

Transparence pour comprendre, transparence pour agir : Questions autour d’un artefact informatique dans la formation à l’A.S.I.

Nadja Maria Acioly-Régnier*, Jean-Claude Régnier**

*Laboratoire EA 4129 SIS - Santé, Individu, Société Université de Lyon/ IUFM Université Lyon 1

**Laboratoire UMR 5191 ICAR - Université de Lyon –Lyon2

E-mail: acioly.regnier@wanadoo.fr; jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr

Résumé. Le logiciel C.H.I.C. est un artefact informatique qui permet une opérationnalisation des concepts de l’Analyse Statistique Implicative en offrant, en principe, des interfaces efficaces pour un usage accessible même aux chercheurs non-spécialistes. Cependant, l’analyse de l’usage de ce logiciel nous conduit à la problématisation de la nature de l’appropriation du logiciel C.H.I.C. comme instrument, c’est-à-dire comme une entité mixte qui tient à la fois du sujet et de l’artefact au sens de Rabardel (Rabardel, 1995). L’exploration nous conduit aussi à l’analyse de la tension et/ou de la complémentarité existante entre la forme opératoire de la connaissance et sa forme prédicative. Ce travail poursuit la réflexion développée dans (Acioly-Régnier & Régnier, 2005, 2008, 2009), (Régnier & Acioly-Régnier, 2007) sur les difficultés et les obstacles à la conceptualisation en Analyse des Données liés à la manipulation de deux logiciels : C.H.I.C. et un tableur de type Excel. Il requiert aussi de porter attention à la manière d’interpréter les représentations symboliques de type graphique et tableau, qui prend toujours appui sur un cadre théorique de référence pour donner sens aux données statistiques construites et traitées par le chercheur. Ici nous nous limitons à l’exploration de deux exemples à la lumière de la notion de *transparence* d’un artefact informatique, dans le cadre d’une recherche qui aborde l’utilisation des mondes virtuels en éducation.

Mots-clés : didactique de la statistique, artefact, instrument technique, instrument psychologique, transparence opérative.

Abstract. C.H.I.C. is a software tool that allows implementation of Statistical Implicative Analysis by offering an effective interface for easy use even by non-specialized researchers. Analysis of uses of this software leads us to discuss questions regarding its appropriation, that is, to consider C.H.I.C. as an entity that pertains to both the user and the tool itself, in the sense proposed by Rabardel (Rabardel 1995). Its exploration also leads us to the analysis of the tension and/or the complementarity between the operational and predicative natures of knowledge. This work follows proposals by Acioly-Régnier & Régnier (2005, 2008, 2009) and by Régnier & Acioly-Régnier (2007) about conceptual difficulties and obstacles regarding Data Analysis by two software pieces: C.H.I.C. and a database similar to Excel. It

requires attention to how graphical and tabular symbolic representations are interpreted, which is always supported by a theoretical frame of reference that gives meaning to the statistical data built and presented by the researcher. Here we will limit ourselves to the exploration of two examples, taking into account the notion of transparency of a software artifact within a research framework for understanding educational uses of virtual worlds.

Keywords: statistical education, artifact, technical tool, psychological tool, transparency of a software artifact

1 Introduction

« ... les échelons supérieurs du soi sont toujours modifiés par toutes sortes d'interactions sociales et culturelles, ainsi que par l'accroissement du savoir scientifique sur le fonctionnement même de l'esprit et du cerveau. C'est ainsi qu'un siècle de cinéma a certainement eu un impact sur le soi humain (...). Quant à l'influence de la révolution numérique, on commence à peine à l'évaluer. » (Antonio Damasio, 2010, pp. 21)

Cet article s'inscrit dans la continuité des travaux que nous menons conjointement à partir de nos domaines de spécialité, à savoir la psychologie et la statistique. Nous nous intéressons à la compréhension de l'usage des concepts et des techniques de l'A.S.I., en tant qu'instruments pour des chercheurs non spécialistes du domaine de la statistique. Comme dans les précédentes études, nous nous situons dans une perspective historico-culturelle du psychisme, tel que assumée dans le domaine « culture et cognition » (Acioly-Régnier, 2010) et plus particulièrement sur les rapports entre culture technique et performances cognitives. Il s'agit ici d'explorer les difficultés et éventuellement d'identifier les obstacles qui peuvent surgir, rencontrés par une chercheuse en éducation non spécialiste dans l'utilisation même de l'Analyse Statistique Implicative comme cadre d'Analyse des Données, en recourant au logiciel C.H.I.C.. Dans un article précédent (Acioly-Régnier & Régnier, 2009) nous avons tenté d'explicitier les difficultés et les obstacles auxquels se confrontait une chercheuse en iconographie médiévale lors de l'interprétation de graphes implicatifs produits par le logiciel C.H.I.C. (dans sa version 4.2f). Rappelons que dans le champ de l'iconographie médiévale, les objets d'étude sont essentiellement de type image. Dans ce cas, une tâche majeure de la chercheuse est d'étudier et d'interpréter des images dans le champ disciplinaire de l'histoire de l'art. Cette compétence de lecture des images dans ce champ s'est avérée paradoxalement comme à la fois aidante et gênante. Si cette compétence développée a pu servir d'appui à l'apprentissage de l'interprétation des représentations graphiques produites par le logiciel C.H.I.C.,

elle s’est aussi révélée générer des obstacles lors du transfert à ce nouveau domaine A.S.I. Par exemple, la lecture des graphes d’implication du haut en bas se présentait comme une difficulté car la lecture des images dans son domaine théorique d’appartenance (iconographie médiévale) et dans son objet d’étude (ascension du Christ) allait du bas vers le haut. Nous pourrions aujourd’hui compléter nos interprétations passées en disant que la sub-culture disciplinaire a donné une certaine forme à l’esprit du chercheur au sens de Bruner (Bruner 1991) qui la conditionne dans la lecture-interprétation des graphes implicatifs.

