l'état de conjectures car elles ne participent pas directement à la problématique de cette thèse.

Pour vérifier la compétence perçue après la formation, nous avons traité les entretiens. Ils nous révèlent différentes représentations que nous classons selon les trois degrés de compétence perçue suivants.

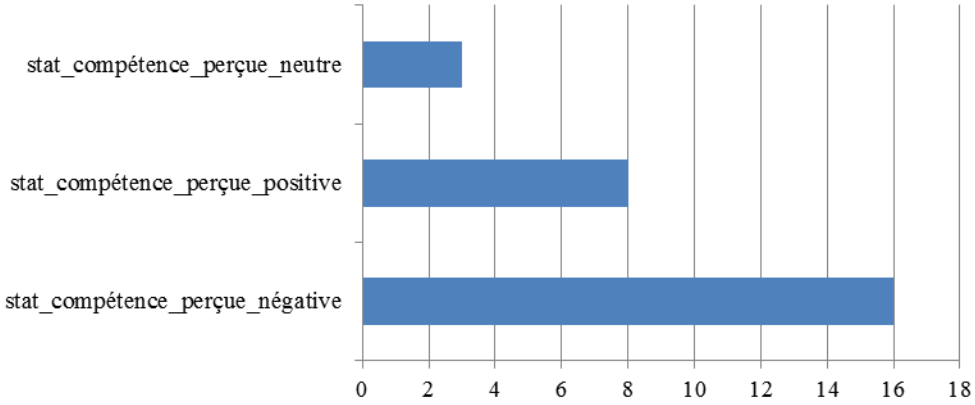


FIGURE 33 – COMPÉTENCE PERÇUE DE LA STATISTIQUE

Plus de la majorité des étudiants (n = 16/27) décrivent leur compétence en statistique négativement et seuls huit étudiants s'évaluent positivement. Quel que soit le jugement formulé dans les entretiens, la compétence perçue est, elle, systématiquement liée aux facteurs bibliographiques dans les entretiens et elle est toujours décrite en relation avec la formation antérieure. Ainsi, les étudiants qui décrivent leur compétence en statistique négativement justifient leurs incompétences par un manque de formation antérieure dans le domaine. Ils emploient alors des expressions telles que :

– « c'est une découverte » ;

– « c'est pas une complète découverte, mais pas loin » ;

– « vu que j'étais un peu trop dépaysée ».

En revanche, les étudiants qui ont déjà été formés à la statistique décrivent les transferts qu'ils arrivent à produire :

> Oui, j'ai retrouvé ce que j'avais appris donc en L3 en M1 en statistiques , je l'ai retrouvé ici sous une autre forme disons assistée par un logiciel du point de vue des calculs mais ça m'aidait bien de me reporter à ce que j'avais appris les années précédentes pour replacer un peu la compréhension de ce que j'étais en train de faire quoi sur le logiciel oui. (Coco, p. 145)

Le fait que la discipline soit nouvelle est souvent perçu comme une entrave. Cette concordance se discerne dans de nombreux questionnaires comme dans les entretiens. Toutefois, le passage ci-dessous apporte une signification singulière et surtout éclairante.

> C'est pas parce que c'est nouveau, c'est parce que j'ai, j'ai pas la confiance suffisante. Enfin excuse-moi mais j'ai peur que d'expliquer comme ça, je puisse dire des choses qui euh, je sais pas euh, c'est le ressenti que j'ai je pense que je me suis laissé, j'étais dépassé par la matière. (Fritz, p. 252)

Si, dans les questionnaires, plusieurs étudiants établissent un lien fort entre nouveauté et difficultés, après cette première cause, l'extrait ci-dessus explique que plus que la nouveauté des activités c'est le manque de confiance en ses compétences qui déstabilise. En d'autres termes, ce serait la compétence perçue faible due à une méconnaissance en statistique qui le freinerait.

1.2.5. Émotions et attitudes affichées à l'égard de la statistique

Plusieurs questions nous ont permis de recueillir des réponses relevant d'une attitude chargée d'affectivité et d'émotivité. C'est la variable **[**V9**]** qui est retenue pour déterminer les réponses relevant de ce que nous nommons l'attitude émotive à l'égard de la statistique.

[V9] Aujourd'hui qu'évoque pour vous la statistique ? *(Donner trois mots)*

(Compléter par une phrase)

Le dépouillement des données révèle des appréciations personnelles et fait apparaître les quatre catégories bien distinctes suivantes :

– qualifiée_difficile_complexe, ex. : « difficile » ;

– qualifiée_juste_exacte, ex. : « juste » ;

– qualifiée_utile_nécessaire, ex. : « utile » ;

– qualifiée_ennuyeuse, ex. : « ennuie ».

Le tableau ci-dessous synthétise les réponses relevant d'une attitude émotive à l'égard de la statistique récoltée à la variable [V9]. La colonne de gauche montre les effectifs et fréquences obtenus aux trois mots évoquant la statistique tandis que celle de droite affiche son évocation par une phrase.

Synthèse émotion/3 mots (n = 207)		Synthèse émotion/phrase (n = 57)	
Qualifiée_juste_exacte	10 (5 %)	Qualifiée_utile_nécessaire	9
Qualifiée_utile_nécessaire	7 (3 %)	Qualifiée_difficile_complexe	3
Qualifiée_difficile_complexe	12 (6 %)	Défiance	2
Qualifiée_ennuyeuse	1 (0,5 %)	Total	14

TABLEAU 27 – SYNTHÈSE DES CATÉGORIES DE RÉPONSES DE L'ORDRE DE L'ÉMOTION

À la lecture du tableau, on remarque qu'au total dix-neuf étudiants, soit presque un tiers d'entre eux, laissent percevoir une dimension émotive dans leurs réponses. Ils n'ont pas l'attitude neutre, distancée et sereine attendue dans un contexte universitaire ne présentant aucun enjeu particulier. Au contraire, les réponses groupées dans le tableau ci-dessus, dénotent des émotions, des perceptions partisanes et révèlent une attitude émotive à l'égard de la statistique.

De plus, six pour cent des réponses exprimées assimilent la statistique à une discipline difficile, voire complexe. Il apparaît également que cinq pour cent des réponses restituent les mots comme :

– « juste » ;

– « exact » ;

– « précision ».

Cette catégorie laisse conjecturer une confiance inconditionnelle envers la statistique. Cette attitude paraît être disproportionnée et partisane, alors qu'il est attendu une réponse distancée et impartiale pour définir une discipline universitaire. En rapportant ces expressions, sept étudiants affichent une position très confiante qui n'est pas sans rappeler la posture *socioculturelle* décrite par Régnier (2005, p. 14) codée [PSC4] et « *manifestée par une acceptation inconditionnelle fondée sur une conviction forte, une croyance inconditionnelle en des résultats issus de l'analyse statistique* ». Les postures ci-dessus décrites demeurent excessives et restent éloignées de celles distanciées et critiques qui sont attendues en situations éducatives universitaires.

Il en va de même pour les situations-problèmes S2 et S3 qui révèlent des appréciations personnelles et présentent parfois une attitude émotive alors même que les énoncés abordent des concepts de statistique. Si la situation-problème S1 ne provoque aucune réponse relevant d'une attitude émotive, en revanche, la situation-problème S2 en compte onze et la situation-problème S3 en restitue cinq.

Au total, bien plus d'un tiers des étudiants (n = 31/72) apportent une réponse écrite empreinte d'émotion alors qu'il est demandé soit des mots ou phrases évoquant la statistique, soit une explicitation de notions élémentaires. Avant même d'avoir débuté les cours, nous relevons grâce au questionnaire une grande palette de remarques confirmant une attitude émotive affirmée à l'égard de la statistique. Ce constat est à rapprocher des appréhensions notées par des étudiants en psychologie et en sciences de l'éducation relevées par Bruyninckx *et al.*, comme le rapporte l'extrait ci-dessous :

> Lors du dépouillement de l'enquête, il s'est avéré que 65.1 % de ces nouveaux étudiants éprouvent une certaine appréhension par rapport au cours de statistique. Le stress semble essentiellement engendré par le caractère, par l'essence, « mathématique » de cette matière (45.4 %) et par la crainte de ne pas être capable d'appréhender des concepts auxquels la plupart d'entre eux redoutent de n'avoir jamais été sensibilisés (34.3 %). La « peur d'échouer », sans aucune autre forme de justification, est avancée par 14.8 % des sujets. Cette menace de l'échec est accompagnée chez certains étudiants d'une angoisse morale face à l'investissement économique consenti par leur famille. (Bruyninckx *et al.*, 2002, p. 63-64)

Dans notre enquête, il apparaît que le questionnaire possède plusieurs variables sur des connaissances et compétences qui, toutefois, engendrent des réponses liées à une faible estime de soi ou à une compétence perçue négative. Ainsi, plusieurs questions d'apparence neutre, comme l'énonciation de mots ou d'une phrase évocateurs de la statistique, tout comme des énoncés sur des notions élémentaires de statistique, produisent des écrits relevant d'une attitude émotive à l'égard de la statistique. Par conséquent, il est repéré des attitudes qui sont peu opérationnelles puisqu'elles détournent l'étudiant d'une distance utile mais surtout indispensable pour répondre correctement aux questions posées.

1.2.6. Synthèse des facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels

Nous retenons principalement que les deux cinquièmes des répondants déclarent percevoir un intérêt fort (n = 29/70) et, dans des proportions similaires, percevoir un intérêt moyen (n = 28/70) pour l'enseignement de la statistique. Environ un cinquième d'entre eux (n = 13/70) indique ne trouver qu'un intérêt faible pour une formation en statistique.

L'utilité de l'enseignement de la statistique en sciences de l'éducation est mieux perçue puisque plus de la moitié des étudiants (n = 39/72) répondent lui accorder une forte utilité. Environ un quart (n = 18/72) d'entre eux déclare ne trouver qu'un intérêt moyen à cette formation et un cinquième (n = 14/72) d'entre eux ne lui attribue qu'une faible utilité. Il est à noter que le degré d'intérêt ou d'utilité perçus reste stable entre le début et la fin de la formation.

Quant aux difficultés perçues à l'égard de la statistique, avant son enseignement, les réponses les plus fréquentes évoquent les opérations de calculs dans trente pour cent des réponses. Les étudiants s'attribuent la responsabilité des problèmes rencontrés dans vingt-sept pour cent des cas et mettent en cause l'insuffisance de leurs connaissances en la matière et leurs carences en termes de pré-acquis. Le vocabulaire et les expressions utilisés font apparaître une sensation de niveau de compétence faible et un sentiment d'auto-efficacité perçu faible également.

Les problèmes de compréhension sont cités dans vingt-deux pour cent des réponses. Ces problèmes de compréhension sont décrits sous des formes variées et peuvent être attribués à des types de connaissances bien distinctes.

Les cinq pour cent des réponses restantes évoquent les difficultés de manipulation numérique et d'appréhension du matériel informatique mais la plupart d'entre elles évoquent l'usage d'un logiciel de traitement statistique.

Une grande majorité des étudiants disent rencontrer des problèmes (n = 58/69) dès lors que des connaissances en statistique sont requises. À l'inverse, deux tiers d'entre eux (n = 12 sur 18 exprimés) déclarent ne pas avoir le sentiment d'éprouver de difficultés particulières avec le numérique.

1.3. Les facteurs préexistants cognitifs

Après avoir procédé à l'analyse *a priori* de la tâche prescrite par la décomposition des énoncés des questionnaires, puis avoir examiné et traité les facteurs préexistants biographiques et psychologiques, nous aborderons à présent plus spécifiquement les facteurs préexistants cognitifs. Ils se décomposent en cinq variables distinctes qui permettent de vérifier les représentations, les connaissances et la capacité à traiter des situations-problèmes mobilisant des notions de statistique. Dans un premier temps, l'énonciation des trois mots et de la phrase évoquant le plus la statistique révéleront la représentation des étudiants envers cette discipline. Dans un deuxième temps, il sera notamment vérifié les connaissances et compétences au moyen des situations-problèmes S1, S2, S3 lesquelles abordent des notions élémentaires de statistique qui devraient être acquises lors du cursus secondaire et qui sont souvent revues durant le premier cycle universitaire. Dans un troisième temps, nous rapporterons aussi bien les absences totales de commentaires que tous les écrits qui ne satisfont pas à la question posée. Il s'agit des réponses que nous avons classées dans la catégorie des « *non-réponses* ».

1.3.1. Par l'énonciation des trois mots les plus représentatifs

La variable [V9] inventorie les trois mots qui évoquent la statistique aux étudiants (Annexe 19). Elle comporte un nombre élevé de données puisque seulement deux étudiants n'ont pas répondu et trois autres n'ont inscrit que deux mots sur les trois demandés. Concernant les deux cent sept termes rapportés, ils décrivent essentiellement l'aspect productif en mettant en exergue les fonctions instrumentales et productives de la statistique.

Mot	Effectif	Fréquence
Données	14	6,36
Analyse	9	4,09
Calcul	9	4,09
Nombres	8	3,64
Chiffres	7	3,18
Mathématique	7	3,18
Moyenne	6	2,73
Chiffre	5	2,27
Mathématiques	5	2,27
Probabilité	5	2,27

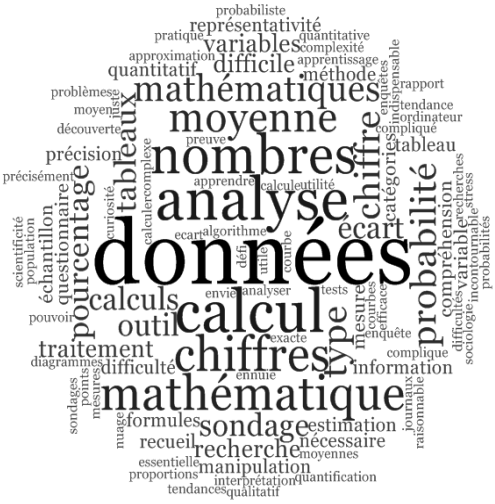


FIGURE 34 – FRÉQUENCE DES MOTS ÉVOQUÉS VARIABLE [V9]

Selon le nuage de mots ci-dessus, le mot le plus évoqué (n = 14) est « *données* ». Mais c'est le registre des mathématiques qui domine, sous les diverses formes suivantes :

– le terme « mathématique(s) » – sept formes au singulier et cinq au pluriel ;

Des termes généraux issus du répertoire des mathématiques (n = 42), tels que :

– « calcul » ;

– « formule ».

Des termes issus de notions de calculs (n = 19), comme par exemple :

– « moyenne » ;

– « écart-type » ;

– « test ».

Des mots en lien avec les graphiques (n = 4) :

– « diagrammes » ;

– « courbe ».

Au total, la dimension productive représente soixante-douze pour cent des réponses exprimées. Ces données sont en adéquation avec les analyses de Régnier (2005, p. 14) qui établissent un fort taux de réponses (de l'ordre d'un tiers à une moitié) liées aux mathématiques (ici n = 54) ou à des objets des mathématiques. En mettant en avant la dimension mathématique de la statistique qui bien entendu ne peut pas être exclue – comme cela est évoqué dans la première partie – les étudiants ne présentent qu'un volet de la statistique. Des caractéristiques pourtant essentielles la distinguent des mathématiques, comme nous l'avons développé dans la première partie.

Après cette quantification, les trois termes évoquant la statistique sont classés dans les catégories définies dans la deuxième partie et rapportées dans le tableau ci-dessous.

Modalités	Effectifs	% sur exprimés
Dimension_productive	149	72
Dimension_prospective	17	8
Qualifiée_difficile_complexe	12	6
Dimension_éducative	11	5
Qualifiée_juste_exacte	10	5
Qualifiée_utile_nécessaire	7	3
Qualifiée_ennuyeuse	1	1
Ensemble	207	100

TABLEAU 28 – REGROUPEMENT DES MOTS SELON LEUR DIMENSION

Si l'on se réfère à la recherche de Reid et Petocz (2002), décrite en première partie, la majorité des réponses obtenues se rassemble autour du *focus technique*, soit le premier niveau de conceptualisation et qui révèle une compréhension limitée et fragmentée de la notion. Ces résultats sont également à rapprocher de l'enquête décrite menée par Gordon (2004). Elle liste en première place des énoncés indiquant le manque de sens puis en deuxième position des réponses sur les procédés de calculs ou algorithmes, c'est-à-dire ceux qui correspondent à ce que nous avons nommé la dimension productive. Nos résultats vont dans le sens de ceux obtenus par Dubreil-Frémont *et al.* (2012, 2014) et Zendrera *et al.* (2014), toutes choses égales par ailleurs.

Le choix de la dimension productive s'effectue au détriment des autres dimensions. Au demeurant, les fonctions que nous avons qualifiées en première partie comme émancipatrice, instructive et culturelle n'apparaissent nullement dans les réponses. Ainsi, les étudiants observés ont une représentation restreinte de la statistique dont ils discernent majoritairement (n = 29/72) la fonction instrumentale et utilitariste. Ces résultats correspondent en termes de mots inscrits à soixante-douze pour cent des réponses obtenues.

1.3.2. Par l'évocation de la statistique en une phrase

La deuxième partie de la variable [V9] concerne l'évocation de la statistique en une phrase et n'obtient que cinquante-sept réponses.

Modalités	Effectifs
Méthode_de_traitement	29
Moyen_de_connaissance	14
Utile_indispensable	9
Difficile	3
Défiance	2
Ensemble	57

TABLEAU 29 – CLASSEMENT DES PHRASES

Ainsi que le montre le tableau ci-dessus, plus de la moitié des phrases (n = 29/57) évoquent la méthode de traitement. L'exacerbation de cette acception se produit au détriment de la recherche de la connaissance ou de la véracité, voire de l'inférence qui occupe pourtant une place importante dans l'enseignement et l'apprentissage de la statistique. De plus, quatre

pour cent des réponses laissent percevoir de la défiance envers la statistique. Nous reconnaissons là une posture décrite par Régnier « *[PSC1] Posture1 manifestée par un rejet de sens commun fondé sur une défiance totale à l'égard de la statistique assimilée confusément aux statistiques au travers de leurs usages sociaux* » (2005, p. 14).

Tout au long du questionnaire il apparaît une grande cohérence dans la représentation instrumentale et utilitariste qu'ont les étudiants à l'égard de la statistique. En effet, le lexique généralement employé est emprunté aux mathématiques, les mots évoquant la statistique traduisent majoritairement la dimension productive et la phrase suggestive restitue souvent la méthode de traitement.

1.3.3. Par la synthèse des réponses obtenues aux trois situations-problèmes S1, S2, S3

À partir des réponses apportées par les étudiants aux situations-problèmes S1, S2, S3 il a été construit le nuage de mots-clés ci-dessous :

Mot	Longueur	Nombre
Enfants	7	90
Poids	5	81
Moyen	5	68
240	3	42
720	3	42
Moyenne	7	39
480	3	37
Personnes	9	37
Scolaire	8	37
Climat	6	36
Couples	7	36
Familial	8	36



FIGURE 35 – FRÉQUENCE DES MOTS POUR LES SITUATIONS-PROBLÈMES S1, S2, S3

Le premier mot qui apparaît est « *enfants* », sa surreprésentation provient de sa présence à la situation-problème S2 comme à la situation-problème S3. En deuxième position se trouve le terme « *poids* », il correspond à la donnée recherchée dans la situation-problème S1. Le nombre le mieux classé est 240 ex aequo avec 720 (n = 42). Ce nombre 240 représente le poids total des quatre femmes qui doivent prendre l'ascenseur, il a été mentionné dans plus de la moitié des questionnaires. Le nombre 720 correspond au poids total des individus prenant l'ascenseur ; sa forte présence dans les réponses provient de son emploi aussi bien pour les calculs que pour les résultats ou les démonstrations. La liste ci-dessus révèle que les douze mots les plus fréquemment employés sont issus de l'énoncé à l'exception du mot « *moyenne* ». De plus, si l'on se penche sur la colonne occurrence de tout le thésaurus, on note que la majorité du vocabulaire ne provient pas de la statistique mais émane du répertoire

de la vie courante. Un tableau en annexes permet d'avoir le détail des termes employés (Annexe 20). À ce stade de l'analyse, dans le registre lexical usité pour répondre au questionnaire, on relève peu de termes propres à la statistique au profit d'un vocabulaire du registre courant.

1.3.4. Comparaison des réponses obtenues aux trois situations-problèmes S1, S2, S3

Le tableau qui suit donne un aperçu des différentes formes de réponses obtenues aux situations-problèmes S1, S2, S3.

	Absences de réponses	Réponses non opérationnelles	Réponses partielles	Réponses attendues
Situation S1	1	24	13	34
Situation S2	33	21	15	3
Situation S3	21	23	24	4
Total	55	68	52	41

TABLEAU 30 – SITUATIONS-PROBLÈMES S1, S2, S3 DÉTAIL DES RÉPONSES

Il apparaît que, plus facile, la situation-problème S1 n'obtient qu'une seule absence totale de réponse alors que la situation-problème S2, comme la situation-problème S3, comptent toutes deux onze absences totales de réponses sur les soixante-douze questionnaires. Seuls trente-quatre étudiants, soit moins de la moitié des répondants, ont inscrit des commentaires conformes aux attendus à la situation-problème S1. Quant aux situations-problèmes S2 et S3, elles obtiennent respectivement un score de seulement trois et quatre réponses conformes. Ces deux dernières situations-problèmes se présentent sous forme de questions ouvertes et par conséquence offrent plus de possibilité de réponses et sont donc moins faciles à traiter.

1.3.5. Catégorisation des non-réponses aux situations-problèmes S1, S2, S3

La saisie des questionnaires a permis de découvrir des réactions inattendues et inexploitables que nous avons réunies sous le vocable de « *non-réponses* ». Dans cette catégorie nous réunissons aussi bien les absences totales de commentaires que tous les écrits qui ne concordent pas explicitement avec la question posée. Il s'agit des remarques qui ne contiennent aucun élément informatif. Cette classification est le plus souvent éliminée des traitements statistiques d'enquêtes par questionnaire car ces non-réponses n'informent en rien sur les attitudes des sujets interrogés c'est pourquoi elles sont rarement évoquées dans les recherches. Mais pour nous, elles nous paraissent informatives, intéressantes et utiles à examiner à plusieurs titres. Bien entendu, cette catégorie de réponses ne nous permet pas

d'évaluer le niveau de conceptualisation tangible des étudiants puisqu'ils ne répondent pas à la consigne. Elles nous renseignent cependant sur les difficultés rencontrées pour apporter une réponse efficiente à un énoncé. Nous conservons les non-réponses dont les données nous permettent de restituer plusieurs stratégies mises en place par les étudiants pour contourner la difficulté à répondre explicitement à la question posée. Nous les avons groupées selon les quatre catégories distinctes illustrées dans la figure qui suit.

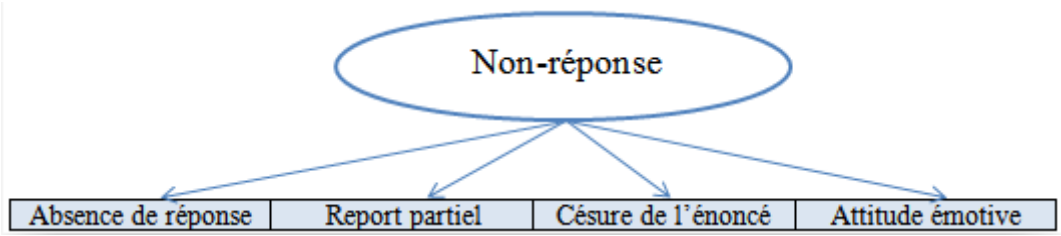


FIGURE 36 – SYNTHÈSE DES NON-RÉPONSES

La première catégorie rassemble les absences totales de réponse que nous nommons « *absence de réponse* ». Cela consiste à ignorer le problème, ou tout au moins à ne pas l'évoquer, c'est-à-dire en laissant la page partiellement blanche.

Il existe un deuxième type de réponse inadaptée qui consiste à ne répondre que partiellement à la requête et que nous nommons « *report partiel* ». Ainsi les étudiants ne restituent qu'une partie de la question et évacuent l'autre partie. Par exemple, la réponse suivante, extraite de la situation-problème S2, ne relate que la moyenne et ne traite pas de l'écart-type : « *Cela veut dire que certaines familles ont au moins 2 enfants quand d'autres en ont un ou pas du tout* ». Cet écrit ignore donc la moitié de l'énoncé.

Le troisième procédé repose sur la répétition de l'énoncé sans apporter d'information supplémentaire ou d'explication additionnelle que nous nommons « *césure de l'énoncé* ». L'étudiant, dans ce cas, ne produit pas une synthèse qui offrirait une visibilité des points abordés et permettrait d'identifier la compréhension du répondant. En fait, la plupart du temps, le texte du questionnaire est alors réduit à sa plus simple expression par une élémentaire réduction des termes initiaux, sous forme de raccourci, par une sorte de césure. On peut ainsi lire : « *Le nombre moyen d'enfants des jeunes couples français est de 2,3. L'écart-type est de 1,9.* » Dans ce cas les écrits reprennent aussi bien le terme moyenne que celui d'écart-type et restituent les nombres tels quels. Aucun apport personnel n'est lisible et la réponse peut s'inscrire comme un rappel de la consigne en ne restituant que les termes essentiels.

La quatrième stratégie d'évitement consiste à indiquer « *je ne sais pas* », « *aucune idée* », « *je ne maîtrise pas* » ou même un simple point d'interrogation et que nous nommons « *réponse émotive* ». Elle correspond à une erreur de compréhension. Ici l'étudiant

fait le choix de répondre à la question mais en indiquant son inaptitude à répondre. Bien que cette réponse n'apporte *a priori* aucune indication sur le niveau effectif de connaissance, cette déclaration fournit toutefois une forte connotation affective et manifeste d'une attitude émotive. Ces réponses nous renseignent sur les facteurs psychologiques et plus spécifiquement sur la compétence perçue négative des étudiants en situation de résolution d'un problème reposant sur des notions de statistique. Dans la même famille de réactions nous trouvons un autre type d'énoncé : « *je ne me souviens pas* ». Ces réponses se différencient des premières en insinuant que les notions de statistique ont déjà été abordées antérieurement mais que le sujet ne parvient pas à se remémorer des connaissances anciennes vues dans son parcours scolaire ou universitaire précédent. Par conséquent, ces derniers commentaires nous renseignent à la fois sur les facteurs psychologiques évoqués ainsi que sur les facteurs biographiques préexistants sous-entendus par l'étudiant.

1.3.6. Les résultats des non-réponses

Le tableau ci-dessous récapitule les diverses formes de non-réponses obtenues.

	Absences de réponse	Reports partiels	Césures de l'énoncé	Attitudes émotives
Situation S1	1	0	0	0
Situation S2	11	8	2	11
Situation S3	11	2	2	5

TABLEAU 31 – SITUATIONS-PROBLÈMES S1, S2, S3 DÉTAIL DES NON-RÉPONSES

Ainsi, vingt-trois étudiants ne donnent aucune réponse et laissent la feuille partiellement blanche. Cette attitude ne permet d'obtenir aucun retour précis sur la compréhension de la situation-problème donnée, sur l'interprétation de l'énoncé, sur la restitution apportée, sur la résolution du problème, pas plus que sur le style de rédaction ou sur le niveau de conceptualisation. Il est à noter que cette omission ne peut pas être imputable à un problème de gestion temporelle puisque les étudiants disposent de suffisamment de temps pour répondre à l'intégralité du questionnaire. Nous avons d'ailleurs noté sur plusieurs questionnaires que certains items suivants étaient, eux, renseignés.

Au total dix étudiants reproduisent partiellement l'énoncé ou plus rarement le paraphrasent. Le plus souvent ils n'abordent pas la partie sur l'écart-type qui est totalement évacuée. Ces absences de propos, sur une partie de l'énoncé, donnent des informations sur ces étudiants qui semblent être soit désengagés, soit perturbés par une double interrogation, soit embarrassés par la notion d'écart-type. Quant à la césure de l'énoncé, elle se traduit par un report partiel de la question proposée et cette fragmentation se repère sur quatre questionnaires.

Un quart des étudiants (n = 18/72) relèvent du registre de l'émotion et expriment leur compétence perçue négative devant une situation-problème concrète de statistique. Un étudiant prend même à partie le lecteur en lui adressant une interjection suivie d'un point d'exclamation, ce qui exprime une énonciation émotionnelle : « *Ah ! Je ne sais rien sans vous leurrer* ». Cet extrait révèle une absence de savoir dans le domaine mais surtout l'étudiant ajoute l'idée de sincérité dans son écrit. Cette formulation, assez atypique, s'inscrit dans un registre plus familier et contraste avec le ton plus distant que l'on trouve généralement sur les autres questionnaires.

1.3.7. Synthèse des facteurs préexistants cognitifs

Il s'agit ici de relever, en amont de la formation, les principales représentations, compétences et connaissances ainsi que la capacité des étudiants à traiter des situations-problèmes mobilisant des notions de statistique.

Les étudiants observés ont une représentation de la statistique axée sur sa fonction productive, instrumentale et utilitariste. Soixante-douze pour cent des réponses obtenues vont dans ce sens. Lorsqu'il leur est demandé d'évoquer la statistique en une phrase, la moitié des réponses (n = 29/57) évoquent la méthode de traitement. De façon générale le lexique employé pour décrire la statistique est majoritairement emprunté aux mathématiques.

S'agissant de la capacité à résoudre un calcul de moyenne pondérée, sur soixante-douze questionnaires récoltés, 47 % des réponses sont conformes aux attendus, 18 % présentent des réponses partielles.

Seuls trois étudiants (4 %) ont donné une réponse attendue à la situation-problème portant sur les connaissances déclaratives relatives à l'écart-type et à la moyenne. La majorité des réponses laisse percevoir une confusion entre l'écart-type et l'étendue d'une distribution.

Enfin, seuls 4 étudiants (5 %) ont montré des capacités à produire une des explications attendues sur le risque d'erreur.

2. Analyse des réponses fournies pour la résolution de S1, S2, S3 et leurs relations quasi-implicatives

Après avoir détaillé la catégorie des non-réponses obtenues aux situations-problèmes S1, S2, S3 nous allons à présent analyser le contenu des réponses. Elles constituent une ressource unique pour identifier et caractériser les connaissances et compétences des étudiants avant la formation. Il s'agira de procéder à l'analyse des réponses obtenues aux trois situations-problèmes proposées, notamment pour repérer les erreurs avérées en statistique. À

la suite de quoi nous croiserons les variables par la mise en oeuvre du logiciel C.H.I.C. pour déterminer les quasi-implications sous-jacentes.

2.1. Les réponses obtenues aux situations-problèmes S1, S2, S3

Le détail des commentaires obtenus se trouve dans les sous-chapitres suivants. Ils fournissent des informations sur le niveau de compétence et de connaissance et la capacité à résoudre un calcul de moyenne pondérée, comme celle de communiquer sur des notions élémentaires. Pour plus de clarté nous avons séparé les résultats selon les trois situations-problèmes S1, S2, S3. Ce sera l'objet des trois sous-parties suivantes.

2.1.1. Les réponses obtenues à la situation-problème S1

Sur les soixante-douze questionnaires récoltés, seuls trente-quatre – soit moins de la moitié des réponses – révèlent des commentaires conformes aux attendus.

	Absence de réponse	Réponse non opérationnelle	Réponse partielle	Réponse attendue
Situation S1	1	24	13	34

TABLEAU 32 – RÉPONSES OBTENUES À LA SITUATION-PROBLÈME S1

À la lecture du tableau ci-dessus, nous constatons que vingt-quatre étudiants ne remarquent pas qu'ils disposent de suffisamment d'informations pour exécuter les calculs. Cinq répondants écrivent qu'ils ne connaissent pas le nombre d'hommes. Ils produisent alors une erreur issue de l'incompréhension de l'énoncé et ne semblent pas maîtriser l'extraction de l'information pertinente. Allant dans le même sens, onze étudiants produisent des calculs qui laissent présager la même déduction. En effet, sept d'entre eux procèdent à un ensemble d'opérations arithmétiques leur permettant d'obtenir le nombre d'hommes qu'il serait possible de transporter dans l'ascenseur dont la capacité maximale est de 700 kg, ce qui diffère nettement de la requête initiale. Onze étudiants fournissent la valeur 70 kg pour le poids moyen du groupe. Si huit étudiants ne détaillent pas le calcul qui leur a permis d'obtenir ce résultat, ils ont certainement calculé le poids moyen d'un homme et d'une femme, soit (60 kg + 80 kg) / 2 = 70 kg, comme cela a été spécifié sur trois questionnaires. Dans ce cas, encore une fois, le nombre exact d'individus à transporter n'est pas pris en compte et les étudiants ne procèdent pas à un calcul de moyenne pondérée mais à une simple moyenne arithmétique. La stratégie de résolution est inappropriée. Cette absence de prise en compte du principe de la pondération se retrouve également chez des étudiants interrogés par Pollatsek *et al.* (1981).

De plus, trois étudiants n'ont pas prélevé les nombres exacts indiqués dans le questionnaire. Par exemple, certains n'ont pas reporté le poids des hommes spécifié dans

l'énoncé. Un étudiant rapporte alors 90 kg au lieu de la valeur 80 kg inscrite. Cette erreur, si elle paraît faible et n'être sans doute qu'une erreur de surface, fausse cependant les résultats obtenus. Un étudiant va jusqu'à restituer 20 kg. Même si le trait d'union de quatre-vingt n'apparaît pas dans l'énoncé, l'étudiant aurait alors pu s'interroger sur la vraisemblance d'une si petite masse qui ne peut pas correspondre à celle d'un homme. Ces exemples révèlent une transposition incorrecte des données. Dans la même lignée, un répondant change l'unité de mesure et indique que le poids moyen des individus est de 70 grammes ! Il arrive aussi, pour douze étudiants, de substituer le poids total au poids moyen en inscrivant que le poids moyen des individus s'élève à plusieurs centaines de kilogrammes (640, 700 ou 720). Cette confusion entre poids total et poids moyen confirme les observations cliniques produites sur un exercice similaire par Bihan-Poudec (2010, p. 90-92). Sa recherche donne lieu à des réponses écrites laissant percevoir l'amalgame entre les deux notions. Dans ce test, ce n'est qu'à la lecture interrogative du résultat par le chercheur que les trois enfants consultés rectifient spontanément verbalement leurs imprécisions initiales. Cette observation révèle que la confusion entre poids total et poids moyen serait due à un simple manque d'attention. Ces erreurs de surface, comme le report erroné des données, peuvent alors être attribuées à « *la distraction de l'esprit fatigué* » pour reprendre l'expression de Bachelard (1938, p. 143).

2.1.2. Les réponses obtenues à la situation-problème S2

Comme il était précédemment indiqué, presque la moitié des étudiants (n = 33/72) ne répondent pas à l'énoncé et parfois le restituent soit entièrement, soit partiellement. Quant à ceux qui complètent le document, vingt-neuf pour cent (n = 21/72) donnent des réponses inappropriées, voire erronées.

	Absence de réponse	Réponse non opérationnelle	Réponse partielle	Réponse attendue
Situation S2	33	21	15	3

TABLEAU 33 – RÉPONSES OBTENUES À LA SITUATION-PROBLÈME S2

La majorité de ces réponses laissent percevoir une confusion entre l'écart-type et l'étendue d'une distribution. Par exemple il est noté :

- Les jeunes couples français ont en moyenne 2 enfants par foyer, les résultats étant entre 1,9 et 2,5 statistiques
- Certains couples ont 0,4 enfants au moins et d'autres ont 4,2 enfants au plus.

Vingt et un répondants établissent un lien entre l'écart-type et la loi normale. Ainsi, cinq répondants dessinent une courbe de Gauss et/ou l'évoquent. Seize étudiants calculent la moyenne plus ou moins l'écart-type. Une fois cette opération effectuée, bien des réponses (n = 14) décrivent explicitement ces données comme les bornes inférieures et supérieures de

la série. Ce calcul nous rappelle la notion d'intervalle de confiance qui permet notamment de répartir les données suivant une loi normale. Dans ce cas, soixante-huit pour cent des observations sont comprises dans l'intervalle : moyenne de plus ou moins un écart-type. Il est probable qu'il y ait un lien entre le type de représentation ci-dessous et les opérations produites par les étudiants.

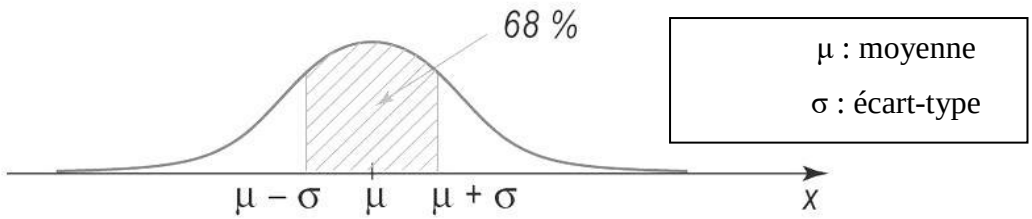


FIGURE 37 – RÉPARTITION DES INDIVIDUS SELON LA LOI NORMALE (GAUSSIENNE)

Comme le montre la figure ci-dessus quand la distribution des individus d'une population obéit à une loi normale alors on trouve soixante-huit pour cent de la population dans l'intervalle [m - σ ; m + σ]

– Un étudiant écrit :

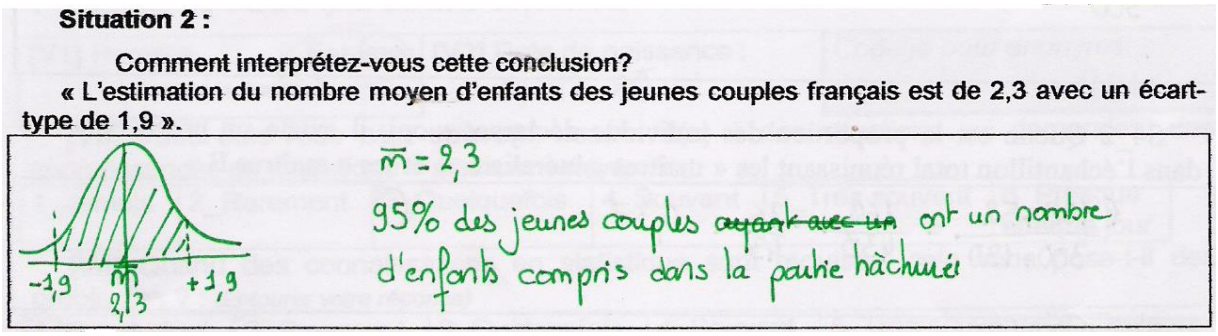


FIGURE 38 – RÉPONSE D'UN ÉTUDIANT

– Un autre étudiant affirme que :

La répartition du nombre d'enfants se fait donc de manière normale.

Pourtant l'énoncé ne permet pas d'établir de telles conclusions puisque rien ne porte à croire que la distribution des données suive une loi normale. Si l'on prolonge ce raisonnement dans un intervalle plus ample, comprenant environ quatre-vingt-quinze pour cent des éléments de la série statistique, la proportion estimée des individus se situe dans l'intervalle : x + ou - 2σ, soit 2,3 + ou - 3,8 enfants. On obtient ainsi une dispersion comprise entre 6,1 et la valeur négative -1,5 enfants.

En calculant la répartition des individus suivant la loi normale, ces étudiants témoignent qu'ils ont déjà abordé la moyenne et à l'écart-type et qu'ils ont assimilé les liens qui unissent les deux notions. Ils établissent également les liens avec la loi normale dite gaussienne. Cependant, malgré un apprentissage préalable, ces étudiants ne les utilisent pas à

bon escient puisqu'ils tirent des conclusions hâtives de la loi de normalité d'une distribution et cela sans en avoir établi le principe et vérifié son fondement. Il aurait alors fallu mettre en application des tests de normalité, ou tout au moins procéder à une rapide estimation pour s'apercevoir que dans cet exemple la distribution ne pouvait pas suivre une loi normale. En tirant des conclusions rapides, quatorze étudiants affirment, sans même vérifier, que la distribution des données suit une loi normale. Ils se positionnent alors dans le registre de la « *vérité* » et affichent donc des erreurs d'appréciation.

2.1.3. Les réponses obtenues à la situation-problème S3

Comme pour la situation-problème S2, la situation-problème S3 n'admet pas une réponse unique mais se présente sous la forme d'une question ouverte qui autorise plusieurs types d'explication. Dès lors, nous trouvons :

	Absence de réponse	Réponse non opérationnelle	Réponse partielle	Réponse attendue
Situation S3	21	23	25	3

TABLEAU 34 – RÉPONSES OBTENUES À LA SITUATION-PROBLÈME S3

Trois étudiants expriment leur impossibilité de répondre à la situation-problème en inscrivant :

> Aucune idée.
> Je ne sais pas.
> Je ne me souviens pas. Le calcul a été effectué à l'aide du khi-deux.

Six étudiants affichent un manque de connaissances et transforment leur réponse en questionnement pour exprimer les points qui leur semblent obscurs.

> Je trouve cela peu pertinent. Quel lien ? 5 % par rapport à quoi ? Je trouve que le climat familial » est un paramètre trop complexe pour être traité par des chiffres, ou alors très décomposé avec des indicateurs, des éléments plus précis.
> Je ne comprends pas « risque de 5 », de quel risque parle-t-on ?
> Risque d'erreur ?
> Que signifie « un risque de 5 % » : marge d'erreur ? Si oui, le lien affirmé dans cette conclusion doit réellement exister. (Illisible)

Une des erreurs itératives consiste à confondre l'expression « risque de 5 % » avec un pourcentage relevant dans ce cas d'un simple calcul de fréquence. Ainsi on peut lire :

> 5 % des enfants des familles défavorisées peuvent réussir à l'école.
> Sur 100 familles cinq seulement attachent de l'importance à suivre le parcours scolaire de leurs enfants et suivent de près leurs études.
> Pour 5 % des enfants le climat familial n'a pas d'importance sur la réussite scolaire.

Les réponses ci-dessus relèvent d'une erreur importante qui consiste à ne pas prendre en compte l'énoncé et à rester au niveau de la statistique descriptive alors qu'il fallait reconnaître qu'il s'agissait de la notion de risque d'erreur. Autrement dit, l'énoncé évoquait le

risque encouru correspondant à la probabilité de commettre une erreur en acceptant ou rejetant l'hypothèse nulle. Les citations ci-dessus montrent que ces étudiants demeurent dans le registre de la vérité et ne se positionnent pas dans celui de la vraisemblance, comme le laissait discerner le questionnaire. Toutes ces réponses sont imprécises ou ne correspondent pas aux explicitations attendues initialement. Ces résultats confirment des difficultés d'appréciation qui requièrent un véritable changement conceptuel pour les surmonter.

2.2. L'analyse statistique implicative (ASI) des résultats obtenus aux situations-problèmes S1, S2, S3

Nous identifierons les similarités entre les scores obtenus aux situations-problèmes S1, S2, S3 dans l'objectif d'examiner les ressemblances entre les réponses obtenues. Cela va nous permettre de considérer les similitudes entre :

- S1 et S2 : permettent de comparer la situation-problème S1 impliquant des connaissances procédurales par le calcul d'une moyenne et la situation-problème S2 mobilisant des connaissances déclaratives sur la moyenne et l'écart-type ;
- S2 et S3 : permettent de comparer la situation-problème S2 mobilisant des connaissances déclaratives sur la moyenne et l'écart-type et la situation-problème S3 mobilisant des connaissances déclaratives sur le risque d'erreur ;
- S3 et S1 : permettent de comparer la situation-problème S3 mobilisant des connaissances déclaratives sur le risque d'erreur et la situation-problème S1 impliquant des connaissances procédurales par le calcul d'une moyenne.

À la suite de quoi nous croiserons ces résultats avec les facteurs préexistants pour contrôler les liens existants entre eux.

2.2.1. Analyse de la similarité des scores obtenus aux situations-problèmes S1, S2, S3

L'arbre des similarités ci-dessous fait nettement apparaître une répartition en trois grandes familles, chacune constituée de quatre variables (Annexe 21). À gauche se regroupent majoritairement des A (S1A, S2A, S3A puis S1B), au centre se trouvent les C et D (S1C, S2D, S3D puis S2C) et à droite se rassemblent les B,C, D (S2B, S3B, S3C puis S1D). Pour mettre en exergue les points saillants, nous présenterons notre analyse selon une classification descendante.

