Les « représentations » d'enseignants ordinaires sur les situations de correction et sur la planification du curriculum autour de la fonction réciproque dans la transition lycée/Université en France

Susana Murillo-López *, Catherine-Marie Chiocca**

*Université Toulouse III Paul Sabatier, E.A. 3692, LEMME, France
UPS Bât. 3R1B2 LEMME
118 Route de Narbonne
31062 Toulouse Cedex 9 - France
sumurillocr@yahoo.fr
**ENFA, Dpt. CLEF, PATRE, France
Ecole Nationale de Formation Agronomique
Département Culture Langage Education et Formation
2 Route de Narbonne
B.P.22687,
31326 Castanet-Tolosan Cedex - France
catherine-marie.chiocca@educagri.fr

Résumé. L'article présente les résultats d'une étude quantitative. Nous nous intéressons aux situations de correction en classe de mathématiques en France, à propos des fonctions réciproques, dans le cadre de la transition entre la classe de Terminale1 et la première année d'université. L'article s'intéresse aux « représentations » des enseignants ordinaires sur leurs propres pratiques lorsqu'ils corrigent des exercices en classe de mathématiques et sur leur planification dans l'année scolaire en ce qui concerne la fonction réciproque. Nous avons proposé un questionnaire à des enseignants de mathématiques, dont les réponses ont été traitées avec le logiciel CHIC2. L'article décrit deux réseaux de variables obtenus. Les interprétations des résultats sont proposées en termes de « représentations » enseignantes.

1 Introduction

De manière globale nos travaux sont centrés sur la recherche de régularités au sein de l'extrême variabilité des pratiques d'enseignants ordinaires de mathématiques. Plus particulièrement, nous étudions la correction en classe de mathématiques, où les enseignants tiennent compte du travail que les étudiants ont pu faire au lycée et de celui que les élèves pourront faire à l'université. Cette prise en compte se réalise à partir des contraintes et des marges de manœuvre des enseignants (Robert et Rogalski 2002). Nous avons porté notre intérêt sur l'étude des situations de correction dans le cas particulier de la fonction réciproque dans la transition entre la Terminale et la première année d'IUT (Institut Universitaire de Technologie). L'enseignement de la notion de fonction réciproque a largement évolué dans l'enseignement des mathématiques en France. En effet, actuellement la notion intervient dans deux niveaux scolaires : secondaire (lycée) et post-secondaire (IUT). Lorsqu'un étudiant arrive en première année d'IUT, il peut avoir des difficultés à propos de la fonction réciproque ou du caractère bijectif d'une fonction : il se peut que les concepts de fonction réciproque et de bijection ne soient pour lui ni disponibles ni mobilisables (Robert 1998). En effet, ces notions ont parfois été traitées au lycée d'une manière implicite en tant qu'outil (Douady 1987) et explicite à l'université en tant qu'objet.

Nous nous intéressons à la planification établie par les enseignants en Terminale, c'est-à-dire, à l'enchaînement des chapitres au cours de l'année scolaire, tel qu'il pourrait se présenter dans un manuel scolaire, comme une transposition du curriculum français.

Afin de trouver dans les déclarations des enseignants des traces de leur prise en compte des connaissances acquises par les étudiants en première année d'IUT ou à acquérir par les élèves de Terminale scientifique, nous avons centré notre étude sur les périodes de correction des exercices. Le choix est basé sur le fait que la notion de fonction réciproque va apparaître au moins de manière implicite dans la résolution d'exercices et que les enseignants peuvent y prendre en compte le travail qu'ils supposent avoir été fait (lycée) ou devra l'être dans l'autre institution (IUT).

[1] Dernière année du secondaire où les élèves ont 17 ou 18 ans.

[2] Cohesive Hierarchical Implications Classification.

L’article expose la problématique de recherche : nous y expliquons notre choix du contenu mathématique et sa particularité pour étudier les situations de correction. La méthodologie détaille des exemples de construction de l’outil (les questionnaires) pour recueillir l’information ainsi que la manière dont nous avons traité les réponses. Enfin, nous présentons une description des résultats obtenus et nous essayons d’aborder une discussion sur les « représentations » des enseignants à partir des interprétations proposées par les chercheurs.