En ce qui concerne l’étude ici rapportée et dont nous avons déjà fait une présentation au 5ème Colloque sur l’A.S.I. en 2010 à Palermo, nous avons pu observer dans nos données analysées des tensions faisant surface entre les divers modèles mobilisés lors de l’usage d’un artefact informatique qui est bien plus qu’un simple objet technique comme nous développons plus loin. Nous nous référons à l’approche développée, dans un point de vue de didactique de la statistique, par Régnier (Régnier 2006, Régnier & Acioly-Régnier 2007) qui propose trois cadres de référence désignés par *modèles*, à savoir : le modèle théorique Mod(T) dans lequel le chercheur situe son travail de recherche en référence au champ scientifique d’appartenance, le modèle statistique Mod(S) qui renvoie ici au cadre de l’A.S.I. et le modèle mathématique Mod(M) sous-jacent dans lequel les concepts de nombre, de variables, d’opérations sur ces objets, etc. prennent sens. Il ressort que ces trois *modèles* doivent co-habiter pour l’opérationnalisation du logiciel C.H.I.C. et l’interprétation adéquate des tableaux et des graphiques ainsi que des divers indices calculés. Notons que cette contrainte n’est pas spécifique de ce logiciel. Tous les logiciels de statistique y sont soumis au moins implicitement même ceux qui se présentent sous le slogan de la statistique sans mathématiques et sans peine. Pour nous, il s’agit d’une question pédagogique et didactique très ancienne qui traverse l’ensemble de notre pratique d’enseignement de la statistique depuis de nombreuses années : quels sont les connaissances minimales dans les domaines des mathématiques, de la statistique et de l’informatique, nécessaires aux étudiants, apprentis-chercheurs et même chercheurs en Sciences Humaines et Sociales, pour conduire, de manière autonome, des interprétations pertinentes dans le cadre théorique de référence Mod(T). Il nous semble que c’est seulement à cette condition de la prise en compte consciente des trois modèles, que l’artefact informatique peut présenter une *transparence opérative* au sens de Rabardel (1995). Par ce concept, il désigne les

propriétés caractéristiques de l'instrument, pertinentes pour l'action de l'utilisateur, ainsi que la manière dont l'instrument les rend accessibles, compréhensibles, voire perceptibles pour l'utilisateur (Rabardel, 1995, p. 189). Cet auteur observe que la transparence opérative répond à des critères différenciés en fonction des objectifs. Du point de vue des fins professionnelles, les critères de transparence visent à rendre l'action plus aisée, plus sûre, plus fiable. En revanche, du point de vue d'une perspective formative, il peut être souhaitable de ne pas rendre l'action plus aisée, mais au contraire de construire des contraintes auxquelles est soumise cette action, de telle sorte qu'elles conduisent le sujet à opérer les constructions cognitives que l'on souhaite lui voir élaborer.

Nous nous proposons d'étudier deux exemples prototypiques de ces deux points de vue afin de poursuivre notre contribution à la construction du cadre d'intelligibilité qu'est la didactique de la statistique, par des emprunts au champ de la psychologie cognitive développementale et la psychologie culturelle, pour une meilleure compréhension du fonctionnement cognitif des sujets adultes en situation de résolution de problèmes (ici l'analyse et interprétation des données de recherche en éducation) et en situation de formation à l'usage du logiciel C.H.I.C. et à l'apprentissage de l'A.S.I.. Nous nous positionnons ainsi dans l'interface de la compréhension du fonctionnement cognitif des adultes en situation et dans le domaine de la didactique de la statistique par le repérage des obstacles à la conceptualisation.

2 Construction des données par observation et entretien vidéographiés relatives à l'activité du chercheur utilisant l'A.S.I. et le logiciel C.H.I.C.

Pour confronter nos propres hypothèses de recherche émises en réponse à notre problématique posée dans le champ de la didactique de l'A.S.I., nous avons construit nos données en réalisant une observation du sujet en train de réaliser l'action en interaction verbale provoquée par un entretien de type autoconfrontation. Nous ne traitons ici ces données que partiellement et qualitativement.

Dans la situation observée, le sujet devait d'abord construire le tableau requis par le logiciel C.H.I.C. à partir des données brutes produites dans sa recherche. Concernant les caractéristiques du sujet, il y a deux ans, il avait participé, dans le cadre de son université au Brésil, à un mini-cours de formation à l'A.S.I. réalisé par Régnier et dans lequel la construction des variables binaires ou modales et celle du

tableau csv avaient été présentées. Il faut aussi noter que ses connaissances en mathématiques ne sont pas très poussées de par le parcours de formation initiale tant au niveau scolaire qu’universitaire où il a suivi sa formation dans la filière Pédagogie au Brésil qui n’offre pas de formation dans les domaines des mathématiques et de la statistique. En revanche l’apprentissage de l’A.S.I. constitue un enjeu majeur pour ce sujet. Il se trouve confronté à un défi : celui de parvenir à un niveau de formation plus avancé dans le domaine de l’A.S.I. dans la mesure où cette perspective a été choisie pour l’analyse des données construite dans sa thèse de doctorat en éducation. Si nous tenons l’A.S.I. comme un champ conceptuel, il y a donc là une source d’un questionnement relatif la conceptualisation explicite ou implicite, consciente ou inconsciente pour conduire plus avant l’analyse de cette activité. Ce que nous ferons ultérieurement.

3 La question de la transparence du logiciel C.H.I.C. : pour comprendre et pour agir

« Les objets et les systèmes techniques sont improprement nommés. (...) Ces objets et systèmes sont, dès leur origine, anthropotechniques, c’est-à-dire pensés, conçus en fonction d’un environnement humain. Les hommes sont omniprésents dans leurs cycles de vie depuis la conception jusqu’à la mise au rebut en passant par les phases essentielles du fonctionnement et de l’utilisation. Il faut donc pouvoir penser, conceptualiser l’association des hommes et des objets, à la fois pour comprendre les caractéristiques et les propriétés et pour les organiser au service des hommes. » (Pierre Rabardel, 1995, pp.9)

Une des questions récurrentes en éducation concerne les spécificités de l’appropriation des connaissances à partir d’une situation contextualisée et celles de l’appropriation des connaissances par l’intermédiaire de cours universitaires classiques. Dans quelle mesure la compréhension apparente des concepts en statistique acquis dans les dispositifs habituels de formation universitaire sous la forme de cours atteint-elle un niveau suffisant pour rendre opératoire ces concepts dans une situation particulière éloignée de la situation d’apprentissage ? Comment ce niveau de compréhension se manifeste dans des situations de médiation instrumentale dans le cas particulier d’usage d’artefacts informatiques ?

Rabardel (1995, p. 183) analyse les questions relatives à la transparence des artefacts en distinguant les objectifs de *la compréhension* de ceux de *l’action*. Selon cet auteur, dans un usage habituel, l’artefact, en tant que moyen, est

transparent car l'utilisateur n'a nul besoin d'en avoir une connaissance consciente. Il rajoute, que celle-ci devient nécessaire dans les situations de rupture où l'artefact prend alors un statut d'objet de l'activité. Dans notre perspective, c'est exactement ces situations de rupture, susceptibles de provoquer des prises de conscience, qui peuvent conduire à l'élévation du niveau de conceptualisation du modèle statistique Mod(S), mais aussi du propre domaine théorique d'appartenance du chercheur Mod(T).