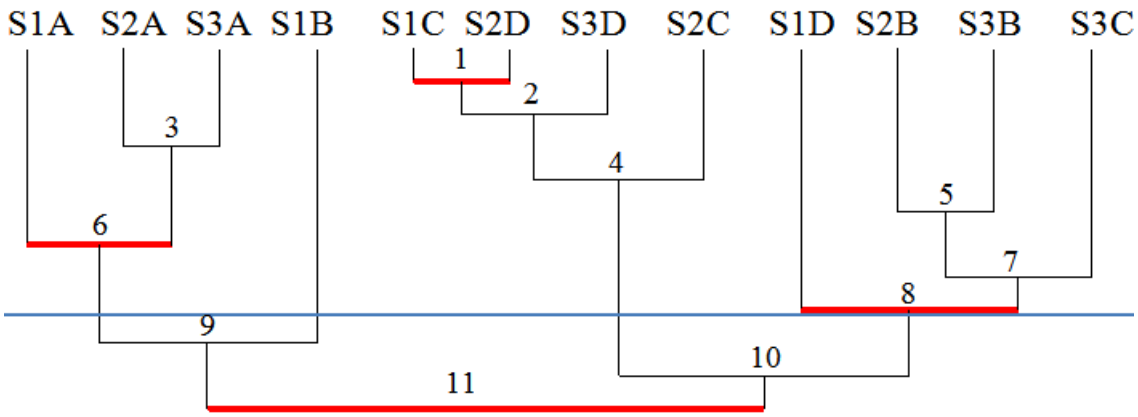


FIGURE 39 – ARBRE DES SIMILARITÉS POUR LA SITUATION-PROBLÈME S1, S2, S3

Le détail de la grille du niveau de compréhension des situations-problèmes S1, S2, S3 se situe Partie 2 session 5.2.2.

- Classification de niveau : 1 : (S1C S2D) similarités : 0,99
- Classification de niveau: 2 : ((S1C S2D) S3D) similarités : 0,99
- Classification de niveau: 3 : (S2A S3A) similarités : 0,97
- Classification de niveau: 4 : (((S1C S2D) S3D) S2C) similarités : 0,94
- Classification de niveau: 5 : (S2B S3B) similarités : 0,91
- Classification de niveau: 6 : (S1A (S2A S3A)) similarités : 0,83
- Classification de niveau: 7 : ((S2B S3B) S3C) similarités : 0,74
- Classification de niveau: 8 : (S1D ((S2B S3B) S3C)) similarités : 0,64

FIGURE 40 – EXTRAIT DES CLASSES RETENUES (SIMILARITÉS > 0,63)

Au centre de l'arbre se dessine une similarité significative, de premier niveau, entre S1C et S2D, ce qui signifie que les étudiants qui répondent partiellement à la situation-problème S1 auront une propension à répondre correctement à la situation-problème S2, puis avec un degré inférieur d'analogie à la situation-problème S3. Cette agrégation par couple de variables montre une ressemblance entre les réponses adéquates et celles qui le sont partiellement.

Sur la gauche de l'arbre se joignent, dans une classe de troisième niveau, les absences de réponses aux situations-problèmes S2 et S3 et avec une moindre intensité à la situation-problème S1. En d'autres termes, il existe une analogie entre les non-réponses. Les étudiants qui ne répondent pas à la situation-problème S3 auront tendance à faire de même à la situation-problème S2 et puis à la situation-problème S1.

Sur la droite de l'arbre, il semble intéressant de noter une ressemblance entre les réponses erronées des situations-problèmes S2 et S3, ce qui signifie que les étudiants qui donnent des réponses non conformes aux questions abordant des connaissances déclaratives sur la moyenne et l'écart-type ont tendance à apporter une réponse inadéquate à la question sur le risque d'erreur. Pour rappel, la lettre B permet d'identifier les difficultés des étudiants et de repérer les compétences encore fragiles, seulement en cours d'acquisition. En revanche, la variante regroupant les réponses inappropriées B pour la situation-problème S1, elle, se trouve très éloignée des autres réponses erronées et rapproche des non-réponses.

Des dissemblances sont donc perceptibles entre les réponses mobilisant des connaissances procédurales et celles sur les connaissances déclaratives alors même que deux énoncés portent sur la même notion de lmoyenne. Ainsi, la question qui impose le calcul obtient un meilleur score que celle qui sollicite l'interprétation d'une conclusion, toutes choses étant égales par ailleurs.

2.2.2. Analyse cohésitive des scores obtenus aux situations-problèmes S1, S2, S3

Comme l'arbre des similarités, l'arbre cohésitif partage les variables en trois groupes distincts.

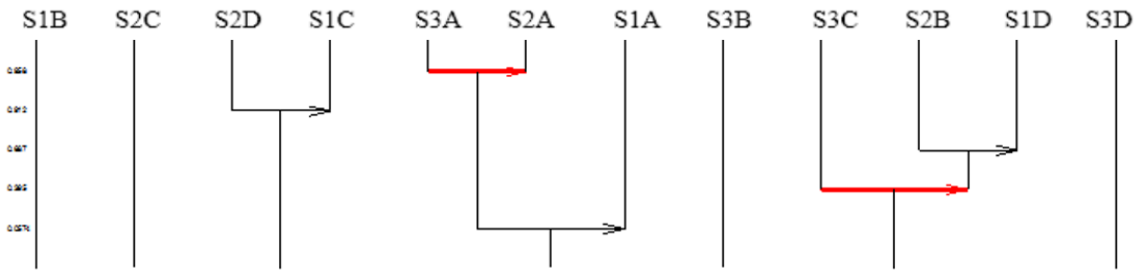


FIGURE 41 – ARBRE COHÉSITIF POUR LES SITUATIONS-PROBLÈMES S1, S2, S3

Cet arbre cohésitif révèle une implication de premier niveau hiérarchique entre les absences de réponses. Ainsi tous les A se trouvent reliés au centre du graphique et vont graduellement de la situation-problème S3 vers la situation-problème S1 avec un degré d'intensité et de significativité plus élevé entre S3A et S2A. En d'autres termes, si un étudiant ne répond pas à la situation-problème S3, il est fort probable qu'il s'abstienne de répondre à la situation-problème S2 puis à la situation-problème S1. Il semble assez cohérent que les étudiants qui laissent la feuille partiellement blanche ou reproduisent incomplètement l'énoncé ou encore signalent leur ignorance, adoptent une démarche similaire pour les deux autres situations-problèmes.

Une cohésion de niveau 2 se situe entre les variables S2D et S1C ce qui signifie que si un étudiant apporte une réponse adéquate à la situation-problème S2, il est fort probable qu'il inscrive une réponse partiellement juste à la situation-problème S1.

Quand la réponse à la situation-problème S3 est partiellement juste cela quasi implique le couple S2B et S1D. Comme précédemment, une cohésion apparaît entre la situation-problème S1 et S2 (à droite de l'arbre) et informe que si un étudiant donne une réponse erronée à la situation-problème S2, il est fort probable qu'il apporte une réponse juste à la situation-problème S1. Ce paradoxe provient certainement de l'inégalité de niveau de difficulté entre les deux énoncés.

2.2.3. La similarité des scores et variables supplémentaires

Pour le logiciel C.H.I.C., toute variable s'identifie par défaut comme principale. Pour faire intervenir des variables descriptives qui ne contribuent qu'aux calculs, il est alors nécessaire de les repérer comme supplémentaires. Pour vérifier les contributions biographiques dans la réussite aux situations-problèmes S1, S2, S3, deux variables supplémentaires sont ajoutées. L'une correspond à l'âge et l'autre restitue le genre des étudiants observés.

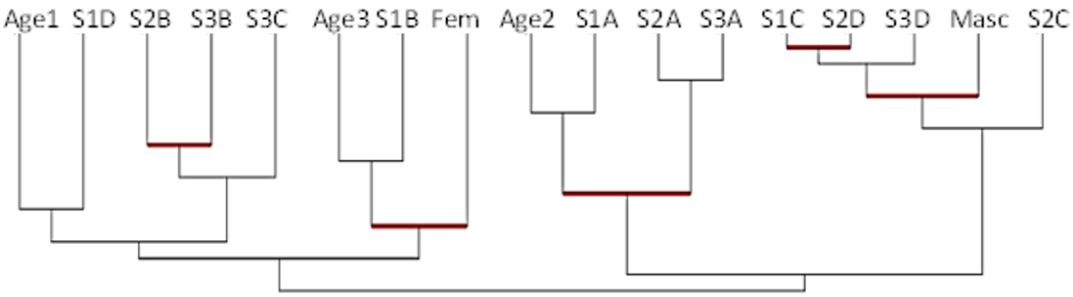


FIGURE 42 – ARBRE DES SIMILARITÉS POUR LA SITUATION-PROBLÈME S1, S2, S3 ET VARIABLE ÂGE

- Contribution à la classe : S1C,S2D,S3D (1,2)
- Groupe optimal : 12M2R_016
- La variable qui contribue le plus à cette classe est Masc avec un risque de : 0,04
- Contribution à la classe : S1A,S2A,S3A (3,6)
- Groupe optimal : 11M2R_004
- La variable qui contribue le plus à cette classe est Fem avec un risque de : 0,15

Ces nouvelles variables supplémentaires laissent apparaître, avec un risque d'erreur de 0,04, que ce sont les hommes qui contribuent le plus à la classe : S1C,S2D,S3D, c'est-à-dire aux réponses adéquates (ou partiellement adéquate pour S1) pour les 3 situations-problèmes proposées. Par ailleurs, ce sont les femmes qui contribuent le plus, avec un risque d'erreur de 0,15, soit statistiquement peu significativement à la classe : S1A, S2A, S3A, c'est-à-dire aux non-réponses. Un tableau inséré en annexes récapitule les résultats obtenus avec le logiciel C.H.I.C. et complète les résultats ci-dessus.

De plus, avec un risque d'erreur de : 0,18, les plus jeunes étudiants (n = 34), qui se trouvent dans l'intervalle [22;30[sont liés aux réponses adéquates (ou partiellement adéquates pour S1), soit à la classe : S1C,S2D,S3D. Concernant les absences de réponses aux trois situations-problèmes, ou non réponses, combinant la classe : S1A, S2A, S3A, c'est la variable âge 3 (n = 17), se rapportant à l'intervalle [40;55[qui contribue le plus avec un risque d'erreur de 0,21, soit statistiquement peu significative.

2.3. Croisement de tous les facteurs préexistants

Après avoir procédé à un traitement à une dimension, soit question par question, nous allons procéder à une analyse multivariée selon un croisement par paires de variables au moyen du logiciel C.H.I.C. basé sur les notions de l'analyse statistique implicative (ASI).

Comme cela a été spécifié précédemment, les variables biographiques se rangent dans la catégorie des variables supplémentaires et n'apparaissent donc pas dans les calculs (Annexe 22). De fait, les tracés se décomposent uniquement en facteurs psychologiques (Annexe 23) et cognitifs (Annexe 24) que nous avons précédemment définis. C'est ce que nous mettrons en évidence dans les paragraphes suivants.

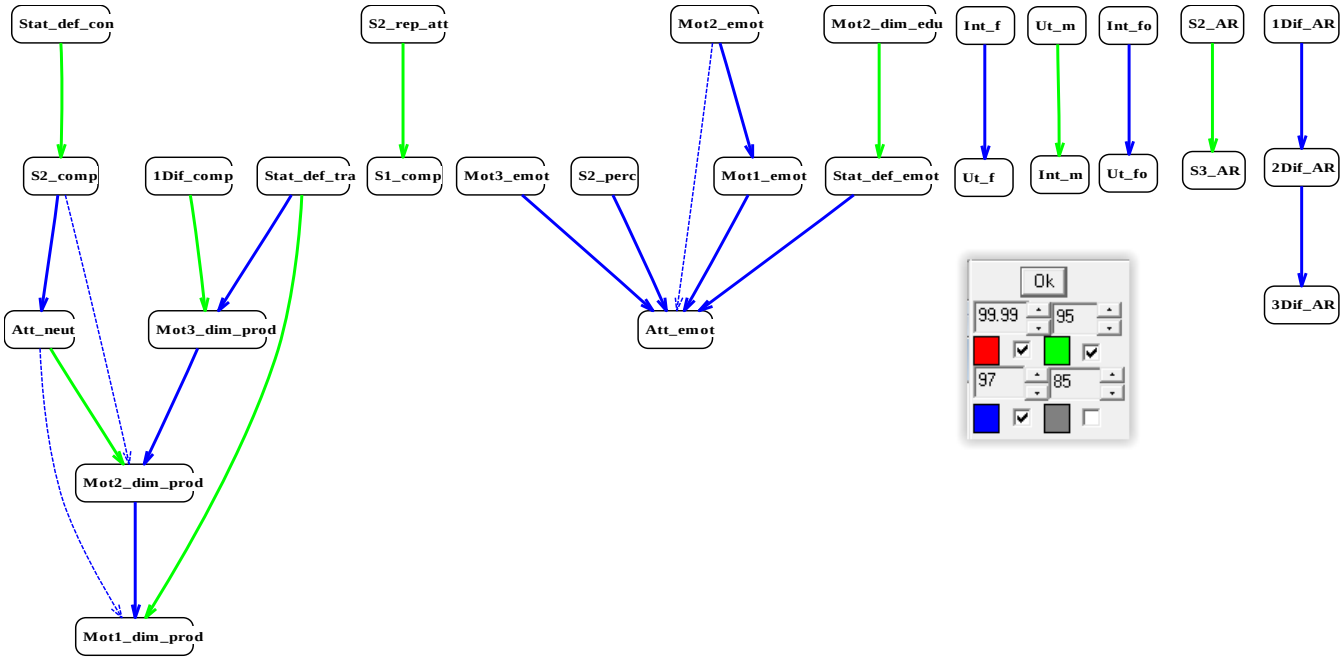


FIGURE 43 – GRAPHE IMPLICATIF GÉNÉRAL REGROUPANT TOUS LES FACTEURS PRÉEXISTANTS

Le graphe implicatif ci-dessus, produit à partir de tous les facteurs préexistants, fait apparaître huit chemins distincts qui contribuent à la presque implication des variables. À cela s'ajoutent trois fermetures transitives représentées en pointillés. Pour tous les couple de variables, il est vérifié s'il existe un parcours permettant de les relier entre-elles. Ainsi si a => b et si b => c se traduit par la fermeture transitive a => c, celle-ci est autorisée « *seulement si* ψ *(a,c)* $\geq$ *0,5, c'est-à-dire si la relation implicative de a sur c est meilleure que la neutralité* » selon Gras (2004, p. 15). Ces premiers résultats affichent une intensité d'implication supérieure à un seuil de 0,95, c'est-à-dire suffisamment puissante pour repérer des règles d'implication. Pour plus de visibilité, les chemins sont reproduits dans le tableau suivant.

N°	Chemins établis
1	Stat_def_con⇒S2_comp⇒Att_neutre⇒ 1Dif_comp⇒ Stat_def_tra⇒ Mot3_dim_prod⇒ Mot2_dim_prod⇒ Mot1_dim_prod
2	S2_rep_att⇒ S1_comp
3	Mot2_emot⇒ Mot1_emot⇒ S2_perc⇒ Mot3 _emot⇒ Mot2_dim_edu⇒ Stat_def_emot⇒ Att_emot
4	Int_f⇒ Ut_f
5	Ut_m⇒ Int_m
6	Int_fo⇒ Ut_fo
7	S2_AR⇒ S3_AR
8	1Dif_AR⇒ 2Dif_AR⇒ 3Dif_AR

TABLEAU 35 – SYNTHÈSE DES HUIT CHEMINS

À la lecture du tableau ci-dessus on note huit chemins distincts qui feront l'objet d'une analyse dans les sections qui suivent.

2.3.1. Facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels

Concernant les facteurs affectifs et émotionnels, il se dégage du graphe implicatif général un lien significatif entre les variables caractérisant l'intérêt et l'utilité sur trois chemins (4 à 6). Le chemin (4) révèle que les étudiants qui rapportent avoir un intérêt faible pour la statistique sont également ceux qui ont le plus de probabilité – avec une forte significativité (indice 0,97) – de trouver un niveau d'utilité faible, et vice versa (indice 0,98). Cette double implication traduit davantage une équivalence qu'une implication. À sa droite, le chemin (5) établit une implication entre l'utilité moyenne et l'intérêt moyen. Il en va de même pour la quasi-implication (indice 0,96) entre les réponses marquant un intérêt fort et celles signalant une utilité forte envers la statistique avec un seuil significatif (indice 0,95). Nous retenons donc une forme d'homogénéité dans le degré d'intensité consigné pour apprécier l'intérêt et l'utilité de l'enseignement de la statistique. Alors que ces deux notions sont bien distinctes, les étudiants montrent une uniformité dans le degré de jugement de valeur porté à leur encontre.

Il est à noter une forte concentration de réponses relevant d'attitudes émotives avec un seuil fortement significatif (indice >0,95) indiqué par le chemin (3). Il s'agit essentiellement des réponses apportées à la variable [V9]. Elles se caractérisent par la considération de la statistique comme une branche difficile, ou par la transmission de sentiments personnels,

relevant d'une faible estime de soi ou d'une compétence perçue négative ou encore par l'inscription de remarques partisanes qu'elles soient défiantes ou, à l'inverse, très confiantes à l'évocation de cette discipline. Ces positions apparaissent très liées dans le graphe implicatif ci-dessus qui trace un chemin à partir des trois mots évoqués et de la phrase inscrite. Il spécifie que les étudiants qui donnent une réponse émotive au deuxième mot seront généralement, avec un seuil très significatif (indice 0,98), ceux qui en font de même pour le premier mot consigné.

Après ce premier constat, il apparaît que ce sont davantage la phrase puis le troisième mot évoquant la statistique que le premier ou le deuxième qui attestent de réponses chargées d'émotivité qui contribuent majoritairement à la modalité représentant l'attitude émotive. Au fil des sollicitations, plus les étudiants exposent leurs vues et plus ils affichent une attitude émotive à l'égard de leur représentation de la statistique. Seule la situation-problème S2, interrogeant les étudiants sur leurs connaissances déclaratives à l'égard de la moyenne et de l'écart-type, paraît quasi impliquer l'attitude émotive et donc a plus de poids que les deux autres situations-problèmes S1 et S3. Dès lors, c'est la situation-problème engageant une réponse déclarative conjointement sur la notion de moyenne et d'écart-type qui provoque le plus d'écrits relevant d'une attitude émotive.

Les chemins (7 et 8) montrent une quasi-implication en regroupant les modalités caractérisées par l'absence de réponses. Ils divulguent une certaine homogénéité significative (indice >0,95) dans ce type de position. Le chemin (7) montre que l'absence de réponse à la situation-problème S2 quasi-implique le même résultat à la situation-problème S3. Dès lors, les situations-problèmes relevant de savoirs déclaratifs rapportent une certaine cohérence dans l'attitude abstentionniste en rendant des questionnaires partiellement non renseignés. Suivant la même logique, le chemin (8) rapproche l'absence de réponse caractérisant les difficultés que les étudiants signalent avoir à affronter lors du cours de statistique. Ainsi, les étudiants qui ne spécifient pas de première difficulté auront tendance à ne pas s'exprimer sur la deuxième difficulté et reproduiront le plus souvent une attitude réservée pour le troisième mot. Les deux chemins décrits dans ce paragraphe font apparaître que l'absence de réaction écrite à la première réponse va avoir de fortes probabilités d'engendrer, par la suite, la même réserve et se répéter pour la sollicitation ultérieure. Cette constatation traduit une forme de persistance dans les absences de réponses à une question.

2.3.2. Facteurs cognitifs

Concernant les facteurs cognitifs, le graphe implicatif général dessine deux chemins distincts de relations quasi-implicatives. Le plus inattendu est le lien marqué sur le chemin (2)

entre la réponse attendue apportée à la situation-problème S2 et l'erreur de compréhension relevée à la situation-problème S1. En d'autres termes, les étudiants qui ont donné une explication juste, reposant sur des savoirs déclaratifs, ont le plus de chance d'être aussi ceux qui démontrent, par ailleurs, des difficultés d'ordre sémantique dans la résolution d'une moyenne pondérée. Nous ne pouvons pas développer davantage cette constatation si ce n'est en pointant que la réussite à la situation-problème S2 quasi-implique des erreurs de compréhension à la situation-problème S1. Tandis que sur le chemin (1) les erreurs de compréhension de la situation-problème S2 paraissent dériver plus directement de l'énonciation de la statistique par une phrase évoquant un moyen de connaissance.

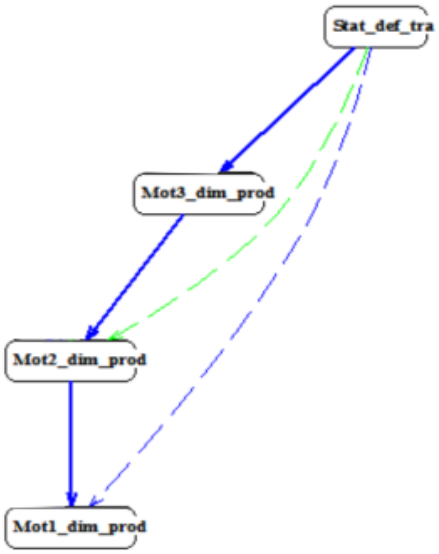


FIGURE 44 – EXTRACTION DES VARIABLES ÉVOQUANT LA STATISTIQUE

L'extraction du parcours ci-dessus confirme un lien fort (indice 0,95) entre la phrase évoquant la méthode de traitement de données et les trois mots évoquant la statistique selon sa dimension productive. Cette dernière renferme des termes comme « *chiffre* », « *mathématiques* » ou « *calculs* », et contient la fonction instrumentale ainsi que la fonction utilitaire, comme nous l'avons décrit au premier chapitre. Cependant, cette caractéristique apparaît suivant un ordre décroissant ce qui signifie que plus les étudiants inscrivent des mots et moins ils la citent. Ces résultats restent assez cohérents avec les conclusions précédentes ce qui permet de confirmer l'uniformité de réponses qualifiant la statistique dans sa dimension productive, notamment en valorisant la mise en œuvre de calculs et atteste d'une représentation majoritairement focalisée sur sa forme mathématique. Cette constatation est en adéquation avec l'observation d'un fort taux de réponses liées aux mathématiques ou à des objets de mathématiques (Régnier, 2005, p. 14). Elle corrobore plusieurs recherches relatives aux définitions de la statistique dont les résultats mettent majoritairement l'accent sur les techniques (Reid et Petocz, 2002) ou des conceptions de la statistique fragmentées,

déconnectées d'autres connaissances et séparées des objectifs et des vies des étudiants (Gordon, 2004, p. 51).

2.3.3. Imbrication entre les facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels et cognitifs

Les chemins (1) et (3) rapportent les réponses sur la phrase et les mots évocateurs de la statistique, quasi impliquant l'attitude des étudiants. Le rapprochement entre des facteurs psychologiques et cognitifs semble évident dans ce contexte d'étude vu que l'attitude neutre et l'attitude émotive ont été générées à partir des réponses apportées aux variables relatives aux termes suggérant la statistique. Cependant, le chemin (1) révèle que l'évocation de la statistique par une phrase décrivant un moyen de connaissance aura tendance à produire une erreur de compréhension à la situation-problème S2. Cette dernière est quasi-impliquée à des réponses relevant d'une attitude neutre durant la rédaction du questionnaire. Il est également intéressant de remarquer, à gauche de la figure générale, que l'attitude neutre se subdivise en deux ramifications accolant les premiers mots se rapportant conjointement à la dimension productive. Ce qui signifie que ce sont les étudiants qui donnent des réponses neutres, c'est-à-dire sans charge émotive, qui auront tendance à rapporter la statistique selon sa dimension productive au détriment des autres dimensions.

En résumé, le graphe implicatif général, regroupant tous les facteurs individuels préexistants, montre une certaine homogénéité dans les réponses relatives au degré d'intensité spécifié pour qualifier l'intérêt et/ou l'utilité de l'enseignement de la statistique. Quant à l'attitude émotive elle apparaît très liée à la phrase, puis au troisième, au second et au premier mot évoquant la statistique ce qui permet de remarquer que plus les étudiants délivrent leurs représentations et plus ils inscrivent des expressions relevant d'une attitude émotive. Par ailleurs, l'absence de réponse à un item aura plus de probabilité de n'engendrer aucun renseignement aux items suivants, ce qui traduit une forme de persistance dans les absences de réponses. Plus surprenant est que la réussite à la situation-problème S2 quasi implique des erreurs de compréhension à la situation-problème S1, alors que les erreurs de compréhension de la situation-problème S2 paraissent dériver plus directement de l'énonciation de la statistique par une phrase évoquant un moyen de connaissance. Toutefois, en termes d'occurrences dans le graphe implicatif général, les réponses qualifiant la statistique dans sa dimension productive sont surreprésentées, ce qui confirme une représentation de la statistique focalisée sur sa dimension mathématique tout en témoignant d'une uniformité dans les réponses des étudiants. Ce sont les étudiants qui donnent des réponses neutres, c'est-à-dire

sans charge émotive, qui auront davantage tendance à rapporter la statistique selon sa dimension productive au détriment des autres dimensions.

3. Analyse des facteurs préexistants chez les apprenants et les réussites des activités

Il s'agit à présent de détailler les résultats provenant des traces numériques récoltées durant les TD (Annexe 25). Pour résumer les diverses activités effectives observées il a été effectué un découpage en copies d'écran qui ont donné lieu à une classification en opérations réparties dans des catégories (Annexe 26). Ce remaniement des traces brutes met en exergue treize catégories décrites dans la deuxième partie. De cette répartition nous avons regroupé les activités en fonction des capacités de manipulation, d'application et d'interprétation qu'elles mobilisent chez les étudiants. Ce sont ces activités qui ont permis de distinguer les étudiants qui réussissaient le mieux les tâches prescrites. Ces résultats seront croisés avec les facteurs préexistants pour vérifier en quoi ils pourraient participer à la réussite des activités.

3.1. Les liens entre réussite des activités et les facteurs préexistants

Avant de passer à la réussite des activités de TD, il semble nécessaire de décrire les diverses activités effectuées par les étudiants pour délimiter les tâches sur lesquelles s'appuie la réussite. Par la suite il sera vérifié les liens entre les réussites et les facteurs préexistants.

3.1.1. Les activités effectuées par les étudiants

Plusieurs tableaux descriptifs des traces collectées figurent en annexes. Leur lecture permet d'identifier une grande diversité d'organisation pour chaque poste. L'essentiel de la répartition des activités effectives est synthétisé ci-dessous.

Activités	Occurrences	Moyenne	Écart-type (N)	Minimum	Maximum	Médiane
1_oulog	2363	59,08	50,24	3	183	45
2_imexp	1616	40,40	38,58	0	164	27
3_eftri	1769	44,23	55,84	0	237	26
4_outri	140	3,50	3,74	0	14	2
5_ouhis	255	6,38	11,46	0	41	0
6_efcor	195	4,88	5,87	0	20	1
7_oucor	46	1,15	1,74	0	6	0
8_eftes	2298	57,45	75,36	0	237	5
9_outes	343	8,58	15,04	0	45	0
10_efacp	1433	35,83	24,48	0	124	32
11_ouacp	182	4,55	3,61	0	12	4
12_horss	30	0,75	2,09	0	13	0
13_ernum	114	2,85	3,83	0	15	2

La codification des différentes activités effectuées par les étudiants se trouve Partie 2 – session 5.3.2

TABLEAU 36 – LES ACTIVITÉS EFFECTUÉES PAR LES ÉTUDIANTS DURANT LES TD

La lecture du tableau ci-dessus fait apparaître une grande disparité entre les différentes activités effectives. Quatre moyennes se démarquent nettement des autres. Elles correspondent, par ordre d'apparition, tout d'abord aux tâches digitales annexes d'ouverture du logiciel et de la filière (1_oulog), d'importation puis d'exportation des données (2_imexp), ensuite elles s'appliquent à la mise en œuvre du tri à plat (3_eftri), d'autre part elles incluent la pratique d'un test paramétrique (8_eftes). Cette dernière tâche correspond à la dispersion la plus ample (s = 75,36), bien supérieure à sa moyenne (m = 57,45), ainsi qu'à la plus grande occurrence (ni = 237) ce qui indique une grande hétérogénéité dans son accomplissement. Excepté la première activité, toutes les autres obtiennent un minimum de 0 ce qui signifie que certains étudiants ne les ont pas effectuées.

De plus, les étudiants sont assez concentrés sur les tâches à effectuer et ne s'écartent guère de celles attendues, puisque seuls trente événements, soit moins d'un pour cent des activités effectives se rapportent à des activités éloignées de la tâche prescrite (12_horss). C'est en effet l'activité qui compte le moins d'occurrences.

Pour une meilleure visibilité des activités effectives nous les regroupons dans trois nouvelles classifications permettant de distinguer les capacités de manipulation, d'application et d'interprétation qu'elles mobilisent chez les étudiants (Annexe 27).

Variable	Moyenne	Écart-type	Mini	Maxi	Occurrence	Coef. de variation	Médiane
Manipulation	99,48	81,94	3	347	3 979	0,82	74
Application	142,38	130,34	16	531	5 695	0,91	115
Interprétation	24,15	22,54	0	71	966	0,93	12

TABLEAU 37 – LES ACTIVITÉS DE MANIPULATION, D'APPLICATION ET D'INTERPRÉTATION OBSERVÉES

Le tableau ci-dessus, complété par des calculs insérés en annexes, révèlent que les activités d'application, soit de mise en œuvre des calculs, sont celles qui sont les plus effectuées (*f* = 0,54), puis viennent les activités de manipulation (*f* = 0,37) et enfin avec une faible proportion se dégagent les activités d'analyse et d'interprétation (*f* = 0,09) c'est-à-dire celles qui mobilisent la capacité de raisonnement.

3.1.2. La réussite des activités

Comme cela a été mentionné dans la deuxième partie, partant des activités réussies (Annexe 28), il a été calculé le taux de réussite des activités (Annexe 29) concernant les quatre catégories définies.

En fonction de leur réussite les étudiants sont classés dans deux groupes distincts selon les critères et indicateurs mentionnés en deuxième partie. Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux insérés en annexes (Annexes 30-31-32). Il fait apparaître des disparités entre étudiants dans les quatre modalités de réussite prédéterminées.

– Le taux de rapidité est mesuré par rapport au temps passé pour réussir des activités.
– Le taux d'efficacité est calculé par rapport au nombre d'activités de statistique réussies.
– Le taux d'activités de raisonnement est extrait de la réussite de tâches complexes d'interprétation qui mobilisent davantage le raisonnement.
– Le taux de développement désigne l'augmentation de connaissances et de compétences entre le début et la fin de la formation.

Ces catégories nous permettent d'extraire systématiquement deux groupes de même effectif. Pour ce faire, nous partons de la médiane : les valeurs qui lui sont supérieures sont regroupées dans la catégorie « *réussite forte* » et celles inférieures vont dans la catégorie « *réussite faible* ».

3.1.3. Les facteurs préexistants les plus déterminants dans la réussite des activités

Le traitement statistique par régression logistique multinomiale porte sur les indices de rapidité, d'efficacité, de raisonnement et de développement. Afin de synthétiser les données, les variables ont été regroupées et seules celles qui sont statistiquement significatives sont rapportées dans le tableau ci-dessous tandis que celles restituant les aspects complémentaires se trouvent en annexes.

	Rapidité				Efficacité				Raisonnement				Développement			
Variables	Khi²	Pr>Khi²	*	OR	Khi²	Pr>Khi²	*	OR	Khi²	Pr>Khi²	*	OR	Khi²	Pr>Khi²	*	OR
Age2	5,24	0,02	**	0,01	0,22	0,64		**1,87**	3,86	0,05	**	**29,54**	0,68	0,41		**4,54**
Bac_sc	3,21	0,07	*	0,02	2,06	0,15		**12,05**	0,00	0,97		**1,05**	5,70	0,02	**	**77,14**
Bac_ecs	2,81	0,09	*	0,02	1,92	0,17		**11,60**	0,42	0,52		0,41	1,88	0,17		**9,06**
Bac_etr	0,57	0,45		0,15	3,36	0,07	*	**79,66**	1,06	0,30		**9,00**	0,84	0,36		**6,39**
Dif_appl	0,00	1,00		**1,01**	0,20	0,65		0,63	3,55	0,06	*	0,12	0,13	0,71		0,66
Stat_def_con	0,23	0,63		0,49	2,81	0,09	*	**19,94**	0,09	0,76		0,62	0,02	0,88		0,78
S1_appl	1,68	0,20		**6,59**	3,57	0,06	*	0,07	1,41	0,24		0,19	0,00	0,99		

▪ La colonne **Khi² de Wald** suit une loi du khi-deux avec DDL = 1
▪ La colonne ***** symbolise la significativité du Khi² de Wald : *p ≤ 0,1 (ou ns) **p ≤ 0,05 ***p ≤ 0,01
▪ La colonne **OR** pour odds ratio représente le rapport des chances de réussite, ceux >1 sont notés en gras

TABLEAU 38 – LES FACTEURS PRÉEXISTANTS BIOGRAPHIQUES INTERVENANTS DANS LA RÉUSSITE

Le tableau ci-dessus révèle les sept variables les plus liées avec nos critères de réussite des activités. L'interprétation des résultats se porte donc davantage sur l'âge, le type de baccalauréat, les difficultés évoquées à l'égard de la statistique et son évocation par une phrase et la situation-problème S1. Il ressort que les étudiants situés dans l'intervalle moyen [30;40[présentent un lien de dépendance significatif avec l'indice de rapidité ($p = 0,02$) et celui de raisonnement ($p = 0,05$) au risque α. Concernant le critère de rapidité, l'odds ratio

étant inférieur à un (OR = 0,01), il ne permet pas d'identifier la probabilité de réussite mais de repérer que ce sont les étudiants ayant entre 30 et 40 ans qui ont majoritairement environ dix fois moins de chance d'être rapides dans l'exécution des tâches. En revanche, ce sont également eux qui auront presque trente fois plus de chances de réussir les tâches mobilisant le raisonnement. Les deux constats peuvent éventuellement s'expliquer par la présence de nombreux étudiants étrangers dans cette tranche d'âge ; en effet, leur difficulté à comprendre la langue pourrait les ralentir dans l'exécution des tâches. En revanche, ils auraient plus de dispositions pour réussir les tâches complexes d'interprétation qui mobilisent davantage la capacité de raisonnement. De plus, il nous semble que deux raisons pourraient éventuellement expliquer ce constat ; d'une part ils ont éprouvé une sélection importante pour obtenir une bourse d'études et d'autre part ils se sont engagés dans une démarche active d'orientation. Nous ne développerons pas davantage ces points qui resteront à l'état de présupposé.

Le tableau révèle de plus que ce sont les étudiants ayant obtenu un baccalauréat scientifique qui ont une plus importante capacité de développement ($p = 0,02$) au risque α. En d'autres termes, ce sont eux qui présentent le plus de changements conceptuels entre le début et la fin de la formation. Ce résultat est confirmé par un odds ratio très élevé (OR = 77,14) qui indique que les titulaires d'un baccalauréat S ont soixante-dix-sept fois plus de chances de réussite de développement que leur camarade de promotion. Il se dessine aussi une tendance, moins significative selon le risque raisonnable (≤ 5 %) communément admis, mais que la convergence des variables relatives au type de baccalauréat nous permet de signaler comme intéressante. Ainsi, le tableau permet de remarquer ($p = 0,07$) que les étudiants issus de la filière scientifique ont cinq fois moins de chance (OR = 0,02) d'exécuter rapidement les tâches que leurs camarades. Il en va de même pour ceux qui proviennent d'un baccalauréat économique et social ($p = 0,09$). Quant aux étudiants possesseurs d'un diplôme étranger, ils auront proportionnellement ($p = 0,07$) plus de chances d'être efficaces que leurs camarades français.

Le tableau ci-dessus permet de remarquer la tendance qui se dessine ($p = 0,06$) entre la difficulté perçue relative aux tâches d'application et les activités effectives correspondant à celles mobilisant le raisonnement. En effet, ce sont les étudiants qui appréhendent le plus les calculs et les procédures de leur mise en œuvre qui auront environ huit fois moins de chances (OR = 0,12) de réussir les tâches qui mobilisent le raisonnement.

Quant aux variables de nature cognitive, deux d'entre elles laissent percevoir le début d'un lien ($0,07 \leq p \leq 0,09$) avec les critères de réussite. Il s'agit de l'évocation de la statistique par une phrase et de la situation-problème S1 rapportant la mise en œuvre d'une moyenne

pondérée. Autrement dit, ce sont les étudiants qui décrivent la statistique selon un moyen de connaissance qui auront presque vingt fois plus de chances (OR = 19,94) de réaliser le plus d'activités de statistique. Il s'avère que ce sont les étudiants qui font le plus d'erreurs de calculs à la première situation-problème S1 qui auront le moins de chances (OR = 0,07) d'êtrel efficaces que leurs camarades.

En résumé, les étudiants issus des baccalauréats S et ES ont proportionnellement moins de chances d'être rapides que leurs camarades alors que les étudiants ayant entre 30 et 40 ans ont proportionnellement plus de chances d'être rapides dans l'exécution des tâches que leurs camarades plus jeunes ou plus âgés. Ce sont les étudiants titulaires d'un baccalauréat scientifique qui présentent le plus de changements conceptuels entre le début et la fin de la formation et possèdent donc la plus importante capacité de développement. Les étudiants étrangers ont plus de chances d'être efficaces que leurs camarades français. Ce sont les étudiants qui appréhendent le plus les calculs et les procédures de leur mise en œuvre qui moins de chances de réussir les tâches qui mobilisent le raisonnement. Enfin, ce sont les étudiants qui font le plus d'erreurs de calculs à la première situation-problème S1 qui auront le moins de chances d'être efficaces que leurs camarades.

3.2. Les facteurs préexistants biographiques et culturels

L'objectif de ce chapitre est d'établir les liens entre variables et de mettre en évidence les facteurs préexistants les plus déterminants dans la réussite des activités. Il s'agit dans un premier temps de mettre en œuvre des Analyses des Correspondances Multiples (ACM) pour arriver à réduire les variables initiales et n'en retenir que les essentielles. La méthode consiste à établir l'axe sur lequel le nuage se déforme le moins en projection, c'est-à-dire à repérer celui qui restitue la part la plus importante de l'information par l'inertie totale (Annexe 33). La même méthode s'effectue pour le deuxième axe. Les coordonnées des points sont projetées sur un graphique délimitant les deux axes factoriels principaux permettant une représentation réduite à l'essentiel. Pour la lecture du graphique, il suffit de regarder la position de chaque variable pour déterminer la force des associations signalée par la proximité.

Dans les paragraphes qui suivent nous présenterons les résultats relatifs aux variables biographiques. Dans un premier temps, il sera exposé la part d'inertie pour mettre en évidence la proportion des contributions sur chaque axe. Dans un deuxième temps, il sera vérifié les proximités entre variables. Enfin, dans un troisième temps, il sera établi leur dispersion.

3.2.1. La part d'inertie des variables biographiques

Les facteurs biographiques renseignant sur le contexte sont immuables et considérés comme illustratifs et se rangent dans la catégorie des variables supplémentaires. Ils n'entrent donc pas dans les calculs mais ne sont pas pour autant définitivement éliminés puisqu'ils restent visibles dans les divers graphiques.

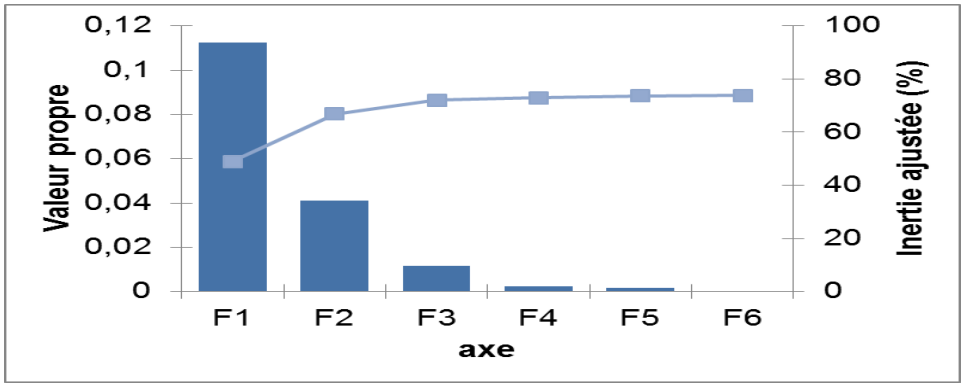


FIGURE 45 – VALEURS PROPRES ET PART D'INERTIE DES VARIABLES BIOGRAPHIQUES

Le graphique ci-dessus permet de mettre en évidence la concentration des informations sur les trois premiers axes qui rassemblent presque les trois quarts de la variabilité (72,01 %) alors que les axes suivants apparaissent nettement moins influents sur la variabilité de la distribution des données.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valeur propre	0,47	0,36	0,29	0,24	0,23	0,21
Inertie ajustée	0,11	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
Inertie ajustée (%)	48,99	17,93	5,10	0,98	0,74	0,07
% cumulé	48,99	66,92	72,01	72,99	73,73	73,80

TABLEAU 39 – VALEURS PROPRES ET POURCENTAGES D'INERTIES DES MODALITÉS BIOGRAPHIQUES

Il est important de préciser que, contrairement à ce qui se produit pour une AFC, lors d'une AFM la valeur de l'inertie n'a aucune incidence sur la qualité de la représentation. Elle dépend en effet exclusivement des variables et du nombre de modalités. Dès lors, le logiciel de traitement de données propose une inertie ajustée, comme le préconisent Greenacre et *al.* (2005), dans le but de se rapprocher au plus près de la réalité.

3.2.2. Les proximités entre facteurs préexistants biographiques

Le plan factoriel ci-dessous projette conjointement sur un même graphique les variables selon les deux premiers axes, considérés comme les plus influents. L'axe horizontal (F1) et l'axe vertical (F2) contribuent respectivement à 48,99 % et 17,93 %. Ces deux axes réunissent ainsi 66,92 % de la variabilité ; dès lors l'axe horizontal représente presque la moitié de l'inertie ajustée. Pour plus de lisibilité nous avons ajouté des ellipses bleues qui englobent les variables les plus proches.

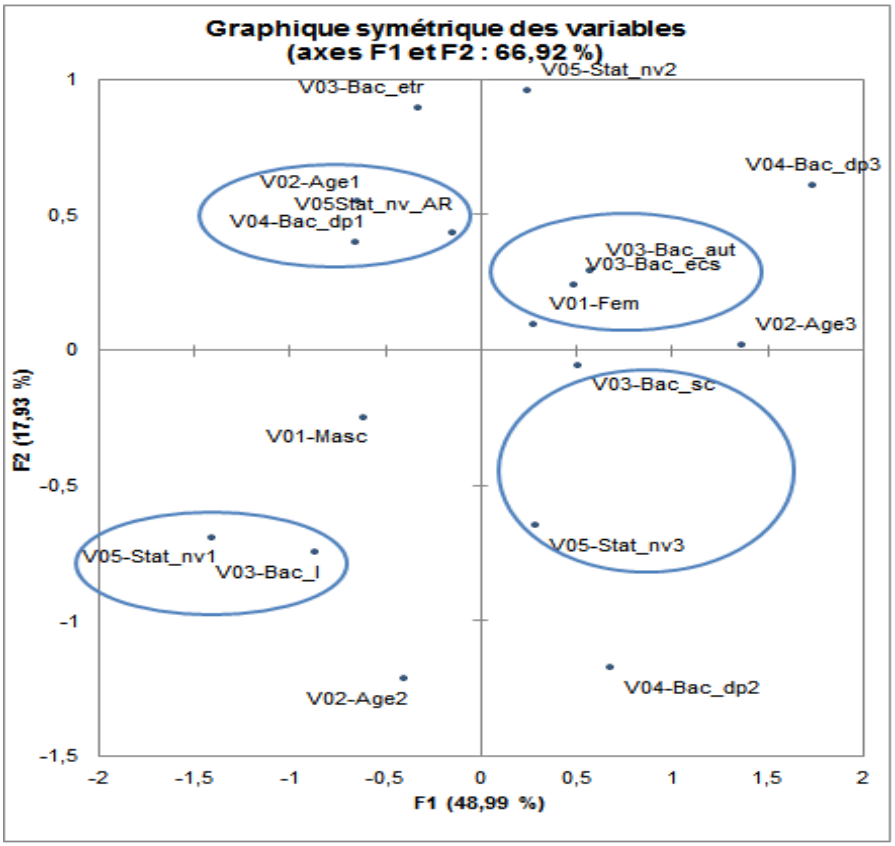


FIGURE 46 – GRAPHIQUE SYMÉTRIQUE DES VARIABLES BIOGRAPHIQUES SELON LES DEUX PREMIERS AXES

Sans surprise, le graphique symétrique ci-dessus confirme qu'il existe un lien entre l'âge et la durée écoulée depuis l'obtention du baccalauréat. Il n'est pas étonnant de noter que les étudiants les plus jeunes sont aussi ceux qui ont obtenu leur baccalauréat depuis moins de quatorze ans.