2 Problématique

Nous considérons que les situations de correction en classe de mathématiques sont des périodes particulièrement favorables pour l’apprentissage des élèves et des étudiants. Nous entendons par situations de correction, les périodes dans la classe de mathématiques où les exercices sont corrigés. Une situation de correction peut constituer une part du processus d’institutionnalisation. La situation d’institutionnalisation a été définie par Brousseau dans la Théorie des Situations (Brousseau 1998).

Nos travaux portent sur l’enseignement tel qu’il se fait et non tel qu’il pourrait se faire. C’est pourquoi nous nous intéressons aux pratiques de professeurs ordinaires. Nous déclarons « ordinaire » un professeur qui n’a pas de lien avec la recherche en didactique des mathématiques.

Le mot « pratiques » est définie par Robert et Rogalski (2002) comme tout ce que l’enseignant met en œuvre avant, pendant et après la classe ; c’est-à-dire, par exemple la préparation des séances, les discours mathématique et non mathématique pendant la classe, la correction de productions des élèves, etc. Quand nous parlons de « pratiques en classe » nous faisons référence à l’ensemble des activités de l’enseignant en classe : le discours de l’enseignant, les prises de décisions (adaptations), les désignations visuelles, etc.

L’étude des « représentations » d’enseignants ordinaires est une étape pour aider à la compréhension des pratiques en classe de mathématiques. On donnera ici au mot « représentation » le même sens que Rousset-Bert (1991), à partir de la définition fournie par Abric en 1987 : « la représentation est le produit et le processus d’une activité mentale par laquelle un individu ou un groupe d’individus reconstitue le réel auquel il est confronté et lui attribue une signification spécifique ». Ainsi, la « représentation » résulte de la réalité de l’objet, de la subjectivité du sujet et du système social dans lequel s’inscrit la relation sujet–objet. De ce fait, elle intègre les caractéristiques de l’objet, les expériences antérieures de l’enseignant et son propre système d’attitudes et de croyances. La mise en œuvre d’une « tendance professionnelle » sur ce qu’est enseigner les mathématiques est plus ou moins conforme aux contraintes institutionnelles, sociales et personnelles de l’enseignant.

Pour essayer de dégager les « représentations » des enseignants concernant les pratiques de correction et la planification par rapport à la fonction réciproque, nous nous intéressons à :

- l’organisation prévue par les enseignants des contenus en relation avec la fonction réciproque et la manière dont ils perçoivent au sujet de cette notion la transition entre les deux institutions ;
- les habitudes de pratique en classe pour aborder les situations de correction.

Nous faisons l’hypothèse que les pratiques ordinaires de correction en France sont statistiquement dominantes ; en d’autres termes, qu’elles constituent une régularité dans les pratiques de la plupart d’enseignants. Plus précisément, nous faisons l’hypothèse d’une certaine homogénéité des pratiques ordinaires déclarées par les enseignants sur les situations de correction en classe de mathématiques. D’une certaine manière on peut penser que l’ensemble des enveloppes des trajectoires potentielles (Roditi, 2003) des corrections en classe est constitué d’une relative grande variabilité, mais que vis-à-vis de l’apprentissage des élèves ou des étudiants, au cœur même des interactions didactiques, une grande similitude se dégage.

Pour illustrer ce qui se passe dans le curriculum français nous résumons le cas du chapitre d’« Analyse » dans le programme de Terminale Scientifique (S) de l’année 2002. Il n’inclut pas l’étude des fonctions réciproques. Il propose l’étude des fonctions logarithme et exponentielle, mais il n’impose pas la manière d’introduction de ces fonctions. Les caractères bijectif et réciproque ne figurent pas dans le programme. La seule précision donnée dans les premiers commentaires généraux du programme de Terminale S (enseignement obligatoire), est la nécessité d’introduire la fonction exponentielle très tôt dans l’année, ce qui implique d’aborder la fonction exponentielle avant la fonction logarithme, même s’il est explicité que l’ordre de présentation pour l’introduction des fonctions exponentielle et logarithme reste, en général, au choix de l’enseignant.

En ce qui concerne l’introduction de la fonction exponentielle, la proposition curriculaire est de partir d’un problème concret pour l’élève, celui de la radioactivité traité en physique, ou bien de la recherche des fonctions dérivables f sur R telles que $f(x+y)=f(x)f(y)$. De plus, cette première approche de la fonction exponentielle comporte son traitement dans différents cadres : graphique, algébrique et analytique.