Ainsi, nous allons illustrer cette question de la transparence du logiciel C.H.I.C. avec des ruptures de nature très différentes :

- la première rupture concerne l'*action* nécessitée par le traitement préalable des données avec le tableur Excel pour construire le tableau de données, jusqu'au format csv, requis par les fonctionnalités du logiciel C.H.I.C. lequel met en œuvre diverses procédures informatiques et des algorithmes cachés pour produire les représentations graphiques ;
- la seconde rupture concerne la *compréhension* nécessitée par l'interprétation de ces représentations graphiques qui peuvent se présenter sous des apparences jugées non cohérentes avec les attentes du cadre théorique du chercheur

4 Transparence pour Agir : quand comprendre un concept n'est pas la même chose que faire un calcul avec un outil informatique

La compréhension d'un concept comme celui de fréquence qui est requis dans la situation que nous avons observée, afin de construire des variables type modales du cadre de l'A.S.I., peut se manifester par la compétence à réaliser les calculs avec des procédures papier-crayon et dans le même temps ne pas permettre la réalisation de ces mêmes calculs avec un outil informatique. Il y a là une situation de rupture dont le sens est donné par le concept de transparence opérative de l'outil. Nous avons conduit une observation de l'activité d'une chercheuse en éducation confrontée à l'usage autonome du logiciel C.H.I.C. et du traitement des données avec le logiciel Excel. Le caractère clinique de cette observation n'en limite pas pour autant la portée car les conduites du sujet et l'explicitation des problèmes rencontrés font référence à des difficultés que nous avons nous-mêmes pu identifier soit dans notre propre usage, soit dans des situations de formation à l'A.S.I., en particulier quand les sujets utilisent pour la première fois le logiciel C.H.I.C..

Acioly-Régnier (2010) observe que les outils informatiques ne sont pas d'emblée des instruments psychologiques au sens de Vygotski. Ils ne le deviennent qu'à condition que des activités pertinentes et des schèmes associés rendent possible leur appropriation en tant que telle, chez les sujets. La simple maîtrise

d'un instrument technique ne conduit pas d'emblée les sujets vers l'appropriation de l'instrument psychologique. Nous pensons que les données de ces recherches éclairent les questions soulevées par le passage de l'instrument technique à l'instrument psychologique et par sa contribution au développement conceptuel selon la nature et la spécificité des instruments techniques ou symboliques.

Nous rejoignons aussi l'interprétation que fait Rabardel (1997, p. 39-40) à propos de l'instrument comme entité mixte formée de deux composantes : d'une part, un artefact matériel ou symbolique, produit par le sujet ou par d'autres ; d'autre part, des schèmes d'utilisation associés, résultant d'une construction propre du sujet, autonome ou d'une appropriation de schèmes sociaux d'utilisation déjà formés extérieurement à lui.

L'appropriation des objets culturels ne peut se faire indépendamment des relations interindividuelles et de la culture qui imprègne ces relations; la signification conceptuelle de ces objets ne peut être séparée de leur signification culturelle. L'analyse des compétences mathématiques requiert, bien entendu, une analyse des opérations de pensée nécessaires au traitement d'une situation donnée. Toutefois, il nous semble ainsi, comme le souligne Rabardel (1997) qu'il est illusoire de chercher à dissocier la cognition humaine et sa dynamique, du contexte technologique et plus généralement artefactuel qui en définit, pour une large part, les conditions et l'instrumente selon des modalités spécifiques aux différentes époques et cultures.

5 Tâche à laquelle est confrontée le sujet : détermination et saisie des unités d'analyse, identification de la nature des variables à construire de manière pertinente

Un des problèmes auquel est confronté un chercheur face à l'empirie est le choix d'unités d'analyse pertinentes dans son domaine disciplinaire et adéquates à son cadre théorique et au modèle Mod(T) mobilisé. Il serait intéressant de procéder à une micro-analyse des actions sollicitées par cette modélisation. Nous reportons à plus tard cette recherche. Nous nous contentons ici d'en donner les grandes lignes. Ainsi quand les unités d'analyse sont identifiées, le chercheur est confronté au choix et à la construction des variables les plus pertinentes et adaptées. Dans cette situation, le chercheur est en particulier amené à réaliser une procédure de codification qui requiert un recours à un langage formel et symbolique.

Dans la situation particulière observée, le problème auquel s'est confrontée le chercheur dans l'usage autonome des logiciels C.H.I.C. et Excel, revient à celui de

construire des variables modales alors que, dans son apprentissage initial de l’A.S.I., il n’avait utilisé que des variables binaires, moins pertinentes pour sa recherche. Observons comment il se confronte à l’obstacle rencontré et résout cette question, lors de l’usage du tableur Excel. Nous traduisons alors cette démarche par cette expression : *il ne suffit pas de comprendre le concept pour agir*, car la chercheuse était capable de travailler avec les notions de pourcentage, proportionnalité et fréquence mais ne maîtrisait pas les macros déjà programmées dans Excel que sont les fonctions, c’est-à-dire la *manière de faire* avec Excel pour construire le tableau csv qui sera pris en charge par le logiciel C.H.I.C.. Notons comment ceci est exprimé par le sujet qui explicite par écrit la construction de ses unités d’analyse dans le contexte de la situation d’interaction sous la forme d’un entretien de type auto-confrontation. En premier lieu, nous rapportons un fragment de la transcription de l’entretien qui illustre la procédure mise en œuvre ce sujet pour construire et traiter les données. En second lieu, nous rapportons le texte, écrit dans le genre scientifique, produit à des fins de présentation dans un article (Backes & Schlemmer, 2010) qui figure dans le présent ouvrage sous le titre *Os metaversos no contexto da pesquisa em educação: metodologia e análise estatística implicativa*.

5.1 Fragments de l’entretien vidéographié

L’objet de ces fragments d’entretien transcrit concerne l’identification et la construction des unités d’analyse, le choix du format des variables pertinentes à construire, la réalisation des opérations numériques nécessaires à la construction du tableau csv pour le logiciel C.H.I.C.. Après avoir présenté les spécificités de l’objet de sa recherche en éducation et la problématique à laquelle ce chercheur est confronté, il tente d’explicitier la manière dont il a procédé pour parvenir jusqu’au tableau csv. Notons que, tout au long de l’entretien, le chercheur interrogé fait référence à d’autres recherches qui ont utilisé l’A.S.I. comme méthode de traitement et d’analyse afin d’y puiser des aides.

Dans un premier temps, voyons comment le sujet-chercheur aborde la question de l’identification-construction des unités d’analyse et des variables. Nous codons ainsi les acteurs de l’interaction : sujet interrogé = SI et sujet enquêteur = NMAR. L’entretien a été réalisé en langue portugaise mais les fragments sont ici rapportés par l’intermédiaire de leur traduction en langue française. Nous avons respecté au mieux les termes employés même si ceux-ci ne sont pas les plus justes par rapport au contexte de la statistique et de l’A.S.I..