Le graphique ci-dessus fait apparaître la modalité femme en haut à droite du nuage de points. Elle se situe à côté du baccalauréat économique et social puis elle avoisine les autres types de baccalauréat qui correspondent aux baccalauréats technologiques et professionnels. À l'opposé, les hommes apparaissent assez isolés en bas à gauche. Juste en dessous, il est intéressant de noter que les étudiants issus d'un baccalauréat littéraire sont à rapprocher de ceux qui ont indiqué avoir un niveau baccalauréat pour désigner le diplôme le plus élevé comportant de la statistique. Peu présente – voire parfois absente – dans leur cursus secondaire, cette discipline n'aurait pas été prolongée dans le cadre de leur poursuite d'études universitaires. À l'inverse, en bas à droite du nuage de points se situent les étudiants issus d'un baccalauréat scientifique qui tendent à répondre avoir reçu un enseignement comportant de la statistique en Master 1. De sorte, ce seraient les étudiants qui auraient majoritairement reçu l'enseignement en statistique potentiellement le plus important – et cela dès le lycée – qui prolongeraient cette discipline jusqu'au niveau baccalauréat plus quatre. Selon les réponses des étudiants, le type de baccalauréat obtenu tendrait à influencer le choix des unités

d'enseignement (UE) suivies ultérieurement. Il a donc un impact fort et double sur la formation et cela même cinq ans après son obtention. Ces résultats sont à mettre en lien avec l'enquête de Fouquet (2013) qui révèle combien la série du baccalauréat et l'âge de son obtention seraient déterminants dans l'obtention de la licence. Les effets de la série se percevraient sur tout le parcours universitaire, comme le mentionnent Jaoul-Grammare et Nakhili (2010).

3.2.3. Les dispersions entre facteurs préexistants biographiques

Pour plus de visibilité nous avons relié par des lignes les variables qui contribuent le plus aux deux premiers axes. Il s'agit des variables sur l'âge, la durée entre l'obtention du baccalauréat et la date de passation du questionnaire ainsi que le diplôme le plus élevé comportant de la statistique.

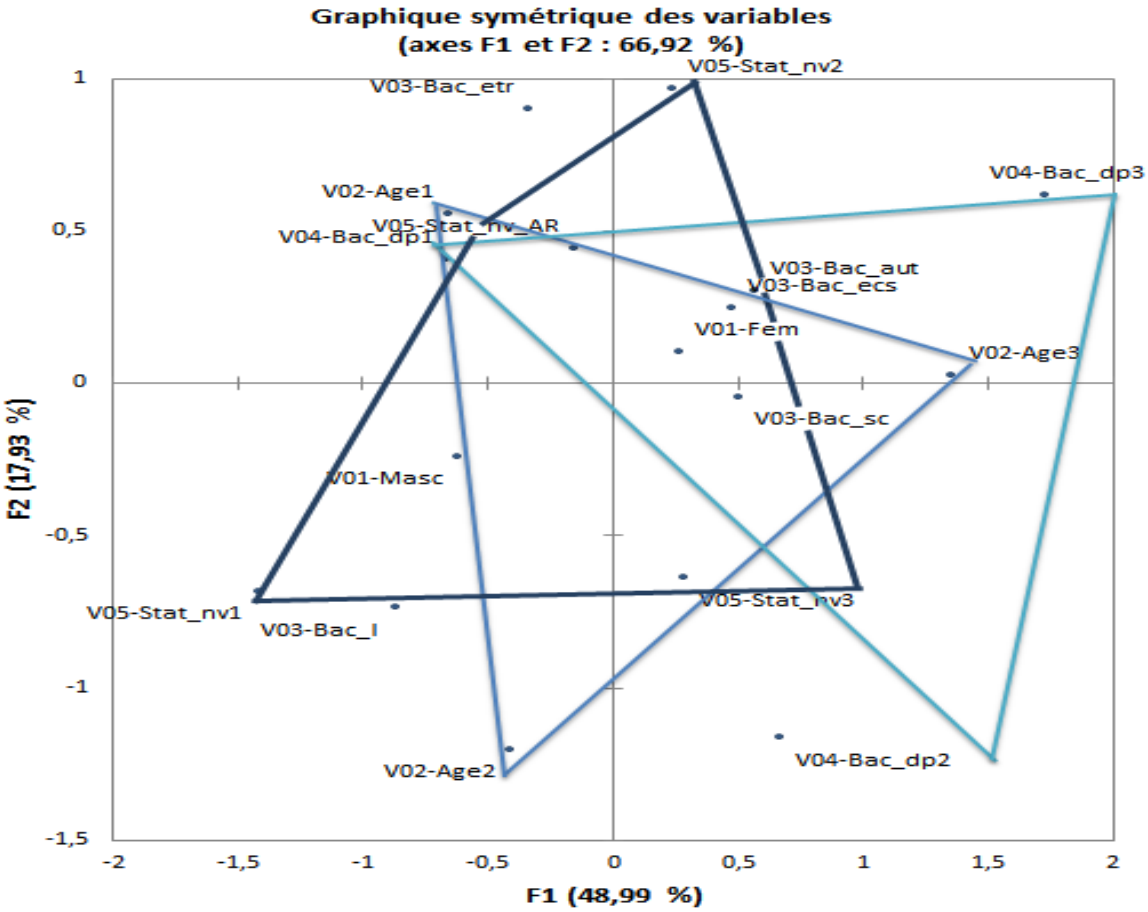


FIGURE 47 – GRAPHIQUE SYMÉTRIQUE DES VARIABLES BIOGRAPHIQUES SELON LES DEUX PREMIERS AXES

Selon le graphique symétrique ci-dessus, les trois classes d'âge s'organisent sur différents axes et les modalités décrivant les différents baccalauréats se répartissent sur les quatre angles. Il en va de même pour les réponses relatives au diplôme le plus élevé comportant de la statistique qui apparaissent également très éparpillées. Les variables qui ont le plus contribué aux deux premiers axes sont aussi celles qui distinguent le plus les étudiants.

3.3. Analyse des Correspondances Multiples (ACM) des facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels

L'objectif de ce chapitre est de présenter les résultats relatifs aux variables psychologiques. Dans un premier temps il sera exposé la part d'inertie pour mettre en évidence la proportion des contributions sur chaque axe. Dans un deuxième temps il sera vérifié les proximités entre variables. Enfin, dans un troisième temps, il sera établi leur dispersion.

3.3.1. La part d'inertie entre facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels

Le diagramme en bâtons ci-dessous détaille les valeurs propres et la courbe trace l'inertie ajustée et cumulée de chaque axe.

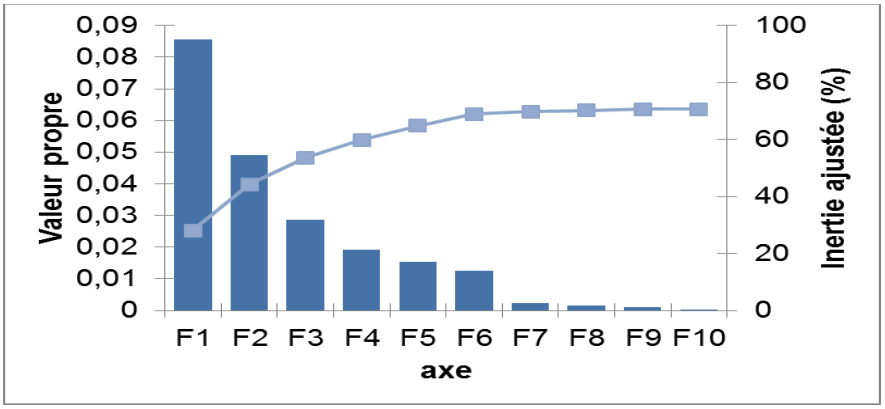


FIGURE 48 – VALEURS PROPRES ET PART D'INERTIE DES VARIABLES PSYCHOLOGIQUES

Cette représentation met en évidence que l'on obtient un peu plus de la moitié des résultats (53,59 %) en additionnant les trois premiers axes. Nous nous en tiendrons aux deux premiers pour mettre en évidence les variables les plus influentes.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valeur propre	0,39	0,33	0,29	0,26	0,25	0,24
Inertie ajustée	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01
Inertie ajustée (%)	28,10	16,10	9,39	6,27	5,01	4,09
% cumulé	28,10	44,20	53,59	59,86	64,86	68,95

TABLEAU 40 – VALEURS PROPRES ET POURCENTAGES D'INERTIE DES VARIABLES PSYCHOLOGIQUES

3.3.2. Les proximités entre facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels

Le plan factoriel ci-dessous projette conjointement sur un même graphique les variables selon les deux premiers axes, considérés comme les plus influents. L'axe horizontal (F1) et l'axe vertical (F2) contribuent respectivement à 28,10 % et 16,10 %. Ainsi, ces deux premiers axes agrègent 44,20 % de la variabilité ce qui témoigne d'une importante hétérogénéité dans les réponses obtenues. Pour plus de lisibilité, nous avons ajouté des ellipses bleues qui englobent les variables les plus proches.

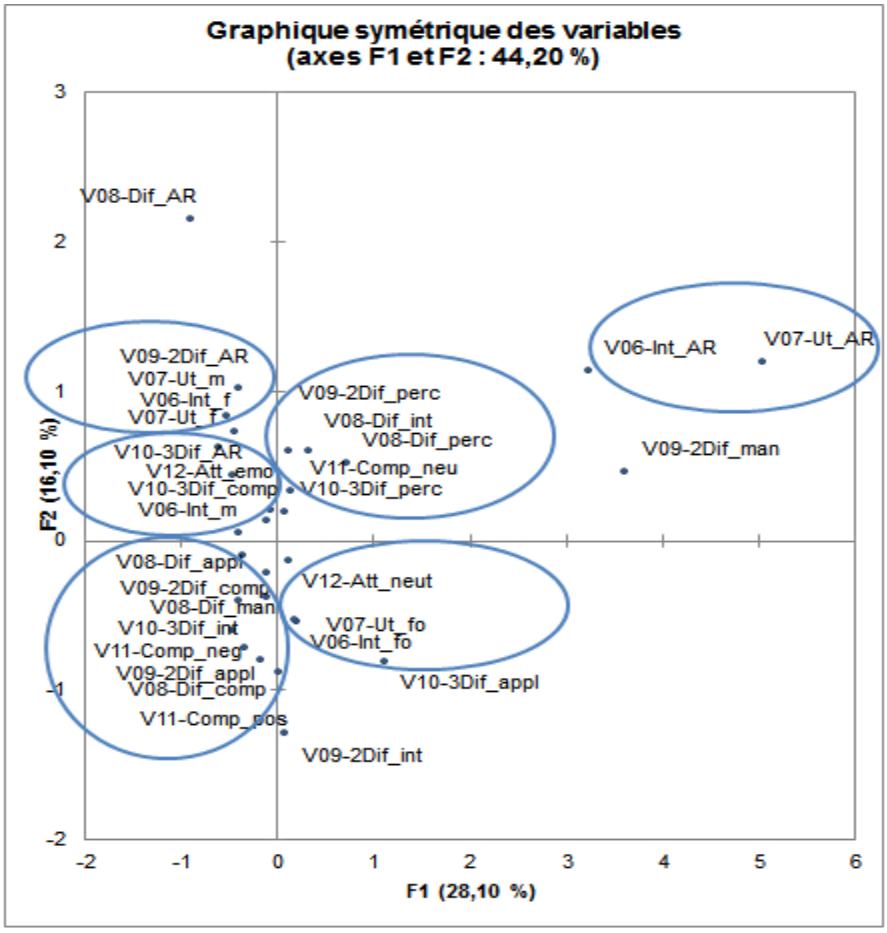


FIGURE 49 – GRAPHIQUE SYMÉTRIQUE DES VARIABLES PSYCHOLOGIQUES SELON LES DEUX PREMIERS AXES

Le graphique confirme le rapprochement que l'on peut établir entre les réponses sur l'intérêt et celles sur l'utilité. Ainsi, les questions sur le jugement porté à une formation en statistique présentent une grande homogénéité dans l'intensité des réponses. Les étudiants qui trouvent un intérêt personnel fort auront tendance à accorder conjointement une forte utilité à l'enseignement de la statistique. Il apparaît également que c'est ce groupe qui révèle le plus de proximité avec les étudiants qui présentent une attitude neutre et distancée en répondant avec une certaine réserve émotionnelle pour évoquer la statistique. À l'inverse, ceux qui démontrent une attitude émotive pencheront davantage pour un intérêt moyen voire faible d'un enseignement de la statistique.

3.3.3. Les dispersions entre facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels

Pour plus de visibilité, nous avons relié par des lignes bleues les variables qui contribuent le plus aux deux premiers axes. Il s'agit des variables sur l'intérêt et l'utilité d'un enseignement de la statistique ainsi que celle sur la deuxième difficulté majeure que les étudiants estiment avoir à affronter durant le cours de statistique.

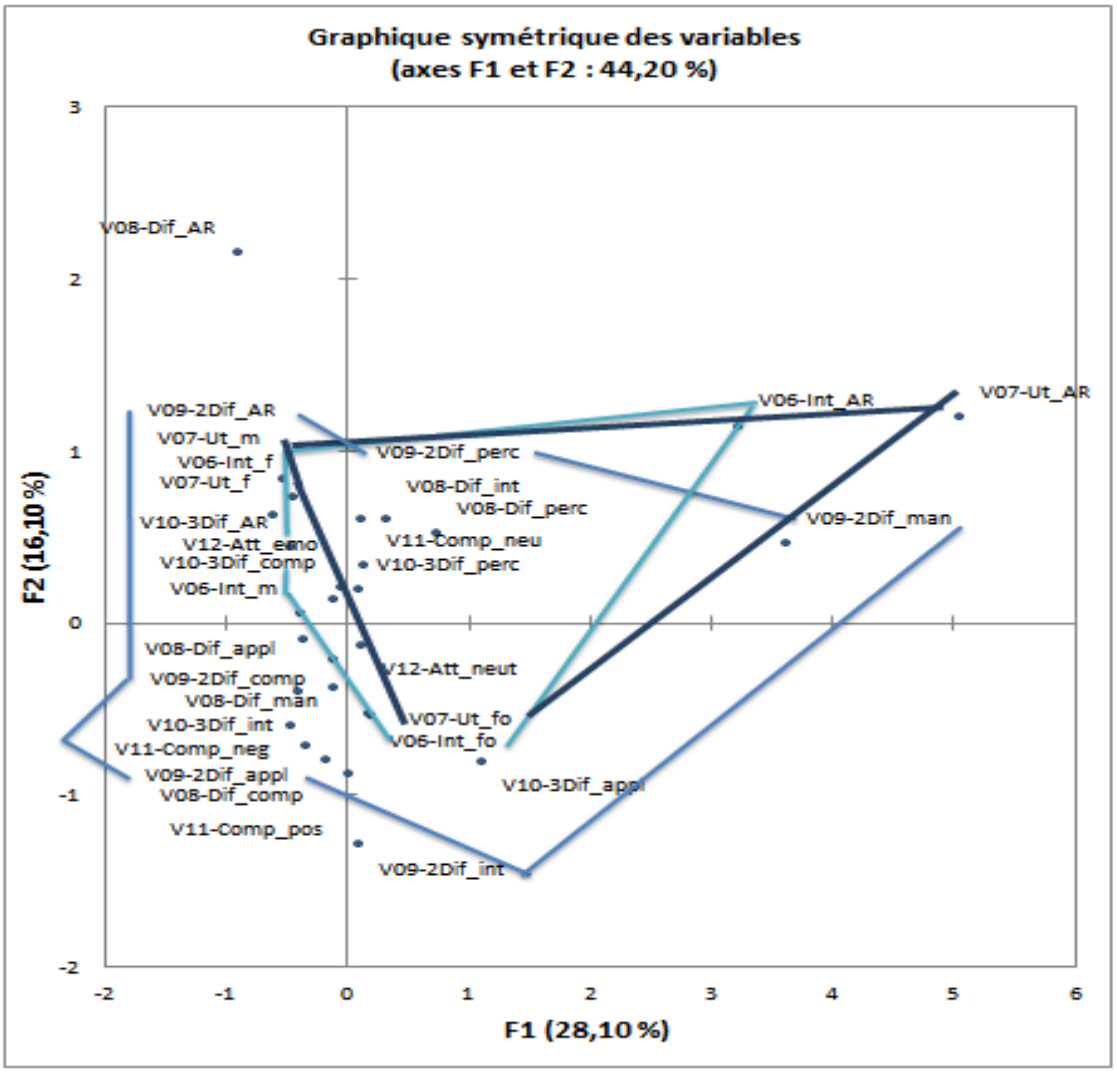


FIGURE 50 – GRAPHIQUE SYMÉTRIQUE DES VARIABLES PSYCHOLOGIQUES SELON LES DEUX PREMIERS AXES

Le graphique ci-dessus présente une répartition des réponses assez disséminée. L'examen des dispersions permet de remarquer que la variable [V09], rapportant la deuxième difficulté perçue que les étudiants devront affronter durant le cours de statistique, est présente sur les quatre axes. En revanche, les réponses à la variable [V8], qui correspond à la première difficulté perçue signalée, apparaissent beaucoup plus rassemblées. Mis à part ces ressemblances nous ne percevons pas d'homogénéité dans les réponses rapportant les types de difficultés que les étudiants pensent devoir affronter durant le cours de statistique. Nous faisons le même constat concernant la variable [V11] restituant le degré de compétence perçu.

3.4. Analyse des Correspondances Multiples (ACM) entre facteurs préexistants cognitifs

L'objectif de ce chapitre est de présenter les résultats relatifs aux variables d'ordre cognitif. Dans un premier temps, il sera exposé la part d'inertie pour mettre en évidence la

proportion des contributions sur chaque axe. Dans un deuxième temps, il sera vérifié les proximités entre variables. Enfin, dans un troisième temps, il sera établi leur dispersion.

3.4.1. La part d'inertie entre facteurs préexistants cognitifs

Le graphique ci-dessous permet de mettre en avant les valeurs propres ainsi que l'intensité de l'inertie ajustée selon les neuf premiers axes.

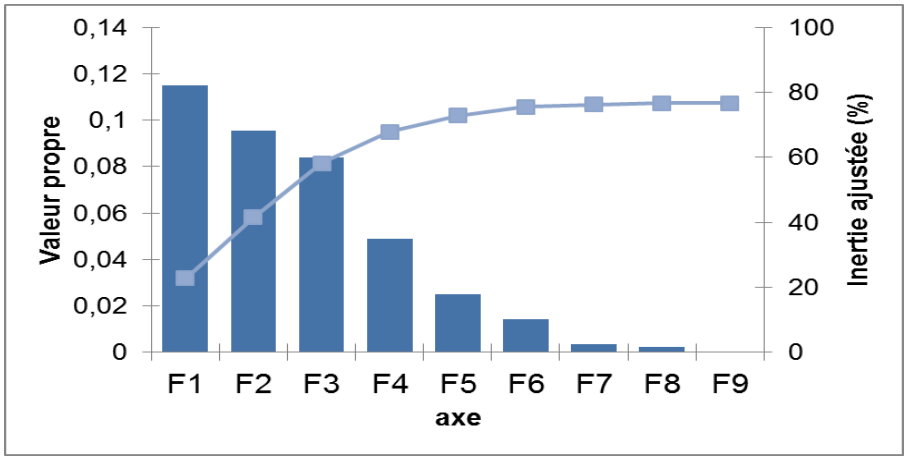


FIGURE 51 – VALEURS PROPRES ET PART D'INERTIE DES VARIABLES COGNITIVES

Comme illustré dans le diagramme ci-dessus, l'intensité de l'inertie ajustée cumulée s'élève à 58,23 % à l'issue des trois premiers axes. Pour plus de visibilité, nous nous concentrons sur F1 (22,70 % d'inertie) et F2 (18,91 % d'inertie) qui, à eux deux, représentent 41,61 % de la variabilité.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Valeur propre	0,43	0,41	0,39	0,33	0,28	0,25
Inertie ajustée	0,12	0,10	0,08	0,05	0,03	0,01
Inertie ajustée (%)	22,70	18,91	16,62	9,63	4,93	2,80
% cumulé	22,70	41,61	58,23	67,86	72,80	75,59

TABLEAU 41 – VALEURS PROPRES ET POURCENTAGES D'INERTIE DES VARIABLES D'ORDRE COGNITIF

Le tableau ci-dessus rapporte précisément, pour chaque axe, sa valeur propre complétée par son inertie ajustée c'est-à-dire son étendue. Les chiffres révèlent une dispersion importante des données qui signale une hétérogénéité des réponses obtenues au moyen du questionnaire et que nous avons classées dans la catégorie cognitif.

3.4.2. Les proximités entre facteurs préexistants cognitifs

Le plan factoriel ci-dessous projette conjointement sur un même graphique les variables selon les deux premiers axes, considérés comme les plus influents. L'axe horizontal (F1) et l'axe vertical (F2) contribuent respectivement à 22,70 % et 18,90 %. Ainsi, ces deux axes réunissent 41,61 % de la variabilité. Pour plus de lisibilité nous avons ajouté des ellipses bleues qui englobent les variables les plus proches.

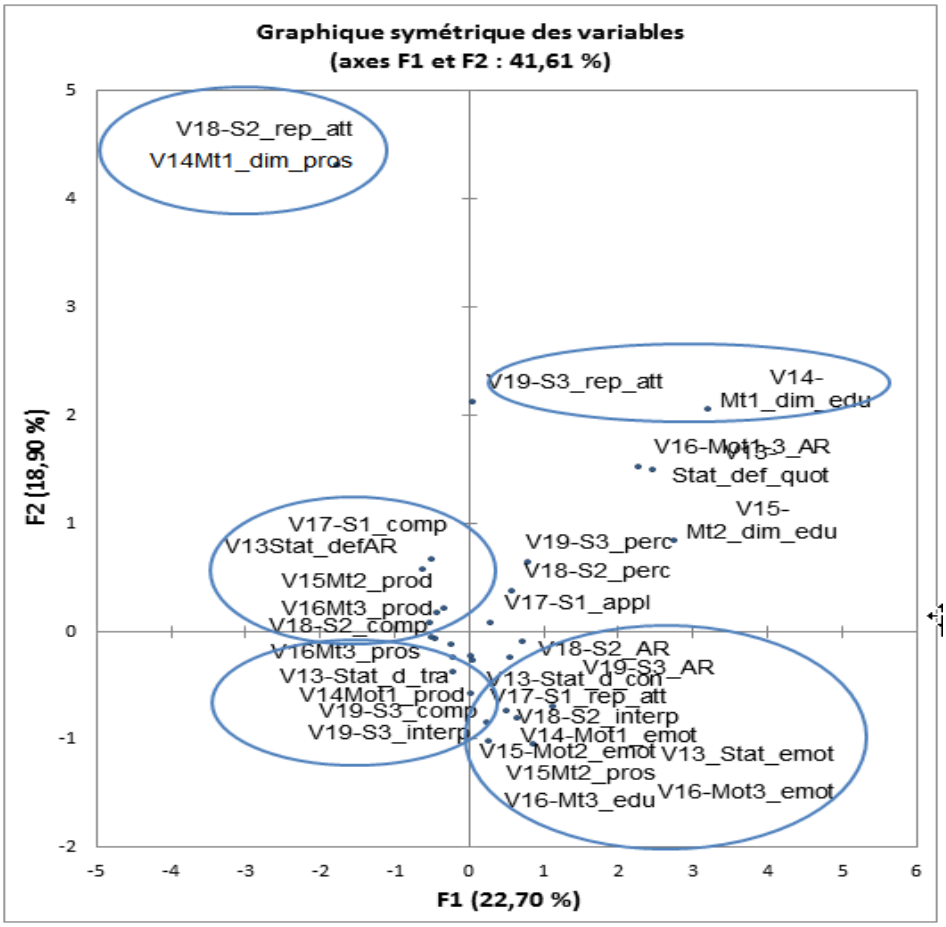


FIGURE 52 – GRAPHIQUE SYMÉTRIQUE DES VARIABLES COGNITIVES SELON LES DEUX PREMIERS AXES

Il est intéressant de remarquer qu'en haut à gauche se détachent les étudiants qui apportent la réponse attendue à la situation-problème S2 restituant des connaissances déclaratives sur la moyenne et l'écart-type. Elles sont proches des réponses exprimant la dimension prospective pour exprimer le premier mot évoquant la statistique. Ces derniers (*f*xi = 8 %) ont dépassé une perception simplement mathématique ou descriptive de la discipline et en rapportent sa fonction prédicative. De plus, il existe une proximité entre les réponses attendues à la situation-problème S1, c'est-à-dire celle relative au calcul d'une moyenne pondérée, et la phrase évoquant la statistique sous la forme de connaissances. Enfin, quand les étudiants ont tendance à apporter la réponse attendue à la situation-problème S3, ils auront plutôt tendance à décrire la statistique selon sa dimension éducative.

3.4.3. Les dispersions entre facteurs préexistants cognitifs

Toujours en bas à droite se trouvent quatre variables très proches témoignant d'une attitude émotive, notée « *emot* ». En d'autres termes il y aurait homogénéité dans les réponses révélant l'attitude émotive des étudiants lors de questions *a priori* neutres qui ne requièrent aucune intervention psychologique puisqu'elles font appel à des connaissances sémantiques.

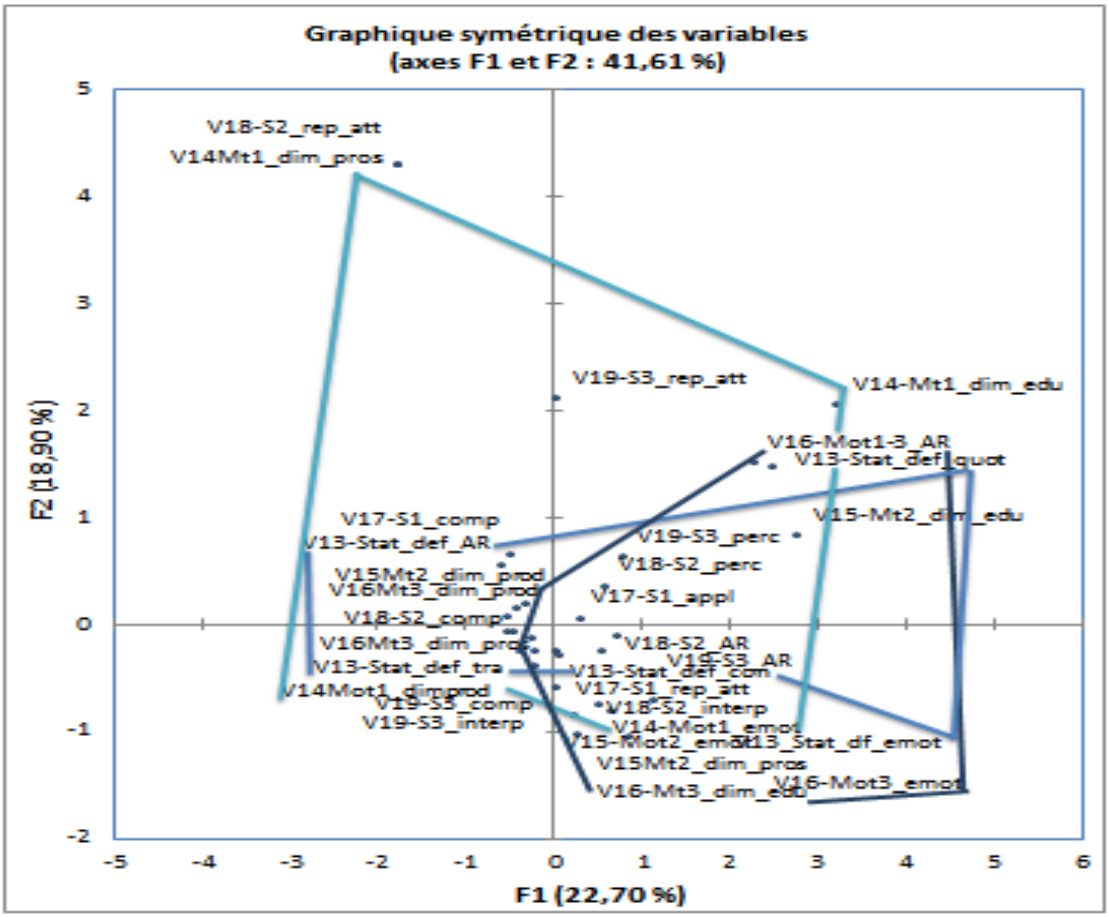


FIGURE 53 – GRAPHIQUE SYMÉTRIQUE DES VARIABLES COGNITIVES SELON LES DEUX PREMIERS AXES

Pour plus de visibilité nous avons relié par des lignes bleues les variables qui contribuent le plus aux deux premiers axes. Il s'agit des variables relatives aux mots les plus évocateurs de la statistique, aussi bien le premier que le troisième auxquelles sont adjointes celles rapportant la phrase la plus suggestive.

Le graphique ci-dessus permet d'isoler les variables [V13], [V14] et [V15] qui contribuent le plus aux deux premiers axes. Il s'agit alors de rapporter la phrase et des mots évocateurs de la statistique. Il apparaît une hétérogénéité des dimensions abordées dans les réponses.

4. De l'analyse des réussites des activités et leur croisement avec les facteurs préexistants

L'analyse factorielle multiple s'effectue en trois temps. Premièrement, il est établi des analyses de correspondances multiples sur tous les regroupements de variables qualitatives. L'examen des valeurs propres permet de repérer les variables les plus opérantes et leur projection dans un plan factoriel révèle les proximités et dispersions. Dans un deuxième temps, les variables quantitatives subissent une analyse en composantes principales afin de

vérifier les corrélations entre elles. Ce sont ces analyses qui donneront une visibilité synoptique des données.

4.1. Analyse en Composantes Principales (ACP) des réussites

L'analyse en composantes principales répond à un double objectif : d'une part elle révèle les ressemblances et dissemblances entre individus et d'autre part elle spécifie les liaisons entre variables. Comme son nom l'indique, elle synthétise l'ensemble des variables en extrayant les principales composantes. Ce sont elles qui seront décrites dans les pages suivantes.

Les sections qui suivent présenteront la part d'inertie des différents critères de réussite, puis les corrélations seront illustrées par un cercle des corrélations et le détail des traitements sera rapporté dans une matrice établissant les relations entre variables.

4.1.1. La part d'inertie des critères de réussite des activités

Le graphique ci-dessous permet de mettre en avant la concentration des informations sur les trois premiers axes qui réunissent une grande part de la variabilité cumulée.

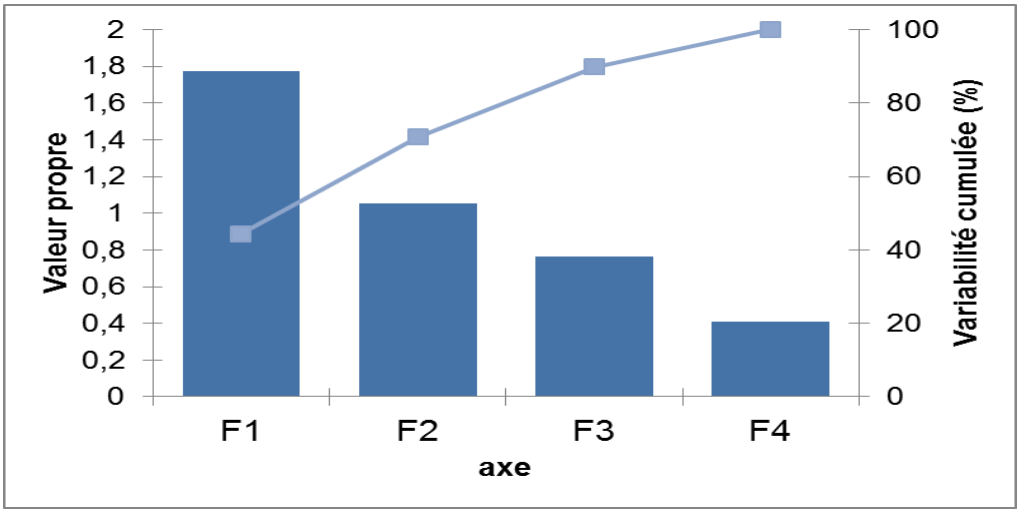


FIGURE 54 – VALEURS PROPRES ET PART D'INERTIE DES CRITÈRES DE RÉUSSITE

La lecture de la figure ci-dessus signale que le premier axe est prédominant (89,82 %) par rapport aux axes suivants qui restent nettement moins importants. Comme précédemment, nous ne tiendrons compte que des deux premiers axes.

	F1	F2	F3	F4
Valeur propre	1,78	1,05	0,76	0,41
Variabilité (%)	44,37	26,33	19,11	10,19
% cumulé	44,37	70,70	89,81	100,00

TABLEAU 42 – DÉTAILS DES VALEURS PROPRES ET VARIABILITÉ DES QUATRE PREMIERS AXES

Le tableau ci-dessus indique que les deux premiers axes regroupent à eux deux 70,70 % des fluctuations.

4.1.2. Les corrélations entre les différentes formes de réussites

Le graphe du cercle des corrélations donne une synthèse visuelle. Plus un point représentant un thème de variables est proche du cercle unitaire et meilleure est sa représentation. À l'opposé, plus il se rapproche du centre et moins il doit être considéré.

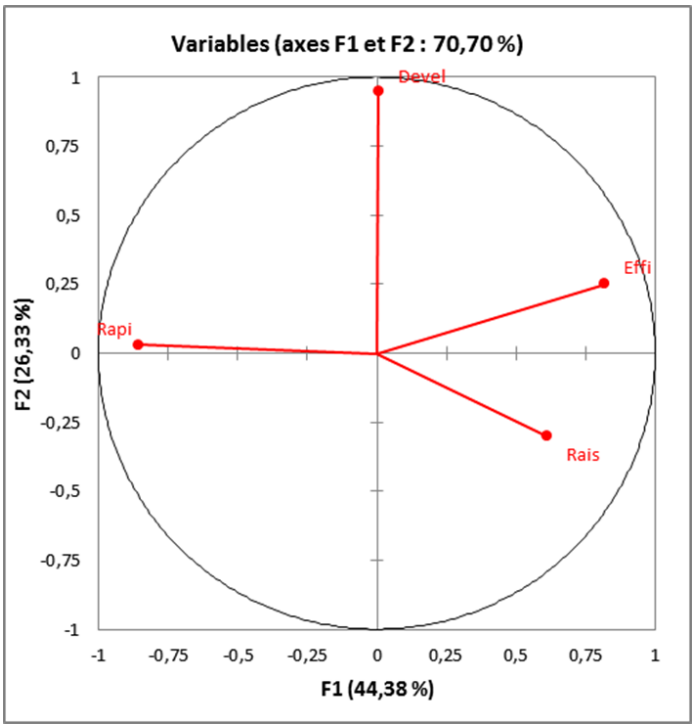


FIGURE 55 – GRAPHE DU CERCLE DES CORRÉLATIONS DES INDICES DE RÉUSSITE

Le graphe du cercle des corrélations ci-dessus nous permet de mettre en évidence les deux premiers axes qui, à eux deux, remportent presque soixante et onze pour cent des fluctuations des variables liées à la réussite. Le plan factoriel trace une assez grande dispersion des indices de réussite. L'axe F1 horizontal oppose nettement la rapidité à gauche de l'efficacité et du raisonnement qui se positionnent à droite alors que le développement, lui, est fortement corrélé à l'axe F2 avec une contribution de plus de quatre-vingt-cinq pour cent. Ce qui signifie que le critère de développement présentant une réussite calculée selon une perspective développementale se distingue nettement des trois autres critères.

4.1.3. Les coefficients de corrélation entre les différentes formes de réussite

Le tableau ci-dessous rapporte la matrice des coefficients de corrélation de Pearson, du nom de son inventeur, relatifs aux quatre indices de réussite.

Variables	Rapi	Effi	Rais	Devel
Rapi	1,00	-0,57	-0,32	0,05
Effi	-0,57	1,00	0,24	0,11
Rais	-0,32	0,24	1,00	-0,07
Devel	0,05	0,11	-0,07	1,00

TABLEAU 43 – MATRICE DE CORRÉLATION DES INDICES DE RÉUSSITE (PEARSON)

La lecture de la matrice signale que les variables restent faiblement corrélées entre elles puisque les coefficients ne dépassent guère 0,5. Les variables rapidité et développement (r = 0,05), efficacité et raisonnement (r = 0,24), comme efficacité et développement (r = 0,11) sont positivement corrélées, c'est-à-dire qu'elles varient dans le même sens. À l'inverse, rapidité et efficacité (r = -0,57), rapidité et raisonnement (r = -0,32) et raisonnement et développement (r = -0,07) sont négativement corrélées ; c'est-à-dire qu'elles varient en sens inverse. En d'autres termes, nous retenons que plus les étudiants sont efficaces, en procédant correctement, et moins ils sont rapides. Cela revient à dire que la vitesse d'exécution des tâches prescrites est inversement proportionnelle à la réussite des activités effectives liées à des tâches de statistique. Cependant, l'intensité demeurant moyenne, nous pouvons seulement conclure qu'il n'existe pas de relation linéaire importante entre les variables relatives aux indices de réussite des étudiants. Toutefois, ces résultats révèlent le fort pouvoir discriminant des diverses formes de réussite que nous avons observées. Tout concorde pour affirmer que les indices de rapidité, d'efficacité, de raisonnement et de développement suivent des directions assez distinctes et apparaissent ainsi comme disposant d'un pouvoir attributif fort pour caractériser la réussite d'activités. De plus, ces résultats confirment la nécessité de recourir aux variables prédéfinies qui couvrent quatre directions différentes et donnent ainsi une représentation assez large et exhaustive pour couvrir la réussite d'activités.

4.2. Analyse Factorielle Multiple (AFM) des facteurs préexistants et des réussites

Après avoir produit des analyses en correspondances multiples sur les variables qualitatives et des analyses en composantes principales sur les variables quantitatives nous allons à présent pouvoir croiser et résumer les résultats au moyen de l'analyse factorielle multiple. Dans notre étude il s'agit de vérifier en quoi les facteurs préexistants sont déterminants dans la réussite des activités collaboratives médiées par un logiciel de traitement de données.

4.2.1. Les liaisons entre les facteurs préexistants et les réussites

Le graphique de synthèse ci-dessous montre la projection et représente en bleu les groupes comprenant les variables actives et en noir les groupes supplémentaires conglomérant les variables rapportant les facteurs préexistants biographiques. Le carré des liaisons fournit des informations concernant les liaisons entre les groupes de variables.

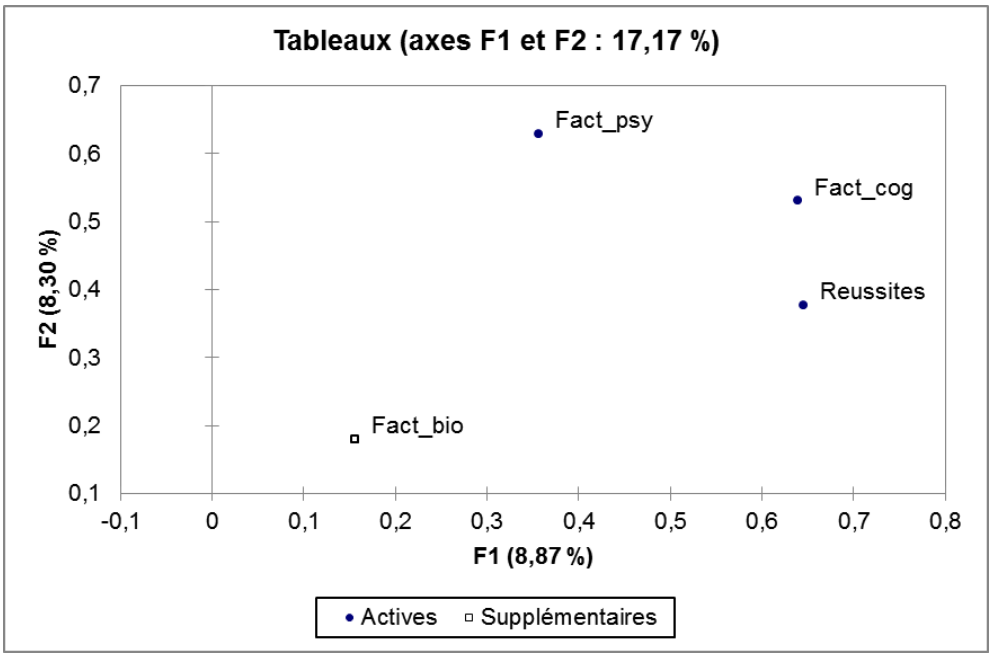


FIGURE 56 – CARRÉ DES LIAISONS RÉUNISSANT LES DIFFÉRENTS FACTEURS PRÉEXISTANTS ET LA RÉUSSITE

Les variables proches des critères de réussite des activités sont celles relatives aux facteurs préexistants cognitifs. La distance est plus importante avec les facteurs psychologiques et pour finir les facteurs biographiques demeurent les plus éloignés.

	F1	F2	F3
Fact_psy	21,737	40,916	37,848
Fact_cog	38,946	34,513	51,967
Réussites	39,318	24,571	10,186

TABLEAU 44 – CONTRIBUTIONS SUR CHAQUE AXE EN POURCENTAGES

Le tableau ci-dessus met en évidence la primauté des réussites sur l'axe F1 par rapport aux facteurs préexistants cognitifs puis aux facteurs préexistants psychologiques.

4.2.2. Les liaisons entre groupes de variables

La matrice de coefficient Lg de liaison entre thèmes permet l'analyse des corrélations entre chaque groupe de variables et rend ainsi compte des thèmes les plus liés entre eux. Rapportés dans un tableau, ils sont calculés au moyen des coefficients de Liaisons entre Groupes de variables et notés Lg. Pour le Lg (j,j') de liaison entre les deux groupes, j et j' est la somme, pondérée par les poids des variables de l'AFM, des carrés des covariances entre chaque colonne (indicatrice) du groupe j et chaque colonne du groupe j'. Les résultats obtenus permettent de mesurer à quel point les tableaux sont liés deux à deux (Escofier et Pagès, 1998, p. 16-67) et possèdent des dimensions communes. La liaison sera d'autant plus faible que chaque colonne du groupe j est non corrélée avec chaque colonne du groupe j'. À l'inverse, elle sera d'autant plus forte que les deux groupes ont des directions d'inertie communes. Selon ce principe, tous les facteurs préexistants ont été croisés avec les réussites et leurs Lg sont rapportés dans le tableau qui suit.

	Fact_psy	Fact_cog	Reussites	Fact_bio	AFM
Fact_psy	4,714	1,704	0,515	0,902	4,224
Fact_cog	1,704	4,917	0,560	1,042	4,375
Réussites	0,515	0,560	1,590	0,454	1,624
Fact_bio	0,902	1,042	0,454	3,026	1,461
AFM	4,224	4,375	1,624	1,461	6,228

TABLEAU 45 – MATRICE DES COEFFICIENTS LG RÉUNISSANT TOUS LES GROUPES DE VARIABLES

La lecture de la matrice ci-dessus permet d'établir des croisements entre les différents groupes de variables. Il apparaît premièrement une liaison assez forte (Lg = 0,56) entre la réussite et les facteurs préexistants cognitifs, deuxièmement une liaison moins forte avec les facteurs préexistants psychologiques (Lg = 0,51) et troisièmement arrivent en dernier les facteurs biographiques (Lg = 0,45). Ces résultats tendent à confirmer que les facteurs les plus déterminants dans la réussite d'activités sont ceux qui se rapportent à la cognition avec un taux de contribution de 38,95 %. De surcroît, la matrice montre un lien important entre les facteurs préexistants psychologiques et cognitifs (Lg = 1,70) et, dans une moindre mesure, avec les facteurs biologiques (Lg = 0,90). Ces résultats permettent de remarquer une cohérence entre les données extraites du questionnaire ($0,91 \leq Lg \leq 1,70$) et celles construites à partir des traces ($0,45 \leq Lg \leq 0,56$). Ces dernières attestent d'un rapprochement plus important entre modalités.