Pour l'étude de la fonction logarithme trois possibilités sont offertes pour son introduction : (a) partir des propriétés des fonctions exponentielles ; (b) poser le problème des fonctions dérivables sur R+* telles que $f(xy) = f(x) + f(y)$ et admettre l'existence de primitives pour la fonction $x \mapsto 1/x$; (c) traiter le logarithme après l'intégration. La différence de la première proposition par rapport aux deux autres est, bien sûr, que pour celle-là il est nécessaire d'aborder auparavant l'étude de la fonction exponentielle, tandis que pour les autres il suffit d'avoir admis que les primitives pour la fonction $x \mapsto 1/x$ existent. Ainsi, le choix de la manière d'introduire la fonction logarithme nécessite, selon le cas, de disposer de la notion de fonction réciproque.

Les professeurs d'IUT ont une liberté assez grande dans le cadre du cours d'analyse qu'ils prennent en charge. Ils peuvent décider, ou non, d'inclure un paragraphe spécifique sur la notion de fonction réciproque.

3 Méthodologie

Le paragraphe présente notre manière de procéder pour cette étude quantitative. Nous abordons ci-dessous une description de la construction des questionnaires. Ensuite nous mentionnons la façon dont le traitement des réponses a été effectué.

3.1 Construction des questionnaires

Compte tenu de l'hypothèse selon laquelle la notion de fonction réciproque et la situation de correction en classe de mathématiques sont toutes les deux conçues différemment dans les deux institutions, Terminale S et première année d'IUT, le choix a été de construire deux questionnaires, dans lesquels des ressemblances ont été conservées. Les distinctions résident dans les spécificités de chaque institution. Les deux questionnaires sont constitués de trois parties qui comportent la notion de fonction réciproque, les pratiques de correction en classe de mathématiques et des éléments d'identification de l'enseignant.

Nous allons montrer quelques exemples des questions choisies dans les deux premières parties et nous expliciterons les raisons de ces choix. Lorsque la rédaction de la question diffère d'un questionnaire à l'autre (à cause des spécificités mentionnées de chaque institution), nous montrerons la question telle qu'elle a été posée aux enseignants de lycée.

3.1.1 La notion de fonction réciproque

L'analyse des programmes de Terminale S (2002) a montré que la notion de fonction réciproque n'est pas obligatoirement étudiée de manière explicite au niveau du Secondaire, mais elle reste au moins implicite dans certains exemples de fonctions : tel est le cas des fonctions exponentielle et logarithme. Ainsi la référence à l'exemple des fonctions exponentielle et logarithme sera fréquente, comme étant celui qui, même si la notion de fonction réciproque n'est pas mentionnée explicitement, permettrait d'aborder d'autres fonctions qui demanderaient plus d'attention sur les ensembles de définition, comme les fonctions trigonométriques et leurs réciproques.

Dans les deux types de questionnaire, la première question étudie les associations d'idées que font certains enseignants vis-à-vis de la fonction logarithme.

1. Lorsque l'on parle de fonction logarithme, à quoi pensez-vous en premier :
   - ☐ À une primitive de la fonction $x \mapsto 1/x$
   - ☐ À la fonction réciproque de la fonction exponentielle
   - ☐ Autre ………………………

La réponse à la question est mise en relation avec ce que les enseignants déclarent dans les questions suivantes sur la manière dont ils abordent les fonctions exponentielle et logarithme. Il est probable que si l'enseignant annonce penser d'abord à la fonction réciproque de la fonction exponentielle, il tiendra compte de son caractère bijectif et réciproque. Cette question peut fonctionner comme un indicateur de la proportion d'enseignants dont les déclarations sont en conformité avec les prescriptions institutionnelles. En effet, la réponse « primitive de la fonction $x \mapsto 1/x$ » était fortement induite par les instructions officielles en Terminale S notamment, avant la réforme de 2000.

Les trois questions qui suivent (2, 3 et 4) ont été posées dans le but d'approfondir les choix possibles des enseignants de lycée lors de la présentation des chapitres portant sur les fonctions exponentielle et logarithme dans les heures de cours en Terminale. Pour les enseignants d'IUT, les questions ont été rédigées pour avoir des traces des « représentations » qu'ils ont sur les enseignements réalisés au lycée. Ces choix donneront des informations sur la place que les enseignants accordent à la notion de fonction réciproque en Terminale.