SI : « Pour les unités d’analyse, j’ai codé comme question 1, par exemple, [elle montre Q01 – Légitimité de l’autre dans l’interaction, sur l’écran de son ordinateur,] Q02 – Respect mutuel entre les participants. (...) et ceci sont des unités qui vont m’aider à répondre à mon problème qui est la question du vivre ensemble dans un monde virtuel et comment cela donne origine à une culture émergente. (...) Mais alors quand je suis allée voir les données pour les analyser, je me suis rendue compte que les choses ne sont pas si simples qu’elles paraissent. Je me suis rendue compte que ces données se présentaient plutôt comme en se déclinant : *parfois, beaucoup, peu, toujours*. Alors je suis allée voir des articles des professeurs Régnier et Gras. Ils parlent d’une autre analyse que celle de *oui* et de *non*. Ceci va rendre compte de certaines questions.

[s’adressant à NMAR] regardez ! [elle a alors besoin du support écrit de son article et des tableaux qu’elle montre à l’écran de son ordinateur], ces données seraient mieux analysées avec des critères de *jamais, presque jamais (...)* »

Nous pouvons noter que ce sujet est en train de modéliser par l’intermédiaire d’un variable qualitative ordinaire sous la forme du type : V : *jamais, quelquefois, souvent, toujours*. Dans le contexte de l’A.S.I. une solution aurait pu consister à travailler avec le 4-vecteur-variable des variables binaires traduisant l’état de chaque modalité en présence-absence, avec comme spécificité qu’une seule peut être présente à la fois.

Revenons à la démarche du sujet pour opérationnaliser son projet de modélisation des variables.

NMAR « comment allez-vous procéder pour construire ces variables ? »

SI « Alors on va trouver une relation (euh, euh) d’intervalle du 0 à 1, qu’on peut laisser 1, 0,75 ; 0,50 ; 0,25 et 0. Alors je vais pouvoir avoir 5 formes pour ranger mes données. Alors qu’est-ce que je vais faire à partir de cela ? je fais un tableau avec les sujets et les unités d’analyse et je commence à lire toutes les interactions qui ont eu lieu dans les chats. J’ai noté : ici apparaît la question 1, ici la question 2, etc. Ensuite j’ai quantifié combien de fois apparaissaient dans chacune d’elles. »

NMAR « Alors pour vous la question 01, pour le premier sujet, le 4 signifie quoi ? »

SI : « Alors il est apparu 4 fois pour le premier sujet la question 1 qui est ... 4 fois (hops !)[elle cherche dans l’article le sens de la Question 1.] qui est la *légitimité de l’autre dans l’interaction*. Alors j’ai identifié que dans les rencontres du chat, ce sujet 1 a perçu l’autre camarade comme quelqu’un légitime pour apprendre, 4

fois. Quand le camarade parlait, il prenait en compte les mots de celui-ci pour compléter, (...); 4 fois, ce sujet a manifesté cette question. Cet autre »

NMAR « Alors dans ce cas c'est la présence ou absence de la considération de l'autre, pourquoi ne pas travailler avec de variables binaires ? pour toi la question 01, pour le premier sujet, le 4 signifie quoi ? »

SI : « mais si celui-ci apparaît 10 fois, celui-là 4 fois, alors *toujours*, *parfois* et cet autre, 0 fois, ce sera *jamais*. Alors regarde bien ma logique ! »

NMAR « Alors , s'il apparaissait 15 et l'autre 20 ? »

SI : « Alors , j'ai fait la même chose pour toutes les questions, et alors j'ai pensé comme ça. Je prends le total 10 et divise en 5 (niveaux) et alors je peux créer à partir de là, les intervalles et pouvoir dire qui est 0,2, qui est 0 et qui est 1 »

NMAR « et pourquoi tu as pris 10 »

SI : « parce que c'est la valeur totale d'évènements de la question 1 pour tous les sujets. Mais alors je me suis rendue compte ... »

NMAR : « mais 10 n'est pas le total. »

SI : « non , c'est la valeur la plus élevée, et je me suis rendue compte que je ne pouvais pas voir comme ça ; parce que celui-ci [elle montre la dernière ligne de la première colonne de Tabela 1, tableau rapporté plus loin] est 10. Mais celui-là [elle montre la dernière ligne de la deuxième colonne de Tabela 1, tableau rapporté plus loin] est 5. Alors je ne pouvais pas faire comme ça, alors j'ai transformé ces nombres [elle montre les nombres de chaque cellule] en pourcentage. J'ai créé des pourcentages, de combien de pourcent représente chaque valeur. »

Du point de vue du modèle Mod(T), le sujet choisit des unités pertinentes. Du point de vue du modèle Mod(S) il tente de construire des variables modales car il considère que les variables binaires ne rendraient pas suffisamment la complexité de la situation. C'est alors que surgit les difficultés liées à l'opérationnalisation mathématique qui relève de Mod(M). Il adopte la règle suivante : il prend le nombre maximum des occurrences dans chaque question Q01, ..., Q10 qu'il prend comme norme. Pour illustrer, prenons la question Q01. La matrice des effectifs

est :
$$\begin{pmatrix} 4 \\ 5 \\ 1 \\ 3 \\ 10 \end{pmatrix}$$
 telle qu'elle apparaît dans le tableau rapporté plus loin (Tabela 1). Le

maximum est donc 10. De là il procède au calcul de ce qu'il nomme *pourcentage*.

Ceci donne la matrice suivante qui
$$\begin{pmatrix} 4/10 \\ 5/10 \\ 1/10 \\ 3/10 \\ 10/10 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 40\% \\ 50\% \\ 10\% \\ 30\% \\ 100\% \end{pmatrix}$$
 constitue la première

colonne du tableau (Tabela 2) rapporté dans son propos plus loin.

Dans le fragment suivant, le sujet va tenter d'expliciter sa procédure pour construire ce qu'il nomme les pourcentages par un recours non fructueux à un artefact informatique, ici, un tableau, le tableur Excel. En ce qui concerne le tableau, il illustre bien la différence entre l'instrument technique qu'il est et l'instrument psychologique qu'il pourrait être si les schèmes d'utilisation associés étaient déjà construits chez ce sujet. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

NMAR : « Alors comment avez-vous fait dans ce tableau 2 [montré sur l'écran], j'ai compris que vous avez considéré comme la valeur la plus élevée 100% et ensuite. »

SI : « c'est ça, j'ai fait avec la règle de trois [il fait un geste avec la main comme quelqu'un qui écrit cette règle] »

NMAR : « mais alors comment Jorge donne 40% »

SI : « le total est 10 [en effet la valeur la plus élevée], alors si 10 est 100%, alors Jorge qui a présenté 4 fois, de façon proportionnelle est 40%. J'ai fait la règle de trois, cette valeur est 100 et X, l'autre valeur est combien ? »

Le sujet s'engage alors dans la description de la procédure qu'elle met en œuvre pour parvenir à la variable modale dans le sens de l'A.S.I. associée à la variable qualitative ordinale Q01.