Les résultats obtenus nous ont permis de vérifier que plusieurs facteurs préexistants sont déterminants dans la réussite des activités des étudiants. Ce sont les facteurs cognitifs qui influent le plus la réussite des activités. Cependant, leur intensité étant limitée, il est fort probable d'envisager que d'autres facteurs, plus en lien avec la situation, viennent se rajouter en participant conjointement à la réussite des étudiants. Ce sont eux qui seront développés ultérieurement.

5. Les difficultés perçues et les erreurs relevées

Ce chapitre aborde deux angles de vue bien distincts puisque nous rapportons des représentations d'étudiants relevées au moyen de l'entretien aussi bien que des observations récoltées au moyen de traces numériques. Nous adoptons l'expression « *difficulté perçue* » selon la définition de Delignières (1993) qui propose d'employer cette locution quand la tâche est exécutée antérieurement à son évaluation. C'est le cas dans les sections suivantes qui décrivent la construction d'une analyse interprétative produite à partir de la transcription d'un discours issu d'un entretien. Quant aux erreurs observées, elles explicitent la distance entre la tâche prescrite et les activités effectives menées par les étudiants. La combinaison de ces deux perspectives permet une visibilité plus complète par la prise en compte de plusieurs niveaux d'analyse. Celui des erreurs observées montre que la fin de la formation ne marque pas

systématiquement la suppression de toutes les difficultés. En effet, nous avons observé que certaines persistent après le second semestre de M2. Il est à noter qu'au total trente-cinq étudiants (n = 35/38) évoquent le mot difficile et/ou celui de difficulté durant les entretiens. Ils sont la plupart du temps liés à la statistique. Reprenant la catégorisation établie lors de la revue de la littérature nous détaillerons les difficultés perçues évoquées par les étudiants dans les sections qui suivent.

5.1. Les difficultés perçues de compréhension, d'interprétation et de manipulation

Selon la typologie décrite dans la première partie, nous avons tenté de qualifier les difficultés décrites dans les entretiens. Elles sont rapportées dans la figure qui suit.

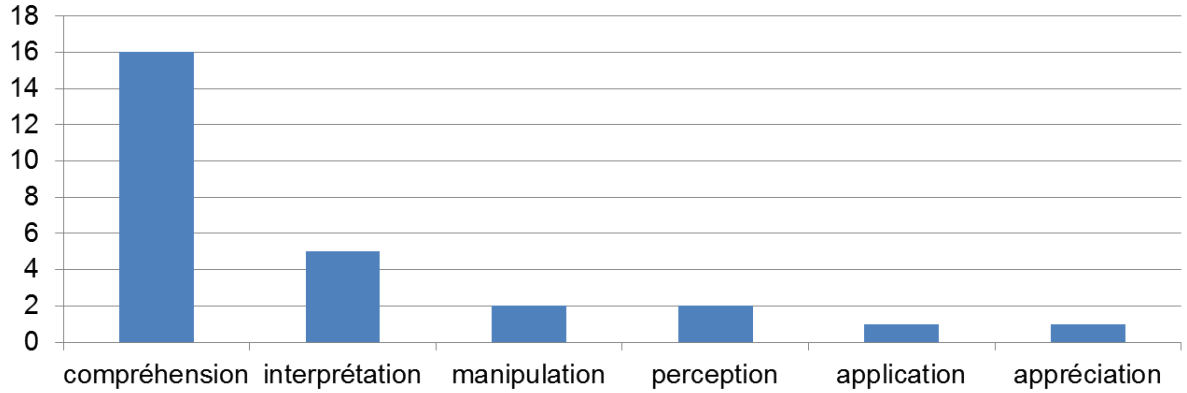


FIGURE 57 – DIFFICULTÉS PERÇUES PAR LES ÉTUDIANTS APRÈS LA FORMATION

Le diagramme en bâtons ci-dessus fait apparaître une prédominance des difficultés de compréhension (n = 16/27). Elles seront développées dès le chapitre suivant. À la suite de quoi nous aborderont les difficultés selon leur ordre d'importance spécifiées dans la figure ci-dessus. Ainsi, en deuxième lieu, nous traiterons des difficultés d'interprétation puis viendront celles de manipulation numérique.

5.1.1. Les difficultés perçues de compréhension

Les difficultés de compréhension sont celles qui sont majoritairement évoquées par les étudiants et se rapportent plus spécifiquement à la sémiotique.

> Donc là par exemple j'ai demandé de m'expliquer ce qu'étaient écart-type et variance, parce que je savais pas du tout, donc il expliquait à quoi correspondaient ces différents mots, à l'aide d'exemples et donc ici on voit bien écarts-types et variances moi je comprenais pas trop. (Diego, p. 167)
>
> Eh bien tout. Tout le vocabulaire technique, spécifique à la statistique. Parce qu'à part une variable, grosso modo, tout le reste moi je n'en avais jamais entendu parler. (Elen, p. 185)
>
> Donc, voilà on s'est rendu compte que les vocabulaires, on ne les maîtrisait pas toujours, bon après ça on pouvait retrouver à trois. (Lily, p. 411)
>
> Après ben c'est au moment de faire le diagramme. Et je sais plus le mot fréquence donc je crois que je demande à Zaza ou Zaza m'explique qu'est-ce que ça

> veut dire le mot fréquence. Moi j'avais pas bien compris que les fréquences en fait c'est tout enfin les valeurs, les effectifs je ne sais pas si c'est exactement ça. (Lily, p. 419)

À la difficulté perçue de compréhension il peut s'ajouter la crainte de se dévaloriser auprès de l'enseignant en signalant son incompréhension. Aussi certains étudiants ne posent pas de question, surtout à l'égard d'un concept élémentaire et préfèrent rester dans l'ignorance pour ne pas risquer d'être jugé négativement.

> Euh… non moi j'avais plutôt, moi je me disais plutôt, c'est aussi une vision un peu clichée mais je me suis dit, vu que ce prof-là est super spécialisé, enfin il est quand même assez spécialisé en stat, si je pose une question et que c'est une question très con sur à quoi nous sert je sais pas la valeur centrale un truc comme ça et que je lui dis monsieur à quoi ça sert ? Je vais vraiment passer pour une quiche au niveau statistique. Donc je préfère à la limite ne pas savoir et rentrer chez moi et dire bon je vais quand même aller vérifier ce que c'est que ce truc. Je crois qu'il y avait aussi un peu quand même cette espèce de, d'ego un peu mal placé en me disant non surtout tu montres pas que tu sais pas, ce qui est ridicule mais je crois qu'il y avait un peu ça chez moi en tout cas. (Katou, p. 349)

Comme le décrit Jane dans l'extrait ci-dessous la difficulté de compréhension de la situation engendre un questionnement ralentissant les activités.

> Oui voilà, elles ne se sont pas posé la question. Mais c'est étonnant comment… et c'est là je me dis je suis plus lente, franchement je me suis rendu compte pendant ces TD que j'étais, voilà que j'étais plus lente, enfin c'est pas dans le sens négatif forcément mais j'ai vraiment besoin de comprendre avant de commencer un peu à rentrer… alors que je voyais les copines là, elles foncent, elles y vont et elles, elles savent où elles vont quoi, c'est ça qui est incroyable, parce que quand même elles savent où elles vont. Par contre moi je voyais pas du tout où elles allaient. Par moments donc c'est vrai que j'ai parfois freiné. Ou comme je voulais pas être trop lourde on va dire, lourde à porter aussi, parce que c'est vrai aussi quand les gens vont vite, donc des fois je lâchais, des fois je revenais en essayant de me raccrocher voilà. Je sais pas comment ça peut être perçu sur un enregistrement mais moi je me suis vécu un peu comme ça quoi. (Jane, p. 306-307)

Dans la deuxième partie de cet extrait l'étudiante Jane décrit sa méconnaissance du « *contrat didactique* » défini par Brousseau (1980, p. 127) comme « *l'ensemble des comportements (spécifiques) du maître qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus du maître* ». L'incapacité de l'étudiante à déterminer les attendus de l'enseignant mais surtout de la situation didactique la déstabilise au point qu'elle ne sait pas quelle conduite adopter. Elle se perd en questionnement ce qui provoque un démarrage poussif et fastidieux qu'elle qualifie de lent.

5.1.2. Les difficultés perçues d'interprétation

Après les difficultés de compréhension, les étudiants rapportent des difficultés d'interprétation, c'est-à-dire qu'ils perçoivent ardue l'analyse des résultats.

> Parce que les calculs sont faciles à faire, ça ne prend pas de temps. On peut faire des calculs sur tout et sur n'importe quoi et que voilà. Que du coup, ce qui nous a coûté le plus je pense dans les dernières séances c'est vraiment, enfin dans les séances sur l'évaluation, c'est vraiment d'être au clair avec, oui avec ce qu'on voulait montrer, prouver, enfin interpréter de ce qu'on voulait interpréter de ces chiffres. Ça ça pas été facile ça pas été facile là. (Coco, p. 150)

Ce témoignage montre que l'étudiante fait une distinction nette entre la facilité qu'elle perçoit à mettre en œuvre des calculs qu'elle trouve faciles et la difficulté qu'elle voit dans l'interprétation des résultats obtenus. Alors que l'extrait de l'entretien avec Adeline restitué ci-dessous rapporte davantage des difficultés à traiter et à analyser les données.

> Moi ce qui m'a manqué, c'est un peu des fois le sens de ce qu'on faisait. Pas par rapport au cours, mais on cherchait quelles avaient été les hypothèses émises au début... Donner du sens, aux données qu'on avait. C'est plutôt ça. Parce que du coup, il y a un moment où je me suis dit : on fait des stats pour faire des stats. (Adeline, p. 8)

L'étudiant Dinar prend comme exemple le test du khi-deux dont il explique ne pas en connaître la portée et surtout la signification.

> Parce qu'il y avait un certain nombre de choses qui restent encore un mystère pour moi, par exemple quand il y a test khi-deux qui va ressortir à une comparaison de je sais plus quoi avec je sais plus quoi, eh bien pour moi ça n'a pas forcément de sens cette conclusion. Je sais comment arriver à cette conclusion, mais je sais pas ce que cette conclusion voudra dire. À part vraiment l'utilisation de Spad, dans ce qu'on nous a montré, je vois pas trop ce que je pourrais en retenir de plus. (Dinar, p. 173)

5.1.3. Les difficultés perçues de manipulation numérique

Pour quelques étudiants les difficultés surviennent lors de la manipulation du logiciel. Le premier témoignage révèle l'écart entre la démonstration numérique du professeur et son application concrète par les apprenants.

> Même si on le voit en cours de statistique avec Monsieur X, c'est lui qui manipule mais une fois que c'est nous qui sommes devant l'ordinateur, on voit que ça bloque, qu'il faut faire autre chose que…parce qu'en fait on connaît pas bien les formules. On voit que c'est simple dans le cours parce que Monsieur X c'est vrai qu'il maîtrise, donc la formule qu'il met, ça fonctionne. Mais nous quand on est là et puis on met notre formule et que ça te met erreur, en fait on se rend compte que voilà c'est pas c'est pas si simple que dans le cours. […] il faut bien, les signes il faut bien les mettre au bon endroit, faut bien mettre égal, faut bien le dollar faut bien le mettre au bon endroit, donc c'est vrai qu'on s'est rendus compte que de beaucoup de choses qu'on voit pas en en cours théorique. (Gala, p. 269)

Selon les propos de Gala ci-dessus la distance entre la théorie et la manipulation du logiciel tableur est importante.

> En fait il faudrait d'abord apprendre plus le logiciel parce que comme le logiciel est complètement inconnu, c'est difficile. Il faut donner au moins des petites astuces ou chercher comment ça marche. (Alia, p. 39)

L'extrait d'Alia ci-dessus montre des difficultés de manipulation numérique et indique qu'il lui paraît essentiel de maîtriser davantage l'usage du logiciel.

> Donc finalement on a eu pas mal de difficultés, parce que l'ordinateur s'est bloqué, donc mais bon, on a essayé de le faire. (Alia, p. 33)

L'étudiante Alia évoque ci-dessus un dysfonctionnement matériel, plus qu'un réel problème de manipulation.

L'étudiant Dinar exprime plusieurs critiques : la première étant qu'il s'est plus senti exécutant qu'acteur de ses apprentissages, comme le décrit l'extrait ci-dessous.

> Eh bien la première chose c'est que je me suis senti surtout exécutant. Je devais juste cliquer, et faire ce que l'on me disait de faire. Je n'ai pas eu l'impression que je devais faire preuve d'initiatives. Ça, c'est la grosse impression générale. Après, par rapport au traitement statistique, puisque c'est quand même le sujet du TD, j'ai pas vraiment eu l'impression d'avoir fait des statistiques. Je me suis trouvé confronté face à un logiciel, où finalement je n'étais pas maître de ce que je faisais, et je ne comprenais pas forcément ce qui se passait quand le logiciel exécutait des tâches. Bon ça c'est pour le côté un peu critique, entre guillemets. Sinon, il y avait quand même, dans le fascicule, des informations intéressantes sur les procédés. Enfin bon, je sais pas trop comment les décrire à dire vrai, les statistiques, les TD plutôt. (Dinar, p. 170)

Dans l'extrait de Dinar ci-dessus, l'étudiant n'exprime pas à proprement parler une difficulté à manipuler le logiciel mais indique s'être senti démuni et critique l'absence d'initiatives permises. La deuxième partie de cette intervention aborde son désarroi devant un logiciel dont il ne maîtrise pas notamment la mise en œuvre des calculs ; il ne perçoit pas les opérations produites et se sent, de fait, démuni. Il indique préférer mettre en œuvre les calculs à la main pour mieux comprendre le sens et pouvoir ainsi interpréter plus aisément les résultats obtenus.

5.2. Les difficultés perçues de perception, d'application et d'appréciation

L'objectif des sections suivantes vise à regrouper les trois difficultés perçues de perception, d'application et d'appréciation. Ce sont celles qui sont le moins citées dans les entretiens, mais elles ne manquent pas d'intérêt pour autant. Le présent chapitre se propose de rapporter les extraits des entretiens les plus emblématiques pour révéler les représentations des étudiants.

5.2.1. Les difficultés évoquées de perception

La statistique reste une discipline qui provoque des peurs, qui stresse et énerve, plusieurs étudiants décrivent des appréhensions et tensions allant dans ce sens.

> Parce que je le connais pas bien et qu'en plus il représente deux trucs qui me font littéralement peur : la stat et l'informatique. Là il serait prof de philo et de

> sport ça me poserait aucun problème.[…] Ouais ouais mais là enfin je pense que c'est lié à la matière aussi parce que la stat c'est une matière qui fait un peu peur. < Rire >. (Katou, p. 358-339)

Les propos de Katou ci-dessus sont explicites, par deux fois l'étudiante révèle que la statistique lui fait peur.

> Oui, en fait, je n'ai pas trop confiance pour travailler sur la statistique, j'ai trop peur que ça ne va pas marcher. <rire>. (Alia p. 46)
>
> Au début c'était difficile de comprendre ce qu'il faut faire, les consignes, comment travailler avec les documents, comment remplir, répondre et je pense qu'on a fait pas beaucoup. Peut-être qu'on n'a pas répondu à beaucoup de questions, mais ça a apporté quand même beaucoup de choses, parce que je suis ignorante dans la matière des statistiques. <rire>. (Laika, p. 383)

La peur est également évoquée ci-dessus mais l'extrait de Laïka rapporte une compétence perçue faible en statistique, voire de l'ignorance.

Plus tard, dans l'entretien d'Alia, on note plusieurs représentations s'entremêlant. Après avoir signalé une faible expertise pour la discipline, l'étudiante évoque son aversion pour la statistique qui impose un effort élevé puisqu'il est nécessaire de reprendre les bases de son enseignement. En d'autres termes, la statistique représente un coût perçu important à l'égard de son apprentissage qui nécessite un investissement conséquent.

> Mais c'est vrai que ce n'est pas vraiment mon domaine, les statistiques je n'aime pas trop, donc il faut aussi tout reprendre depuis le début parce qu'il faut revoir les bases, ce que l'on a déjà fait, de revenir. (Alia, p. 46)
>
> Mais, de toute façon pour moi, les statistiques c'est encore la méthodologie, des choses comme ça, des traitements de données, c'est encore un défi. (Carla, p. 105)

Le stress peut apparaître durant le TD quand les étudiants ne parviennent pas à effectuer une tâche, comme le rapporte l'extrait ci-dessous.

> Un détail ? C'est quand il y avait un obstacle devant nous et qu'on voyait que ça ne fonctionnait pas, et à ce moment-là ça c'était stressant et énervant. (Gala, p. 374)

Les témoignages ci-dessus révèlent une grande palette de difficultés relatives à la perception des étudiants qui va de la peur de la discipline à un manque de confiance en leurs compétences en passant par un stress provoqué par un obstacle à surmonter.

5.2.2. Les difficultés perçues d'application

Dans la situation de formation observée, les calculs étant confiés aux logiciels, de fait, peu d'étudiants évoquent des difficultés liées aux calculs, aux applications d'algorithmes.

> Là on est vraiment, il y a un problème de méthodologie parce qu'on se disait même que pour faire le calcul il fallait qu'on fasse des calculs intermédiaires et on n'arrivait pas à faire ces calculs intermédiaires. (Clém, p. 135)

Comme le résume le commentaire ci-dessus il arrive parfois que les étudiants ne parviennent pas à exécuter certains calculs. Quant à l'extrait ci-dessous, il témoigne d'une expérience vécue précédemment pour laquelle l'étudiante se remémore des difficultés d'application.

> Oui, c'était l'année dernière. Avec le calcul j'arrive jamais à faire le même résultat. En Master 1 et en licence aussi, j'étais avec M. Professeur X. (Fat, p. 234)

Cet extrait rapporte une difficulté dans la mise en œuvre des calculs et l'étudiante se focalise sur les résultats obtenus bien plus que sur la procédure.

5.2.3. Les difficultés perçues d'appréciation

S'il n'évoque pas directement ses propres difficultés d'appréciation, toutefois, l'étudiant Alex dépeint une situation idéale de TD qui mettrait en scène l'induction et surtout rapporte, sans le nommer, le concept de vraisemblance.

> Que quelqu'un comme vous qui s'y connaît bien serait là « franchement tu abuses », « tu donnes des conclusions un peu hâtives ». Et je me dis que peut-être qu'il manquait un peu ce truc-là, cette dimension-là et du coup moi c'est vrai que cette dimension-là je la mettrais bien pendant le TD. Hop on fait un quart d'heure de pause, je vous fais un petit débriefing sur comment on peut dire ce qui est significatif ou non, ou ça ou une autre donnée après. Un truc on m'a fait la remarque, je vous disais le test de khi-deux. Je crois que beaucoup de personnes n'ont pas compris à quoi ça servait le test de khi-deux. Il y en a qui pensent que ça rend la chose plus significative très significative ou pas significative. (Alex, p. 26)

Nous avons également relevé une difficulté non perçue par l'étudiant mais formellement avérée dans ses propos. Il s'agit d'une représentation du khi-deux qu'il qualifie de *« vérité statistique »*. Cette expression antinomique signale une représentation erronée et une insuffisance conceptuelle du principe de *variabilité*, pourtant indispensable dans la compréhension du test du khi-deux. En effet, il ne présume aucune réponse unique et constante mais admet formellement un risque d'erreur modéré toléré.

> La dernière séance par exemple, vous avez assisté à un débat entre moi et Fama, comment interpréter le khi-deux. Si vous vous souvenez vraiment de ce débat. Chacun a son avis là-dessus, malgré que ces données scientifiques sont vraiment, sont stables, sont… Un plus un est égal à deux, donc, il faut dire que le khi-deux, c'est une vérité statistique, qu'il faut interpréter de la même manière. (Rayan, p. 453)

Les entretiens permettent d'affiner les représentations que les étudiants ont de leurs difficultés. Il s'agit à présent de vérifier leurs activités durant des situations de TD.

5.3. Les erreurs relevées durant les activités observées

L'expérimentation menée nous permet d'observer plus finement un certain nombre d'activités effectives produites par les étudiants. À partir de leur catégorisation, il est possible de mettre en évidence des ressemblances et des différences dans le traitement des tâches prescrites. La quantité d'erreurs relevée dans les deux groupes diffère énormément, dès lors nous nous attacherons davantage aux fréquences et donc à la répartition des activités qu'au nombre d'occurrences.

5.3.1. Les principales erreurs observées

Pour plus de visibilité, les erreurs observées sont représentées par un diagramme empilé dont l'objectif demeure la mise en évidence des ressemblances et dissemblances entre les deux groupes d'étudiants.

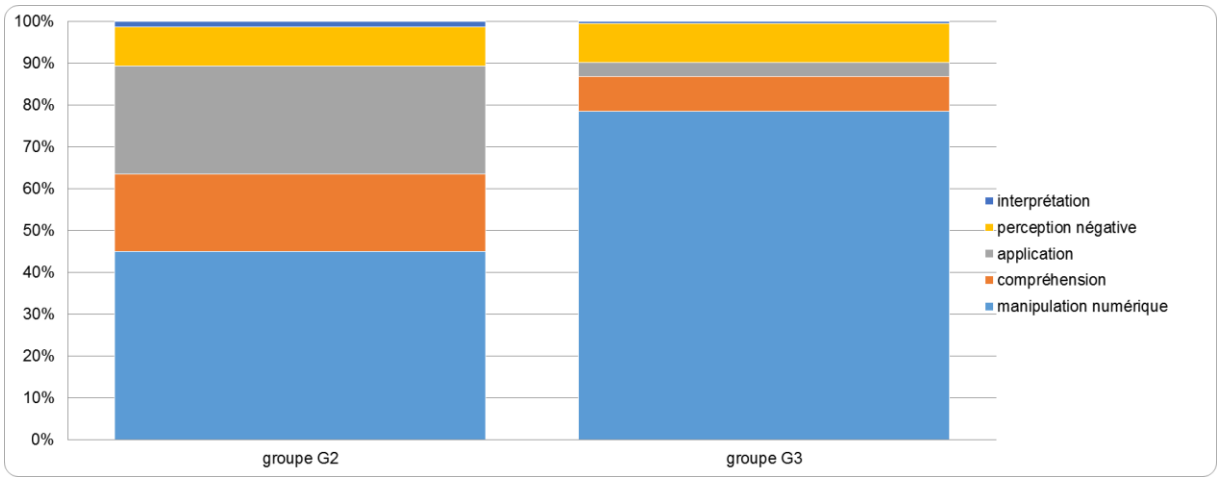


FIGURE 58 – COMPARAISON DES PRINCIPALES ERREURS OBSERVÉES (EN %)

La lecture de la figure ci-dessus montre une répartition équivalente concernant les erreurs d'interprétation. En revanche, des différences sont notables concernant les quatre autres types d'erreurs. Ces résultats sont complétés dans le tableau suivant qui montre les distributions des effectifs et des proportions.

	Groupe G2		Groupe G3	
Erreurs	Effectifs	Fréquences	Effectifs	Fréquences
Manipulation numérique	205	44,96	913	78,50
Application	118	25,88	38	3,27
Compréhension	84	18,42	97	8,34
Perception négative	43	9,43	109	9,37
Interprétation	6	1,32	6	0,52
Total	456	100	1163	100

TABLEAU 46 – ERREURS OBSERVÉES DANS LES GROUPES G2 ET G3

Il apparaît que le groupe G2 rencontre deux fois et demie moins de difficultés que le groupe G3. En revanche, les échanges verbaux relevant d'une perception négative sont proportionnellement équivalents. Concernant les deux groupes, les erreurs sont

majoritairement dues à des maladresses relatives aux manipulations numériques et nombreux sont les échanges verbaux qui confirment cette constatation.

Khi² (Valeur observée)	259,774
Khi² (Valeur critique)	9,488
DDL	4
p-value	< 0,0001
alpha	0,05

TABLEAU 47 – TEST D'INDÉPENDANCE DES ERREURS OBSERVÉES DANS LES GROUPES G2 ET G3

Le tableau ci-dessus montre que le khi-deux d'indépendance révèle une différence significative entre les deux groupes G2 et G3, valeur empirique $\chi 2_{obs}$ (ddl = 4, N = 1619) = 259,77 p.value P<0,05. Le khi-deux d'indépendance observé est supérieur à la valeur théorique 9,48 au seuil de risque de 0,05, nous rejetons donc l'hypothèse H0 avec un risque d'erreur α et notons qu'il y a une différence statistiquement significative entre les deux groupes G2 et G3 (Annexe 34).

Les étudiants restent essentiellement centrés sur la mise en œuvre des calculs et le traitement des données, ces activités sont donc très présentes au détriment d'autres activités liées à la compréhension de la situation-problème ou à son analyse. Une fois le résultat trouvé, il est rare que les étudiants s'attardent sur la phase d'interprétation. La plupart du temps ils passent à l'activité suivante sans prendre le temps de commenter ou d'affiner leur analyse.

5.3.2. Les erreurs observées relevant de compréhension, d'interprétation et de perception

Les erreurs de compréhension relatives aux notions de statistique sont proportionnellement deux fois plus visibles dans le groupe G2. En revanche, dans les deux groupes, la plupart du temps les échanges verbaux permettent de voir que les étudiants identifient assez souvent leurs difficultés. Pour autant, des activités de remédiation ne sont pas systématiquement appliquées. Quand cela se produit, il s'agit souvent du camarade qui est interrogé. Le groupe G3 se reporte très souvent aux ressources remises et il arrive que les consignes ou les définitions soient lues à haute voix. En revanche, les étudiants ne tiennent jamais compte des feuilles de procédure remises ou de l'aide du logiciel pas plus que des ressources complémentaires qu'ils pourraient trouver sur Internet. Concernant les erreurs d'interprétation, elles sont le plus souvent gérées collectivement et proviennent de questions d'un étudiant auxquelles ses camarades tentent de répondre. Dans ce cas, ce sont les interactions verbales entre pairs complétés par la lecture des ressources papier qui améliorent l'interprétation des résultats obtenus. Peu présents durant les observations, les échanges verbaux relevant d'une perception négative sont rapidement modérés dans chaque groupe.

5.3.3. Les erreurs observées de manipulation, d'application et d'appréciation

La mise en œuvre du traitement des données avec un logiciel tableur n'est pas si simple, les schèmes de manipulation paraissent peu maîtrisés et la capacité d'affordance des fonctions semble limitée étant donné que les erreurs de manipulations demeurent majoritaires dans les deux groupes. Quant à leur gestion commune des tâches prescrites on observe, la plupart du temps, des tentatives d'essais, proposés verbalement à l'étudiant qui manipule. Ainsi, devant une difficulté de manipulation, le groupe G3 procède le plus souvent par tâtonnements. Les observations montrent que devant une difficulté de manipulation il arrive qu'une procédure soit répétée plusieurs fois. Après plusieurs essais infructueux, des tentatives vaines, des procédures insatisfaisantes, c'est à l'initiative d'une étudiante que le groupe G3 demande de l'aide au groupe G2. Cette interaction permet alors de résorber une situation qui semblait préalablement insoluble par le groupe. Quant aux difficultés d'application relatives aux calculs elles sont le plus souvent surmontées par l'interaction verbale entre pairs. Les erreurs d'appréciations, elles, sont peu visibles étant donné que les étudiants ont essentiellement abordé des notions de statistique descriptive.

6. Les conditions facilitatrices évoquées par les étudiants

C'est à partir de notre catégorisation antérieure que nous avons distingué les facteurs facilitateurs évoqués par les étudiants lors des entretiens.

6.1. Les facteurs biographiques et culturels perçus facilitateurs

La plupart des étudiants justifient leurs difficultés en évoquant leur manque de connaissance, d'expérience, ou de formation et appréhendent la nouveauté qu'elle représente. Dans d'autres cas, l'expérience antérieure peut être décrite comme facilitatrice. Ce sont ces points qui seront décrits dans les sections suivantes.

6.1.1. La formation antérieure augmente la confiance en ses capacités

L'étudiant Tomy indique que son parcours scolaire antérieur lui donne un sentiment de supériorité personnel sur ses camarades qui lui permet de se sentir confiant. La reconnaissance par ses pairs témoignée par leurs sollicitations vient renforcer positivement sa perception de compétence perçue.

> Parce que, pareil, vu que j'ai déjà fait l'année dernière et que, *a priori*, j'ai un niveau mathématique un peu supérieur aux autres, on me demande plus facilement des conseils, ils essaient de s'appuyer un peu sur moi, donc. Moi ça me fait plaisir aussi. C'est valorisant comme situation. (Tomy, p. 528)

Le témoignage suivant d'Éric rapporte le sentiment de facilité perçu[55] par rapport à l'estimation et l'évaluation de la tâche prescrite.

> Donc c'était assez simple et bon il fallait quand même avoir, pour y arriver, avoir quand même des notions de statistique. Il y avait eu un cours puis moi j'en avais fait. Moi c'est surtout l'année dernière que je l'avais fait. Parce que le cours de cette année j'ai pas pu y assister […] j'avais les notions de base et comme je suis quand même matheux j'ai quand même plus de facilité aussi là-dessus donc j'ai pu me concentrer vraiment sur l'aspect euh informatique et pas sur l'aspect théorique. Donc c'était, ça a été assez simple. (Eric, p. 198)

Dans ces deux témoignages le lien entre les mathématiques et la statistique est à nouveau très prégnant, comme cela a déjà été remarqué dans les réponses aux questionnaires.

L'étudiant Riadh a déjà étudié la statistique précédemment ainsi durant cette formation il s'attendait à refaire les cours suivant le même contrat didactique. Il indique, dans l'extrait ci-après, être surpris par le nouveau contexte. Malgré des différences contextuelles importantes il évoque qu'il fait toutefois appel durant les TD à ses souvenirs relatifs à sa formation antérieure.

> Oui, j'ai fait appel à mes souvenirs, oui surtout. Mais c'est vrai que, comment dire ça... Le premier cours, je pensais vraiment qu'on allait faire ça nous, au début, c'est-à-dire que moi le premier premier cours, j'étais persuadé, j'étais venu avec ma calculatrice scientifique, et je pensais qu'on allait calculer des variantes, des écarts-types, voilà qu'on allait donner le maximum de formules, et qu'on devait calculer et après remettre, donc voilà. Et ouais j'ai fait appel à des souvenirs. (Riadh, p. 469)

Les entretiens laissent aussi apparaître que plusieurs étudiants sont déstabilisés par la découverte d'un nouveau logiciel, ce qui provoquerait une forme d'insécurité.

> Ensuite, pour moi c'était nouveau, Spad. Donc j'ai découvert, je m'étais un petit peu renseigné avant pour voir un petit peu ce qu'on allait faire, mais c'était nouveau. Je sais pas comment dire... C'est pas assez, cinq TD. Je pense qu'il aurait fallu en avoir plus, et plus tôt. (Riadh, p. 462)
>
> Oui, trois heures devant un ordinateur, et en apprenant quelque chose de nouveau, il faut suivre la procédure, faut suivre un livre, le pratiquer en même temps, il faut faire, il faut suivre toutes les démarches, il faut le refaire c'est dur. Sur trois heures... […] Oui, surtout quelque chose de nouveau, parce que pour quelque chose d'ordinaire c'est pas un problème mais, pour suivre, pratiquer, surtout les démarches. Si vous faites une faute il faut tout effacer et tout refaire. (Fat, p. 233)
>
> Eh bien difficultés parce qu'en Master 2, dans le cadre de la recherche et de la formation il faut utiliser Excel et c'est à noter que je ne l'ai plus utilisé depuis 15 ans. Donc évidemment tout est nouveau puisque dès qu'on s'en sert plus on oublie. (Zaza, p. 541)
>
> Car vraiment c'était un truc, pour moi c'était une chose qui était complètement nouvelle, il a fallu tout découvrir, tout chercher et on a pas eu assez de temps pour chercher. Parce que c'était quand même limité, et après un certain temps on est fatigué. (Alia, p. 39).

55. À l'inverse de la difficulté perçue estimée à l'avance décrite par Famose (1990).

Il semble que la nouveauté de la situation gêne les étudiants au départ mais qu'au fil des séances leur perception de la difficulté diminue, comme le révèle l'extrait de l'étudiante Katou rapporté dans l'extrait qui suit.

> Non *a priori* de toute façon là c'était la première fois qu'on faisait ça donc le, je trouve quand on est un groupe, commencer au départ c'est jamais vraiment simple quoi. (Katou, p. 347)

La formation antérieure en statistique semble avoir quatre effets positifs : elle procure un sentiment de compétence positif, augmente la perception de supériorité[56] par rapport à ses pairs mais aussi suscite une estimation favorable de la tâche prescrite à effectuer et enfin elle permet de se concentrer sur l'essentiel et évite ainsi de se diluer sur des opérations annexes.

Ces résultats sont également à rapprocher des remarques de Batanero (2001, p. 66) sur l'importance et l'influence de ce que l'apprenant sait déjà dans le processus même d'apprentissage. Les connaissances antérieures joueraient un rôle primordial dans l'acquisition de nouvelles compétences.

6.1.2. La connaissance antérieure considérée comme synonyme de connaissances et compétences

Les connaissances antérieures permettent de transférer certaines connaissances dans la situation de résolution de problème. Ainsi plusieurs étudiants indiquent se reposer sur certains acquis antérieurs.

> Oui. Des fois c'était une étape où elles ne voyaient pas… c'est vrai que quand on est pas habitué, parce que les commandes ça marche pareil pour quasiment tous les logiciels, dans le fichier, éditer. Tous les, tous les onglets ont à peu près la même influence sur tous les logiciels, donc y a pas vraiment de problème quoi. (Kim, p. 368)

Selon l'extrait de Lily, rapporté ci-après, la formation en amont permet d'avoir des connaissances préalables et une approche plus concrète.

> Mais l'autre dame, je crois, si j'ai bien compris, elle avait fait des stats un peu avant, parce qu'elle est en didactique ou je sais plus exactement. donc elle avait l'air de connaître un peu les différents termes des variables, ordinales, machin, des choses comme ça, les définitions, donc elle avait déjà dû voir ça en amont. (Lily, p. 410) […] Mais en même temps je pense que quand on avait déjà une connaissance de statistique et un peu des choses qui avaient été faites avant, ça devait être plus concret. (Lily, p. 413)

Ainsi, l'acquisition du vocabulaire de statistique favoriserait aussi l'interprétation

56. Ce constat peut être rapproché de la théorie de la comparaison sociale développée par Leon Festinger.

6.1.3. Les conditions facilitatrices biographiques et temporelles évoquées

Le temps d'exposition à la statistique et surtout la pratique sont décrits comme des conditions facilitatrices qui réduisent la difficulté perçue de la tâche. Sur le ton de l'humour, Lily attribuerait au nombre de TD la capacité d'aborder toutes les questions pour tout savoir sur la statistique. Le temps aurait d'autres vertus, puisqu'il permettrait également l'adoption d'une meilleure organisation.

> À première vue ça m'a paru vraiment difficile, puisque c'est la première fois que je le rencontre, mais après ces neuf heures, je suis familiarisée un peu. (Fama, p. 213)
>
> Il faudrait une quinzaine de TD comme ça pour faire toutes les questions comme ça on sait tout sur la statistique. <rire>. (Lily, p. 413).

Le début de la formation peut provoquer quelques inquiétudes qui se dissipent au fil des séances pour aboutir à un niveau de satisfaction positif, comme le décrit Carla dans l'extrait qui suit.

> Mais c'est vrai qu'au début j'étais un peu inquiète, un peu impressionnée, mais après je pense que le résultat c'était très très positif pour moi. (Carla, p. 104)

Le temps d'exposition à la statistique paraît un facteur important dans l'acquisition de connaissances et de compétences. Il paraît contribuer à une réorganisation de la conduite de l'action et ainsi favoriser la construction de nouveaux schèmes.

> La progression des choses, parce que au début vous avez un ensemble de données, vous ne savez pas qu'est-ce qu'on peut faire avec tout ça et après on réussit à mettre les choses ensemble, à comparer, à faire des tableaux, des graphiques. (Carla, p. 107)

Dans l'extrait ci-après, l'étudiante Carla décrit succinctement les paliers nécessaires pour s'emparer d'une notion en profondeur.

> Là, voilà, parce que malgré tout on a besoin d'un temps d'approfondissement, d'un temps d'application et d'un temps de réinvestissement. Pour je pense s'approprier vraiment la notion. (Zaza, p. 552)

Les extraits ci-dessus montrent que le temps d'exposition à la statistique est souvent perçu comme un facteur déterminant dans la réussite des activités. Il semble réduire notablement l'anxiété provoquée par la crainte d'aborder des notions de statistique ou par la nouveauté de la tâche à accomplir et participer à l'appropriation de concepts. Il favorise la compréhension des notions et le développement du savoir-faire cognitif.

6.2. Les facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels perçus facilitateurs

Il a été décrit précédemment des difficultés évoquées de perceptions et nous allons voir à présent les facteurs psychologiques perçus facilitateurs.

6.2.1. La stimulation et le maintien de l'attention

Plusieurs étudiants perçoivent le travail collaboratif entre pairs comme un facteur d'émulation et de motivation, comme le témoignent les deux extraits de Diego et Léa, ci-dessous.

> Ou du coup il y a peut-être une émulation aussi, il est là, il faut que je fasse quelque chose parce que je travaille en groupe, je suis pas tout seul : si je le laisse tomber du coup c'est le groupe qui est pénalisé. (Diego, p. 159)
>
> Même si, par exemple, toutes les deux avec Nana il y a des moments où on n'avait pas envie de travailler, eh bien il y en avait toujours une du coup qui, parce qu'il fallait quand même qu'on travaille, qui boostait l'autre pour dire de faire quelque chose quoi. (Léa, p. 400)

D'après les propos de Léa et Tomy qui suivent, les échanges avec les camarades permettent de se situer par rapport aux autres, de se mesurer en se comparant avec ses pairs, ce qui permet de se rassurer sur son propre travail et améliore la confiance en soi.

> Et voilà, de voir les autres, c'est vrai que c'est toujours bien de pouvoir échanger, à la fois sur ce cours-là, ou sur les autres, savoir où on en est, se rassurer... (Léa, p. 402)
>
> J'ai fait le premier TD avec Rayan, qui était très intéressant, car en fait on a juste à lire et à faire exactement ce qui était noté dedans, et ça marchait très bien, donc ça permet d'avoir un premier contact qui met en confiance au moins. (Tomy, p. 528)

Plusieurs étudiants perçoivent la collaboration comme motivante et surtout elle favorise le maintien de l'attention.

> Je pense que tout seul l'attention elle aurait été moins soutenue, l'attention, l'intention et du coup la motivation. (Alex, p. 23)
>
> Et bien je dirais les deux. Vraiment. Un moteur pour la motivation parce que je pense que ça aurait pas été collectif ils auraient pris des pauses beaucoup plus longues et seraient partis beaucoup plus tôt. Là je suis sûr que vous avez remarqué que plusieurs fois il y en a qui sont restés jusqu'à vraiment la dernière minute du cours voir un peu plus, 5 10 minutes, etc. […]
>
> Ça dépend vraiment aussi, le premier jour, par exemple les deux premières heures, Alex n'était pas forcément très concentré et moi j'étais très concentré, du coup aussi ça permettait d'équilibrer la concentration globale du groupe. Et la deuxième heure c'était l'inverse, je suis revenu de ma pause-café, du coup je m'étais un peu dispersé, et Alex était plus concentré. Donc du coup c'est lui qui m'a retiré vers le sujet. (Dinar, p. 174)

Les extraits ci-dessus montrent que les activités collaboratives seraient rassurantes, motivantes et stimulantes. Le contact avec les pairs mais surtout l'observation de camarades actifs favoriserait le retour dans la tâche après un instant de détente. La collaboration

permettrait de soulever de nombreuses questions nouvelles et l'émergence de propositions variées.

6.2.2. L'aide et l'entraide perçus comme facilitateurs

Lorsqu'ils évoquent les avantages de l'apprentissage entre pairs, plusieurs étudiants évoquent l'aide, voire l'entraide. Elles peuvent prendre plusieurs formes puisqu'on peut prêter son concours à son camarade, aussi bien qu'obtenir son aide, comme le signalent Carla et Riadh.

> Et c'est très bien parce que, on a un binôme, on était en binôme, et c'était quelque chose de très intéressant parce qu'on aide l'autre, et ça marche bien, et après on se rend compte qu'on est en train d'assimiler des choses un peu plus faciles, je pense. (Carla, p. 104)
>
> Je trouvais que par exemple avec Diego, pas plus tard qu'hier encore, des fois j'y arrivais pas, donc il m'aidait, il arrivait pas à trouver c'est moi qui l'aidais, je trouvais que le fait d'être deux ça permettait d'avancer. (Riadh, p. 462)

L'apprentissage collaboratif est aussi synonyme de partage et d'entraide.

> Et pourtant c'est quelque chose de facile, mais souvent il y a personne à côté qui peut m'aider, qui me dit : « ah mais ce n'est pas compliqué, regarde, tu fais seulement ça et ça et ça marche ». Donc c'est bien d'avoir quelqu'un qui le connaît et qui peut nous déstresser à ce niveau-là, que quand on bloque qui peut nous aider tout de suite. (Alia, p. 39)

Les extraits ci-dessus signalent combien l'aide et l'entraide permettent d'assimiler des notions, d'effectuer des progrès, de réduire la perception de difficulté de la tâche et diminuer l'anxiété.

6.2.3. L'échange et le partage perçus comme facilitateurs

L'échange entre camarades peut se centrer sur les connaissances mais il arrive aussi que les étudiants se transmettent des compétences. En effet, l'activité collaborative favorise l'échange de connaissances et surtout le partage de savoir-faire, comme le décrit Sam dans l'extrait qui suit.

> Ben oui à force de travailler tout ça par exemple les copier-coller plutôt que faire ça à partir du clavier plutôt qu'avec la souris, du coup quand on travaille avec d'autres gens qui font autrement et ben on leur dit. Et pareil moi je, en bossant d'une autre manière, c'est des petits trucs qui à chaque fois se transmettent, enfin il me semble de personne à personne. (Sam, p. 474)

Il rend possible la communication de ses ressentis et favorise le partage des difficultés selon les propos de Coco et Carla.

> Voilà, voilà on partage nos ressentis tout au long de la recherche et puis on s'encourage on se soutient, on s'aide. (Coco, p. 147)

> On peut partager des difficultés, des choses comme ça, avec le binôme ou avec les autres binômes, les autres collègues. (Carla, p. 108)

Lorsqu'un étudiant se trouve embarrassé, il peut partager ses impressions, difficultés, et consentir des efforts communs.

> Parce que, c'est difficile pour nous. Pareil je pense, je ne sais pas mais, peut-être. On a fait des efforts ensemble. C'est ça. (Carla, p. 105)
>
> Et que du coup, ce genre d'occasions manque, ce genre d'occasions manque, mais c'est aussi du coup l'occasion de dire eh bien voilà on n'est pas tout seul on est tous dans le même bateau. (Justine, p. 154-155)
>
> Alors que quand on est à deux, même si l'autre ne donne pas son avis et qu'il est juste là, eh bien on se sent plus capable de surmonter la difficulté et d'agir par nous-mêmes pour résoudre quelque chose qui nous bloque, surmonter un obstacle. Même si on n'est pas sûr de la solution, de sa validité du tout, on se sent plus en confiance pour chercher des solutions et les appliquer. C'est ce que j'ai ressenti la semaine dernière. (Diego, p. 159)

Le dernier extrait décrit que la seule présence d'un camarade rassure et peut suffire à débloquer une situation car elle améliore la confiance en soi.

Comme le décrit l'extrait de Sarah ci-après, lorsqu'un terrain de confiance s'instaure entre étudiants, la solidarité établie peut générer un important investissement dans l'activité et un sentiment de responsabilité qui provoque un engagement fort par rapport à l'autre.

> Par contre si c'est un engagement personnel, entre personnes, soit parce que la personne fait confiance, soit parce que on est engagés dans un truc ensemble, là je m'investis, je vais beaucoup m'investir, et surtout je vais pas m'autoriser de lâcher la personne. (Sarah, p. 491)

Les sections précédentes ont montré que les étudiants percevaient l'échange et le partage facilitateurs en raison de l'allégement des difficultés, de l'amélioration de la confiance en soi et de l'engagement collectif qu'ils peuvent procurer.