La question 2 concerne particulièrement l'ordre dans lequel un enseignant de lycée choisit ou choisirait de présenter les deux chapitres des fonctions exponentielle et logarithme à ses élèves. Les questions 3 et 4 font préciser le choix pour introduire chacune de ces fonctions.

Les deux questions suivantes (5 et 6) s'intéressent aux « représentations » que les enseignants ont à propos des connaissances théoriques des élèves et des étudiants sur la fonction réciproque. La première porte particulièrement sur les connaissances qu'un élève a pu acquérir à la fin du lycée ; tandis que la deuxième aborde la question de la nécessité de disposer de ces connaissances pour continuer une formation à l'IUT. Ces deux questions se focalisent sur les « représentations » des enseignants vis-à-vis de cette transition, de la Terminale à la 1ère année d'IUT, en ce qui concerne la fonction réciproque.

L'enseignement des fonctions réciproques dans les IUT est également étudié. Etant donné que les programmes de mathématiques dans les IUT dépendent de chaque département, il est nécessaire de savoir si les fonctions réciproques sont traitées explicitement ou non en cours magistral. Si elles sont étudiées, tout l'intérêt réside dans le lien avec le travail fait auparavant au lycée. Ainsi, par rapport aux exemples de fonctions qui peuvent être reprises à l'IUT on se pose les questions suivantes :

Reprendra-t-on dans le cours magistral à l'IUT des exemples de fonctions réciproques étudiées au lycée ? Si l'enseignant déclare reprendre des exemples de fonctions réciproques étudiées au lycée, fera-t-il le lien seulement avec la Terminale (avec les fonctions logarithme et exponentielle) ; ou bien, remontera-t-il plus loin en reprenant les fonctions racine carrée et carré ?

3.1.2 Pratiques de correction en classe de mathématiques

La deuxième partie des questionnaires est entièrement consacrée aux déclarations des enseignants vis-à-vis des situations de correction.

Au niveau supérieur, les corrections en mathématiques se font plutôt dans les T.D. et très rarement dans les cours ; tandis qu'au lycée elles constituent une période importante dans les cours. La première question essaie d'explorer ces particularités.

La question 2 essaie de tenir compte d'une variable qui pourrait influencer les autres réponses : celle du temps réservé dans les cours ou T.D. à la recherche personnelle des élèves et des étudiants. Dans le cas où les élèves ou les étudiants cherchent les exercices en classe, il est possible de se poser deux questions relatives à l'organisation de la classe.

- La première concerne le travail des étudiants ou des élèves : travaillent-ils individuellement, par deux, en petit groupe de plus de deux personnes ou autrement ?
- La deuxième explore les prises de décisions chez les enseignants : plusieurs critères sont proposés pour décider du début de la correction collective. Les propositions de réponse présentent parfois des différences subtiles ; par exemple : « le résultat final » fait référence plutôt au produit d'une solution, tandis que « la solution » est conçue comme tout le processus pour arriver à ce résultat final. Pour les solutions, nous faisons une distinction entre « la solution modèle » (celle que cet enseignant attend ce jour donné de ces élèves ou étudiants) et « une solution correcte » (qui peut venir d'une méthode différente de celle qui était attendue par l'enseignant). D'autres réponses sont aussi proposées, qui concernent plutôt la gestion de l'ordre dans la classe ou celle du temps dans le déroulement de la séance.

La question suivante se focalise sur certaines variables de la situation de correction en classe de mathématiques.

3. Lors des corrections en classe

	toujours	souvent	parfois	jamais
Vous arrive-t-il d' « improviser » des exercices dans l'imprévu de la classe ?				
Envoyez-vous des élèves au tableau ?				
Vous arrive-t-il de commenter pour toute la classe des erreurs de certains élèves ?				
Arrive-t-il que certains élèves fassent des propositions pour rédiger des parties de la solution d'un exercice corrigé en classe ?				
Donnez-vous des corrections polycopiées ?				
Ecrivez-vous au tableau les corrections complètes des exercices ?				
Demandez-vous aux élèves d'expliquer eux-mêmes ce qu'ils ont fait ?				