SI : « Alors j'ai pu faire comme ça, de 100 à 81 c'est *toujour*, du 80 au 61, c'est *presque toujours* parce que représente 0,75, du 60 à 41 c'est *parfois*, le 0,5, du 40 au 21 c'est *presque jamais* qui est 0,25 et du 20 au 0, c'est *jamais*, et de cette manière j'ai les intervalles pour pouvoir traiter dans le logiciel C.H.I.C. »

NMAR : « Et alors comment allez-vous faire ? »

SI : « Mon problème maintenant c'est de voir comment faire ça avec le C.H.I.C. »

NMAR : « Alors comment avez-vous fait ce tableau ?; c'était avec un traitement de texte et une calculatrice ? »

SI : « Non, j'ai fait avec le logiciel EXCEL »

NMAR : « mais les pourcentages ? »

SI : « non, les pourcentages, j'ai essayé de les faire sous Excel, mais j'ai fait une erreur, dans ma..., dans ma

...[il cherche le mot formule]dans ma formule et je n’ai pas réussi à trouver comment on fait cette formule. »

NMAR : « alors vous avez rentré des données dans Excel et pour faire les calculs pris une calculatrice ? »

SI : « oui, je vais vous montrer. Pour faire les calculs je n’ai pas réussi [elle essaye de trouver le support informatique – tableur pour le montrer], alors ici j’ai mis les questions, et j’ai utilisé le modèle de l’étudiante que vous m’aviez passé, alors j’ai rentré toutes les données, et pour faire les pourcentages j’ai pris la calculatrice. »

Notons ici que la transparence opérative de l’instrument calculatrice rend possible l’effectuation des calculs sans difficulté apparente. Dans ce cas, les schèmes associés à cet instrument technique ayant été préalablement construits dans d’autres situations font qu’il devient instrument psychologique. Nous pensons même que c’est le transfert inadapté de ces schèmes à l’instrument Excel qui est la principale source de difficultés. Il s’agit peut-être même d’inhiber ces schèmes pour permettre le développement de nouveaux schèmes plus adaptés à l’interface Excel sur laquelle nous revenons maintenant.

NMAR : « comment avez-vous essayé de faire avec Excel ? »

SI : « j’ai essayé d’utiliser la formule pour avoir le pourcentage, mais je n’ai pas pu découvrir la formule, elle a donné *erreur* [affichage de l’applet Erreur] »

NMAR : [insistance] « Mais concrètement comment avez-vous fait ? »

SI : « J’ai essayé fonction, insérer fonction [il montre en même temps sur l’écran] ensuite j’ai cherché pourcentage [il montre sur l’écran] Et alors ça donne message d’erreur ! c’est là que je n’ai pas réussi et j’ai fait à la calculatrice. »

NMAR : [insistance] « mais vous choisissez la fonction et ensuite que faites-vous ? »

SI : « c’est là que je ne sais pas et j’ai pris la calculatrice »

NMAR : « faut-il marquer quelque chose dans le tableau ? »

SI : « c’est ça qu’il faut que je sache »

NMAR [insistance]: « comment vous avez fait ? vous vous souvenez encore ? »

SI : « plus ou moins , alors ma matrice est 12, la valeur totale »

Le sujet dit 12 au lieu de 10 mais raisonne apparemment avec 10.

NMAR : « et pourquoi c’est 12 ? »

SI : « Je ne sais pas. »

NMAR [insistance]: « Mais pourquoi 12 ? »

SI : « au pif ! »

NMAR : « Je ne crois pas »

SI : [Lecture de la définition de matrice dans l'aide Excel : o intervalo dos dados com valores numéricos que define uma posição relativa]

NMAR : « et pourquoi vous pensez que cela est la valeur maximale ? »

SI : « parce que ici, celui qui a mieux réussi c'est 12 »

NMAR : [relecture de la définition donnée par SI]

SI : « dans le prochain c'est le 9 »

NMAR : « mais ici dans la définition c'est dit qu'il s'agit de la plus haute valeur »

SI : « non il n'est pas dit, je fais par essai-erreur (no chute) »

Il est clair qu'il s'agit d'une difficulté liée à la maîtrise des macros-Excel que sont les fonctions intégrées au logiciel Excel. Dans l'applet de la liste de fonctions, il a procédé à une requête en partant du mot *pourcentage*. Deux fonctions sont alors apparues : CENTILE et RANG.POURCENTAGE. Les schèmes d'assimilation ont conduit le sujet à identifier le signifiant *pourcentage* sans le relier au signifiant *rang* qui le précède. Il a donc cherché à calculer des pourcentages avec une procédure informatisée tout inopérante et inadaptée. En fait, le sujet se trouve placé devant une difficulté, amplifiée par le fait que son niveau de conceptualisation dans le domaine des mathématiques ne lui permet pas d'identifier les concepts sous-jacents en particulier celui de rang. Cet échec amène le sujet à un déséquilibre cognitif dont il prend conscience ainsi que de la nécessité d'engager un processus d'apprentissage pour mettre en place des schèmes accommodatifs. Cette prise de conscience se manifeste en particulier par l'expression langagière : « je me suis rendue compte ». Nous pouvons parler de mécanismes métacognitifs autant dans le sens de connaissance sur son propre savoir que des actions de contrôle et de régulation de son propre fonction cognitif (Flavell 1987)

Les fragments issus du travail illustre le progrès cognitif suscité par ce déséquilibre.

« As categorias de análise que emergiram para a discussão do artigo foram: Legitimidade do Outro na interação (Q01); Respeito mútuo entre os participantes (Q02); Cooperação (Q03) (considerando o aspecto da configuração de espaços de convivência); A concepção de Professor ensina e Aluno aprende (Q04); A concepção de Professor e Aluno aprendem juntos (Q05); A concepção de Aluno aprende com Aluno (Q06); Autonomia (Q07); Autoria (Q08); Congruência com MDV3D - utilização da TDV por meio da sua potencialidade - (Q09) (considerando o aspecto da

cultura); Participação – a soma das evidencias das unidades de análises – (Q10). »

L'étape de la construction des unités d'analyse franchie, elle se confronte alors au choix du format des variables le plus pertinent et adapté à son objet de recherche. Nous avons pu voir lors de l'entretien et dans l'analyse de la vidéographie, comment elle met en œuvre la forme prédicative de la connaissance en se référant au domaine de l'A.S.I. présenté dans l'ouvrage *Analyse Statistique Implicative : une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités.* (Gras, Régnier, Guillet 2009).