6.3. Les facteurs cognitifs perçus comme facilitateurs

La plupart des étudiants justifient leurs difficultés en évoquant leur manque de connaissance, d'expérience, ou de formation et appréhendent la nouveauté qu'elle représente. Les entretiens abordent essentiellement les trois facteurs cognitifs perçus facilitateurs par des descriptions qui rappellent : l'étayage (Bruner) et la zone de proche développement (Vygotsky), le conflit sociocognitif (Doise et Mugny) et la métacognition (Flavell). Ce sont ces points qui seront décrits dans les sections qui suivent.

6.3.1. En passant par une forme d'étayage

L'étudiante Justine décrit précisément cette zone de proche développement (Vygotsky, 1985, p. 45), dans laquelle son camarade vient la chercher pour lui permettre d'effectuer une

tâche qu'elle ne pourrait pas mener seule. Les deux autres témoignages mentionnent un écart important entre les activités traitées seul et celles qui sont produites en collaboration.

> C'est-à-dire que le travail en groupe enfin, là ça a été constructif pour moi, enfin je veux dire ça m'a apporté des choses que toute seule j'aurais pas pu comprendre. Je sais plus si c'était tellement ça la question ? Dans tous les cas ça m'a juste confortée dans l'idée que le travail en groupe c'est bénéfique mais à partir du moment où les gens sont comme je disais depuis tout à l'heure, aptes à écouter et à la fois à expliquer. Parce que c'est pas tout le monde. À expliquer et à prendre en compte le niveau de chacun voilà. (Justine, p. 323)
>
> Parce que, comme par exemple ni l'un ni l'autre étant spécialiste ou avons trop confiance en nous par rapport à la statistique, eh bien d'ailleurs je l'ai vu quand j'étais seul la semaine dernière, je me dis : ce que je fais, est-ce que c'est bien ? Ou quand j'ai une difficulté, je bloque. (Diego, p. 159)
>
> J'étais avec une binôme. C'est quand même beaucoup plus intéressant de pouvoir échanger, de confirmer ou pas nos idées. Parce que quand on est tout seul face à son travail, on a personne qui a un autre regard, donc il faut être plutôt sûr de soi. Ça permet de créer un dialogue aussi qui oblige à aller chercher vraiment au fond quand on est sûr de nous, c'est intéressant. (Tomi, p. 515)

Faire ensemble peut être considéré comme un acte créatif puisqu'il en ressort une production collective unique, comme le suggère ci-après l'extrait de Caro.

> Eh bien, du positif, parce que... Voilà, c'est toujours bien de partager, j'allais dire un moment de création. <rire> On est presque dans ce versant-là quand on connaît pas, et que voilà, on va finalement produire quelque chose, ensemble. (Caro, p. 118)

Le camarade peut aussi contrôler les activités et corriger les erreurs, selon l'entretien de Fat qui suit.

> Oui oui le sauveur, pour moi Rayan <inaud>, Rayan qui lit les consignes et moi qui travaille sur le poste en fait. Souvent je fais des fautes, en fait j'oublie quelque chose à faire, c'est Rayan qui efface et le refait. Je contrôle Rayan, il me contrôle en fait quand je tape sur le clavier Rayan il me contrôle très bien, pour qu'on suive les démarches comme il faut, pour qu'on fasse pas trop de fautes. Et je fais la même chose avec Rayan. (Fat, p. 228)

Un autre intérêt de gérer une situation sous forme collaborative provient de l'encadrement des tâches qu'il permet par une gestion commune plus efficace, selon l'entretien Alia qui suit.

> Donc c'est bien de travailler en binôme.[…] Oui pour que ça soit un peu plus cadré parce que c'est vrai qu'à un moment on est un peu perdu.[…] On perd aussi du temps parce qu'on se pose des questions qu'on ne devrait pas se poser peut-être, je ne sais pas. (Alia, p. 48)

Endrizzi et Sibut (2015) rapportent que Monfort (2003) perçoit ces interrelations comme un levier utile, notamment aux étudiants démunis, pour définir collectivement les activités à effectuer à partir des tâches prescrites. Ainsi, une étudiante décrit son désarroi et son incompréhension de la situation proposée

> Eh bien alors j'avais pas compris au démarrage, mais moi je sens que je suis beaucoup plus lente en fait. Je n'avais pas compris qu'on allait travailler comme ça, pas du tout, je sais pas ce que les autres ont compris d'ailleurs, mais j'avais pas compris qu'on allait travailler avec un document et qu'on allait faire un travail seul quoi, enfin seul, guidé par un document et les profs. Et ce qui m'a étonné c'est que tout le monde avait compris, je me suis dit tiens il y a un truc que j'ai pas noté quoi. Je sais pas quand est-ce que ça a pu être énoncé ça par exemple. Ou en tous les cas je l'ai pas compris, j'avais pas compris. Et j'ai vu que tout le monde se mettait au travail en même temps, je dis me suis dit bon ça devait être comme ça quoi, voilà. <rire> (Jane, p. 306)

Ce témoignage de l'étudiante Jane illustre la difficulté qu'elle rencontre pour comprendre l'organisation du TD et débuter l'activité seule, sans aide extérieure.

Parmi les bénéfices de l'activité collaborative les extraits ci-dessus rapportent en substance : une meilleure compréhension des notions et des tâches prescrites et une amélioration de la gestion des activités.

6.3.2. En visant la résolution d'un conflit sociocognitif

Plusieurs étudiants décrivent comment l'interrogation d'un camarade provoque une remise en question de ses propres connaissances et comment cette déstabilisation va inciter à trouver une réponse plus adéquate à la situation. Les trois descriptions ci-dessous rapportent à différents niveaux le processus induit par le conflit sociocognitif.

> Quand il est en fait au niveau de la confrontation, quoi, c'est-à-dire que du coup on se rend compte que ah oui d'accord moi je pense pas pareil donc du coup j'essaye de comprendre comment l'autre fonctionne et puis ça actualise aussi mes manières de penser. Enfin ça les met à distance.[…] Et l'autre nous renvoie une question mais ça c'est quoi une variable je sais pas quoi indépendante moi j'ai l'impression que c'est ça alors je dis ben non c'est ça c'est évident pour moi et puis en fait ha bah non en fait c'est pas ça donc ça permet d'avancer comme ça en fait. Le fait d'être à plusieurs c'est forcément pour moi un activateur de ce qu'on pense donc *a priori* il y a plus d'apprentissages possibles. (Sam, p. 476)
>
> Parce que tout seul face à son problème, on n'avance pas. Je dis « on » mais je parle de moi. On se perd. On pense avoir la réponse, et si cette réponse nous convient, on la garde, alors qu'à deux ça permet de poser le problème différemment, de s'interroger différemment. D'être confronté à quelqu'un d'autre qui lit pas forcément la même chose. Finalement, quand on lit un texte, il y a une façon de l'interpréter et une autre façon de l'interpréter, et quand on lit un tableau c'est la même chose. Je me suis retrouvé plusieurs fois face un tableau où je le lisais d'une certaine façon, et Alex le lisait d'une autre façon. Alors lui ou moi avions raison, peu importe. Quand, lorsque je proposais telle lecture, il me disait « non, c'est pas forcément ça, regarde, si on relit comme ça », machin, « ça correspond plus aux résultats ». Et puis dans d'autres moments c'est moi qui faisais ça, et du coup ça permettait de comprendre quelque chose qui était assez abstrait, de le rendre un peu plus concret, par la confrontation des lectures de ces tableaux, de ces tests, de tout ce qu'on a fait. À deux ça permettait vraiment de rendre concret les choses. Par le langage, le fait de parler, malgré tout ça matérialise le problème. Moi je retiens surtout ça. La confrontation... La confrontation à un problème à plusieurs finalement. Qui permet de poser vraiment, de pas s'enfermer dans des solutions, qui ne seraient pas forcément les bonnes, si on est tout seul face à ce problème.(Dinar, p. 174)
>
> On pouvait débattre une fois qu'on avait lu, on pouvait échanger et essayer de savoir qui avait le mieux compris ou essayer de vraiment affiner ce qui était demandé. (Tomi, p. 523)

> Par rapport aux documents qu'on nous avait donnés et en même temps en croisant un peu de ce que chacun se souvenait des cours, des cours antérieurs, donc on a pu croiser un peu comme ça les éléments et trouver une réponse où on était tous d'accord sur la réponse donc ça c'est ce qu'on validait hein quand on était à peu près d'accord sur la réponse. (Lily, p. 410)
>
> On confronte nos points de vue, on s'auto alimente chacune. (Caro, p. 117)

Les questions posées par les camarades stimulent car elles provoquent des interrogations auxquelles l'étudiant n'aurait pas pensé seul mais surtout auxquelles il faut répondre, comme l'illustre ci-après l'entretien de Lily.

> C'est vrai qu'il y a Nana qui me pose souvent des questions, et que ça m'oblige du coup à chercher, à essayer de comprendre, pour répondre à sa question. <rire> (Lily, p. 407)
>
> Avec toutes ces questions qui ont été soulevées et auquel j'aurais peut-être pas pensé. C'est motivant aussi de travailler à plusieurs sur une même tâche, de se dire <inaud> on s'y met. Voilà. (Karem, p. 330)
>
> Comprendre l'autre et fait comprendre l'autre quoi. (Justine, p. 318)

Les échanges entre pairs permettent l'émergence de propositions variées, selon l'extrait de l'entretien d'Anna qui suit.

> Mais bien sûr ça améliore l'apprentissage puisque quand on arrive plus à résoudre quelque chose alors l'autre peut nous aider, il peut nous suggérer des propositions. (Anna, p. 55)

Ces témoignages décrivent le processus de co-construction en actes des connaissances et compétences qui s'effectue par la tentative d'apporter une réponse à un questionnement provoquant une confrontation par une tentative de reformulation.

6.3.3. La métacognition comme processus social de prise de distance individuelle

Les cinq extraits d'entretiens qui suivent évoquent le processus mis en place dans la connaissance de ses propres connaissances, en d'autres termes lors d'échanges oraux métacognitifs.

> [...] la métacognition, c'est comment l'autre, c'est le processus d'apprentissage que l'autre nous transmet et qui peut nous aider à résoudre quelque chose. (Anna, p. 56)
>
> Je pense que si on avait été qu'avec Adeline ça aurait peut-être moins bien fonctionné à mon idée parce que Jane avait besoin de comprendre voilà. Adeline comprenait, moi je faisais et Jane avait besoin de comprendre ce qui fait que du coup ça freinait Adeline et ça m'obligeait moi à sortir de la manipulation pour parfois essayer d'expliquer ce que j'avais compris et surtout me pencher sur la question avec elle. (Coco, p. 147)
>
> Oui, oui, oui on réfléchit à voix haute oui. Oui et puis si on réfléchit pas à voix haute c'est drôlement difficile pour les autres aussi de suivre là où on en est quoi <rire> mais oui je pense qu'on le fait. On le fait mais ça ça prend une forme, pas d'explication mais de… si d'exposition disons du cheminement intellectuel qu'on peut avoir à ce moment-là oui. (Coco, p. 150)

> [...] elle sait bien décortiquer, elle sait bien décortiquer, elle sait bien par où passer, quel est le chemin, tu fais ci puis tu fais ça et puis elle a cette patience-là. (Jane, p. 307)

Selon les propos rapportés ci-dessus, les échanges reposant sur une approche métacognitive des stratégies adoptées et les partages de savoirs cognitifs semblent facilitateurs pour la résolution de problèmes, par le retour réflexif sur l'activité en train de se produire qu'ils favorisent.

7. Les facilités perçues et identifiées du processus d'apprentissage de la statistique

La section qui suit décrit deux angles de vue distinct : l'un rapporte des représentations d'étudiants récoltées au moyen de l'entretien et l'autre restitue des observations émanant des traces numériques issues d'activités effectives. Ainsi il sera abordé les facilités perçues et celles observées. Nous employons l'expression de « *facilités perçues* » pour faire le pendant des difficultés perçues.

7.1. Les facilités perçues par les étudiants

Durant les entretiens les étudiants évoquent des facilités perçues de divers ordres. Il semble que donner du sens aux apprentissages, manipuler, être acteur et rester persévérant seraient des leviers de la réussite. Ce sont eux qui seront développés ci-dessous et enrichis à partir d'extraits d'entretiens.

7.1.1. En donnant du sens aux apprentissages

L'étudiant Tomy indique essayer de transmettre à son camarade les démonstrations mathématiques sous-jacentes, les techniques opératoires et les étapes du calcul pratique car pour lui ces étapes sont indispensables pour approfondir les connaissances et donner du sens aux activités.

> Voilà. Justement, là on est sur ce que je disais tout à l'heure, ou l'approfondissement mathématique, les calculs qui sont faits, pourquoi ils sont faits, ce qu'ils veulent dire. Ce qui pour moi quand même est important, si on veut comprendre ce qu'on fait comme travail. C'est ce que j'ai essayé de lui transmettre. (Tomy, p. 539)

Pour plusieurs étudiants, il semble indispensable d'aborder la statistique par des situations concrètes dont la pratique d'exercices permettrait de donner du sens. L'expérience pratique et concrète est décrite comme propice au passage des connaissances en actes, aux remémorations de connaissances factuelles et sémiotiques abordées antérieurement, tel que l'extrait de l'entretien de Lily l'indique.

> Que là, dans les TD et ben on va dire que les discours ont été tout de suite plus parlants parce qu'y a des trucs qui sont revenus, parce qu'on faisait les choses concrètement et puis là on s'appropriait on va dire les exercices bêtement par rapport à l'enquête sur laquelle on étudiait, ça devenait parlant, enfin je vois pour moi ça devenait vraiment plus parlant quoi. J'ai pu comprendre un petit peu à quoi servait la mode, la variable, ça c'est des trucs que je ne savais même plus ce que c'était quoi. (Lily, p. 413)

Lorsqu'il est demandé aux étudiants ce qui pourrait être amélioré dans les TD plusieurs d'entre eux auraient apprécié de traiter leurs propres données de recherche, pour donner plus de sens, comme signalé par Clém dans l'extrait qui suit.

> Et puis à partir de données que j'ai moi-même collectées pour que du coup les résultats que je trouve aient un sens par rapport à ma recherche. Là j'avais, j'ai vraiment beaucoup de mal, sachant qu'en plus mine de rien c'était court, euh voilà. (Clém, p. 124)

Pour les étudiants, trouver du sens aux tâches prescrites ne va pas de soi, il apparaît pourtant comme un facteur facilitateur dans les extraits rapportés ci-dessus.

7.1.2. En devenant acteur, en anticipant les activités dirigées et en persévérant dans leur réalisation

Anticiper les cours, se renseigner avant sur ce qui va être fait, être dans une dynamique constructive et non passive seraient des stratégies favorisant la réussite.

> Ensuite, pour moi c'était nouveau, Spad. Donc j'ai découvert, je m'étais un petit peu renseigné avant pour voir un petit peu ce qu'on allait faire, mais c'était nouveau. (Riadh, p. 462)

Comme l'illustre l'extrait ci-après l'étudiante Fama évoque la décomposition des activités en difficultés graduées et se satisfrait de n'aborder que deux points du programme à condition de les maîtriser parfaitement.

> Parce que, je préfère maîtriser deux petites choses, que voir tout sans rien maîtriser. C'est mon point de vue. (Fama, p. 218)

Dans l'extrait ci-après, l'étudiante Sarah décrit précisément la stratégie qu'elle a mise en place pour rattraper son retard perçu et parvenir à s'approprier les objectifs du TD. La première étape consiste à déchiffrer le vocabulaire nouveau et à s'emparer des termes par un recoupement d'informations trouvées sur Internet. La deuxième étape comporte la décomposition des méthodes de traitement de données mises en oeuvre par les auteurs des ouvrages conseillés par l'enseignant. Outre la méthodologie décrite, elle s'empare également de la logique sous-jacente et du vocabulaire employé.

> Ensuite je suis allée sur Internet pour aller voir les notions que je connaissais pas dans le fascicule. Le coefficient de... je sais plus... Tous les termes que je connaissais pas, parce que comme j'avais pas fait de M1 j'étais partie sur

> l'idée que j'étais en retard par rapport aux autres. Donc, comme je fais à chaque fois, puisque j'ai souvent repris des études, je compense par beaucoup de travail c'est-à-dire que j'ai repris tous les termes que je connaissais pas, et je suis allée voir des explications, et je suis aussi allée voir la bibliographie. Je suis allée voir quelle était la manière dont les gens qui écrivaient des livres, donc, de cette bibliographie, qui *a priori* était pertinente, comment ils pensaient comment ils pensaient une étude de. Et il y avait un des ouvrages qui était notamment intéressant, parce que c'était le même recueil de données qu'on avait. Et donc j'ai regardé, c'était pas les résultats qui étaient importants parce que dans le fond notre hypothèse n'est pas la même. Mais, comment il pense. Quel est leur langage, quelle est leur manière d'aborder les choses, quelles sont les étapes qu'ils suivent, voilà. C'est comme ça que j'ai, que je me suis fait une représentation de ce qu'il fallait faire. (Sarah, p. 485)

Les extraits ci-dessous évoquent l'utilité de faire les liens entre les cours et parvenir à extraire les informations importantes de celles qui sont accessoires.

> Oui, j'ai retrouvé ce que j'avais appris donc en L3 en M1 en statistiques, je l'ai retrouvé ici sous une autre forme disons assistée par un logiciel du point de vue des calculs mais ça m'aidait bien de me reporter à ce que j'avais appris les années précédentes pour replacer un peu la compréhension de ce que j'étais en train de faire quoi sur le logiciel oui. (Coco, p. 145)
>
> Après c'est toujours, en cours c'était pour moi une remise, une remise en perspective des informations importantes de ce qui est attendu et le TD ça a permis de mettre ça, de voir ça de façon plus concrète, sur le lien après avec le cours, voilà. (Tomi, p. 516)

Être curieux et s'autoriser des entorses aux guidages du cours et aux tâches prescrites permettraient de s'approprier d'autres méthodes tout en augmentant positivement sa compétence perçue, comme l'indique l'extrait de Sarah qui suit.

> Et notamment, je suis allée voir dans l'aide, je suis allée voir dans les fonctionnalités, qui étaient plus faciles que sur l'ancien. Et par exemple, j'ai trouvé une autre application qu'on n'avait pas vue, ni dans le fascicule, ni dans le cours, enfin on a pas eu de cours quasiment mais, qui était pas le fascicule. Et qui a été très utile pour notre hypothèse. Donc du coup, je me suis servi d'une application seule. En allant voir dans l'aide […] (Sarah, p. 485-486)

Les étudiants décrivent majoritairement l'importance de prendre en charge leur formation, ils préconisent l'autonomie et valorisent les stratégies actives qu'ils mettent en place.

7.1.3. En pratiquant et persévérant

Quatre étudiants indiquent combien la manipulation du logiciel facilite la mémorisation des activités.

> Ouais je pense que c'est pour ça qu'il ne me reste pas grand-chose d'ailleurs des séances que j'ai eues parce que j'ai été uniquement sur le document d'accompagnement qu'a fourni Y et du coup comme j'ai pas du tout manipulé euh (.) ouais je pense que le fait que j'ai pas bien mémorisé voilà. Pas forcément compris mais le fait que j'ai pas mémorisé c'est lié au fait que j'ai pas touché ouais. (Ashley, p. 91)

D'après les propos ci-après de l'étudiante Lily, la manipulation numérique améliorerait la mémorisation des schèmes d'action.

> [...] c'est d'expérimenter directement parce qu'on enregistre beaucoup mieux quand on manipule ou quand on travaille que quand on écoute un cours sur les formules d'Excel. Moi y'a des trucs que je n'ai pas du tout retenus et que l'autre a fait « mais si on a vu ça en cours ! » et j'étais là « mais je me souviens pas ! ». Que là je pense que j'ai peut-être plus enregistré de choses par cette expérimentation qu'en écoutant. Alors après je pense que moi j'ai une mémoire où j'ai besoin de faire sinon je galère, je ne retiens pas. (Lily, p. 412)
>
> Ouais tout à fait. Après je veux pas généraliser. En ce qui me concerne tout à fait. C'est parce que je l'ai fait et je l'ai refait et je l'ai rerefait qu'à un moment donné ça me paraît évident et facile quoi. (Ashley, p. 92)

Dans l'extrait qui suit, Ashley évoque son apprentissage du numérique par une répétition des tâches jusqu'à leur appropriation.

> Bah ça m'a appris que finalement la théorie, en fait après la théorie faut pratiquer parce que en fait je pense que c'est ça mon souci en stats. Je vais en cours et puis après je me plains de pas de pas pouvoir refaire ce que j'ai appris en cours. Alors que c'est vrai ce que je fais en cours je le reproduis pas à la maison systématiquement, donc ça m'a appris ça, ça m'a appris que il faut vraiment, il faut que je vois une formule et tout faut vraiment, faut avoir l'ordinateur en fait en cours et puis essayer de faire les manipulations en même temps que le prof et voir… (Gala, p. 270)

D'après les extraits précédents, la persévérance serait une qualité à développer pour mieux comprendre, pour mémoriser davantage et pour permettre de donner du sens aux activités. Ainsi la majorité des étudiants perçoivent le processus d'apprentissage selon les conceptions subordonnées au béhaviorisme et plus spécifiquement au conditionnement opérant développé par Skinner. Selon ce modèle, des renforcements positifs ou négatifs sont mis en place pour obtenir une réponse adéquate stabilisée chaque fois qu'il est présenté un stimulus particulier.

7.2. Les facilités observées lors de l'expérimentation

Durant l'expérimentation nous avons pu relever des activités effectives que nous avons classées selon la composante émotionnelle, cognitive et interactive.

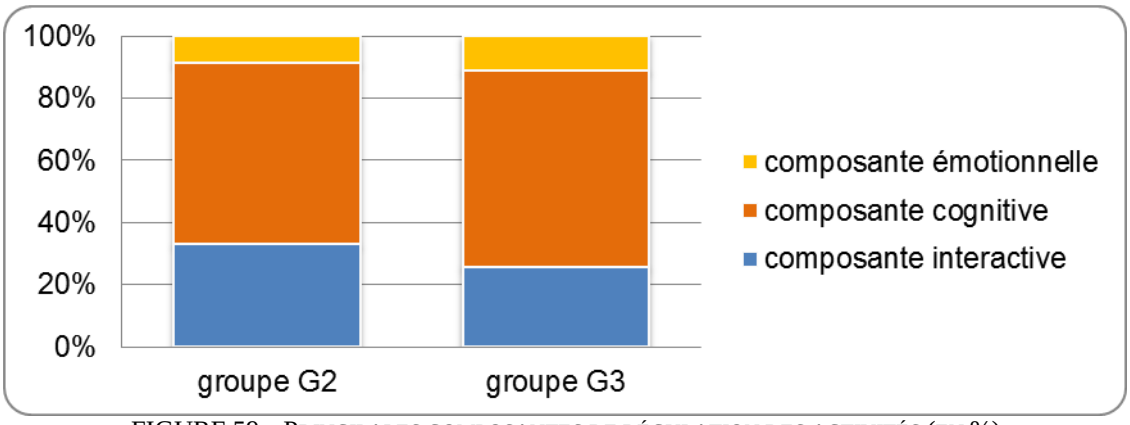


FIGURE 59 – PRINCIPALES COMPOSANTES DE RÉGULATION DES ACTIVITÉS (EN %)

Le diagramme empilé de la figure ci-dessus montre des différences importantes dans la régulation des activités collaboratives médiées par les TIC. Mises à part les dissemblances de traitement des activités regroupées dans trois composantes on remarque des similitudes entre les deux groupes. Les activités collaboratives sont ainsi régulées très majoritairement selon une composante cognitive. Il s'ensuit, pour environ un tiers des échanges, une composante interactive puis, dans une moindre proportion, se trouve la composante émotive. Cette dernière catégorie est peu présente dans la régulation commune des activités.

	Groupe G2		Groupe G3	
	Effectifs	Fréquences	Effectifs	Fréquences
Composante interactive				
ACQU	188	23,98	291	19,88
APPR	28	3,57	33	2,25
OPPO	31	3,95	40	2,73
CONT	11	1,40	11	0,75
Total	258	32,91	375	25,61
Composante émotionnelle				
ATEP	23	2,93	52	3,55
ATEN	7	0,89	40	2,73
COPP	2	0,26	3	0,20
COPN	36	4,59	69	4,71
Total	68	8,67	164	11,20
Composante cognitive				
DESC	174	22,19	309	21,11
REGU	63	8,04	167	11,41
EVAL	102	13,01	291	19,88
RAIS	119	15,18	158	10,79
Total	458	58,42	925	63,18

TABLEAU 48 – RÉPARTITION DES ACTIVITÉS COLLABORATIVES OBSERVÉES

Le tableau qui suit montre que la composante émotionnelle est proportionnellement moins présente dans le groupe G2.

Khi² (Valeur observée)	1,237
Khi² (Valeur critique)	5,991
DDL	2
p-value	0,539
alpha	0,05

TABLEAU 49 – TEST D'INDÉPENDANCE DES PRINCIPALES COMPOSANTES DE RÉGULATION DES ACTIVITÉS

Le tableau précédent montre que le khi-deux d'indépendance (Annexe 35) ne révèle pas une différence statistiquement significative entre les deux groupes G2 et G3, valeur empirique $\chi 2_{obs}$ (ddl = 2, N = 200) = 1,237 p.value P > 0,05. Étant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil alpha = 0,05, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H0, avec un risque de deuxième espèce β.

7.2.1. Par les interactions entre les étudiants

La répartition des composantes montre qu'environ un quart des activités collaboratives (pour G2 : 23,98 % et pour G3 : 19,88 %) issues de la composante interactive provient des acquiescements sans argumentation. Ces interactions peuvent être dotées d'une valeur de réconfort ou tout au moins montrer un accord avec les activités effectives conduites à plusieurs. Ces acquiescements sans argumentation se présentent majoritairement sous une simple onomatopée telle que : « *hum* ». Ces résultats sont en adéquation avec la plupart des études qui se sont intéressées à la nature des interactions effectives établies entre apprenants (Gilly, Fraisse et Roux, 1988 ; Carugati *et al.*, 1980 ; Doise et Mugny, 1997) et qui perçoivent majoritairement des relations de surface qui ne donnent pas lieu à des remises en question. Pour qu'une interaction provoque un conflit sociocognitif et surtout entraîne un échange efficace encore faut-il qu'elle engendre des déstabilisations cognitives fournies par la confrontation et la divergence de point de vue. Cette attitude antagoniste, nommée confrontation contradictoire par Gilly *et al.* (1988), n'advient que très rarement dans nos observations elle est peu visible (pour G2 : 1,40 % et pour G3 : 0,75 %). Il est cependant frappant de noter que cela se produit presque deux fois plus souvent pour le groupe G2 qui, comme nous l'avons remarqué précédemment, rencontre moins de difficultés à effectuer les tâches.

7.2.2. Par les échanges constructifs entre les étudiants

La répartition des activités collaboratives montre que la plupart des activités cognitives se résument à de simples descriptions qui peuvent être perçues comme le premier niveau de conceptualisation d'une notion. Les activités d'évaluation sont assez présentes mais chaque groupe n'obtient pas les mêmes proportions (pour G2 : 13,01 % et pour G3 : 19,88 %). Pourtant cette phase de contrôle est importante car elle permet de vérifier les

activités et de revenir sur ce qui a été fait précédemment. Cette pratique est d'autant plus essentielle qu'elle facilite la mise en évidence des erreurs et des dysfonctionnements tout en pouvant s'inscrire dans une sorte de retour réflexif sur les connaissances et les compétences. Elle marque tout à la fois des temps d'hésitation, de contrôle et de réflexion. Toutefois, les échanges cognitifs les plus riches disposés dans la composante cognitive se trouvent concentrés dans la catégorie raisonnement qui reste en bonne place (pour G2 : 15,18 % et pour G3 : 10,79 %) dans la composante cognitive. Le groupe G2 compte d'avantage d'activités allant dans ce sens.

7.2.3. Par l'instauration d'un climat neutre entre les étudiants

Comme cela a été mentionné précédemment, l'essentiel des échanges se rapporte aux activités effectives conduites à plusieurs. Concernant la composante émotionnelle, peu audible et peu visible lors des transcriptions, elle rassemble des remarques qui reposent sur des facteurs psychologiques et couvre les échanges transportant de l'émotion. Pour une meilleure visibilité nous avons procédé à la classification plus fine qui suit.

	Groupe G2		Groupe G3	
	Effectifs	Fréquences	Effectifs	Fréquences
ATEP	23	0,34	52	0,32
ATEN	7	0,10	40	0,24
COPP	2	0,03	3	0,02
COPN	36	0,53	69	0,42
Total	68	1,00	164	1,00

TABLEAU 50 – RÉPARTITION DE LA COMPOSANTE ÉMOTIONNELLE

La répartition de la composante émotionnelle obtient en première place une compétence perçue négative (pour G2 : 4,59 % et pour G3 : 4,71 %) pour les deux groupes ce qui signifie que les étudiants étudiés ont tendance à déprécier et/ou dénigrer leurs connaissances et compétences. Toutefois, ces énonciations négatives se compensent par des échanges révélant une attitude émotive positive (pour G2 : 2,93 % et pour G3 : 3,55 %). On trouve dans cette catégorie des propos véhiculant un sentiment à tendance positive envers la situation.

Le tableau ci-dessus révèle que les étudiants qui réussissent le mieux sont aussi ceux qui ont proportionnellement l'attitude la plus positive. Mais ce sont également ceux qui ont la compétence perçue négative la plus élevée.

Quant à la temporalité, elle diffère également entre les deux groupes. Les étudiants du groupe G2 traitent beaucoup plus d'items que leurs camarades puisqu'ils parviennent au test du khi-deux, alors que leurs camarades s'arrêtent bien avant et n'abordent que les concepts élémentaires de statistique descriptive.

Synthèse des résultats, discussion, interprétations

En résumé, le graphe implicatif général, regroupant tous les facteurs préexistants, montre une certaine homogénéité dans les réponses relatives au degré d'intensité spécifié pour qualifier l'intérêt et/ou l'utilité de l'enseignement de la statistique. L'attitude émotive augmente au fil des réponses. Plus les étudiants délivrent leurs représentations de la statistique et plus ils inscrivent des expressions relevant d'une attitude émotive. Les réponses qualifiant la statistique dans sa dimension productive sont surreprésentées, ce qui confirme une représentation de la statistique focalisée sur sa dimension mathématique tout en témoignant d'une uniformité dans les réponses des étudiants. Ce sont les étudiants qui donnent des réponses neutres, c'est-à-dire sans charge émotive, qui auront davantage tendance à rapporter la statistique selon sa dimension productive au détriment des autres dimensions.

Les facteurs les plus déterminants de la réussite des activités, révélés par la régression logistique multinomiale, sont essentiellement liés à l'âge, au type de baccalauréat, aux difficultés perçues à l'égard de la statistique, à son évocation par une phrase et au résultat obtenu à la situation-problème S1. Le type de baccalauréat obtenu a un impact durable sur la poursuite d'études universitaires. Il conditionne fortement aussi bien la réussite des activités que les parcours universitaires suivis. Il influence aussi la capacité de développement et la capacité de raisonnement.

Comme nous l'avions présupposé, les résultats obtenus par l'analyse factorielle multiple confirment que ce sont les facteurs cognitifs qui influencent le plus la réussite des activités et, par ordre décroissant d'intensité, apparaissent les facteurs psychologiques et enfin les facteurs biographiques. Cependant, l'intensité de l'influence est limitée, ce qui confirme que d'autres facteurs doivent interagir et influencer conjointement la réussite.

Les entretiens ont permis d'établir les représentations des étudiants restituant leur expérience estudiantine. Les principaux facteurs d'ordre biographiques rapportés ont été l'étayage, le conflit sociocognitif et la métacognition. Les étudiants ont insisté sur l'importance de l'expérience précédente, des connaissances antérieures et du temps d'exposition à la statistique. Les principaux facteurs situationnels d'ordre psychologique, évoqués facilitateurs par les étudiants sont l'aide, l'entraide, l'échange et le partage. Les principaux facteurs d'ordre cognitif rapportés ont été l'étayage, le conflit sociocognitif et la métacognition.

PARTIE 4 – Discussion des résultats et mise en perspective

Placée entre les résultats et la conclusion, cette dernière partie, beaucoup plus succincte que les précédentes, se donne pour objectif de discuter et mettre en perspective les thèmes majeurs décrits précédemment.

Dans un premier temps, il s'agira d'extraire les principaux résultats obtenus et de proposer plusieurs schémas constituant une synthèse des analyses avancées antérieurement en soulignant les liens entre variables.

Dans un deuxième temps, nous émettrons quelques recommandations qui nous paraissent pouvoir être pertinentes pour les décideurs institutionnels et d'autres s'adressant aux enseignants. Nous tenterons également d'apporter plusieurs pistes de réflexion et des propositions d'intervention pour faciliter l'enseignement de la statistique à l'université.

Dans un troisième temps, nous exposerons deux suggestions qui pourraient donner lieu à des recherches à venir.

1. Principaux résultats obtenus

Il s'agit à présent de rappeler les résultats les plus significatifs. Nous commencerons par modéliser les facteurs préexistants biographiques, psychologiques et cognitifs influençant la réussite des étudiants. Nous essaierons de modéliser les résultats obtenus pour en dégager les principales articulations et les liens relevés entre les différentes variables pour extraire les points les plus saillants.

1.1. Vers une modélisation des résultats

Afin de présenter une synthèse des principaux résultats, les propositions de modélisation suivantes ont été élaborées sur :

– les facteurs influençant la réussite extraits des questionnaires et des observations ;

– les critères de réussite d'activités extraits des observations ;

– les conditions facilitatrices extraites des entretiens.

1.1.1. Vers une modélisation des critères de réussite

L'analyse factorielle multiple (AFM) a mis en évidence une assez grande dispersion des indices de réussite des activités qui apparaissent suffisamment discriminants pour la circonscrire au moyen de quatre pôles distincts.

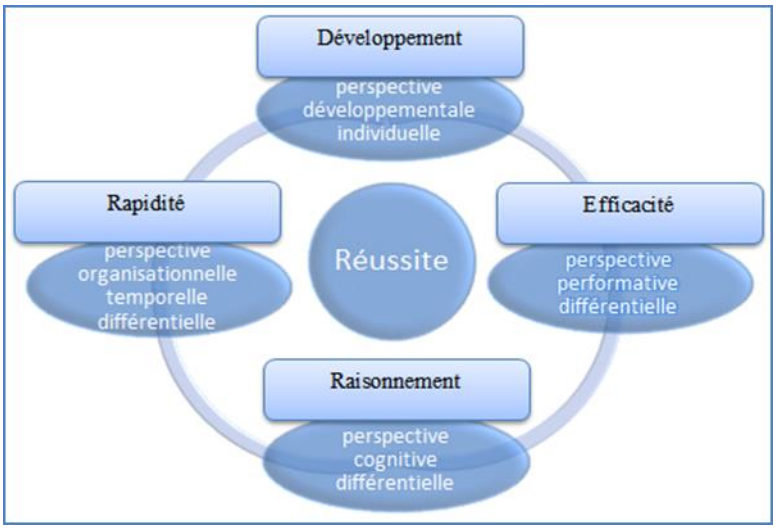


FIGURE 60 – LES DIFFÉRENTS CRITÈRES DE RÉUSSITE SELON QUATRE PERSPECTIVES

Selon la figure ci-dessus, seul le critère de réussite relatif au développement permet d'observer l'étudiant par rapport à lui-même et de vérifier son indice de perfectionnement. Il consiste à mesurer la capacité de progression durant la formation et se situe dans une perspective conjointement développementale et individuelle.

Le critère d'efficacité se positionne dans une perspective performative et différentielle. Il résulte du rapport entre la performance individuelle et collective de tous les étudiants réalisant une tâche identique, en situation similaire.

Le critère de raisonnement se situe dans une perspective cognitive différentielle. Il mesure le rapport de réussite entre étudiants dans l'accomplissement des tâches les plus complexes qui mobilisent davantage la capacité d'interprétation et de raisonnement.

Le critère de réussite évaluant la rapidité d'exécution des activités effectives se situe dans une perspective à la fois organisationnelle et temporelle. En effet, les étudiants sont capables de coordonner les activités, de mieux gérer le temps et sont donc plus prompts que leurs camarades.

Enfin, les résultats obtenus confirment la nécessité de recourir aux variables prédéfinies qui couvrent quatre directions différentes et donnent ainsi une représentation assez large et exhaustive pour circonscrire la réussite d'activités.

1.1.2. Vers une modélisation des facteurs préexistants influençant la réussite

Basé sur une situation didactique collaborative, médiée par un logiciel de traitement de données, nous avons pu observer plusieurs facteurs préexistants influençant la réussite des étudiants. Le schéma qui suit synthétise les principaux résultats obtenus.

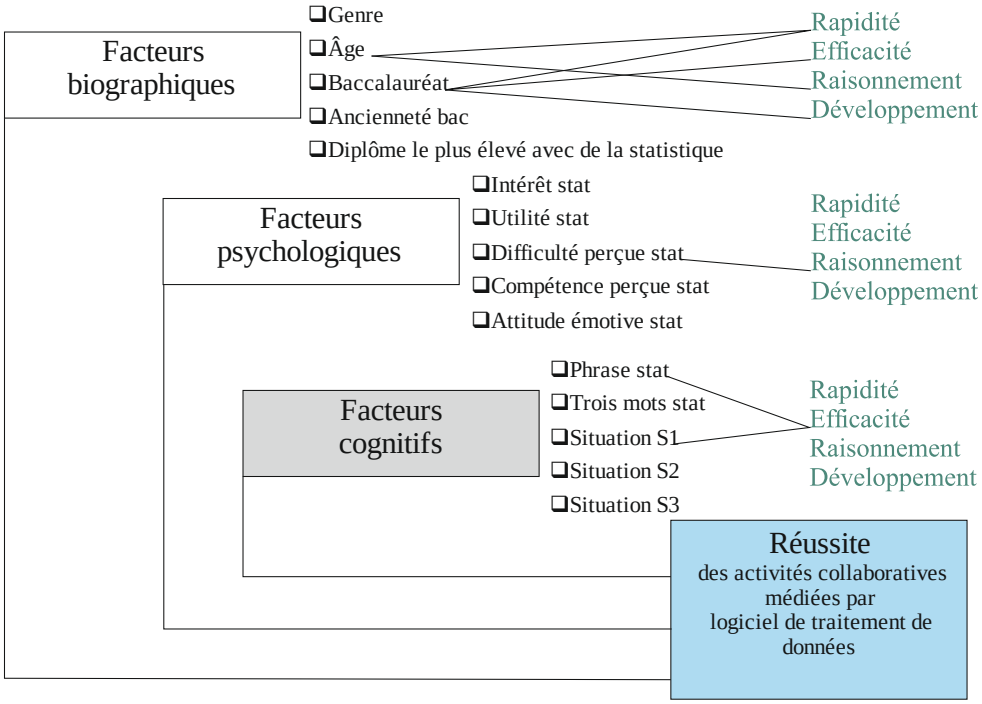


FIGURE 61 – PRINCIPAUX FACTEURS PRÉEXISTANTS INFLUENÇANT LA RÉUSSITE

Dans le schéma ci-dessus le degré d'intensité des facteurs est représenté par la proximité entre les variables et les critères de réussite. Les facteurs cognitifs sont ceux qui ont le plus fort impact sur la réussite et, dans un ordre décroissant d'intensité, se trouvent les facteurs psychologiques et enfin les facteurs biographiques.

1.1.3. Vers une modélisation des conditions facilitatrices perçues

Les entretiens révèlent les conditions facilitatrices perçues par les étudiants à l'égard de la formation à la statistique, dont la schématisation se trouve ci-dessous.

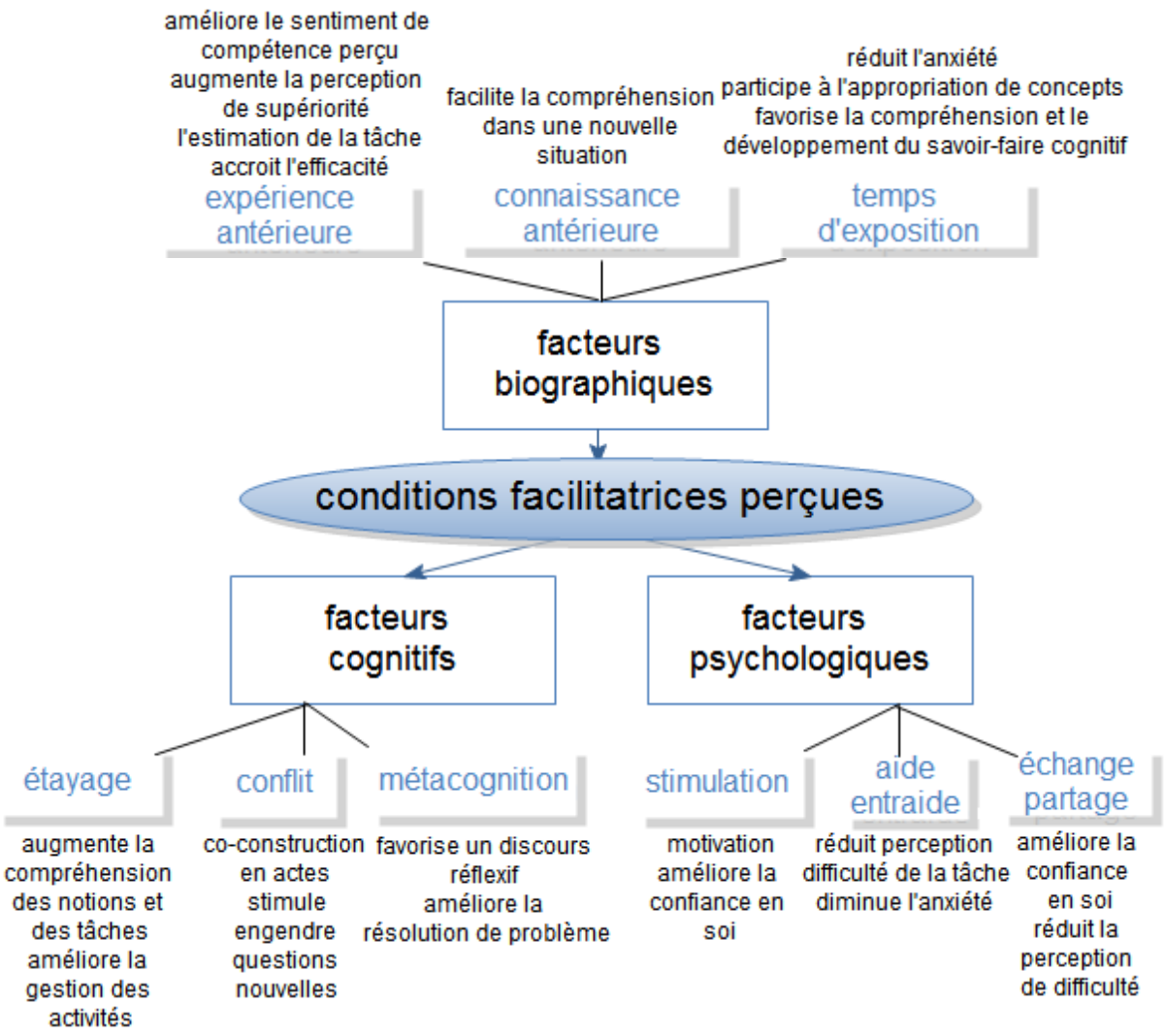


FIGURE 62 – LES CONDITIONS FACILITATRICES ÉVOQUÉES PAR LES ÉTUDIANTS

Les entretiens ont permis d'établir l'importance de plusieurs facteurs. Ceux d'ordre biographique relèvent principalement de l'expérience précédente, la connaissance antérieure et le temps d'exposition ; ceux d'ordre psychologique sont essentiellement la stimulation, l'aide, l'entraide, l'échange et le partage. Enfin, les principaux facteurs cognitifs évoqués présentent des similitudes avec les notions d'étayage, de conflit sociocognitif et de métacognition.

2. Remédiations possibles et recommandations

Des pistes de remédiations et de recommandations sont proposées aux décideurs institutionnels responsables pédagogiques, d'autres s'adressent plus particulièrement aux enseignants.

2.1. Recommandations pour les décideurs institutionnels et les responsables pédagogiques

Ces recommandations larges s'adressent aussi bien au Conseil supérieur des programmes qu'aux gouvernances des établissements d'enseignement supérieur qui ont des responsabilités dans les constructions de parcours de formation.

À l'état d'intuition dans notre première partie, il a pu être démontré dans cette thèse que l'expérience scolaire vécue par l'apprenant influence considérablement et durablement ses réussites et ses choix d'orientation. En effet, nos résultats montrent que la série du baccalauréat obtenu influence la réussite selon les critères d'efficacité, de rapidité et de développement, dans le cadre d'une formation à la statistique menée en Master 2. Plus de cinq ans après son obtention, le plus souvent après une durée d'interruption longue ($m \approx 14$ ans), le poids de cette variable perdure encore. À cela s'ajoute le fait qu'elle exerce une forte influence, y compris sur le parcours universitaire.

2.1.1. Enseigner la statistique le plus tôt possible

Les entretiens des étudiants témoignent d'un lien fort perçu entre la formation antérieure et la confiance en soi, mais aussi sur l'organisation des activités. Il a ainsi été extrait les quatre effets favorables suivants :

– le sentiment de compétence positif ;

– la perception de supériorité par rapport à ses pairs ;

– l'estimation positive de la tâche prescrite à effectuer ;

– la capacité de repérage et de concentration sur les tâches essentielles.

Les entretiens nous révèlent en substance que moins les étudiants sont confrontés à l'enseignement de la statistique et plus ils risquent de développer des inquiétudes à son encontre. Selon les préconisations de Coutanson (2010), les rudiments de la statistique peuvent être expliqués à de jeunes enfants. Allant dans ce sens, Gattuso (2011, p. 11) remarque qu'il semble évident d'enseigner une langue étrangère le plus tôt possible et il devrait pareillement être proposé le même adage à la statistique. « *Cependant, il est bien connu, par exemple, que l'apprentissage d'une langue est plus facile s'il est commencé dès l'enfance ; pourquoi cela ne serait-il pas vrai de la statistique ?* ». Bakker (2004) constate des difficultés de compréhension conceptuelle nécessaire pour analyser les données, dès l'âge de 10-11 ans. Nous sommes intimement convaincue que plus tôt les difficultés sont repérées et plus il est facile de les surmonter. Les témoignages des étudiants ont montré que le temps d'exposition à la statistique est souvent perçu comme réduisant notablement l'anxiété provoquée par la crainte d'aborder des notions de statistique ou par la nouveauté de la tâche à

accomplir ou encore par l'anticipation des difficultés liées à l'appropriation de nouveaux concepts. Ce temps d'exposition, au-delà du sentiment de confiance en soi qu'il améliore, faciliterait la compréhension de notions et le développement du savoir-faire cognitif.

2.1.2. Enseigner la statistique à tous les lycéens

Le type de baccalauréat obtenu conditionne fortement aussi bien la réussite des activités que les parcours universitaires suivis, influence également la capacité de développement et celle de raisonnement. Ce quadruple impact se poursuit durablement puisque nous avons pu remarquer son influence même cinq ans – et beaucoup plus – après l'obtention du diplôme. Ainsi le temps ne permet pas de gommer les connaissances et compétences acquises au lycée et paraît même renforcer certains choix d'orientation disciplinaire. Plusieurs recherches abondent dans ce sens dont l'enquête de Fouquet (2013) qui révèle combien la série du baccalauréat et l'âge de son obtention seraient déterminants dans l'acquisition de la licence. Cet impact se percevrait sur tout le parcours universitaire, comme le mentionnent Jaoul-Grammare et Nakhili (2010).

> Avoir un bac général (*a fortiori* S) réduit la probabilité d'échec en 1ère année. L'effet est assez important à ce palier. On assiste à un véritable effet hiérarchisé dans le sens des filières : S, ES, L, puis STT et autres bacs techno. En effet, si on a plus de deux fois moins de chance de ne pas sortir de l'enseignement supérieur avec un diplôme quand on est titulaire d'un baccalauréat L plutôt que S, ces chances sont cinq fois moins importantes avec un bac STT[…] L'effet des différentes séries de bac diminue légèrement à l'entrée en master (après un bac+3) mais l'impact du profil scolaire reste cependant assez significatif. Les bacheliers scientifiques ont toujours l'avantage sur l'ensemble des autres bacheliers. (Jaoul-Grammare et Nakhili, 2010, p. 14)

Cette étude confirme que l'avantage ne se limite pas au niveau de la licence mais se poursuit également en master bien qu'il s'atténue légèrement à ce niveau-là.

Ce constat conduit à recommander que les parcours scolaires puis universitaires proposés ne confinent pas les étudiants dans une formation trop « *spécialisante* » et restrictive au risque de produire des experts d'un domaine hermétiques aux autres disciplines. Ce serait regrettable dans notre société qui prône la pluridisciplinarité et qui aspire à former le citoyen de demain qui, comme on le sait, devra s'adapter rapidement aux changements sociétaux.

2.2. Recommandations pour les enseignants

Les enseignants ont également une grande responsabilité en disposant de la *liberté pédagogique* qui offre une part d'initiative importante dans le respect des dispositions légales et réglementaires en vigueur, qu'elles soient nationales ou locales. Il leur incombe notamment de constituer des ressources didactiques et de gérer les activités pédagogiques. Ces deux derniers points offrent une marge de liberté qui pourrait permettre d'intégrer des notions de

base de la statistique qui viendraient nourrir les enseignements disciplinaires, leur donner sens mais également développer l'esprit critique inhérent à la statistique.

2.2.1. Proposer des activités collaboratives

Les entretiens ont permis d'établir que la participation à une situation collaborative présenterait de nombreux avantages, notamment elle :

– améliorerait la motivation ;

– augmenterait la confiance en soi ;

– réduirait la perception de difficulté de la tâche ;

– diminuerait l'anxiété ;

– permettrait de partager les difficultés.

Pour plusieurs étudiants il semble indispensable d'aborder la statistique par des situations concrètes dont la pratique d'exercices permettrait de donner du sens. L'expérience pratique et concrète est décrite comme propice au passage des connaissances en actes, aux remémorations de connaissances factuelles et sémiotiques abordées antérieurement. De plus, notre corpus fait apparaître une grande hétérogénéité des étudiants en termes d'âge, de type de baccalauréat, de parcours scolaire et de niveau de formation à la statistique, ce qui correspond aux facteurs préexistants biologiques. Cette diversité est couramment constatée et selon les propos d'Endrizzi et Sibut (2015), « *la population étudiante n'a jamais été aussi hétérogène, tant en termes de capitaux (social, culturel économique) que d'âge et de nationalité (Gruel et al., 2009)* ». Dans ce contexte, l'enseignant doit s'adapter aux disparités. Proposer des activités collaboratives permet de tirer profit de l'hétérogénéité et bénéficier des diversités.

2.2.2. Rendre la statistique plus séduisante et attractive

Il appartient aussi à l'enseignant de rendre la discipline qu'il enseigne plus attractive. Plusieurs auteurs se sont emparés de cette sentence et ont fourni des propositions sur les contenus d'enseignement. Par exemple, il est envisageable de commencer par des problématiques d'actualité en abordant des exemples « grand public », facilement compréhensibles, éventuellement transposables en soirées, qui ne laissent pas indifférent mais au contraire monopolisent l'attention des étudiants comme le proposent Genolini et Driss (2010, p. 50). Bihan-Poudec (2012, p. 67) préconise l'usage de données ordinaires issues de la vie quotidienne pour modifier la représentation des étudiants sur les informations courantes et les convaincre ainsi de l'utilité de la statistique. De nos entretiens avec les étudiants il ressort que plusieurs d'entre eux trouveraient de l'intérêt à utiliser leurs propres données récoltées dans le cadre de leurs études.

Les réponses issues du questionnaire révèlent une posture que nous qualifions de partisane car elle signale une attitude soit trop confiante soit trop méfiante à l'égard de la statistique. Pour Batanero (2003, p. 121), la statistique souffre d'une image fréquemment identifiée à une falsification des données produite en fonction des intérêts de la personne ou du groupe qui mène l'étude. Il faudrait donc s'attacher à améliorer cette représentation auprès du grand public, notamment par l'acquisition de connaissances et compétences permettant de développer un esprit critique. D'autant que la statistique demeure une discipline dont certains concepts, notamment ceux qui reposent sur des notions de probabilités, s'avèrent particulièrement contre-intuitifs ce qui peut engendrer un obstacle épistémologique.

Plusieurs étudiants rapportent l'importance de trouver du sens aux tâches prescrites. Or donner du sens à un enseignement ne va pas de soi ; il ne se décrète pas mais impose un cheminement de l'étudiant dans la construction du sens qu'il peut donner à la situation d'apprentissage dans laquelle il se trouve. Si inculquer le goût d'apprendre et le plaisir de faire de la statistique semblent difficile à enseigner, en revanche, dresser la liste des raisons de son utilité semble déjà plus aisée à aborder.

2.3. Vers une schématisation de suites possibles envisageables

Au contact du terrain de rcherche, il a été observé des situations fort riches et variées et notre corpus pourrait donner lieu à d'autres études exploratoires. Deux pistes de travail pourraient être poursuivies, nous en présentons les premiers éléments constitutifs.

2.3.1. Vers une modélisation des registres de l'enseignement de la statistique

Une première proposition aborde les divers registres mobilisés pour enseigner la statistique et se situe dans une perspective didactique. Comme cela a été signalé dans la première partie, il est possible de percevoir derrière la définition de la statistique deux composantes distinctes (Régnier 2002, 2005), l'une recouvrant une composante théorique, mathématique et l'autre portant sur une composante appliquée à une discipline de référence. Nous avons également signalé plusieurs acceptions de la définition même de la statistique. Lors de nos observations, nous avons pu remarquer que son enseignement mobilise des savoirs constitués de représentations diverses qui nécessitent de recourir à des registres intégrants des formes distinctes. Nos observations nous permettent de distinguer, pour un même concept de statistique, les sept formes de discours suivantes :

– forme « déclarative » : comprend le vocabulaire ainsi que les définitions afférentes aux concepts de statistique ;

– forme « mathématique » : correspond aux algorithmes, aux formules mathématiques ;

– forme « graphique » : représente des données au travers de figures illustratives ;

– forme « opérationnelle » : contient les étapes des opérations à produire ;

– forme « procédurale » : se conforme à la pratique des calculs ;

– forme « numérique » : se limite à la valeur numérique, exprimée par un chiffre ;

– forme « fonctionnelle » : se rapporte à l'analyse et interprétation des résultats.

Pour illustrer ces sept formes de discours, nous prenons l'exemple de la notion d'écart-type :

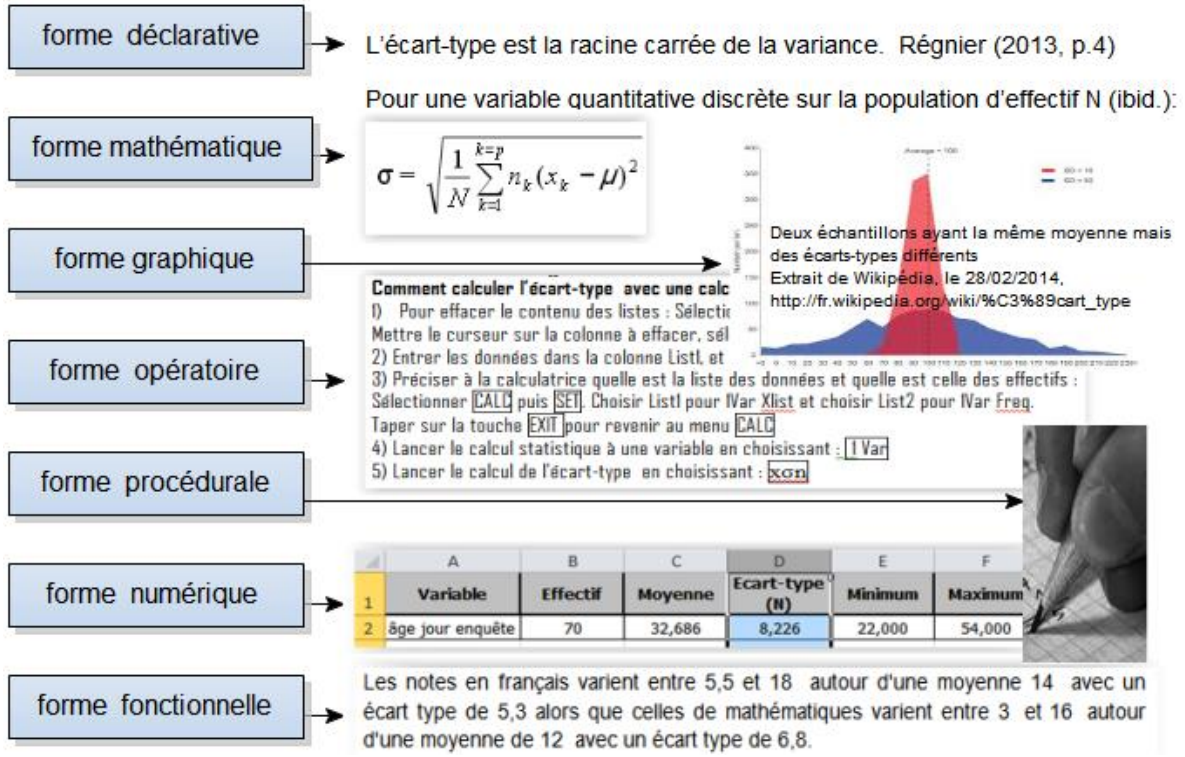


FIGURE 63 – LES PRINCIPALES FORMES DE DISCOURS CONCERNANT LA NOTION D'ÉCART-TYPE

Allant dans ce sens, une étudiante décrit sa difficulté à relier la diversité des registres adoptés en statistique pour détermine un concept :

> Enfin ce qui rend difficile les statistiques c'est vraiment ça, c'est le fait qu'il faille associer une manip une interprétation, à du langage quoi. Enfin pour moi c'est ça la difficulté, la première difficulté en fait. (Justine, p. 322)

Une autre étudiante témoigne de ses difficultés d'abord à connaître les formules utiles en statistique et ensuite évoque la difficulté de leur transfert en fonction opérationnelle sur un logiciel de traitement de données.

> C'est difficile de déchiffrer déjà le logiciel donc si je savais toutes les formules et tout j'aurais quand même un problème pour les faire passer parce qu'on écrivait pas de la même manière à la main que sur le logiciel là. (Gala, p. 277)

Le passage d'une forme à l'autre n'est pas systématique, ni toujours utile, cependant les étudiants doivent maîtriser plusieurs registres de représentations d'un objet statistique pour en saisir la portée, en comprendre les contours et la signification. Ces recommandations ont été préconisées par plusieurs auteurs, dont Duval (1991). Cela nous permet d'ajouter à la liste des difficultés que nous avions repérées dans nos lectures initiales, une forme supplémentaire inhérente à la discipline et à son enseignement et relative aux nombreuses représentations qu'elle véhicule. Cette modélisation pourrait donner lieu à une étude plus approfondie sur la complémentarité et l'interaction de ces différentes formes sémantiques.

2.3.2. Vers une modélisation de la régulation des activités

Une deuxième proposition actuellement envisageable émanerait de la régulation des activités collaboratives et se situe dans une perspective psychologique et à visée cognitive.

L'analyse des traces numériques permet de représenter des schémas régulateurs de l'activité et admet principalement trois chemins de régulations collectives.

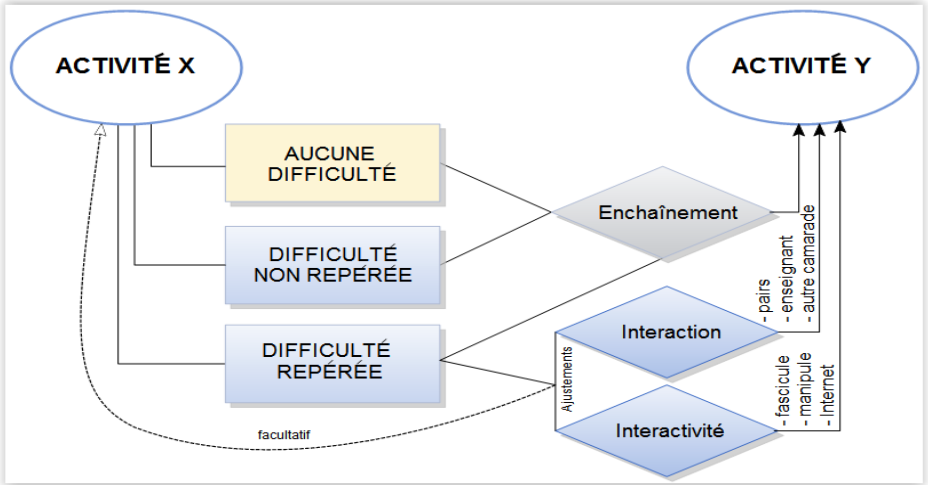


FIGURE 64 – MODÉLISATION DE LA RÉGULATION DES ACTIVITÉS COLLABORATIVES

Suivant la modélisation de la figure ci-dessus, dans le parcours du haut, les étudiants ne rencontrent pas de difficulté particulière et passent de l'activité X à l'activité Y, sans remarque orale particulière, ni hésitation. Dans le deuxième cas, les étudiants ne repèrent pas de difficulté et, malgré des erreurs manifestes, poursuivent leur tâche sans aucun commentaire et changent d'activité. Dans le troisième cas de figure, les étudiants remarquent une erreur et la commente, mais, malgré ce constat, ils enchaînent les opérations. Dans le dernier cas, comme précédemment, les étudiants discernent une erreur mais, cette fois-ci, ils mettent en place une forme de remédiation qui peut prendre trois formes distinctes :

- une interaction verbale : avec un pair, l'enseignant ou un camarade d'un autre groupe ;
- une interactivité : en reproduisant la même procédure ;
- une interactivité : en effectuant une nouvelle tentative différente de la précédente.

Après une interaction ou une interactivité il arrive que les étudiants reprennent l'activité depuis le début.

C'est en particulier le troisième cas de figure qui nous interroge. Il s'agit d'une attitude d'évitement pour surmonter la difficulté alors même qu'elle a été repérée.

Les entretiens nous apportent quelques éléments de réponses sur les stratégies défavorables à l'acquisition de connaissances et de compétences. Elles sont cependant mises en place et tout à fait perçues par certains étudiants, comme l'atteste l'extrait de l'entretien de Gala qui suit.

> En fait on essayait de sauter les exercices : à chaque fois qu'on voyait un obstacle on voulait passer à l'autre <rire>. Et puis on voyait qu'à chaque fois y avait des obstacles donc ça nous semblait, ça nous paraissait très difficile alors que je pense qu'on aurait essayé de chercher vraiment à comprendre. (Gala, p. 267)

Cet extrait témoigne d'un schème (Vergnaud) qui traduit des modalités d'organisations invariantes de l'activité des étudiants pour une classe de situations présentant des obstacles. Devant une difficulté perçue, ces étudiants poursuivent les activités et se trouvent alors confrontés à de nouvelles complications. Il semblerait intéressant de se demander ce qui permettrait de s'extraire de ce schème peu efficient et provoquerait *l'inférence.* Ou encore pourrait conduire à s'interroger sur le moment où la prise de conscience d'une erreur donne lieu à un changement de résolution d'un problème. Ce qui reviendrait à s'interroger sur les facteurs qui faciliteraient le changement d'attitude.

Synthèse de la discussion des résultats et mise en perspective

L'analyse factorielle multiple (AFM) a mis en évidence une assez grande dispersion des indices de réussite des activités effectives qui apparaissent suffisamment discriminants pour la circonscrire au moyen de quatre pôles distincts. Les indices de rapidité, d'efficacité, de raisonnement et de développement donnent une représentation assez large et exhaustive pour circonscrire la réussite d'activités.

Des pistes de remédiations et de recommandations proposées aux décideurs institutionnels responsables pédagogiques sont d'enseigner la statistique le plus tôt possible et sans restriction à tous les lycéens. Quant aux enseignants, il leur est proposé de mettre en place des activités collaboratives et de rendre la discipline plus séduisante et attractive.

Pour donner suite à cette thèse il a été envisagé deux nouvelles possibilités d'investigations. Une première proposition aborde les divers registres sémiotiques mobilisés pour enseigner la statistique et se situerait dans une perspective didactique. Une deuxième proposition, actuellement envisageable, provient de la régulation des activités collaboratives et se situe dans une perspective psychologique cognitive.

Conclusion

Arrivant au terme de cette recherche, nous allons procéder à son évaluation en reprenant les différents points de notre questionnement initial.

La question de départ portait sur les conditions favorables à l'enseignement de la statistique, à l'université. Dans les spécialités éloignées des sciences dites exactes, son enseignement est confronté à la difficulté de transmettre une discipline dont les étudiants sont, *a priori*, peu familiarisés. La statistique s'adresse à un public hétérogène qui ne perçoit pas systématiquement le degré d'intérêt et/ou le niveau d'utilité de son enseignement. Dans les cursus universitaires de sciences humaines et sociales (SHS), la statistique peut engendrer des opinions négatives et parfois de l'anxiété. Diverses erreurs ont été relevées dans les écrits ou les témoignages des étudiants et cela a donné lieu à une abondante littérature dans le champ de la didactique de la statistique. La profusion d'écrits et la diversité des problématiques nous ont conduit à établir une catégorisation, en dégageant les difficultés les plus souvent citées. Il s'agit le plus fréquemment de difficultés de perception, de compréhension, d'application, d'appréciation, d'interprétation et de manipulation numérique.

Ces postulats concourent à s'interroger sur les conditions propices à l'acquisition de connaissances, au développement de compétences et à l'accroissement du raisonnement statistique. Un élément de réponse provient de nos lectures et, plus spécifiquement, des textes de Vergnaud qui place en premier *l'activité en situation*, dans le processus de développement des compétences. Pour analyser l'activité de l'étudiant, nous sommes partie de ses définitions sur la compétence que nous avons converties en indices de rapidité, d'efficacité, de raisonnement et de développement.

Les résultats de l'analyse factorielle multiple de ces indices de réussite confirment une importante dispersion. Étant positionnés sur les quatre pôles du graphe du des corrélations, les indices de réussite paraissent disposer d'un pouvoir attributif suffisamment important pour caractériser la réussite des activités.

Le cadre institutionnel et le contexte ne peuvent à eux seuls expliquer les dissemblances entre les étudiants suivant la même formation. Aussi avions-nous suggéré que celles-ci pouvaient être influencées par des caractéristiques personnelles antérieures à la situation de formation. Ce constat nous a engagée sur la recherche des caractéristiques préexistantes, inhérentes aux étudiants, qui pourraient contribuer à leur réussite.

Pour expliquer les différences individuelles et les facteurs influençant la réussite d'activités collaboratives d'une formation d'apprentissage de la statistique médiée par un logiciel outil nous proposons un cadre plurifactoriel. Nous pensons que nos observations ne peuvent se réduire à une seule forme d'indicateurs. Aussi distinguons-nous trois axes fondamentaux : ceux liés à l'histoire des étudiants « curriculaires » et culturels, dits biographiques, ceux correspondant à l'affectivité, à l'émotion et aux compétences perçues, nommés psychologiques et ceux qui s'attachent aux connaissances déclaratives et aux compétences pré-acquises, dénommés cognitifs.

Les facteurs les plus déterminants de la réussite des activités, révélés par la régression logistique multinomiale, sont essentiellement liés à l'âge, au type de baccalauréat, aux difficultés perçues à l'égard de la statistique, à son évocation par une phrase et au résultat obtenu à la situation-problème S1. Le type de baccalauréat obtenu a un impact durable sur la poursuite d'études universitaires. Il conditionne fortement aussi bien la réussite des activités que les parcours universitaires suivis, il influence aussi la capacité de développement et la capacité de raisonnement.

Comme nous l'avions présupposé, les résultats obtenus par l'analyse factorielle multiple confirment que ce sont les facteurs cognitifs qui influencent le plus la réussite des activités et par ordre décroissant d'intensité apparaissent les facteurs psychologiques et enfin les facteurs biographiques. Cependant, l'intensité de l'influence est limitée, ce qui confirme que d'autres facteurs doivent interagir et influencer conjointement la réussite.

Pour définir les facteurs d'ordre situationnel, nous avons observé les pratiques des étudiants et avons relevé les conditions facilitatrices qu'ils évoquaient. Les entretiens ont alors permis d'établir les représentations des étudiants restituant leur expérience estudiantine. Elles ont fait apparaître des facteurs situationnels, dont nous allons rapporter les principaux résultats dans les lignes qui suivent.

Concernant les facteurs situationnels d'ordre biographique, les étudiants ont insisté sur l'importance de l'expérience précédente, des connaissances antérieures et du temps d'exposition à la statistique. Selon les témoignages, la formation antérieure en statistique procure un sentiment de compétence positif, suscite une estimation favorable de la tâche prescrite et permet une meilleure organisation des activités. L'acquisition d'un vocabulaire de statistique favorise les activités d'interprétation. Le temps d'exposition à la statistique est souvent perçu comme réducteur de l'anxiété, comme bénéfique pour la compréhension de notions de statistique et comme profitable pour l'acquisition de savoir-faire.

Les principaux facteurs situationnels d'ordre psychologique, évoqués facilitateurs par les étudiants sont l'aide, l'entraide, l'échange et le partage. Les activités collaboratives sont qualifiées de rassurantes, motivantes et stimulantes. L'observation de camarades actifs favorise la concentration sur la tâche et encourage l'émergence de propositions variées. L'aide et l'entraide permettent d'assimiler des notions, d'effectuer des progrès, de réduire la perception de difficulté de la tâche et de diminuer l'anxiété. La prise en charge collective réduit le poids des difficultés ; l'échange et le partage améliorent la confiance en soi et l'engagement collectif.

Les principaux facteurs d'ordre cognitif rapportés ont été l'étayage, le conflit sociocognitif et la métacognition. Le processus de co-construction en actes des connaissances et compétences s'effectue par la tentative d'apporter une réponse à un questionnement provoquant une confrontation puis une reformulation. Les échanges sur les stratégies adoptées et les partages de savoir-faire facilitent la résolution de problèmes par le retour réflexif sur l'activité qu'ils permettent. L'autonomie, la mise en place de stratégies actives par l'étudiant sont valorisées. Enfin, la persévérance est présentée comme une qualité à développer pour mieux comprendre, pour mémoriser davantage et pour permettre de donner du sens aux activités.

Les entretiens nous ont permis de saisir les représentations qu'ont les étudiants sur leurs pratiques courantes de TD. Ces dernières restent encore mal connues et peu observées par les champs de la recherche en éducation et en enseignement de la statistique. Pour saisir les facteurs déterminants situationnels, il nous est paru adapté d'observer plusieurs groupes dans un même dispositif, avec les mêmes contraintes pédagogiques, didactiques et temporelles, afin de percevoir les ressemblances tout comme les différences entre étudiants. De plus, pour mieux cerner ce que l'étudiant faisait concrètement, il nous a semblé indispensable de nous installer au sein même de la salle de TD. Nous avons fait le choix d'observer des groupes d'étudiants *in vivo* dans un contexte de cours, sans artifice et avec peu d'interventions. Cette pratique semble se développer et reste très courante dans notre laboratoire ICAR (Interactions Corpus Apprentissages Représentations). Mais cette décision de coller au plus près du terrain ne va pas sans de fortes contraintes dues notamment à l'obtention d'informations factuelles, l'acquisition de données complexes et désordonnées. De plus, dans l'observation naturelle, il est impossible d'effectuer un contrôle sur les variables pour vérifier leur degré d'implication, ce qui complique les étapes de l'analyse.

Le choix de prélever des informations *in situ* a engendré des désavantages inhérents au processus même de récolte. En adoptant une démarche de construction pluri-instrumentale

nous avons opté pour un procédé qui exige de passer beaucoup de temps sur le terrain. Ces choix ont eu des conséquences importantes sur notre collecte de données et surtout ont imposé la mise en place d'un important dispositif matériel pour appareiller tous les postes informatiques. Cette méthodologie conduit à un traitement complexe qui demande une attitude particulièrement distanciée. Ainsi, les données recueillies ont donné lieu à un long travail de dépouillement, de saisie, de transcription, de regroupement, de catégorisation, d'analyse et d'interprétation.

Une des difficultés de l'observation réside dans l'adaptation permanente du chercheur au terrain. Il doit, en effet, accepter des ajustements, se plier aux exigences ainsi qu'aux contraintes, aussi bien humaines que matérielles. Tout cela doit se faire en toute neutralité et sans trop d'intrusions mais sans toutefois perdre de vue les objectifs de recherche initiaux soutenus par la problématique. Il est souvent difficile de concilier observation *in vivo* et recherche vu que ce que l'on gagne en proximité d'une réalité de terrain on le perd en scientificité et en contrôlabilité des variables. Ainsi que le signale Sarrazy (2012, p. 180), il arrive alors que les données obtenues comportent des *trous.*

La recherche expérimentale n'est pas exempte de revers, elle aussi possède ses limites. Comme le souligne Monteil (1987), il lui est souvent reproché sa simulation, sa simplicité et elle s'oppose en cela à la complexité des pratiques de classe vécues par le praticien.

> Le chercheur, lui, crée, « fabrique » des situations optimalement définies pour que cet effet puisse avoir lieu. Dès lors ces situations qui sont souvent autant de conditions d'expériences, permettent de contrôler, de maîtriser, de faire varier la valeur des facteurs ou paramètres susceptibles de « jouer » sur la production de l'effet. Cette pratique de recherche dont la légitimité est reconnue a permis d'élaborer de nombreux modèles de la psychologie sociale. (Monteil, 1987, p. 65-66)

Pour remédier à tous ces inconvénients, l'atout principal de cette étude réside dans la mise au point d'une démarche de construction pluri-instrumentale qui lui confère son originalité. La combinaison de plusieurs approches permet de diminuer les restrictions de chacune et de bénéficier de leur complémentarité ; notre objectif ayant été de tenter ainsi de se rapprocher le plus possible de la complexité d'un sujet en l'observant sous différents angles.

Notre statut double de professeur et de chargée de cours a nourri ce travail. En contrepartie, cela nous a demandé de nous extraire de l'analyse transdisciplinaire propre à notre position quotidienne pour nous concentrer sur une observation plus centrée sur un objectif afin d'adopter une attitude de chercheuse.

Toujours d'un point de vue personnel, c'est en ne suivant pas un exemple expérimental existant que nous avons bâti pas à pas notre propre modèle, depuis la recherche

du terrain de recherche, en passant par le choix des instruments de collecte de données et en déterminant chacune des variables avant d'analyser notre corpus. Ce parcours initiatique nous a pris beaucoup de temps puisque chaque étape de construction a provoqué un flot d'hésitations, de doutes et d'interrogations. Mais ce cheminement coûteux en temps nous a beaucoup servi dans la construction conceptuelle et nous a permis d'expérimenter plusieurs pistes de recherches. Pour toutes ces raisons, nous considérons cette thèse comme un outil heuristique.

Il pourra nous être reproché le faible nombre de sujets étudiés. En effet, dans le dispositif observé, les promotions sont de l'ordre d'une vingtaine d'étudiants assidus. Notre corpus se compose des réponses récoltées durant quatre années universitaires allant de 2008 à 2012 et se limite au niveau d'études le plus élevé de Master 2. La taille de l'échantillon est certes restreinte mais elle couvre la majorité des étudiants. Dans ce contexte de recueil en situation ordinaire, le mode de distribution de la main à la main du questionnaire permet d'obtenir un taux de retour exceptionnel de presque cent pour cent.

Notre observation a porté sur quatre années. Elle s'inscrit donc sur le long terme, ce qui permet de bien s'intégrer dans un dispositif et de parvenir à obtenir des données difficilement accessibles dans un temps plus court. L'objectif a été de comprendre en profondeur une situation de formation à la statistique. En effet, au fil des ans, nous avons pu établir une relation de confiance avec les deux enseignants impliqués dans le dispositif. Nous avons eu plusieurs fois l'occasion de les rencontrer lors d'entretiens formels aussi bien que dans le cadre d'entrevues plus informelles. Notre changement de statut, d'étudiante en master à doctorante, a certainement aussi joué en notre faveur pour obtenir des informations et bénéficier de plus de liberté dans notre quête.

Cette recherche apporte des réponses sur les pratiques actives, collectives et médiées et contribue à rendre visible le poids des facteurs préexistants cognitifs sur la réussite. Bien entendu, les réponses apportées restent partielles et il serait intéressant de les compléter avec une étude qui viendrait apporter des éclairages supplémentaires. Le temps et sa gestion, très présents dans les discours des étudiants et dans les observations, nous semblent représenter des critères non négligeables qui mériteraient une analyse plus approfondie. Deux nouvelles pistes d'investigations ont été décrites dans la partie discussion. Une première proposition aborderait les divers registres sémiotiques mobilisés pour enseigner la statistique et se situerait dans une perspective didactique. Une deuxième proposition, actuellement envisageable, proviendrait de la régulation des activités collaboratives et se situerait dans une perspective psychologique cognitive. Cette thèse s'inscrit à la frontière entre plusieurs champs

et ouvre des perspectives que nous souhaiterions prolonger. Elles constituent une source inépuisable de questions qui ne demandent qu'à être énoncées, problématisées, vérifiées, analysées et approfondies pour pouvoir être partagées.

Bibliographie

Abarello, L., Bourgeois, É. et Guyot, J.-L. (2007). *Statistique descriptive : Un outil pour les praticiens-chercheurs*. Bruxelles : De Boeck.

Ainley, M., Hidi, S. et Berndorff, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of educational psychology*, *94*(3), 545.

Albero, B., Kula, W., Diminescu, D., Massit-Folléa, F., Thibault, F. et Poteaux, N. (2010). *Enjeux et dilemmes de l'autonomie : Une expérience d'autoformation à l'université. Étude de cas*. Paris : Les Editions de la MSH.

Alcheghri, H. (2012). *Internet et formation en statistique « Etude exploratoire des potentialités de ressources mise en ligne sur le WEB pour se former en statistique par la résolution d'un problème statistique portant sur des tests statistiques : le cas des tests du khi deux, d'indépendance, d'homogénéité et d'adéquation »*. Lyon.

Alexandre, M. (2012). La rigueur scientifique du dispositif méthodologique d'une étude de cas multiple1. *Recherches qualitatives*, *32*(1), 26–56.

Allal, L. (1988). Vers un élargissement de la pédagogie de maîtrise : processus de régulation interactive, rétroactive et proactive. *Assurer la réussite des apprentissages scolaires*, 86–126.

Amalberti, R. et de Montmollin, M. (1991). *Modèles en analyse du travail*. Liège : P. Mardaga.

Anderson, J. R. (2013). *Language, memory, and thought*. Hove : Psychology Press.

Andler, D. et Stengers, I. (1987). D'une science à l'autre des concepts nomades.

Aragon, Y., Laurent, T. et Ruiz-Gazen, A. (2007). Enseignement de la statistique à distance: l'expérience du M2 Statistique & Econométrie. *MoodleMoot, Castres*.

Arnaud, M. (2003). Les limites actuelles de l'apprentissage collaboratif en ligne. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, *10*, 7–pages.

Astolfi, J.-P. (1997). L'erreur, un outil pour enseigner.

Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*.

Bachelard, G. (1938). La formation de l'esprit scientifique. *Esprit Scientifique. (Vrin. París)*.

Baker, M., Bernard, F.-X. et Dumez-Féroc, I. (2012). Integrating computer-supported

collaborative learning into the classroom : the anatomy of a failure. *Journal of Computer Assisted Learning*, *28*(2), 161-176.

Bakker, A. (2004). Reasoning about shape as a pattern in variability. *Statistics Education Research Journal*, *3*(2), 64–83.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy : The exercise of control*. New York : New York : Freeman.

Bange, P. (1992). *Analyse conversationnelle et théorie de l'action*. Paris : Hatier-Crédif.

Bardin, L. (1977). *L'analyse de contenu*. Paris : PUF.

Baron, G.-L. (2013). La recherche francophone sur les «technologies» en éducation : Réflexions rétrospectives et prospectives.

Barr, G. V. (1980). Some student ideas on the median and the mode. *Teaching Statistics*, *2*(2), 38–41.

Barthélémy, A. (1993). Langue de bois ou parole vive ? À propos du conflit sociocognitif. *Spirale 10-11*.

Bastin, G. (1961). *Les techniques sociométriques*. Paris : Presses Universitaires de France.

Batanero, C. (2001a). Didáctica de la Estadística. *Granada : Universidad de Granada*.

Batanero, C. (2001b). Presente y futuro de la Educación Estadística. *Jornadas Europeas de Estadística. La enseñanza y la difusión de la estadística*.

Batanero, C., Cobo, B. et Díaz, C. (2003). Assessing secondary school students' understanding of averages. Dans *Proceedings of CERME* (Vol. 3). Bellaria.

Batanero, C., Godino, J. D., Vallecillos Jimenez, A., Green, D. R. et Holmes, P. (1994). Errors and difficulties in understanding elementary statistical concepts. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *25*(4), 527–547.

Baudrit, A. (2005). Apprentissage coopératif et entraide à l'école. *Revue française de pédagogie*, *153*(1), 121-149.

Baudrit, A. (2007). *L'apprentissage collaboratif : plus qu'une méthode collective ?* Bruxelles : De Boeck Université Bruxelles.

Ben-Zvi, D. et Garfield, J. B. (2004). *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. Berlin : Springer.

Bihan-Poudec, A. (2007). L'enseignement de la statistique en sciences humaines et sociales : constats et approches théoriques. Communication présentée au Communication présentée aux 39èmes journées de la Société Française de Statistique, 13 juin, Angers.

Bihan-Poudec, A. (2009). Quelques pistes pour l'enseignement de la statistique en sciences humaines et sociales. Dans *41èmes Journées de Statistique, SFdS, Bordeaux*. Bordeaux.

Bihan-Poudec, A. (2010). L'enseignement de la statistique : en premier lieu, l'apprenant. *Statistics Education Research Journal*, *9*(2), 88–103.

Birk, J. P. et Kurtz, M. J. (1996). Using cooperative learning techniques to train new teaching assistants. *Journal of chemical education*, *73*(7), 615.

Boujut, É. et Bruchon-Schweitzer, M. (2007). Rôle de certains facteurs psychosociaux dans la réussite universitaire d'étudiants de première année. *L'orientation scolaire et professionnelle*, (36/2), 157–177.

Boyé, A. et Comairas, M.-C. (2002). Moyenne, médiane et écart-type. Quelques regards sur l'histoire pour éclairer l'enseignement des statistiques. *Repères*, (48), 27-39.

Brassard, C. et Daele, A. (2003). Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC. Dans *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003* (p. 437–444). ATIEF ; INRP : Toulouse.

Bressoux, P. (2008). Comment favoriser les progrès des élèves. *Sciences humaines*, (192), 38–40.

Brewer, J. K. (1985). Behavioral statistics textbooks : Source of myths and misconceptions ? *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, *10*(3), 252–268.

Bronckart, J.-P. (2010). *Une introduction aux théories de l'action*. Genève : Université de Genève.

Brousseau, G. (1972). Les processus de mathématisation. Numéro Spécial : La mathématique à l'école élémentaire. *Bulletin de l'association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public*, (282), 57-84.

Brousseau, G. (1976). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *La problématique et l'enseignement de la mathématique. Comptes rendus de la XXVIIIe rencontre organisée par la Commission Internationale pour l'Etude et l'Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques*, 101–117.

Brousseau, G. (1980). Les échecs électifs en mathématiques dans l'enseignement élémentaire. *Revue de laryngologie otologie rhinologie*, *3*, 107–131.

Brousseau, G. (1987). *Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques*, *7/2*. Bordeaux : Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques de Bordeaux.

Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en didactique des mathématiques*, *9*(9.3), 309–336.

Brousseau, G. (1993). Stratégies de l'analyse statistique. *Cours pour les professeurs de mathématiques*, *80*.

Brousseau, G. (1998). Les obstacles épistémologiques, problèmes et ingénierie didactique. *La*

théorie des situations didactiques, 115–160.

Brousseau, G. (2001). Les erreurs des élèves en mathématiques. *Etudes dans le cadre de la théorie des Situations Didactique./Petix x*, (57), 5–30.

Bruner, J. S., Deleau, M., Michel, J. et Michel, J. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Paris : Presses universitaires de France.

Bruyninckx, M., Couvreur, N. et Landercy, A. (2001). Perceptions, attitudes, craintes et attentes des étudiants de première candidature en psychologie et en sciences de l'éducation quant à l'enseignement des statistiques. *Actes de 18ème Congrès de l'Association Internationale de Pédagogie Universitaire*, 17.

Calmant, P., Ducarme, M. et Schneider, M. (2011). Obstacles a priori à l'apprentissage de l'analyse statistique inférentielle. *Statistique et Enseignement, 2*(1), 43-59.

Canadas, G. R., Batanero, C., Diaz, C. et Roa, R. (2012). Psychology students' understanding of the Chi-squared test. *Statistique et Enseignement, 3*(1), 3–18.

Caplow, T. (1968). *Two against one : Coalitions in triads*. New Jersey : Prentice-Hall.

Carette, V., Tardif, M., Marcel, J.-F., Dupriez, V. et Périsset-Bagnoud, D. (2008). *Coordonner, collaborer, coopérer. De nouvelles pratiques enseignantes*. New York : JSTOR.

Carugati, F., de Paolis, P. et Mugny, G. (1980). Conflit de centrations et progrès cognitif, III : régulations cognitives et relationnelles du conflit socio-cognitif. *Bulletin de psychologie*.

Chaptal, A. (2007). Paradoxes des usages des TICE : réflexions croisées sur les usages en classe par les enseignants en France, aux États-Unis et au Royaume-Uni. *Dossiers de l'ingénierie éducative*, 73–92.

Chaput, B., Girard, J.-C. et Henry, M. (2011). Frequentist approach: Modelling and simulation in statistics and probability teaching. Dans *Teaching Statistics in School Mathematics-Challenges for Teaching and Teacher Education* (p. 85–95). Berlin : Springer.

Charaudeau, P. et Maingueneau, D. (2002). *Dictionnaire d'analyse du discours*. Paris : Seuil.

Chevallard, Y. (1978). Sur la transposition didactique dans l'enseignement de la statistique. *Didactique de la statistique*.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*, *95*. Grenoble : Grenoble : La pensée sauvage.

Chevallard, Y. (1997). Les savoirs enseignés et leurs formes scolaires de transmission : un point de vue didactique. *Skhôlé*, *7*, 45–64.

Chevallard, Y. (2010). La didactique, dites-vous ? *Education et didactique, 4*(1), 139–148.

Chevallard, Y. et Wozniak, F. (2003). Enseigner la statistique au secondaire. *Entre genre prochain et différence spécifique. Actes de la XIIe école d'été de didactique des mathématiques*.

Clarke, J., Eadie, S. J. (Susan J. et Wideman, R. (1992). *Apprenons ensemble*. Montréal : Montréal : Éditions de la Chenelière.

Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G. et Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée: une méthode en clinique de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (2-1).

Cobb, G. W. et Moore, D. S. (1997). Mathematics, statistics, and teaching. *American Mathematical Monthly, 104*(9), 801-823.

Colomb, J. et Chevallard, Y. (1986). *La Transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné. (Recherches en didactique des mathématiques)*. New York : JSTOR.

Cosnefroy, L. (2007a). Le sentiment de compétence, un déterminant essentiel de l'intérêt pour les disciplines scolaires. *L'orientation scolaire et professionnelle*, (36/3), 357–378.

Cosnefroy, L. (2007b). Les sens multiples de l'intérêt pour une discipline. *Revue française de pédagogie*, (2), 93–102.

Cosnefroy, L. (2010). L'apprentissage autorégulé : perspectives en formation d'adultes. *Savoirs*, (2), 9–50.

Coutanson, B. (2004). *Introduire un enseignement de la statistique au cycle 3 de l'école primaire en France*. Lyon : Mémoire de DEA de Sciences de l'éducation. JC Régnier (Dir.) Université Lyon2.

Coutanson, B. (2010). *La question de l'éducation statistique et de la formation de l'esprit statistique à l'école primaire en France. Étude exploratoire de quelques caractéristiques de situations inductrices d'un enseignement de la statistique au cycle III*. Université Lumière-Lyon II, Lyon.

Couturier, R. (2001). Traitement de l'Analyse Statistique dans CHIC. Dans *Caen : Actes des Journées : la Fouille dans les données par la méthode d'analyse statistique implicative. Applications et traitement par CHIC* (p. 33-50). IUFM Caen.