« Então, nesta situação, a análise ocorre por meio das variáveis modais, que para Gras; Régnier e Guillet (2009) são variáveis que estão associadas a fenômenos que os valores a (x) (valor assumido pela variável sujeito x) cujos dados são tratados pelos números do intervalo [0; 1] e descrever graus de pertença e de satisfação, como a lógica fuzzy. Os valores são: 0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1. Para estruturar as variáveis modais, foi necessário pensar também as variáveis frequenciais, pois estão associadas a fenômenos em que são necessários um tratamento de porcentagem, referente a valores reais. »

Malgré cette explicitation à laquelle elle parvient, elle se trouve en difficulté dans la forme opératoire de la connaissance impliquée par la construction des variables modales. Pour résoudre le problème, elle fait appel à la médiation sociale en sollicitant l'aide d'un expert. Cette situation prend sens quand nous l'interprétons à la lumière de la théorie vygotkienne du développement cognitif adulte, notamment à l'aide du concept de zone de proche développement. Cette rupture de l'activité habituelle de traitement rend visible l'instrument informatique et conduit le sujet à l'élévation de son niveau de conceptualisation qui se traduit dans le produit écrit final dont nous rapportons un extrait ci-dessous :

« Inicialmente foram estruturadas as tabelas em excel para organização dos dados. A Tabela 1. apresenta os valores totais evidenciados em cada unidade de análise para cada sujeito-participante. Após, estes valores foram convertidos em porcentagem e então foram classificados na escala de 0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1 (Tabela 2). Desta forma, os dados podem ser tratados no software C.H.I.C., a fim de gerar as árvores de similaridade e coesitiva.

Tabela 1 : Valores encontrados em cada unidade de análise por sujeito-participante

Sujeitos	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09	Q10
Jorge	4	3	5	0	0	1	1	10	1	25
Eduardo	5	1	11	4	0	1	5	15	1	43
Lucas	1	1	6	0	1	2	7	4	0	22
Paula	3	3	9	0	1	2	3	11	2	34
Luciana	10	5	14	0	1	0	18	5	1	54

Tabela 2 : Percentual de cada unidade de análise por sujeito-participante 1

Sujeitos	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09	Q10
Jorge	40%	60%	36%	0%	0%	50%	5%	67%	50%	46%
Eduardo	50%	20%	78%	100%	0%	50%	28%	100%	50%	80%
Lucas	10%	20%	43%	0%	100%	100%	39%	27%	0%	41%
Paula	30%	60%	64%	0%	100%	100%	17%	73%	100%	63%
Luciana	100%	100%	100%	0%	100%	0%	100%	33%	50%	100%

Por meio da porcentagem a variável modal no intervalo de $[0; 1]$ é definida da seguinte forma:

Tabela 3 : construção da variável do tipo modal

0% a 20%	Nunca	0
21% a 40%	Quase nunca	0,25
41% a 60%	As vezes	0,5
61% a 80%	Quase sempre	0,75
81% a 100%	Sempre	1

Assim, é possível estruturar a seguinte tabela que fornecerá, em arquivo .csv, as informações necessárias para o tratamento utilizando o C.H.I.C..

Tabela 4 : Informações para serem inseridas no C.H.I.C.

Sujeitos	Q01	Q02	Q03	Q04	Q05	Q06	Q07	Q08	Q09	Q10
Jorge	0,25	0,5	0,25	0	0	0,5	0	0,75	0,5	0,5
Eduardo	0,5	0,25	0,75	1	0	0,5	0,25	1	0,5	0,25
Lucas	0,25	0,25	0,5	0	1	1	0,25	0,25	0,25	0,5
Paula	0,25	0,5	0,75	0	1	1	0	0,75	1	0,25
Luciana	1	1	1	0	1	0	1	0,25	0,5	1

Nous pouvons constater que le sujet parvient à produire le tableau de données (Tabela 4) qui est soumis aux traitements mis en oeuvre par le logiciel C.H.I.C.. Pour revenir à l’approche que nous avons choisie à propos de la transparence de l’outil, pour un expert, la construction du tableau csv des variables modales au sens de l’A.S.I. à partir de données issues de variables statistiques ordinales est une opération évidente qui peut être réalisée par des opérations implicites et même non conscientes. La situation que nous avons observée montre qu’il n’en est rien pour un novice et elle met en lumière la nécessité d’un apprentissage organisé et stimulé par un enseignement de toute une série de procédures élémentaires dans la chaîne

qui va des données brutes au tableau csv impliquant le recours à des outils informatiques. En quelque sorte cela tient à la rupture de la transparence de l’outil.

6 Transparence pour Comprendre : une situation inattendue comme moteur d’apprentissage

Même si cet article ne traite pas du logiciel C.H.I.C. en tant qu’objet d’étude, une rupture de la transparence liée à la compréhension apparaît dans l’interprétation des représentations graphiques obtenues par le biais de cet artefact et conduit l’utilisateur à une réflexion sur l’outil même provoquant une prise de conscience de l’artefact même et une élévation du niveau de conceptualisation.

Dans ce cas, les trois représentations graphiques (graphe implicatif, arbre de similarité et arbre cohésitif) donnent des indices interprétatifs qui semblent conforter les postulats théoriques de la sujet-chercheur. Cependant, lorsque une « quasi-implication », un lien de similarité ou lien de cohésion est établi entre deux unités d’analyse dont la cohérence dans le modèle Mod(T) pose problème, la sujet-chercheur commente ces résultats de la manière suivante.

Dans le contexte de cette problématique, c’est l’association des deux variables : Q04-« PensinaAaprende » c’est-à-dire la variable *Le Professeur enseigne et l’Elève apprend*, et Q08-« Aatoria », c’est-à-dire la variable *possibilité de produire une différence dans un réseau de sens* qui semble étonner la sujet-chercheur car cela ne s’accorde pas avec le cadre théorique qu’elle a choisi. Le passage suivant qui traite de l’interprétation de l’arbre des similarités, met en évidence la façon dont elle exprime la résolution du déséquilibre induit par le conflit cognitif.