Couvreur, N., Bruyninckx, M. et Landercy, A. (2002). La maîtrise du français écrit : un facteur essentiel pour l'appropriation des concepts fondamentaux de la statistique à l'Université. *Revue Enjeux*.

Curcio, F. R. (1987). Comprehension of mathematical relationships expressed in graphs. *Journal for research in mathematics education*, 382–393.

da Rocha Falcão, J. T. et Régnier, J.-C. (2000). Sobre os métodos quantitativos na pesquisa em ciências humanas: riscos e benefícios para o pesquisador. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, *81*(198), 229–24.

Deci, E. L. et Ryan, R. M. (1975). *Intrinsic motivation*. Hoboken : Wiley Online Library.

Deci, E. L. et Ryan, R. M. (2002). l9 : Self-Determination Research : Reflections and Future Directions. *Handbook of self-determination research*, 431.

Dejean, C. et Mangenot, F. (2006). Tâches et scénario de communication dans les classes virtuelles. *Les Cahiers de l'Asdifle*, *17*, 310–321.

De Ketele, J.-M. (2010). *La pédagogie universitaire : un courant en plein développement*. Lyon : ENS Éditions.

de Landsheere, G. et Bayer, E. (1981). *Comment les maîtres enseignent : analyse des interactions verbales en classe*. Bruxelles : Ministère de l'Education nationale et de la Culture française.

de Landsheere, G. et Mialaret, G. (1981). *Introduction à la recherche en éducation*. Liège : Thone.

De Lavergne, C. (2007). La posture du praticien-chercheur : un analyseur de l'évolution de la recherche qualitative. *Recherches qualitatives*, *3*, 28–43.

Delignières, D. (1990). *La difficulté en escalade. Exigences objectives et perception des exigences des tâches motrices*. Paris : Mémoire pour le diplôme de l'INSEP.

Delignières, D. (1993). La perception de l'effort et de la difficulté. *Cognition et performance*, 183–218.

delMas, R. C. (2004). A comparison of mathematical and statistical reasoning. Dans *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (p. 79–95). Berlin : Springer.

delMas, R. C., Garfield, J. et Chance, B. (1999). A model of classroom research in action : Developing simulation activities to improve students' statistical reasoning. *Journal of Statistics Education*, *7*(3).

delMas, R., Garfield, J., Ooms, A. et Chance, B. (2007). Assessing students' conceptual understanding after a first course in statistics. *Statistics Education Research Journal*, *6*(2), 28–58.

delMas, R. et Liu, Y. (2005). Exploring students' conceptions of the standard deviation. *Statistics Education Research Journal*, *4*(1), 55–82.

d'Enfert, R. et Gispert. (2011). *Réformer les disciplines : les savoirs scolaires à l'épreuve de la modernité, 1945-1985*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.

Denzin, N. K. (1989). *The research act. Englewod Cliffs*. Upper Saddle River : NJ: Prentice Hall.

de Sardan, J.-P. O. (1995). La politique du terrain. Sur la production des données en anthropologie. *Enquête. Archives de la revue Enquête*, (1), 71–109.

Désilets, M. (1997). Connaissances déclaratives et procédurales : des confusions à dissiper. *Revue des sciences de l'éducation*, *23*(2), 289–308.

Diaz, D. (2010). Singulier apprentissage pluriel. Dans *les Doctoriales*. Université de Genève, Suisse.

Diaz, D. (2012). La transmission de savoirs entre pairs. Le cas d'un apprentissage collaboratif médié par les TIC. Dans *Biennale internationale de l'éducation, de la formation et des pratiques professionnelles*. le CNAM, Paris.

Diaz, D. (2013). La pédagogie universitaire numérique : regard sur les actions, interactions et collaborations régulées entre pairs. Communication présentée au Actualité de la Recherche en Éducation et en Formation (AREF), Université de Montpellier III, Montpellier.

Diaz, D. et Régnier, J.-C. (2015). Identification d'erreurs de calcul de moyenne chez des étudiants de Master 2 en Sciences humaines et sociales. Dans *4ème Colloque Francophone International sur l'Enseignement de la statistique* (p. 221–226). Université de Bordeaux : Université de Bordeaux.

Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning. *Collaborative-learning : Cognitive and computational approaches*, *1*, 1–15.

Dillenbourg, P., Baker, M. J., Blaye, A. et O'Malley, C. (1995). The evolution of research on collaborative learning. *Learning in Humans and Machine : Towards an interdisciplinary learning science*, 189–211.

Doise, W. et Mugny, G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*, *1*. Paris : InterEditions Paris.

Doise, W. et Mugny, G. (1997). *Psychologie sociale et développement cognitif*. Paris : Armand Colin.

Doly, A.-M. (2006). La métacognition : de sa définition par la psychologie à sa mise en oeuvre à l'école. *Apprendre et Comprendre. Place et rôle de la métacognition dans l'aide spécialisée.*, 84–124.

Droesbeke, J.-J., Lecrenier, C., Tabutin, D. et Vermandele, C. (2008). Réussite ou échec à l'université : trajectoires des étudiants en Belgique francophone. *Statistique et Mathématiques appliquées*.

Droesbeke, J.-J., Lejeune, M. et Saporta, G. (2005). Quelques aspects historiques du traitement des données qualitatives. Dans *Analyse statistique des données catégorielles* (p. 1-16). Paris : Technip.

Dubeau, A., Frenay, M. et Samson, G. (2015). L'utilité perçue de la tâche : présentation du concept et état de la recherche. *Canadian Journal of Education*, *38*(1), 1.

Dubreil-Frémont, V., Bihan-Poudec, A. et Chevallier-Gaté, C. (2012). Quelles conceptions de la moyenne ont les étudiants en Sciences Humaines et Sociales. Dans *Communication au 3e colloque francophone international sur l'enseignement de la statistique*. Angers.

Dubreil-Frémont, V., Chevallier-Gaté, C. et Zendrera, N. (2014). Students' conceptions of average and standard deviation.

Dunn, D. S. (2001). Two Heads Are Better Than One : Learning Statistics in Common.

d'Unrug, M. C. (1974). *Analyse de contenu et acte de parole*. Tours : Ed. Univ.

Duperret, J.-C. (2001). Des statistiques à la pensée statistique. *Publication IREM*.

Duru-Bellat, M. et Kieffer, A. (2008). Du baccalauréat à l'enseignement supérieur en France : déplacement et recomposition des inégalités. *Population*, *63*(1), 123-157.

Duval, R. (1991). Structure du raisonnement déductif et apprentissage de la démonstration. *Educational studies in mathematics*, *22*(3), 233–261.

Eco, U. (1979). *Tratado de semiótica general*. Piamonte : (s.n.).

Edmond, M. et Dominique, P. (1989). L'interaction sociale. *PUF, Paris*.

Elias, N. (2001). *Society of individuals*. Londres : Bloomsbury Publishing USA.

Endrizzi, L. et Sibut, F. (2015). Les nouveaux étudiants, d'hier à aujourd'hui, (106).

Engeström, Y. (2009). Learning by expanding : An activity-theoretical approach to developmental research, 1987. *Helsinki : Orienta-Konsultit*.

Engeström, Y. (2011). Théorie de l'Activité et Management. *Management & Avenir*, (2), 170–182.

Erving, G. (1973). *La mise en scène de la vie quotidienne*. Paris : Les Éditions de Minuit.

Escofier, B. et Pagès, J. (1985). Mise en oeuvre de l'Analyse Factorielle Multiple pour des tableaux numériques, qualitatifs ou mixtes. *IRISA publ. internes/Inst. de recherche en informatique et systenes aleatoires*.

Escofier, B. et Pagès, J. (2008). *Analyses factorielles simples et multiples : objectifs, méthodes et interprétation*. Paris : Dunod.

Escoufier, Y. (2000). La formation à la statistique. *Rapport de l'Académie des Sciences*, (8), 128-136.

Estrada, A., Batanero, C. et Lancaster, S. (2011). Teachers' attitudes towards statistics. Dans

Teaching statistics in school mathematics-challenges for teaching and teacher education (p. 163–174). Berlin : Springer.

Estrada Roca, M. A., Batanero Bernabeu, C. et Fortuny, J. M. (2002). *Análisis de las actitudes y conocimientos estadísticos elementales en la formación del profesorado*, *52*. Barcelone : Universitat Autònoma de Barcelona,.

Evans, B. (2007). Student attitudes, conceptions, and achievement in introductory undergraduate college statistics. *The Mathematics Educator*, *17*(2).

Famose, J.-P. (1990). *Apprentissage moteur et difficulté de la tâche*. Paris : INSEP éditions.

Ferber, J. et Perrot, J.-F. (1995). *Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective*. Paris : InterEditions.

Filliettaz, L. et Schubauer-Leoni, M.-L. (2008). *Processus interactionnels et situations éducatives*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.

Fino, C. M. N. et Sousa, J. M. A. F. (2010). L'innovation pédagogique vue de l'intérieure. *REEE*, *6*, 189–194.

Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. *The nature of intelligence*, *12*, 231–235.

Foucart, T. (2001). L'interprétation des résultats statistiques. *Mathématiques et sciences humaines. Mathematics and social sciences*, (153).

Fouquet, S. (2013). Parcours et réussite en licence et en master à l'université. *Note d'information*, *13*.

Freinet, C. (1968). Pour l'école du peuple. *Paris, Maspero, 1976*, 181.

Freinet, C. (1994). *Essai de psychologie sensible appliquée à l'éducation*. Paris : Seuil.

Gagné, R. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*. New York : New York, NY : Holt, Rinehart and Winston.

Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy : Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, *70*(1), 1–25.

Galmacci, G. et Milito, A. M. (2000). Statistical education for communicating in modern societies. Dans *Proceedings of the 22nd Conference on Regional and Urban Statistics and Research* (p. 242–247). Shenzhen.

Garfield, J. (1993). Teaching statistics using small-group cooperative learning. *Journal of Statistics Education*, *1*(1), 1–9.

Garfield, J. (1995). How students learn statistics. *International Statistical Review/Revue Internationale de Statistique*, 25–34.

Garfield, J. (2002). The challenge of developing statistical reasoning. *Journal of Statistics*

Education, *10*(3), 58–69.

Garfield, J. et Ahlgren, A. (1988). Difficulties in learning basic concepts in probability and statistics : Implications for research. *Journal for research in Mathematics Education*, 44–63.

Gattuso, L. (1999). La moyenne : un concept inexploité, d'une richesse exceptionnelle. *Repères IREM, 34*.

Gattuso, L. (2011). L'enseignement de la statistique : où, quand, comment, pourquoi-pas ? *Statistique et Enseignement, 2*(1), 5–30.

Gattuso, L. et Bednarz, N. (2000). Représentations des futurs enseignants du secondaire à l'égard des mathématiques, de leur enseignement et de leur apprentissage à l'entrée dans la formation. *Indice Quaderno, 9,* 25–60.

Gattuso, L. et Mary, C. (1997). La moyenne, un concept évident. *Bulletin AMQ, 37*(3), 10–19.

Genolini, C. et Driss, T. (2010). Eveiller l'intérêt pour la statistique par l'exemple. *Statistique et Enseignement, 1*(2), 49–57.

Gilly, M., Fraisse, J. et Roux, J.-P. (1988). Résolution de problèmes en dyades et progrès cognitifs chez des enfants de 11 à 13 ans : dynamiques interactives et mécanismes socio-cognitifs.

Giordan, A. et De Vecchi, G. (1994). *Les origines du savoir*. Lonay : Delachaux et Niestlé.

Girard, J.-C. (1998). À bas la moyenne ! ou À propos des paramètres de tendance centrale et de dispersion d'une série statistique. *Repères-IREM n 33, Ed. Topiques*.

Girard, J.-C., Gros, D., Planchette, P., Régnier, J.-C. et Thomas, R. (1998). *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde : Pourquoi ? Comment ?* (IREM de Lyon - Université Lyon1). Lyon : IREM de Lyon - Université Lyon1.

Girard, J.-C. et Régnier, J.-C. (1998). Pourquoi « faire des statistiques » ? *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment?*, 1–4.

Gliner, J. A., Leech, N. L. et Morgan, G. A. (2002). Problems with null hypothesis significance testing (NHST) : what do the textbooks say ? *The Journal of Experimental Education, 71*(1), 83–92.

Glover, J. A., Ronning, R. R. et Bruning, R. H. (1990). *Cognitive psychology for teachers*. Londres : Macmillan Publishing Company.

Gnanadesikan, M., Scheaffer, R. L., Watkins, A. E. et Witmer, J. A. (1997). An activity-based statistics course. *Journal of Statistics Education, 5*(2).

Godino, J. D. (2002). Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática. *Recherches en didactique des Mathématiques*, *22*(2/3), 237–284.

Godino, J. D., Bernabeu, M. del C. B. et Castellanos, M. J. C. (1988). *Azar y probabilidad: fundamentos didácticos y propuestas curriculares*. Madrid : Síntesis.

Goffman, E. (1973). La mise en scène de la vie quotidienne, tome 1 : la présentation de soi. *Paris : Minuit*.

Goigoux, R. (2007). Un modèle d'analyse de l'activité des enseignants. *Éducation & didactique*, *1*(3), 47–69.

Gombert, J. É. (1990). Le développement métalinguistique. *Psychologie d'aujourd'ui*.

Gomm, R., Hammersley, M. et Foster, P. (2000). *Case study method: Key issues, key texts*. Newcastle Upon Tyne : Sage.

Goodsell, A. S., Maher, M. et Tinto, V. (1992). Collaborative learning : A sourcebook for higher education.

Gordon, S. (2001). Understanding students' experiences of statistics in a service course. *Statistics Education Research Journal*, *3*(1), 40–59.

Gras, R. (1996). L'implication statistique nouvelle méthode exploratoire de données. *La Pensée Sauvage*.

Gras, R. (2004). L'analyse implicative : ses bases, ses développements. *Revue Educaçao Matematica Pesquisa*, *4*(2), 11–48.

Gras, R., Kuntz, P. et Briand, H. (2001). Les fondements de l'analyse statistique implicative et quelques prolongements pour la fouille de données. *Mathématiques et sciences humaines. Mathematics and social sciences*, (154).

Gras, R., Régnier, J.-C. et Guillet, F. (2009). *Analyse statistique implicative : une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités*. Toulouse : Cépadues.

Gras, R., Régnier, J.-C., Marinica, C. et Guillet, F. (2013). *L'analyse statistique implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités*. Toulouse : Cépaduès Editions.

Groth, R. E. (2007). Toward a conceptualization of statistical knowledge for teaching. *Journal for research in Mathematics Education*, 427–437.

Gruel, L., Galland, O. et Houzel, G. (2009). *Les étudiants en France : Histoire et sociologie d'une nouvelle jeunesse*. Rennes : PU Rennes.

Guernier, M.-C. et Sautot, J.-P. (2010). Observer et analyser les interactions didactiques : Potentialités et limites du film de classe. Dans *Colloque international "Spécificités et diversité des interactions didactiques : disciplines, finalités, contextes", Université de Lyon - ICAR - CNRS - INRP, 24-26 juin 2010*. LYON, INRP, France.

Hahn, C. (2015). La recherche internationale en éducation statistique : état des lieux et

questions vives. *Statistique et Enseignement*, *6*(2), 25–39.

Haller, H. et Krauss, S. (2002). Misinterpretations of significance : A problem students share with their teachers. *Methods of Psychological Research*, *7*(1), 1–20.

Hamel, J. (1997). *Étude de cas et sciences sociales*. Paris : L'Harmattan.

Hardouin, J. C., Hussenet, A., Septours, G. et Bottani, N. (2003). Eléments pour un diagnostic sur l'école. *Documents préparatoire au débat national sur l'avenir de l'école*.

Hartman, H. J. (2001). *Metacognition in learning and instruction : Theory, research and practice*, *19*. Berlin : Springer Science & Business Media.

Hassard, J. (1992). *Minds on science : Middle and secondary school methods*. New York : HarperCollins.

Hellemans, C. (2004). Stress, anxiété et processus d'ajustement face à un examen de statistique à venir. Étude comparative chez des étudiants de première et de deuxième année d'université. *L'orientation scolaire et professionnelle*, (33/1), 141–170.

Henri, F. et Lundgren-Cayrol, K. (2001). *Apprentissage collaboratif à distance : pour comprendre et concevoir les environnements d'apprentissage virtuels*. Québec : Puq.

Heutte, J. (2011). *La part du collectif dans la motivation et son impact sur le bien-être comme médiateur de la réussite des étudiants : Complémentarités et contributions entre l'autodétermination, l'auto-efficacité et l'autotélisme.* Université de Nanterre-Paris X, Paris.

Heutte, J., Fenouillet, F., Boniwell, I., Martin-Krumm, C. et Csikszentmihalyi, M. (2013). Optimal learning experience in digital environments : theoretical concepts, measure and modelisation. Dans *Symposium « Digital Learning in 21st Century Universities: A Franco-American Perspective », Atlanta, GA*. Atlanta.

Hoffrage, U., Lindsey, S., Hertwig, R. et Gigerenzer, G. (2001). La plupart des médecins ne savent pas interpréter le résultat d'un test : Du bon usage des statistiques. *La Recherche*, (340), 81–83.

Holmes, P. et Britain, S. C. S. E. P. (1980). *Statistics in Your World : Level 1*. Londres : Foulsham Educational.

Husman, J. et Lens, W. (1999). The role of the future in student motivation. *Educational psychologist*, *34*(2), 113–125.

Jammoul, Z. (2013). *Formation professionnelle et marché du travail : Étude exploratoire des interactions entre compétences scolaires et attentes du secteur de la restauration (technologie culinaire) à partir des représentations des acteurs*. Lyon 2, Lyon.

Jaoul-Grammare, M. et Nakhili, N. (2010). Quels facteurs influencent les poursuites d'études

dans l'enseignement supérieur. *Net. doc, Céreq*, (68).

Jermann, P. (1996). Conception et analyse d'une interface semi-structurée dédiée à la co-résolution de problème. *Unpublished master's thesis, University of Geneva, Switzerland*.

Johnson, D. W. et Johnson, R. T. (1989). *Cooperation and competition: Theory and research.* Edina : Interaction Book Company.

Johnson, L. W. (1981). Teaching hypothesis testing as a six step process. *Teaching Statistics*, *3*(2), 47–49.

Jones, L. V. (1991). *Using cooperative learning to teach statistics*. Chapel Hill : LL Thurstone Psychometric Laboratory, University of North Carolina.

Jutand, M.-A. (2015). *Études des phenomenes de transposition didactique de la statistique dans le champ universitaire et ses environnements : une contribution à la pédagogie universitaire*. Université de Bordeaux, Bordeaux.

Knowles, M. (1973). *The adult learner : a neglected species*. Houston : Gulf Publishing Company.

Komis, V., Depover, C. et Karsenti, T. (2013). L'usage des outils informatiques en analyse des données qualitatives.

Korin, C. (2010). La comprensión de los test de hipótesis estadísticos. Un estudio con alumnos universitarios. *Revista de Educación Matemática*.

Kostulski, K. et Trognon, A. (1998). *Communications interactives dans les groupes de travail*. Nancy : Presses universitaires de Nancy.

Lahanier-Reuter, D. (2003). Enseignement des statistiques en Sciences Humaines : perspectives didactiques. Communication présentée au SFDS de LYON, Lyon.

Lahire, B. (1997). Matrices disciplinaires de socialisation et lectures étudiantes.

Lahire, B., Elias, N. et Hulin, M. (1993). *Engagement et distanciation. Contributions à la sociologie de la connaissance*. New York : JSTOR.

Lambert-Le Mener, M. (2012). *La performance académique des étudiants en première année universitaire : influence des capacités cognitives et de la motivation*. Université de Bourgogne, Dijon.

Landwehr, J. M., Swift, J. et Watkins, A. E. (1987). *Exploring surveys and information from samples*. New York : Dale Seymour Publications.

Landwehr, J. M. et Watkins, A. E. (1986). Exploring data : Quantitative literacy series. *Palo Alto, CA : Dale Seymour*.

Laplantine, F. (2010). *La description ethnographique : L'enquête et ses méthodes*. Paris :

Armand Colin.

Laveault, D. et Grégoire, J. (2002). *Introduction aux théories des tests : en psychologie et en sciences de l'éducation*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.

Leavy, A., Fitzmaurice, O. et Hannigan, A. (2013). If you're doubting yourself then, what's the fun in that? An exploration of why prospective secondary mathematics teachers perceive statistics as difficult. *Journal of Statistics Education, 21*(3).

Lebovici, S. et Nimier, J. (1989). *Les modes de relations aux mathématiques : attitudes et représentations*. New York : JSTOR.

Le Breton, D. (2004). *L'interactionnisme symbolique*. Paris : PUF.

Lebrun, M. (1999). *Des technologies pour enseigner et apprendre*. Paris : De Boeck Supérieur.

Lebrun, M. (2007). *Théories et méthodes pédagogiques pour enseigner et apprendre : quelle place pour les TIC dans l'éducation ?* Paris : De Boeck Supérieur.

Lecoeur, E. (2008). *Gestion des compétences : Guide pratique*. Paris : De Boeck Supérieur.

Lecoutre, M.-P., Poitevineau, J. et Lecoutre, B. (2003). Even statisticians are not immune to misinterpretations of Null Hypothesis Significance Tests. *International Journal of Psychology*, *38*(1), 37–45.

Leontiev, A. N. (1978). Activity, consciousness, and personality.

Leontiev, A. N. (1981). *Problems of the development of the mind*. Moscou : Progress.

Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail : contribution à la psychologie ergonomique*. Paris : Presses Universitaries de France.

Leplat, J. (2002). De l'étude de cas à l'analyse de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, (4-2).

Leplat, J. et Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de psychologie cognitive*, *3*(1), 49–63.

Lerman, I. C. (1981). *Classification et analyse ordinale des données*. Paris : Dunod.

Lindeman, E. C. (1926). The meaning of adult education. New York : New Republic. *Nottingham Andragogy Group (1983) Towards a developmental theory of andragogy. University of Nottingham : Nottingham*.

Lipponen, L. (2002). Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. Dans *Proceedings of the conference on computer support for collaborative learning: Foundations for a CSCL community* (p. 72–81). International Society of the Learning Sciences : Boulder.

Loua, S. (2008). *Efficacité interne de l'enseignement supérieur malien*. Thèse de doctorat,

Lyon.

Lusetti, M. (2004). Interactions verbales et gestion d'une tâche scolaire entre pairs. *Interactions orales en contexte didactique*, 167–202.

Maisonneuve, J. (1956). Un bilan de la sociométrie. *L'année psychologique*, *56*(1), 67-73.

Marien, B. et Beaud, J.-P. (2003). Guide pratique pour l'utilisation de la statistique en recherche. Le cas des petits échantillons.

Mary, C. et Gattuso, L. (2005). Trois problèmes semblables de moyenne pas si semblables que ça ! L'influence de la structure d'un problème sur les réponses des élèves. *Statistics Education Research Journal*, *4*(2), 82-102.

Maubant, P. (2004). *Pédagogues et pédagogies en formation d'adultes*. Paris : Presses Universitaires de France.

Meignié, F. et Lebeaume, J. (2010). Proposition pour l'apprentissage des usages de l'ordinateur à l'école moyenne en France.

Mercier, A. (2002). L'observation du travail des élèves : quels en sont les objets élémentaires et comment peut-on les produire. *P Venturini, C. Amade-Escot, A. Terrisse (éds), Etude des pratiques effectives : l'approche des didactiques*, 147–173.

Miles, M. B. et Huberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives*. Louvain-La-Neuve : De Boeck Supérieur.

Mittag, K. C. et Thompson, B. (2000). A national survey of AERA members' perceptions of statistical significance tests and other statistical issues. *Educational Researcher*, *29*(4), 14–20.

Monfort, V. (2003). *Les étudiants de première année à l'université et le travail scolaire : l'exemple de deux filières : Sciences et AES*. Paris, EHESS, Paris.

Monteil, J.-M. (1987a). À propos du conflit socio-cognitif : d'une heuristique fondamentale à une possible opérationnalisation. *Perspectives cognitives et conduites sociales*, *1*, 199–210.

Monteil, J.-M. (1987b). Savoirs psycho-sociaux et éducation : les relations entre groupes, la dissonance cognitive. *Revue française de pédagogie*, 65–78.

Monteil, J.-M. et Chambres, P. (1990). Éléments pour une exploration des dimensions du conflit socio-cognitif: une expérimentation chez l'adulte. *Revue Internationale de psychologie sociale*.

Moore, D. S. et Cobb, G. W. (2000). Statistics and mathematics : Tension and cooperation. *The American Mathematical Monthly*, *107*(7), 615–630.

Moore, G. E. et Baldwin, T. (1993). *Principia ethica*. Cambridge : Cambridge University

Press.

Moreno, J. L. (1970). *Fondements de la sociométrie*. Paris : Presses Universitaires de France.

Morin, E. (1999). *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur, 2015*. Paris : Seuil Paris.

Morlaix, S. et Suchaut, B. (2012). Analyse de la réussite en première année universitaire : effets des facteurs sociaux, scolaires et cognitifs.

Mucchielli, A. (2004). *Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines et sociales* (Armand Colin). Paris : Masson.

Mucchielli, R. (2006). *L'analyse de contenu : Des documents et des communications* (9e édition). Issy-les-Moulineaux : ESF Editeur.

Nimier, J. (1976). *Mathématique et affectivité : une explication des échecs et des réussites*. Paris : Stock.

Noël, B., Romainville, M., Wolfs, J.-L. et Wolf, J.-L. (1995). La métacognition : facettes et pertinence du concept en éducation. *Revue française de pédagogie*, 47–56.

Nolan, M. M., Beran, T. et Hecker, K. G. (2013). Surveys assessing students' attitudes toward statistics : A systematic review of validity and reliability. *Statistics Education Research Journal*, *11*(2), 103–123.

Nonnon, E. (1999). Note de synthèse [L'enseignement de l'oral et les interactions verbales en classe: champs de référence et problématiques-Aperçu des ressources en langue française]. *Revue française de pédagogie*, *129*(1), 87–131.

Not, L. (1988). *On n'apprend pas tout seul : interactions sociales et construction des savoirs. (Sciences de l'Education)*. New York : JSTOR.

Ord, J. (2012). John Dewey and Experiential Learning : Developing the theory of youth work. *Journal of Youth & Policy*, *108*, 55-72.

Oriol, J.-C. (2007). *Formation à la statistique par la pratique d'enquêtes par questionnaires et la simulation : Étude didactique d'une expérience d'enseignement dans un département d'IUT*. Université Lumière-Lyon II, Lyon.

Pagès, J. (2002). Analyse factorielle multiple appliquée aux variables qualitatives et aux données mixtes. *Revue de statistique appliquée*, *50*(4), 5–37.

Paillé, P. et Mucchielli, A. (2012). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. Paris : Armand Colin.

Paris, S. G. et Turner, J. C. (1994). Situated motivation. *Student motivation, cognition, and learning : Essays in honor of Wilbert J. McKeachie*, 213–237.

Pastré, P. et Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de*

pédagogie, (1), 12–12.

Péladeau, N. et Mercier, C. (1993). Approches qualitative et quantitative en évaluation de programmes. *Sociologie et sociétés*, *25*(2), 111–124.

Pereira-mendoza, L. et Newfoundl, J. M. (1991). Students' concepts of bar graphs : Some preliminary findings. Dans *In D. Vere-Jones (Ed.), Proceedings of the Third International Conference on Teaching Statistics* (p. 150–157). Dunedin.

Perkins, S. N. et Ramirez, C. (2012). Students' perceptions of statistics : an exploration of attitudes, conceptualizations, and content knowledge of statistics. *Statistics Education Research Journal*, *11*(2), 6-25.

Pernin, J.-P. (2003). Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources. *Revue « Sciences et Techniques Educatives », Hors-série*, 179–210.

Perrenoud, P. (1993). Curriculum : le formel, le réel, le caché. *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*, 61–76.

Perrenoud, P. (1998). La transposition didactique à partir de pratiques : des savoirs aux compétences. *Revue des sciences de l'éducation*, *24*(3), 487–514.

Perrenoud, P. (2000). Construire des compétences, Entretien avec Philippe Perrenoud, Université de Genêve. *Propos recueillis par Paola Gentile et Roberta Bencini. Texte original d'un entretien« A arte de construir competências » paru en portugais dans Nova Escola (Brasil), Setembro de, 2000*, 19–31.

Perret-Clermont, A.-N. (2002). *Interagir et connaître : Enjeux et régulations sociales dans le développement cognitif*. Paris : Editions L'Harmattan.

Perret-Clermont, A.-N. et Dinello, R. (1987). *Psychopédagogie interculturelle*. Fribourg : Delval.

Piaget, J. (1947). *La Psychologie de l'intelligence*. Paris : Armand Colin.

Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement*, *33*. Paris : Presses universitaires de France.

Piaget, J. (1984). Le langage et la pensée chez l'enfant. *Denoël/Gonthier, Paris*.

Poirier, L. (1997). Rôle accordé aux interactions entre pairs dans l'enseignement des mathématiques-une illustration en classe d'accueil. *Éducation et francophonie*, *25*(1), 25–1.

Pollatsek, A., Lima, S. et Well, A. D. (1981). Concept or computation : Students' understanding of the mean. *Educational Studies in Mathematics*, *12*(2), 191–204.

Priolet, M. et Regnier, J.-C. (2006). Mise en ligne d'un scénario d'évaluation apprentissage au cycle 2 de l'école primaire : de nouvelles compétences pour le formateur et pour le

formé ?

Quivy, R. et Van Campenhoudt, L. (1995). *Manuel de recherche en sciences sociales*. Paris : Dunod.

Ramirez, C., Schau, C. et Emmioğlu, E. (2012). The importance of attitudes in statistics education. *Statistics Education Research Journal, 11*(2), 57–71.

Reeves, C. A. et Brewer, J. K. (1980). Hypothesis testing and proof by contradiction: an analogy. *Teaching Statistics*, *2*(2), 57–59.

Régnier, J.-C. (1998a). Danger ! Approximations... Dans *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* (p. 99-105). Lyon : IREM de Lyon Université Lyon1.

Régnier, J.-C. (1998b). De la vérité autoproclamée à la vraisemblance reconnue. Dans *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* (p. 107–118). Lyon : IREM de Lyon Université Lyon1.

Régnier, J.-C. (1998c). Finalités et enjeux de l'enseignement de la statistique. Dans *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* (p. 5–20). Lyon : IREM de Lyon Université Lyon1.

Régnier, J.-C. (1998d). Histogramme. Dans *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* (p. 21-42). Lyon : IREM de Lyon Université Lyon1.

Régnier, J.-C. (1998e). La prise de décision risquée en situation incertaine : élément pour une séquence didactique visant l'acquisition du raisonnement statistique. Dans *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* (p. 189–201). Lyon : IREM de Lyon Université Lyon1.

Régnier, J.-C. (1998f). Lire un article de journal de la presse ordinaire. Dans *Enseigner la Statistique du CM à la Seconde Pourquoi ? Comment ?* (p. 127–133). Lyon : IREM de Lyon Université Lyon1.

Régnier, J.-C. (2002). L'enseignement de la statistique dans une formation à distance de licence de sciences de l'éducation en France. Dans *XXXIVèmes Journées de Statistique-SFDS*. Bruxelles.

Régnier, J.-C. (2003). À propos de la formation en statistique. Approches praxéologiques et épistémologiques de questions du champ de la didactique de la statistique. *Revue du Centre de recherche en Education, 22*, 157–201.

Régnier, J.-C. (2005). Formation de l'esprit statistique et raisonnement statistique. Que peut-on attendre de la didactique de la statistique. Dans *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques* (Vol. 1, p. 13–38). Association pour la Recherche en Didactique des Mathématiques : Paris.

Régnier, J.-C. (2007). *Vocabulaire de Statistique*. Lyon : ISPEF–Université Lumière Lyon, 2.

Régnier, J.-C., Almouloud, S. A. et Gras, R. (2014). Analyse Statistique Implicative. Cadre théorique et applicatif pour l'exploration sémantique et non symétrique des données. Dans *7ème Colloque Internationale d'Analyse Statistique Implicative* (Vol. 16, p. 465). PPG em Educação matematica EMP-PUC São Paulo-Brésil : São Paulo.

Régnier, J.-C., Gras, R. et Bailleul, M. (2012). L'analyse statistique implicative : de l'exploratoire au confirmatoire. Dans *VI International Conference A.S.I. Analyse Statistique Implicative*. Caen.

Reid, A. et Petocz, P. (2002). Students' conceptions of statistics : A phenomenographic study. *Journal of Statistics Education*, *10*(2), 1–18.

Robert, A. D. et Bouillaguet, A. (2007). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses universitaires de France.

Roberts, D. M. et Bilderback, E. W. (1980). Reliability and validity of a statistics attitude survey. *Educational and Psychological Measurement*, *40*(1), 235–238.

Roca, A. E. (2003). Actitudes hacia la Estadística y su evaluación. *Revista de educación de la Universidad de Granada*, (16), 227–245.

Roca, A. E. (2007). Actitudes hacia la estadística : un estudio con profesores de educación primaria en formación y en ejercicio. Dans *Investigación en educación matemática: comunicaciones de los grupos de investigación del XI Simposio de la SEIEM, celebrado en La Laguna del 4 al 7 de septiembre de 2007* (p. 121–140). Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM : La Laguna.

Roca, A. E. (2009). Las actitudes hacia la estadística de los profesores en formación. Incidencia de las variables género, especialidad y formación previa. Tendencias actuales de la investigacion en educacion estocastica, 117.

Roditi, E. (2009). Un tableur grapheur pour enseigner les statistiques en sciences humaines et sociales. *Informatique et progiciels en éducation et en formation*, 257–275.

Rogalski, J. (2007). Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant. Dans *Actes du XXVIe colloque COPIRELEM* (p. 45–66). Troyes.

Romainville, M. (2000). *L'échec dans l'université de masse*. Paris : Editions L'Harmattan.

Romainville, M. (2007). Conscience, métacognition, apprentissage : le cas des compétences méthodologiques. *La conscience chez l'enfant et chez l'élève*, 108–130.

Roschelle, J. et Teasley, S. D. (1995). The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. Dans *Computer supported collaborative learning* (p. 69–97). Springer : Maratea.

Rossman, A., Chance, B. et Medina, E. (2006). Some important comparisons between statistics and mathematics, and why teachers should care. *Thinking and reasoning with data and chance*, *1*, 323.

Rubin, A., Bruce, B. et Tenney, Y. (1991). Learning about sampling: Trouble at the core of statistics. Dans *Proceedings of the third international conference on teaching statistics* (Vol. 1, p. 314–319). Dunedin.

Sacks, H., Schegloff, E. A. et Jefferson, G. (1974). A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation. *language*, 696–735.

Samurçay, R. et Rabardel, P. (2004). Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions. *Recherches en didactique professionnelle*, 163–180.

Sander, E., Meunier, J.-M. et Bosc-Miné, C. (2004). Approche ontologique et navigation dans un EIAH Le cas de l'enseignement des statistiques. *Revue des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation (STICEF)*, *11*, 24.

Sarrazy, B. (2002). Les hétérogénéités dans l'enseignement des mathématiques. *Educational studies in mathematics*, *49*(1), 89–117.

Sarrazy, B. (2013). Du donné aux données : analyse épistémologique et méthodologique de quelques effets de l'usage de données vidéographiques sur l'activité de recherche. *Education & didactique*, *6*(3), 179–184.

Schraw, G., Flowerday, T. et Lehman, S. (2001). Increasing situational interest in the classroom. *Educational Psychology Review*, *13*(3), 211–224.

Schubauer-Leoni, M.-L. (1997). Interactions didactiques et interactions sociales: quels phénomènes et quelles constructions conceptuelles. *Skholê, Cahiers de la recherche et du développement*, *7*, 102–134.

Schubauer-Leoni, M.-L. (2001). *Les sciences didactiques parmi les sciences de l'éducation : l'étude du projet scientifique de la didactique des mathématiques*. Bruxelles : De Boeck Supérieur.

Schuyten, G. (1990). Statistical thinking in psychology and education. Dans *D. Vere-Jones (ed.), Proc. of the Third Intern. Conference on Teaching Statistics flCOTS), Dunedin, August 1990, Vol. 2, Teaching Statistics Beyond School Level, New Zealand, ISI Publications in Statistical Education* (p. 486–490). Dunedin.

Shaughnessy, P. D. et Fay, F. H. (1977). A review of the taxonomy and nomenclature of North Pacific harbour seals. *Journal of Zoology*, *182*(3), 385–419.

Shoesmith, E. (1983). Expectation and the early probabilists. *Historia Mathematica*, *10*(1),

78–80.

Sirota, R. (2003). *Entrer à l'université : le Tutorat méthodologique*. Lyon : Institut National de Recherche Pedagogique.

Skipper, J. K., Guenther, A. L. et Nass, G. (1970). The sacredness of. 05 : A note concerning the uses of statistical levels of significance in social science. *The American Sociologist*, 16–18.

Smith, G. (1998). Learning statistics by doing statistics. *Journal of Statistics Education, 6*(3), 1–10.

Sotos, A. E. C., Vanhoof, S., Noortgate, W. et Onghena, P. (2009). How confident are students in their misconceptions about hypothesis tests. *Journal of Statistics Education, 17*(2), 3.

Sotos, A. E. C., Vanhoof, S., Van den Noortgate, W. et Onghena, P. (2007). Students' misconceptions of statistical inference : A review of the empirical evidence from research on statistics education. *Educational Research Review, 2*(2), 98–113.

Spindler, G. et Hammond, L. (2000). The use of anthropological methods in educational research : Two perspectives. *Harvard Educational Review, 70*(1), 39.

Stahl, G., Koschmann, T. et Suthers, D. (2006). Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. Dans *Cambridge handbook of the learning sciences* (p. 409-426). Cambridge : Cambridge University Press.

Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Thousand Oaks : Sage.

Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique : l'apport de la psychologie cognitive*. Québec : Logiques.

Tardif, J. et Presseau, A. (1998). *Intégrer les nouvelles technologies de l'information : quel cadre pédagogique ?* Issy-les-Moulineaux : ESF.

Thill, E. E. (1999). *Compétence et effort*. Paris : Presses Universitaires de France - PUF.

Tufféry, S. (2010). *Data mining et statistique décisionnelle : l'intelligence des données*. Paris : Editions Technip.

Valdois, S. (2003). Les élèves en difficulté d'apprentissage de la lecture. Dans *Document envoyé au PIREF en vue de la conférence de consensus sur l'enseignement de la lecture à l'école primaire*. Paris.

Vallecillos, A. et Batanero Bernabeu, C. (1997). Aprendizaje y enseñanza del contraste de hipótesis : concepciones y errores. *Enseñanza de las Ciencias, 15*(2), 189–197.

Vallecillos Jimenez, A. (1995). Comprensión de la lógica del contraste de hipótesis en estudiantes universitarios. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 15*(3),53–81.

Vallet, L.-A. (2007). Sur l'origine, les bonnes raisons de l'usage, et la fécondité de l'odds ratio. *Courrier des statistiques*, (121-122), 59–65.

Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Montréal : Presses de l'Université de Montréal et de Boeck.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *10*, 133-170.

Vergnaud, G. (1992). Qu'est-ce que la didactique ? En quoi peut-elle intéresser la formation des adultes peu qualifiés ? *Education permanente*, (111), 19–31.

Vergnaud, G. (1994). Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. *Vingt ans de didactique des mathématiques en France, Grenoble, La Pensée Sauvage*, 177–191.

Vergnaud, G. (1999). À quoi sert la didactique. *Sciences Humaines, Hors-Série La dynamique des savoirs*, (24), 48-51.

Vergnaud, G. (2001). Forme opératoire et forme prédicative de la connaissance (Operative and predicative forms of knowledge). *Investigações em Ensino de Ciências*, *17*(2), 287–304.

Vergnaud, G. (2007). Représentation et activité : deux concepts étroitement associés. *Recherches en éducation*, *4*, 9–22.

Vergnaud, G. (2011). Au fond de l'action, la conceptualisation. *Education et formation*, 275–292.

Verret, M. (1975). *Le Temps des études...*, *1*. Lille : Lille : Atelier Reproduction des thèses, Université de Lille III ; Paris : diffusion H. Champion.

Viau, R. (2009). *La motivation à apprendre en milieu scolaire*. Saint-Laurent : Éditions du renouveau pédagogique.

Vosniadou, S. (2007). The cognitive-situative divide and the problem of conceptual change. *Educational Psychologist*, *42*(1), 55–66.

Vygotski, L. (1985). Pensée et langage (traduction de Françoise Sève, avant-propos de Lucien Sève), suivi de «Commentaires sur les remarques critiques de Vygotski» de Jean Piaget. *Collection «Terrains», Éditions Sociales, Paris*.

Wallon, H. (1970). *De l'acte à la pensée : essai de psychologie comparée*, *43*. Paris : Flammarion.

Watier, N. N., Lamontagne, C. et Chartier, S. (2011). What does the mean mean. *Journal of statistics education*, *19*(2), 1–20.

Watson, J. M. et Chick, H. L. (2005). Collaborative statistical investigations in diverse

settings. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *36*(6), 573–600.

Watson, J. M. et Moritz, J. B. (2000). The longitudinal development of understanding of average. *Mathematical Thinking and Learning*, *2*(1-2), 11–50.

Weil-Barais, A. (2004). *Les apprentissages scolaires*. Paris : Editions Bréal.

Well, A. D., Pollatsek, A. et Boyce, S. J. (1990). Understanding the effects of sample size on the variability of the mean. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *47*(2), 289–312.

Wigfield, A. et Eccles, J. S. (2000). Expectancy–value theory of achievement motivation. *Contemporary educational psychology*, *25*(1), 68–81.

Winer, L. R., Chomienne, M. et Vázquez-Abad, J. (1998). Problématique d'un laboratoire de science collaboratif et distribué. Recension des écrits.

Wise, S. L. (1985). The development and validation of a scale measuring attitudes toward statistics. *Educational and Psychological Measurement*, *45*(2), 401–405.

Wozniak, F. (2005). *Conditions et contraintes de l'enseignement de la statistique en classe de seconde générale. Un repérage didactique.* Université Claude Bernard-Lyon I, Lyon.

Wright, J. C. (1996). Authentic learning environment in analytical chemistry using cooperative methods and open-ended laboratories in large lecture courses. *J. Chem. Educ*, *73*(9), 827.

Yin, R. K. (2014). *Case study research : Design and methods*. Thousand Oaks : Sage publications.

Zendrera, N. (2003). Difficultés d'apprentissage liées aux tests statistiques. Le cas des tests paramétriques auprès des étudiants en sciences humaines. *Actes des XXXVèmes Journées de Statistique. Société Française de Statistique et Université Lumière-Lyon-2. Lyon, France, 2-6 juin 2003*.

Zendrera, N. (2014). Difficultés et obstacles rencontrés dans l'apprentissage des tests paramétriques : objets d'une recherche en didactique de la statistique in Actes des XXXVIèmes Journées de Statistique. *Société Française de Statistique*.

Zendrera, N., Dubreil-Frémont, V. et Chevallier-Gaté, C. (2014). Regards multidimensionnels sur les conceptions de la moyenne et de l'écart-type chez les étudiants en SHS.