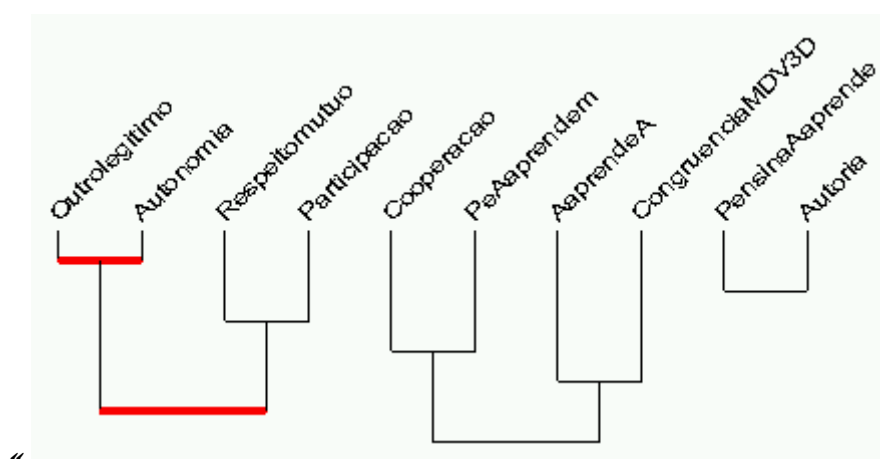


Figura 1. Árvore de similaridade das unidades de análise

Na árvore de similaridades, também podemos perceber que as unidades de análise Professor ensina e Aluno aprende está relacionada a unidade de análise Aatoria.

(...) a autoria é “[...] possibilidade de produzir uma diferença em uma rede de sentidos, ou seja, o autor definirá a si mesmo pela diferença que produz. Definição de si como processualidade, não tendo caráter definitivo, finito, mas que se relança a cada passo”. Neste sentido, a representação da análise quantitativa nos revela uma tensão com relação a análise qualitativa, pois a concepção de que o Professor ensina e Aluno aprende não favorece a possibilidade de produzir diferença nas dinâmicas de relação entre os seres vivos (neste caso os sujeitos-participantes) pois a compreensão de que o professor ensina lida com a realidade de uma verdade única, vinda do professor. (...) podemos evidenciar na convivência entre os seres vivos três tipos de manifestações de autoria: a pré-autoria, a autoria transformadora e a autoria criadora. »

Elle se trouve de nouveau confrontée à cette situation dans les deux autres représentations graphiques. Ceci est tout à fait compréhensible pour un expert qui connaît le modèle mathématique $\text{Mod}(M)$ sous-jacent. Pour un utilisateur novice dont le niveau de conceptualisation dans le cadre $\text{Mod}(M)$ est peu élevé, cela provoque encore un étonnement. Elle est donc encore surprise par la relation de quasi-implication isolée (au niveau de confiance 0.70) $Q04 \Rightarrow Q08$.

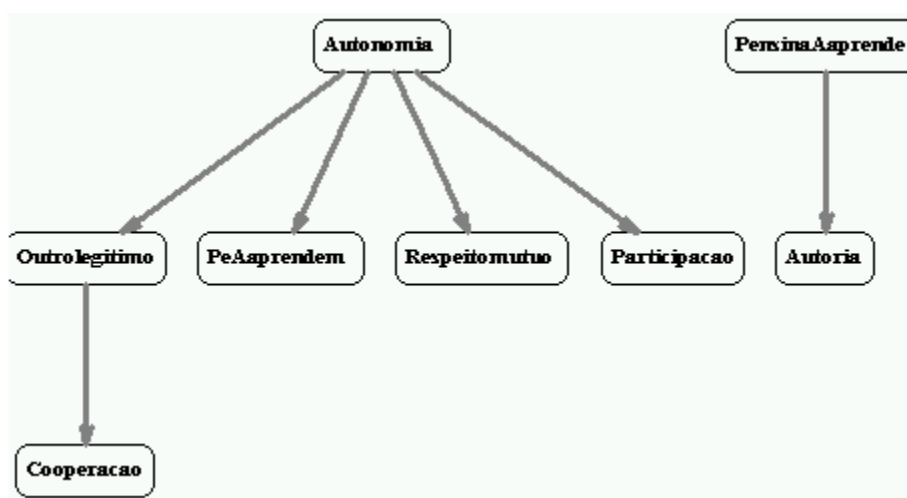


Figura 2 : grafo implicativo

Le sujet finalise avec le commentaire suivant qui vise à retrouver son propre équilibre du point de vue cognitif

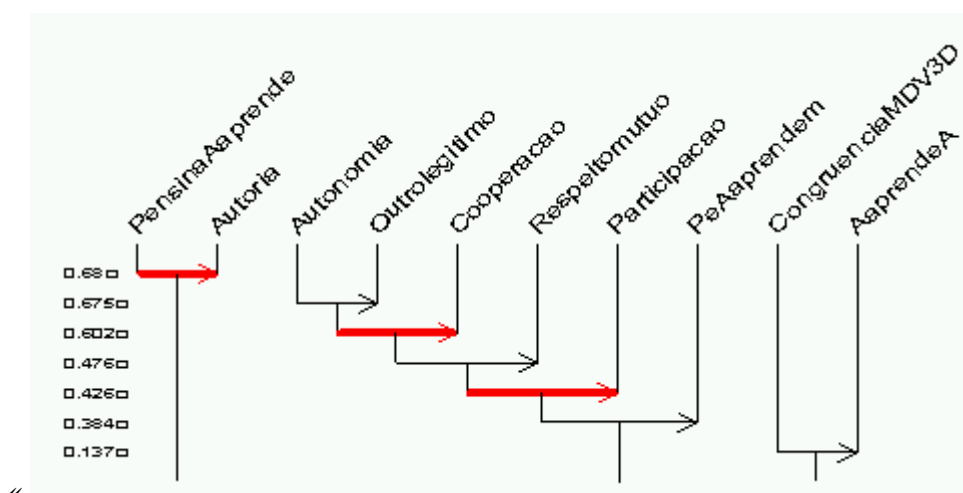


Figura 3. Árvore coesitiva das unidades de análise

Nesta situação, da Figura 3., a tensão entre a análise qualitativa e a análise quantitativa torna-se bem evidente, a árvore coesitiva nos mostra a intensidade na relação entre as unidades de análise **P** ensina e **A** aluno e a **A**utoria, que vem de encontro com o referencial teórico utilizado para fundamentar as análises. Como podemos ver a relação entre as unidades de análise: **P** ensina **A** aprende e **A**utoria, apresenta o nível de maior valor. Portanto, cabe ao pesquisador retomar a análise qualitativa, identificar qual o tipo de manifestação de autoria que foi evidenciada e inserir novamente os dados no C.H.I.C. a fim de novamente analisar os dados para que a teoria que fundamenta o projeto de pesquisa esteja em congruência ou seja (re)significada se necessária.

Assim, a análise qualitativa e quantitativa se atravessam na medida em que os resultados vão sendo investigados. Inicialmente os dados são analisados de forma qualitativa, para então serem analisados por um tratamento quantitativo, cujo resultado será pensado qualitativamente. O que nos permite refletir de maneira complexa sobre a pesquisa. »

7 Conclusion

Nous pouvons conclure que les exigences concrètes auxquelles sont confrontées les chercheurs non spécialistes lors de l’usage du logiciel C.H.I.C., conduisent à la nécessité d’une élévation du niveau de conceptualisation qui peut se réaliser par la prise de conscience de concepts imbriqués dans l’activité à partir de son analyse.

Mais ceci conduit en retour à interroger la propre conception du logiciel, dans l’offre d’une interface qui, tout en restant conviviale, doit pouvoir s’appuyer sur une médiation didactique susceptible de pouvoir étayer la formation du chercheur

non spécialiste. Les données abordées dans cet article amènent ainsi à interroger les représentations de l’artefact pour le concepteur et pour les utilisateurs, notamment parmi les non spécialistes. Nous avons mis en évidence des processus d’instrumentalisation où le sujet semble enrichir les propriétés de l’artefact informatique et des processus d’instrumentation donnant naissance à de nouveaux schèmes. L’instrumentalisation conduit le sujet à mobiliser des informations relatives à l’usage même de l’artefact pour agir. L’instrumentation le conduit à mobiliser des informations issues du logiciel permettant des interprétations non-conformes au cadre théorique de référence. Dans les deux cas, nous avons affaire à des processus adaptatifs en face d’une situation de déséquilibre. Ici l’artefact informatique n’offre pas une transparence opérative pour le chercheur non spécialiste, cependant nous avons pu observer que cette absence de transparence apparaît dans des situations de rupture, de déséquilibre avec l’attendu.

A partir de cela, nous pensons que trois concepts sont importants pour la compréhension de la transparence de l’artefact informatique et de l’importance pour l’apprentissage : le schème ; une situation de rupture conduisant à un déséquilibre cognitif et à des éventuelles prises de consciences

Nous sommes d’accord avec la posture de Vergnaud selon qui

« le concept de schème n’est pas seulement fécond pour décrire la conduite, mais aussi pour rendre compte de certaines caractéristiques de la représentation. Les prises de conscience sont le témoin le plus incontestable du rôle de la représentation dans l’apprentissage, et la conscience est donc un constituant de la représentation. Mais on sait bien aujourd’hui que la conscience n’épuise pas le concept de représentation, non seulement en raison de l’existence de processus inconscients, mais aussi parce que la représentation est nourrie de systèmes de signifiants/signifiés, langagiers et non langagiers, et qu’en outre ces systèmes ne représentent que partiellement les conceptualisations qui se développent dans l’action et la perception. Un concept ou un jugement nouveaux peuvent émerger au cours de l’activité en situation, ou dans un mouvement réflexif après coup, éventuellement grâce au langage, éventuellement sans le langage. Il faut apprécier aussi que la prise de conscience peut concerner telle ou telle caractéristique d’un geste, d’une prise d’information, d’un raisonnement. Ces prises de conscience ne sont pas nécessairement accompagnées de verbalisations, encore moins de l’énonciation des objets et de leurs propriétés. » (Vergnaud, 2008, p. 55)

Références

- Acioly-Régnier, N. M. (2010) *Culture et cognition : Domaine de recherche, Champ conceptuel, Cadre d'intelligibilité et Objet d'étude fournissant des instruments pour conduire des analyses conceptuelles et méthodologiques en psychologie et en sciences de l'éducation* Habilitation à diriger des recherches (HDR) Université Lumière Lyon 2. 03 septembre 2010.
- Acioly-Régnier, N.M. et Régnier, J.-C. (2008) Identifying didactic and sociocultural obstacles to conceptualization through Statistical Implicative Analysis. In R. Gras, E. Suzuki, F. Guillet et F. Spagnolo.(Eds) *Statistical Implicative Analysis : theory and applications* Series "Studies in Computational Intelligence - Theory and Applications". Vol.127 Tiergartenstr : Springer Verlag. ISBN: 978-3-540-78982-6 (p.347-381) (halshs-00385278)
- Acioly-Régnier, N.M (2008). Des instruments techniques aux instruments psychologiques : béquilles intellectuelles ou aides à la conceptualisation en mathématiques ? *Carrefours de l'éducation*. N° 26 – juillet-décembre 2008. p. 115-128
- Acioly-Régnier, N.M. et Régnier, J.-C. (2009) Interprétation de graphes implicatifs: étude clinique auprès d'une chercheuse en iconographie médiévale. In R. Gras, J.C. Régnier & F. Guillet (Eds.) *Analyse Statistique Implicative : une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités*. Revue des Nouvelles Technologies de l'Information. RNTI E-16. Toulouse : Cépaduès éditions. ISBN : 978.2.85428.897.1
- Bruner J. (1991) *Car la culture donne forme à l'esprit – de la révolution cognitive à la psychologie culturelle*. Paris : Retz
- Damasio, A. (2010) *L'autre moi-même : les nouvelles cartes du cerveau, de la conscience et des émotions*. Paris : Odile Jacob
- Flavell J. H. (1987) Speculations about the nature and development of metacognition. In F. R. Weinert & R. H. Kluwe (Eds) *Metacognition, motivation and understanding*. (pp. 21-29) Hillsdale NJ : Erlbaum.
- Rabardel, P. (1995) *Les hommes & les technologies – approche cognitive des instruments contemporains* ; Paris : Armand Colin
- Rabardel P. (1997) Activités avec instruments et dynamique cognitive du sujet. In Ch. Moro, B. Schneuwly, M. Brossard (Dir.) *Outils et signes : perspectives actuelles de la théorie de Vygotski*. Paris : Peter Lang
- Régnier J.-C. (2006) Formation de l'esprit statistique et raisonnement statistique. Que peut-on attendre de la didactique de la statistique ? In C. Castela & C. Houdement (Dir.) *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*. Paris : ARDM-Irem de Paris VII (p. 13-37)
- Régnier, J.-C. et Acioly-Régnier, N.M. (2007) Analyse cohésitive et interprétations des données dans le champ de l'éducation. In Régis Gras et al. *Nouveaux apports théoriques à l'analyse statistique implicative et applications*. Castellón : Innovació Digital Castelló. ISBN : 978-84-690-8241-6. p.329-343
- Vergnaud, G. (2008) De la didactique des disciplines à la didactique professionnelle, il n'y a qu'un pas. *Travail et Apprentissages*. Dijon : Editions Raison et passions. (1. fév. 2008. pp. 51-57)