Sitographie

[1] Récupéré le 8 avril 2015 de http://www.universalis.fr/encyclopedie/statistique/

[2] Récupéré le 28 février 2016 de http://www.sfds.asso.fr/ressource.php?fct =ddoc&i =154

[3] Récupéré le 28 février 2016 de http://www.universalis.fr/encyclopedie/tests-d-hypotheses-statistiques/

[4] Récupéré le 28 février 2016 de http://lebrunremy.be/WordPress/?p =559

[5] Récupéré le 08 janvier 2016 de http://www.innovation-pedagogique.fr/article179.html$

[6] Récupéré le 16 février 2016 de http://www.lirmm.fr/eiah2006/cours/cours2.3.pdf

[7] Récupéré le 16 février 2016 de http://alain.battandier.free.fr/spip.php?article19

[8] Récupéré le 16 février 2016 de http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/66/4/depp_rers_2015_etudiants_454664.pdf

[9] Récupéré le 3 janvier 2016 http://pedagopsy.eu/competences_vergnaud.html

[10] Récupéré le 28 février 2016 de http://www.education.gouv.fr/cid23200/les-definitions-des-termes-et-indicateurs-statistiques-de-l-education-nationale.html

[11] Récupéré le 28 février 2016 de http://www.education.gouv.fr/cid23200/les-definitions-des-termes-et-indicateurs-statistiques-de-l-education-nationale.html

[12] Récupéré le 28 février 2016 de http://media.education.gouv.fr/file/25/7/4257.pdf

[13] Récupéré le 28 février 2016 de http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/66/4/depp_rers_2015_etudiants_454664.pdf

[14] Récupéré le 28 février de 2016 http://rechercheseducations.revues.org/index437.html

Index Auteurs

Acioly-Régnier, 170
Ainley, 90
Albero, 107
Alcheghri, 64
Aldon, 97
Alexandre, 106
Allal, 97
Amade, 97
Amalberti, 130
Aragon, 64
Arnaud, 18
Astolfi, 66, 136
Ausubel, 92
Bachelard, 17, 58, 62, 66, 206
Baker, 97
Bakker, 16, 40, 59, 267
Bandura, 90
Bange, 97, 165
Barais, 97
Bardin, 161
Baron, 166
Barr, 59
Barré, 97
Barthélémy, 95
Batanero, 16, 17, 28, 33, 40, 46, 51, 56, 57, 59, 63, 64, 67, 82, 90, 92, 93, 247, 270
Battardier, 140
Baudrit, 79
Beaud, 106
Ben-Zvi, 40
Biehler, 40
Bihan-Poudec, 17, 27, 31, 41, 57, 58, 105, 123, 206, 269
Birk, 77
Bosc-Miné, 59, 60
Bouillaguet, 151, 161
Boujut, 88, 90
Boyce, 82
Boyé, 46, 48
Brassard, 131, 132, 137, 143, 148
Bressoux, 52
Brewer, 43, 55, 63
Bronckart, 97
Bronislaw, 107
Brossard, 97
Brousseau, 65, 66, 136, 151, 152, 238
Bruce, 82
Bruchon, 88, 90
Bruner, 95, 251
Bruyninckx, 17, 58, 195
Buchs, 97
Butera, 97
Calmant, 43, 58, 63
Campenhoud, 115
Cañadas, 42, 43, 55, 59, 63
Canelas, 97
Carugati, 260
Castro Soto, 28, 42, 43, 57, 63
Cayrol, 80
Chabrol, 97
Chambres, 99, 158
Chance, 26, 82
Chaptal, 82
Chaput, 63
Chemers, 90
Chevallard, 24, 27, 28, 61, 104, 126
Chevallier-Gaté, 54
Cicurel, 97
Claparède, 76
Clark, 90
Clot, 122
Cobb, 26, 27, 40, 61
Comairas, 46, 48
Comenius, 76

Cosnefroy, 31, 90
Cosnier, 96, 97
Cousinet, 76
Coutanson, 30, 35, 267
Couturier, 168, 169, 170
Curcio, 40
Daele, 39, 40, 131, 132, 137, 143, 148
Davies, 90
De Ketele, 13, 16
de Landsheere, 107, 108, 112
De Lavergne, 70
de Sardan, 107
Deci, 32, 139
Decroly, 76
Dejean, 79
Delignières, 236
delMas, 41, 54, 61, 82
Delmas, 41, 82
Denzin, 116
Deperret, 62
Désilets, 36
Devel, 233
Dewey, 74, 76, 79, 151
Diaz, 27, 59, 95, 103, 112
Dillenbourg, 18, 83
Doise, 18, 93, 95, 97, 251, 260
Driss, 31, 58, 269
Droesbeke, 50, 180
Dubeau, 189
Dubreil-Frémont, 53, 54, 199
Dunn, 70
Duperret, 35, 39, 62
Duru-Bellat, 182
Duval, 272
Eccles, 90
Eco, 59
Elias, 106, 109
Endrizzi, 31, 252, 269
Engeström, 18, 75
Erving, 11
Escofier, 235
Escot, 97
Estrada, 91
Evans, 91
Famose, 246
Fenouillet, 91
Ferber, 77
Filliettaz, 97
Fino, 104
Fisher, 50
Flavell, 99, 251
Fouquet, 89, 225, 268
Fraisse, 97, 98, 260
Freinet, 74, 76
Frémont, 53, 54, 199
Frickey, 88
Frone, 90
Gagné, 36, 122
Gal, 34
Garcia, 90
Garfield, 18, 26, 58, 60, 70, 77, 80, 82
Gattuso, 16, 17, 25, 26, 27, 35, 41, 46, 53, 59, 60, 61, 64, 89, 123, 267
Gauss, 48, 206
Gaveleck, 100
Genolini, 31, 58, 269
Gilly, 97, 98, 260
Giordan, 60
Girard, 40, 41, 47, 63
Gispert, 44
Gliner, 43
Glover, 37
Gnanadesikan, 28
Godino, 28, 59
Goffman, 11, 96, 97
Goigoux, 130
Gombert, 100, 147
Goodsell, 77
Gordon, 17, 43, 68, 199, 217
Grammare, 225, 268

Gras, 153, 168, 169, 170, 213
Gravemeijer, 40
Greenacre, 223
Grégoire, 173
Griggs, 97
Grobet, 97
Grossen, 97
Groth, 26, 27
Gruel, 269
Guenter, 51
Guernier, 108
Guillet, 168
Gumprez, 97
Hahn, 13
Haller, 43, 63
Halté, 97
Hamel, 116
Hammerman, 40
Hammond, 107
Hampton, 90
Hardouin, 88
Hartman, 99
Hassard, 77
Hellemans, 17, 58
Henri, 80
Hersant, 97
Heutte, 91
Hoc, 75
Holmes, 28, 33
Houssaye, 105, 181
Huberman, 105
Husman, 189
Hymes, 97
Jammoul, 85
Jaoul-Grammare, 225, 268
Jefferson, 97, 165
Jermann, 77
Jewitt, 97
Jimenez, 56, 88
Johnson, 63, 78
Jones, 80
Jutand, 24, 25, 45
Karem, 254
Kerbrat, 97, 164
Ketele, 13, 16
Kieffer, 182
Komis, 166, 167
Konold, 40
Korim, 88
Korin, 88
Krauss, 43, 63
Kress, 97
Kruskal, 173, 174, 179
Kurtz, 77
Kyprianou, 90
Lafont, 97
Lahanier, 28, 40, 58, 60
Lahire, 141
Lambert-Le Mener, 31
Landwehr, 28
Laplace, 48, 50
Laplantine, 128, 129
Latzko, 106
Laveault, 173
Lavergne, 70
Le Breton, 140
Leavy, 18, 27, 70
Lebeaume, 81
Lebrun, 100
Leclerc, 183
Lecœur, 119
Lecoutre, 43
Leech, 43
Lehman, 90
Lehraus, 97
Leontiev, 18, 75
Leplat, 75, 84, 100, 101, 130
Lerman, 168
Levine, 97
Lichnerowicz, 44

Likert, 91
Lipponen, 82
Liu, 54
Loosen, 41
Loua, 37
Lundgren-Cayrol, 80
Maingueneau, 97
Malinowski, 107
Mangenot, 79
Marcel, 100
Maren, 109, 117
Marien, 106
Marinica, 168
Martin-Krumm, 91
Mary, 16, 41, 47, 53, 59, 89, 123
Mason, 90
Matthews, 90
McClain, 40
Medina, 26
Meignié, 81
Mellor, 40
Menaut, 97
Mendès France, 181
Mendoza, 40
Mercier, 116
Merriam, 106
Meunier, 59, 60
Mevarech, 41
Miles, 105
Minerva, 77
Miniac, 97
Mittag, 43
Moivre, 48
Mondada, 97
Monfort, 252
Monteil, 98, 99, 158, 278
Moore, 26, 27, 61
Morgan, 43
Morin, 87
Morlaix, 88
Mucchielli, 116, 165
Mugny, 18, 93, 95, 97, 251, 260
Nakhili, 225, 268
Nauta, 90
Nicolet, 18
Nimier, 58
Noël, 99, 147
Nolan, 58
Nonnon, 94, 97
Nunally, 63
Ogborn, 97
Olivier de Sardan, 107
Ord, 74
Orecchioni, 97, 164
Oriol, 72
Pagès, 175, 235
Paillé, 165
Paoletti, 97
Parabochi, 97
Paris, 90
Pastré, 160
Pearson, 11, 12, 48, 50, 233
Péladeau, 116
Pernin, 129
Perrenoud, 27, 89, 138
Perret-Clermont, 18, 94, 97
Petocz, 67, 68, 199, 216
Piaget, 66, 71, 74, 79, 136
Piednoir, 28
Pléty, 97
Poitevineau, 43
Pollatsek, 41, 46, 82, 123, 124, 205
Poudec, 17, 27, 31, 41, 57, 58, 61, 105, 123, 206, 269
Primon, 88
Priolet, 129
Quetelet, 175
Quignard, 97
Quivy, 115
Rabardel, 130, 160

Rabatel, 97
Ramirez, 92
Reeves, 63
Régnier, 13, 24, 25, 26, 28, 30, 35, 37, 40, 41, 46, 50, 52, 58, 59, 62, 64, 65, 66, 73, 113, 123, 124, 129, 168, 170, 195, 198, 200, 216, 270
Reid, 67, 68, 199, 216
Reuter, 28, 40, 58, 60
Rickermann, 97
Robbins, 90
Robert, 28, 151, 161
Roberts, 91
Roca, 91, 92
Roditi, 16, 40, 43, 58, 64
Rogalski, 101, 137
Rogers, 79
Romainville, 14, 99, 147
Roschelle, 77
Rossman, 26
Roulet, 97
Roux, 97, 98, 260
Roy, 106
Rubin, 40, 82
Ryan, 32, 139
Sacks, 97, 165
Samurçay, 160
Sander, 59, 60, 61
Sarrazy, 181, 278
Sautot, 108, 111
Schau, 92
Schegloff, 97, 165
Schollon, 97
Schraw, 90
Schubauer, 97
Schuyten, 34, 35, 60, 186
Schwartz-Robert, 28
Schweitzer, 88, 90
Seider, 166
Serrano, 56
Seydou, 37
Shaughnessy, 54, 80
Shoesmith, 63
Sibut, 31, 252, 269
Siegel, 55, 63
Skinner, 258
Skipper, 51
Smith, 74
Socrates, 77
Sorsona, 97
Sotos, 28, 42, 43, 57, 63
Spence, 90
Spielberger, 90
Spindler, 107
Stake, 107
Stammers, 90
Stengers, 96
Suchaut, 88
Tanagra, 171
Tardif, 35, 81, 122
Teasley, 77
Tenney, 82
Thévenaz, 97
Thircuir, 79
Thompson, 43
Trevisi, 97
Trognon, 97
Tsatsarelis, 97
Tufféry, 171
Turner, 90
Unrug, 161
Valdois, 119
Vallecillos Jimenez, 56, 88
Vallet, 174
Van der Maren, 109, 117
Vecchi, 60
Vergnaud, 17, 19, 35, 59, 71, 72, 73, 84, 85, 86, 93, 159, 191, 273, 275
Verret, 27
Vessereau, 52
Viau, 31, 90

Voelkl, 90
Vosniadou, 60
Vries, 97
Vygotsky, 18, 75, 79, 95, 136, 251
Wallis, 173, 174, 179
Watkins, 28
Watson, 17, 136
Weil-Barais, 97
Well, 82
Westerman, 90
Wigfield, 90
Winer, 77
Wise, 91
Wolfs, 99, 147
Wozniak, 28, 44, 61, 126
Wright, 77
Yin, 106
Zendrera, 38, 41, 42, 43, 53, 54, 57, 58, 60, 63, 199

Index Mots-clés

apprentissage collaboratif assisté par ordinateur, 82
apprentissage par l'action, 20, 70, 74
approche métacognitive, 99, 255
champ conceptuel, 35, 67, 71, 72, 73
co-élaboration, 98
collaboration, 3, 5, 15, 17, 70, 76, 77, 79, 80, 83, 96, 102, 128, 249, 252
compétence, 4, 8, 15, 17, 19, 31, 33, 34, 35, 55, 83, 84, 85, 86, 90, 102, 110, 113, 154, 158, 159, 185, 191, 192, 193, 194, 196, 203, 204, 205, 215, 228, 241, 245, 247, 257, 261, 267, 275, 276
compétence perçue, 4, 15, 19, 83, 90, 102, 113, 154, 159, 185, 191, 192, 193, 194, 196, 203, 204, 215, 241, 245, 257, 261
concept, 33, 38, 46, 47, 48, 53, 54, 55, 57, 59, 61, 71, 72, 73, 77, 95, 96, 97, 125, 126, 134, 147, 164, 238, 242, 270, 271
conceptualisation, 30, 38, 53, 57, 61, 67, 68, 69, 118, 122, 155, 199, 202, 203, 260
conflit sociocognitif, 93, 94, 95, 98, 251, 253, 260, 262, 266, 277
confrontation, 83, 93, 95, 98, 116, 122, 253, 254, 260, 277
connaissances conditionnelles, 36, 37
connaissances déclaratives, 4, 15, 19, 36, 37, 60, 83, 88, 99, 102, 151, 204, 209, 210, 211, 215, 230, 276
connaissances procédurales, 35, 36, 99, 122, 151, 209, 211
critère de réussite, 264
culturel, 19, 30, 36, 83, 102, 269
didactique, 3, 4, 17, 18, 19, 20, 22, 27, 38, 39, 52, 53, 54, 55, 57, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 80, 83, 85, 86, 87, 95, 99, 102, 104, 108, 115, 128, 129, 136, 137, 145, 146, 151, 159, 160, 238, 246, 247, 264, 270, 274, 275, 279
didactique de la statistique, 4, 18, 22, 38, 39, 52, 57, 66, 69, 70, 86, 159, 275
difficulté, 3, 16, 17, 31, 46, 60, 63, 65, 66, 89, 92, 102, 113, 129, 151, 154, 156, 159, 172, 173, 185, 191, 192, 202, 211, 215, 221, 227, 228, 236, 238, 239, 240, 242, 245, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 269, 271, 272, 273, 275, 277
erreur, 46, 48, 50, 51, 56, 57, 62, 63, 65, 66, 113, 122, 125, 136, 155, 158, 163, 202, 204, 205, 206, 208, 209, 210, 212, 216, 217, 239, 242, 244, 272, 273
esprit scientifique, 17
étayage, 251, 262, 266, 277
facilités perçues, 21, 178, 255
facteurs préexistants, 19, 21, 87, 93, 102, 109, 110, 112, 113, 152, 175, 177, 178, 179, 184, 185, 196, 197, 204, 209, 213, 217, 218, 220, 222, 223, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 234, 235, 236, 262, 263, 264, 265, 269, 279
ingénierie, 22, 131, 148
interactions, 11, 12, 76, 79, 83, 93, 95, 97, 98, 108, 111, 164, 165, 244, 260
Lahanier-Reuter, 28, 40, 58, 60
métacognition, 83, 99, 100, 147, 159, 160, 251, 254, 262, 266, 277
numérique, 3, 13, 15, 16, 18, 48, 64, 65, 70, 80, 81, 82, 102, 111, 120, 135, 137, 151, 163, 164, 187, 191, 192, 196, 197, 237, 239, 240, 243, 258, 271, 275
obstacle, 38, 65, 66, 67, 135, 192, 241, 251, 270, 273

pédagogie, 4, 13, 70, 74, 76, 78, 138, 147, 151, 189
raisonnement, 11, 13, 17, 18, 19, 24, 29, 30, 41, 48, 61, 62, 70, 74, 84, 93, 122, 160, 164, 207, 219, 220, 221, 222, 233, 234, 261, 262, 264, 268, 274, 275, 276
raisonnement statistique, 11, 13, 17, 18, 24, 29, 30, 61, 62, 70, 74, 122, 275
référent, 130
résolution de problème, 89, 91, 98, 136, 247, 255, 277
savoir être, 84
savoir exprimé, 93
savoir-faire, 18, 36, 37, 61, 84, 85, 89, 93, 145, 157, 248, 250, 268, 276, 277
savoir-faire cognitif, 93, 248, 268
signifiant, 59, 72
signifié, 59, 72
situation didactique, 17, 20, 70, 83, 108, 128, 129, 137, 138, 160, 238, 246, 264
situation-problème, 37, 59, 122, 123, 124, 125, 136, 155, 195, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 220, 221, 222, 230, 244, 262, 276
théorie de l'activité, 18, 20, 71, 75
théorie des champs conceptuels, 20, 71, 72, 73
transposition didactique, 27
vraisemblance, 35, 50, 62, 206, 209, 242

Index Figures

FIGURE 1 – Conception de la statistique selon Régnier (2002, p. 200) 25
FIGURE 2 – D'après un schéma de Perrenoud (1998) complété par Diaz (bleu) 27
FIGURE 3 – Les tests du khi-deux 51
FIGURE 4 – Erreurs et risques encourus dans le cadre des tests d'hypothèses statistiques (Régnier 2005, p. 20) 52
FIGURE 5 – Facteurs de la formation de l'esprit statistique, selon Régnier (2003, p. 9) 62
FIGURE 6 – Description d'un concept (adapté de la description de Vergnaud) 72
FIGURE 7 – Description d'un concept (adapté de la description de Vergnaud) 72
FIGURE 8 – Modèle de l'activité selon Engeström (1987, p. 78) 75
FIGURE 9 – Principaux types de regroupements 77
FIGURE 10 – Les processus produits par le conflit sociocognitif (Diaz, 2009) 95
FIGURE 11 – Modèle synthétique de l'apprentissage construit par Lebrun 100
FIGURE 12 – Schéma de double régulation de l'activité d'après Leplat, 1997 101
FIGURE 13 – Diverses phases de collecte des données 109
FIGURE 14 – Les trois temps de collecte des données adoptés 110
FIGURE 15 – Description chronologique 116
FIGURE 16 –Adaptation du modèle de Goigoux (2007) 130
FIGURE 17 – Dimensions pour concevoir un scénario selon Brassard et Daele (2003, p. 140) 132
FIGURE 18 – Représentation de la gradation de l'autodétermination par Alain Battardier . 140
FIGURE 19 – Représentation synoptique de l'utilité de l'enseignement de la statistique 156
FIGURE 20 – Principales difficultés rencontrées par les étudiants 157
FIGURE 21 – Le processus d'analyse (adapté de Seider, 1998) par Komis *et al.* (2013)..... 166
FIGURE 22 – Illustration d'un arbre des similarités, Couturier (2001, p. 35) 169
FIGURE 23 – Illustration d'un graphe implicatif, Couturier (2001, p. 36) 169
FIGURE 24 – Illustration d'un arbre cohésitif, Couturier (2001, p. 37)..... 170
FIGURE 25 – Répartition selon le type de baccalauréat obtenu..... 182
FIGURE 26 – Intérêt perçu de la formation en statistique avant la formation 185
FIGURE 27 – Intérêt perçu de la formation en statistique après la formation..... 186
FIGURE 28 – Intérêt perçu de la formation en statistique avant et après la formation 187
FIGURE 29 – Niveau d'utilité perçu de la formation en statistique..... 187

FIGURE 30 – Niveau d'utilité perçu de la formation en statistique après la formation 188
FIGURE 31 – Utilité perçue de la formation en statistique avant et après la formation 190
FIGURE 32 – Problèmes perçus quand des connaissances en statistique sont requises..... 192
FIGURE 33 – Compétence perçue de la statistique 193
FIGURE 34 – Fréquence des mots évoqués variable [V9] 198
FIGURE 35 – Fréquence des mots pour les situations-problèmes S1, S2, S3 200
FIGURE 36 – Synthèse des non-réponses 202
FIGURE 37 – Répartition des individus selon la loi normale (gaussienne) 207
FIGURE 38 – Réponse d'un étudiant 207
FIGURE 39 – Arbre des similarités pour la situation-problème S1, S2, S3 210
FIGURE 40 – Extrait des classes retenues (similarités > 0,63) 210
FIGURE 41 – Arbre cohésitif pour les situations-problèmes S1, S2, S3..... 211
FIGURE 42 – Arbre des similarités pour la situation-problème S1, S2, S3 et variable âge.. 212
FIGURE 43 – Graphe implicatif général regroupant tous les facteurs préexistants 213
FIGURE 44 – Extraction des variables évoquant la statistique 216
FIGURE 45 – Valeurs propres et part d'inertie des variables biographiques 223
FIGURE 46 – Graphique symétrique des variables biographiques selon les deux premiers axes..... 224
FIGURE 47 – Graphique symétrique des variables biographiques selon les deux premiers axes..... 225
FIGURE 48 – Valeurs propres et part d'inertie des variables psychologiques..... 226
FIGURE 49 – Graphique symétrique des variables psychologiques selon les deux premiers axes..... 227
FIGURE 50 – Graphique symétrique des variables psychologiques selon les deux premiers axes..... 228
FIGURE 51 – Valeurs propres et part d'inertie des variables cognitives 229
FIGURE 52 – Graphique symétrique des variables cognitives selon les deux premiers axes230
FIGURE 53 – Graphique symétrique des variables cognitives selon les deux premiers axes231
FIGURE 54 – Valeurs propres et part d'inertie des critères de réussite 232
FIGURE 55 – Graphe du cercle des corrélations des indices de réussite 233
FIGURE 56 – Carré des liaisons réunissant les différents facteurs préexistants et la réussite 235
FIGURE 57 – Difficultés perçues par les étudiants après la formation 237
FIGURE 58 – Comparaison des principales erreurs observées (en %)..... 243

FIGURE 59 – Principales composantes de régulation des activités (en %)..... 259
FIGURE 60 – Les différents critères de réussite selon quatre perspectives 264
FIGURE 61 – Principaux facteurs préexistants influençant la réussite 265
FIGURE 62 – Les conditions facilitatrices évoquées par les étudiants 266
FIGURE 63 – Les principales formes de discours concernant la notion d'écart-type..... 271
FIGURE 64 – Modélisation de la régulation des activités collaboratives 272

Index Tableaux

TABLEAU 1 – Travaux de recherche sur les représentations graphiques des données 40
TABLEAU 2 – Travaux de recherche sur les caractéristiques de tendance centrale et de dispersion 41
TABLEAU 3 – Travaux de recherche sur les tests d'hypothèse 43
TABLEAU 4 – Synthèse du programme actuel du collège au lycée 45
TABLEAU 5 – Différentes conceptions de l'écart-type 55
TABLEAU 6 – Définition de la statistique selon Reid et Petocz (2002) 68
TABLEAU 7 – Résultats de l'enquête menée par Bond et al. (2012) 69
TABLEAU 8 – Deux versions de la notion de compétence décrites par Vergnaud 86
TABLEAU 9 – Les différentes combinaisons socio-cognitives, (Monteil, 1987, p. 206) 98
TABLEAU 10 – Chronogramme récapitulatif 126
TABLEAU 11 – Synthèse des formes d'évaluations 146
TABLEAU 12 – Performances obtenues par les quatre promotions étudiées 147
TABLEAU 13 – Catégorisation des facteurs biographiques préexistants 153
TABLEAU 14 – Catégorisation des facteurs psychologiques préexistants 154
TABLEAU 15 – Catégorisation des facteurs cognitifs préexistants 155
TABLEAU 16 – Catégorisation de la définition de la statistique 157
TABLEAU 17 – Catégorisation de la composante interactive 158
TABLEAU 18 – Catégorisation de la composante psychologique 158
TABLEAU 19 – Catégorisation de la composante cognitive 159
TABLEAU 20 – Dénomination des différentes activités effectuées par les étudiants 163
TABLEAU 21 – Dénomination des différentes capacités impliquées 164
TABLEAU 22 – Récapitulatif de la variable sexe 180
TABLEAU 23 – Récapitulatif de la variable âge 180
TABLEAU 24 – Différence entre l'année d'obtention du baccalauréat et celle de l'enquête 183
TABLEAU 25 – Diplôme le plus élevé comportant de la statistique 184
TABLEAU 26 – Difficultés majeures perçues du cours de statistique 190
TABLEAU 27 – Synthèse des catégories de réponses de l'ordre de l'émotion 194
TABLEAU 28 – Regroupement des mots selon leur dimension 199
TABLEAU 29 – Classement des phrases 199
TABLEAU 30 – Situations-problèmes S1, S2, S3 détail des réponses 201

TABLEAU 31 – Situations-problèmes S1, S2, S3 détail des non-réponses 203
TABLEAU 32 – Réponses obtenues à la situation-problème S1..... 205
TABLEAU 33 – Réponses obtenues à la situation-problème S2..... 206
TABLEAU 34 – Réponses obtenues à la situation-problème S3..... 208
TABLEAU 35 – Synthèse des huit chemins 214
TABLEAU 36 – Les activités effectuées par les étudiants durant les TD 218
TABLEAU 37 – Les activités de manipulation, d'application et d'interprétation observées 219
TABLEAU 38 – Les facteurs préexistants biographiques intervenants dans la réussite 220
TABLEAU 39 – Valeurs propres et pourcentages d'inerties des modalités biographiques... 223
TABLEAU 40 – Valeurs propres et pourcentages d'inertie des variables psychologiques ... 226
TABLEAU 41 – Valeurs propres et pourcentages d'inertie des variables d'ordre cognitif... 229
TABLEAU 42 – Détails des valeurs propres et variabilité des quatre premiers axes 232
TABLEAU 43 – Matrice de corrélation des indices de réussite (Pearson)..... 233
TABLEAU 44 – Contributions sur chaque axe en pourcentages..... 235
TABLEAU 45 – Matrice des coefficients Lg réunissant tous les groupes de variables 236
TABLEAU 46 – Erreurs observées dans les groupes G2 et G3..... 243
TABLEAU 47 – Test d'indépendance des erreurs observées dans les groupes G2 et G3 244
TABLEAU 48 – Répartition des activités collaboratives observées 259
TABLEAU 49 – Test d'indépendance des principales composantes de régulation des activités 260
TABLEAU 50 – Répartition de la composante émotionnelle..... 261

Index Formules

FORMULE 1 – Densité de la loi des erreurs selon Gauss 48
FORMULE 2 – Écart-type 49
FORMULE 3 – Trois formules de la moyenne 73
FORMULE 4 – Moyenne arithmétique pondérée 123
FORMULE 5 – Indice de difficulté 173
FORMULE 6 – Test de Kruskal Wallis 174
FORMULE 7 – Régression logistique multinomiale 175

Table des matières

Résumé **3**

Abstract **5**

Resumen **7**

Remerciements **9**

Avant-propos **11**

L'origine de cette thèse 11

Les changements d'orientation 12

Les principaux facteurs que nous ne traiterons pas 13

Les facteurs que nous avons tenté d'aborder 15

Introduction **16**

La difficulté d'enseigner la statistique 16

La facilité d'enseigner la statistique 17

De la problématique à la construction des données 19

Les instruments de construction de données 20

PARTIE 1 – Fondements théoriques **23**

1. Les spécificités de la statistique et son enseignement **23**

1.1. Autour de la statistique et de ses caractéristiques **23**

1.1.1. Tentative pour cerner la statistique 24

1.1.2. Similitudes et dissimilitudes entre statistique et mathématiques 26

1.1.3. De la statistique à son enseignement 27

1.2. Autour de l'enseignement de la statistique **29**

1.2.1. De l'actualité de l'enseignement de la statistique 29

1.2.2. De l'intérêt de l'enseignement de la statistique 31

1.2.3. De l'utilité de l'enseignement de la statistique 33

1.3. Les principales formes de connaissances pour explorer le champ conceptuel de la statistique **35**

1.3.1. Les connaissances procédurales en statistique 36

1.3.2. Les connaissances déclaratives en statistique 36

1.3.3. Les connaissances conditionnelles en statistique 37

2. Les spécificités de la statistique et ses objets d'enseignement **37**

2.1. Concepts de statistique parmi les plus étudiés par la recherche **38**

2.1.1. Travaux de recherche sur les représentations graphiques des données 39
2.1.2. Travaux de recherche sur les caractéristiques de tendance centrale et de dispersion 41
2.1.3. Travaux de recherche sur les tests statistiques d'hypothèses 42

2.2. Trois notions fondamentales de la statistique 43
2.2.1. Les attendus des référentiels 44
2.2.2. Autour de la notion de moyenne arithmétique 46
2.2.3. Autour de la notion d'écart-type 48
2.2.4. Autour de la notion de test d'hypothèse et le risque d'erreur 50

2.3. Trois notions fondamentales abordées par la didactique de la statistique 52
2.3.1. Le concept de moyenne arithmétique vue par la didactique 53
2.3.2. Le concept d'écart-type vu par la didactique 54
2.3.3. Le concept de procédure du test d'hypothèse statistique vu par la didactique 55

3. Les spécificités de la statistique et les difficultés de conceptualisation qu'elles engendrent 57

3.1. Des difficultés rencontrées chez les étudiants de SHS face à la statistique 57
3.1.1. Des difficultés de perception face à la statistique 58
3.1.2. Des difficultés de compréhension face à la statistique 59
3.1.3. Des difficultés d'application face à la statistique 60

3.2. Des difficultés propres à la discipline statistique 61
3.2.1. Des difficultés d'appréciation face à la statistique 61
3.2.2. Des difficultés d'interprétation face à la statistique 63
3.2.3. Des difficultés de manipulation numérique face à la statistique 64

3.3. Des erreurs, difficultés et obstacles dans l'apprentissage de la statistique 65
3.3.1. Les distinctions sémantiques entre erreur et difficulté 65
3.3.2. Les niveaux de conceptualisation dans le champ conceptuel de la statistique 67
3.3.3. Les niveaux de conceptualisation concernant la définition de la statistique 68

4. Le cadre conceptuel de la thèse et les conditions facilitatrices de formation 69

4.1. Apprendre par l'action 71
4.1.1. Apports de la théorie des champs conceptuels 71
4.1.2. Statistique et théorie des champs conceptuels et la statistique 72
4.1.3. Apports de la théorie de l'apprentissage par l'action 74
4.1.4. Apports de la théorie de l'activité 75

4.2. Apprendre par l'interaction et la collaboration 76
4.2.1. Apprendre à plusieurs 77
4.2.2. Apprentissage coopératif 78
4.2.3. Apprentissage collaboratif 79

4.3. Apprendre avec les TICE 80
4.3.1. Apprendre avec et par le numérique 80
4.3.2. Apprentissage de la statistique au moyen du numérique 81
4.3.3. Apprendre avec les outils numériques entre pairs 82

5. Quelques conditions pour la réussite de l'activité 83

5.1. Quelques critères de réussite de l'activité 84
5.1.1. Autour de la notion de compétence 84
5.1.2. Autour du développement de compétences selon Vergnaud 85

5.2. Quelques facteurs préexistants chez l'apprenant d'ordre biographiques, psychologiques et cognitifs 87
5.2.1. Facteurs biographiques et culturels de l'apprenant 88
5.2.2. Facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels 90
5.2.3. Facteurs cognitifs de l'apprenant 92

5.3. Collaborer pour provoquer un conflit sociocognitif 93
5.3.1. Interagir pour changer 96
5.3.2. Susciter une approche métacognitive pour faciliter le transfert de connaissances 99
5.3.3. Réguler les activités pour acquérir des connaissances et développer des compétences 100

Synthèse des fondements théoriques 102

PARTIE 2 – Approche méthodologique de la construction, du traitement, de l'analyse et de l'interprétation des données 103

1. Méthodes et techniques de construction des données : ressources et argumentations pour notre recherche 103

1.1. Les choix propres à l'enquête de terrain 103
1.1.1. Une approche naturaliste selon une étude de cas multiples 104
1.1.2. Recourir à l'observation de type participante pour mieux comprendre la situation 107
1.1.3. Limites de l'observation participante 108

1.2. Choix des instruments de construction des données 109
1.2.1. Trois temps de construction des données 110
1.2.2. En quête d'un instrument de recueil des traces des activités 111
1.2.3. Limites de la vidéographie pour notre recherche 111

1.3. Choix des instruments de construction des données 112
1.3.1. Choix du questionnaire pour recueillir les données sur les facteurs préexistants des sujets 112
1.3.2. Choix du logiciel Camstudio pour le recueil des traces numériques 113
1.3.3. Choix de l'entretien individuel semi-directif pour le recueil des représentations *a posteriori* 114
1.3.4. Convergence entre les instruments de construction des données 115

2. Instruments de construction des données mis en œuvre 117

2.1. Description des outils de construction des données 117

2.1.1. Description du questionnaire *étude des difficultés et des facilités d'apprentissage de la statistique* 118

2.1.2. Description des réglages de Camstudio 119

2.1.3. Description de la grille d'entretien menée auprès des étudiants 121

2.2. Description *a priori* des trois situations-problèmes du questionnaire 122

2.2.1. Situation-problème S1 122

2.2.2. Situation-problème S2 124

2.2.3. Situation-problème S3 125

2.3. Description des observations des étudiants en situation de travail 126

2.3.1. Description des modalités de passation et de recueil des questionnaires 127

2.3.2. Description ethnographique : du visible au dicible 128

2.3.3. Description des caractéristiques de l'activité dans une situation d'enseignement et d'apprentissage 130

3. Présentation du contexte de la recherche 131

3.1. Organisation institutionnelle du terrain d'étude 131

3.1.1. Conception d'un scénario pédagogique 131

3.1.2. Conception de la formation : Master 2 recherche en sciences de l'éducation 133

3.1.3. Conception de l'enseignement et de l'apprentissage de la statistique 134

3.2. Le cadre situationnel de l'enseignement et de l'apprentissage de la statistique 135

3.2.1. Orientation des buts pédagogiques de la formation 135

3.2.2. Prise en considération des difficultés et flexibilité du dispositif pédagogique 136

3.2.3. Rôle de l'enseignant en général et de celui observé en particulier 137

3.3. Retour sur le cadre contextuel de l'enseignement et de l'apprentissage de la statistique 138

3.3.1. Quelques sources de motivation 139

3.3.2. Prise en compte des différences individuelles 140

3.3.3. Orientation de la tâche et support des travaux dirigés (TD) 142

4. Retour sur le cadre organisationnel du terrain d'étude 144

4.1. Modalités organisationnelles du dispositif pédagogique 144

4.1.1. Place de l'apprentissage collaboratif 144

4.1.2. Place de l'évaluation des apprentissages 145

4.1.3. Approche métacognition et gestion des connaissances 147

4.2. Description de l'ingénierie pédagogique 148
4.2.1. Fiche pédagogique 149
4.2.2. Fiche de déroulement 150
4.2.3. Quelques finalités de la formation en statistique, objet de la formation 151

5. Construction des différentes variables et leur codage 151

5.1. Les diverses variables selon les facteurs préexistants des apprenants 152
5.1.1. Facteurs biographiques et culturels préexistants selon cinq variables 152
5.1.2. Facteurs psychologiques d'ordre affectifs et émotionnels préexistants selon sept variables 153
5.1.3. Facteurs cognitifs préexistants selon sept variables 155

5.2. Détails des grilles de codage 155
5.2.1. Grilles de lecture des facteurs psychologiques d'ordre affectifs et émotionnels 156
5.2.2. Grilles de lecture des facteurs cognitifs 156
5.2.3. Construction et explication des critères de réussite des activités 159

5.3. Analyse de contenu catégorielle des données construites 161
5.3.1. Codage des réponses issues des questionnaires soumis aux étudiants 161
5.3.2. Codage des traces numériques 162
5.3.3. Traitement des entretiens menés auprès des étudiants 165

6. Les outils d'aide aux traitements et à l'analyse des données mis en œuvre 166

6.1. Outils de traitement de données mis en œuvre 167
6.1.1. Choix du logiciel NVivo 167
6.1.2. Choix du logiciel C.H.I.C. 168
6.1.3. Choix des logiciels EXCEL, SPAD et XLSTAT 170

6.2. Outils d'analyse des données issues des questionnaires et des traces numériques 172
6.2.1. Le nuage de mots-clés 172
6.2.2. L'analyse des réponses aux trois situations-problèmes 172
6.2.3. De l'indice de difficultés aux indices de réussite des activités 172

6.3. Les tests statistiques employés pour l'analyse des traces numériques 173
6.3.1. Le test de Kruskal Wallis 173
6.3.2. La régression logistique multinomiale (ou polytomique) 174
6.3.3. L'Analyse Factorielle Multiple (AFM) 175

Synthèse des outils de construction, de traitement et d'analyse des données 177

PARTIE 3 – Résultats, discussion, interprétations 178

1. Les facteurs préexistants chez les apprenants à la formation en statistique 179

1.1. Les facteurs préexistants biographiques et culturels selon les profils des sujets observés 179

1.1.1. Le profil des sujets observés selon le sexe 179
1.1.2. Le profil des sujets observés selon l'âge 180
1.1.3. Les cursus antérieurs des étudiants selon le baccalauréat d'origine 181
1.1.4. Les cursus antérieurs des étudiants selon l'ancienneté du baccalauréat 183
1.1.5. La formation antérieure à l'accès en Master 2 184
1.1.6. Synthèse des facteurs préexistants biographiques et culturels 184

1.2. Les facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels 185

1.2.1. Intérêt perçu de la formation en statistique 185
1.2.2. L'utilité perçue de la formation en statistique 187
1.2.3. Les difficultés perçues en statistique 190
1.2.4. La compétence perçue en statistique 192
1.2.5. Émotions et attitudes affichées à l'égard de la statistique 194
1.2.6. Synthèse des facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels 196

1.3. Les facteurs préexistants cognitifs 197

1.3.1. Par l'énonciation des trois mots les plus représentatifs 197
1.3.2. Par l'évocation de la statistique en une phrase 199
1.3.3. Par la synthèse des réponses obtenues aux trois situations-problèmes S1, S2, S3 200
1.3.4. Comparaison des réponses obtenues aux trois situations-problèmes S1, S2, S3 201
1.3.5. Catégorisation des non-réponses aux situations-problèmes S1, S2, S3 201
1.3.6. Les résultats des non-réponses 203
1.3.7. Synthèse des facteurs préexistants cognitifs 204

2. Analyse des réponses fournies pour la résolution de S1, S2, S3 et leurs relations quasi-implicatives 204

2.1. Les réponses obtenues aux situations-problèmes S1, S2, S3 205

2.1.1. Les réponses obtenues à la situation-problème S1 205
2.1.2. Les réponses obtenues à la situation-problème S2 206
2.1.3. Les réponses obtenues à la situation-problème S3 208

2.2. L'analyse statistique implicative (ASI) des résultats obtenus aux situations-problèmes S1, S2, S3 209

2.2.1. Analyse de la similarité des scores obtenus aux situations-problèmes S1, S2, S3 209
2.2.2. Analyse cohésitive des scores obtenus aux situations-problèmes S1, S2, S3 211
2.2.3. La similarité des scores et variables supplémentaires 212

2.3. Croisement de tous les facteurs préexistants 213

2.3.1. Facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels 214
2.3.2. Facteurs cognitifs 215
2.3.3. Imbrication entre les facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels et cognitifs 217

3. Analyse des facteurs préexistants chez les apprenants et les réussites des activités 218

3.1. Les liens entre réussite des activités et les facteurs préexistants 218

3.1.1. Les activités effectuées par les étudiants 218

3.1.2. La réussite des activités 219

3.1.3. Les facteurs préexistants les plus déterminants dans la réussite des activités 220

3.2. Les facteurs préexistants biographiques et culturels 222

3.2.1. La part d'inertie des variables biographiques 223

3.2.2. Les proximités entre facteurs préexistants biographiques 223

3.2.3. Les dispersions entre facteurs préexistants biographiques 225

3.3. Analyse des Correspondances Multiples (ACM) des facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels 226

3.3.1. La part d'inertie entre facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels 226

3.3.2. Les proximités entre facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels 226

3.3.3. Les dispersions entre facteurs préexistants psychologiques : affectifs et émotionnels 227

3.4. Analyse des Correspondances Multiples (ACM) entre facteurs préexistants cognitifs 228

3.4.1. La part d'inertie entre facteurs préexistants cognitifs 229

3.4.2. Les proximités entre facteurs préexistants cognitifs 229

3.4.3. Les dispersions entre facteurs préexistants cognitifs 230

4. De l'analyse des réussites des activités et leur croisement avec les facteurs préexistants 231

4.1. Analyse en Composantes Principales (ACP) des réussites 232

4.1.1. La part d'inertie des critères de réussite des activités 232

4.1.2. Les corrélations entre les différentes formes de réussites 233

4.1.3. Les coefficients de corrélation entre les différentes formes de réussite 233

4.2. Analyse Factorielle Multiple (AFM) des facteurs préexistants et des réussites 234

4.2.1. Les liaisons entre les facteurs préexistants et les réussites 234

4.2.2. Les liaisons entre groupes de variables 235

5. Les difficultés perçues et les erreurs relevées 236

5.1. Les difficultés perçues de compréhension, d'interprétation et de manipulation 237

5.1.1. Les difficultés perçues de compréhension 237

5.1.2. Les difficultés perçues d'interprétation 238

5.1.3. Les difficultés perçues de manipulation numérique 239

5.2. Les difficultés perçues de perception, d'application et d'appréciation 240

5.2.1. Les difficultés évoquées de perception ... 240
5.2.2. Les difficultés perçues d'application ... 241
5.2.3. Les difficultés perçues d'appréciation ... 242

5.3. Les erreurs relevées durant les activités observées ... 243
5.3.1. Les principales erreurs observées ... 243
5.3.2. Les erreurs observées relevant de compréhension, d'interprétation et de perception ... 244
5.3.3. Les erreurs observées de manipulation, d'application et d'appréciation ... 245

6. Les conditions facilitatrices évoquées par les étudiants ... 245

6.1. Les facteurs biographiques et culturels perçus facilitateurs ... 245
6.1.1. La formation antérieure augmente la confiance en ses capacités ... 245
6.1.2. La connaissance antérieure considérée comme synonyme de connaissances et compétences 247
6.1.3. Les conditions facilitatrices biographiques et temporelles évoquées ... 248

6.2. Les facteurs psychologiques : affectifs et émotionnels perçus facilitateurs ... 249
6.2.1. La stimulation et le maintien de l'attention ... 249
6.2.2. L'aide et l'entraide perçus comme facilitateurs ... 250
6.2.3. L'échange et le partage perçus comme facilitateurs ... 250

6.3. Les facteurs cognitifs perçus comme facilitateurs ... 251
6.3.1. En passant par une forme d'étayage ... 251
6.3.2. En visant la résolution d'un conflit sociocognitif ... 253
6.3.3. La métacognition comme processus social de prise de distance individuelle ... 254

7. Les facilités perçues et identifiées du processus d'apprentissage de la statistique ... 255

7.1. Les facilités perçues par les étudiants ... 255
7.1.1. En donnant du sens aux apprentissages ... 255
7.1.2. En devenant acteur, en anticipant les activités dirigées et en persévérant dans leur réalisation ... 256
7.1.3. En pratiquant et persévérant ... 257

7.2. Les facilités observées lors de l'expérimentation ... 258
7.2.1. Par les interactions entre les étudiants ... 260
7.2.2. Par les échanges constructifs entre les étudiants ... 260
7.2.3. Par l'instauration d'un climat neutre entre les étudiants ... 261

Synthèse des résultats, discussion, interprétations ... 262

PARTIE 4 – Discussion des résultats et mise en perspective ... 263

1. Principaux résultats obtenus ... 263

1.1. Vers une modélisation des résultats ... 263

1.1.1. Vers une modélisation des critères de réussite 263
1.1.2. Vers une modélisation des facteurs préexistants influençant la réussite 264
1.1.3. Vers une modélisation des conditions facilitatrices perçues 265

2. Remédiations possibles et recommandations 266

2.1. Recommandations pour les décideurs institutionnels et les responsables pédagogiques 267

2.1.1. Enseigner la statistique le plus tôt possible 267
2.1.2. Enseigner la statistique à tous les lycéens 268

2.2. Recommandations pour les enseignants 268

2.2.1. Proposer des activités collaboratives 269
2.2.2. Rendre la statistique plus séduisante et attractive 269

2.3. Vers une schématisation de suites possibles envisageables 270

2.3.1. Vers une modélisation des registres de l'enseignement de la statistique 270
2.3.2. Vers une modélisation de la régulation des activités 272

Synthèse de la discussion des résultats et mise en perspective 274

Conclusion 275

Bibliographie 281

Sitographie 304

Index Auteurs 305

Index Mots-clés 311

Index Figures 313

Index Tableaux 316

Index Formules 318

Table des matières 319

Annexes……..... Tome 2

Transcriptions…….. Tome 3