Ci-dessous certains items sont expliqués de manière plus détaillée :

a. *« Improviser » des exercices* : Il s'agit de mesurer le degré d'écart entre ce qui a été préparé et ce qui est réalisé. L'hypothèse pour cette question est que les déclarations oscilleront entre « souvent » et « parfois », car la modalité « toujours » pourrait laisser sous-entendre qu'il n'y a pas de préparation pour les séances d'exercices et la modalité « jamais » pourrait indiquer que l'enseignant n'a pas de souplesse dans les imprévus de la classe.

b. *Envoyer des élèves (ou des étudiants) au tableau* : Il s'agit de mesurer le degré d'adhésion à la tendance ordinaire qui consiste à « envoyer les élèves au tableau ». L'hypothèse posée dans ce cas est que les enseignants déclareront cette pratique avec une fréquence élevée.

c. *Ecrire les corrections complètes* : Il s'agit de mesurer le degré d'adhésion à la tendance ordinaire selon laquelle un bon professeur de mathématiques, pour corriger un exercice, doit copier la solution complète3 au tableau. En particulier, l'écrire au fur et à mesure permet de tenir compte des interventions des élèves.

Enfin, la dernière question de cette partie des questionnaires porte spécifiquement sur le travail de préparation des corrections qui se feront en classe. L'hypothèse pour cette question est que la majorité des enseignants répondra conformément à l'ensemble des contraintes professionnelles, en relation avec leurs croyances de ce qui est attendu d'eux. Par exemple, nous considérons que certains enseignants qui consacrent peu de temps aux préparations, n'oseront peut-être pas l'affirmer. Ou bien, un enseignant avec une expérience importante pourrait s'autoriser à exprimer qu'il n'a plus besoin de préparer.

Le fait de choisir un exercice et non un autre dans ce travail de préparation, peut être influencé par ce que l'enseignant attend de ses élèves (ou étudiants) ; ou bien, c'est peut-être un choix en relation avec la « représentation » de l'enseignant sur l'utilité de corriger les exercices. Dans les questionnaires deux procédures différentes sont données pour choisir les exercices à proposer aux élèves ou étudiants, mais elles ne sont pas pourtant exclusives l'une de l'autre. Par exemple, un enseignant qui connaît bien les difficultés de ses élèves peut choisir certains exercices pour « surmonter » ces difficultés. Mais il peut aussi procéder à partir de ce qui a été développé pendant le cours, en cherchant des exercices pour valider ces connaissances et à partir de là, faire (ou non) une anticipation des erreurs que ses élèves risquent de commettre. Les deux derniers items de cette dernière question du questionnaire servent à tester cela.

3.1.3 Identification de l'enseignant

Les variables prises en compte dans la troisième partie des deux questionnaires diffèrent un peu en fonction des caractéristiques des deux institutions scolaires. Elles seront traitées comme des variables supplémentaires (dans le logiciel CHIC), afin d'étudier la plus ou moins grande contribution de certains individus aux réseaux mis en évidence avec les variables des deux grandes parties précédentes du questionnaire (Bailleul, 1995).

Ainsi par exemple, les variables sexe, âge, ancienneté, niveau d'études, niveau d'enseignement et statut dans le poste du travail seront utilisées pour étudier s'il existe une différence entre les déclarations des enseignants de

[3] La solution complète fait référence ici à la solution modèle.

mathématiques sur leurs pratiques lors des situations de correction et/ou sur le traitement de la notion de fonction réciproque.

3.2 Traitement des réponses aux questionnaires

Selon Bailleul (2000) « l'analyse statistique implicative est un outil particulièrement effectif pour étudier des représentations et révéler leurs structures organisationnelles ». Nous nous sommes servis du logiciel CHIC pour traiter les réponses aux questionnaires, qui sont relatives aux représentations des enseignants.

Le logiciel CHIC réalise une analyse statistique implicative. Son fondement est la mesure d'un certain « étonnement statistique » au vu du nombre d'occurrences des réponses à un item a donné qui devraient se « reporter » sur un item b. Lorsque cet « étonnement statistique » est petit, on parle de « quasi-implication » entre les variables des items a et b (Gras 1996 ; Gras et Kuntz 2005). Le logiciel produit un diagramme implicatif de variables, permettant l'identification de réseaux de réponses, eux-mêmes constitués de « chemins ». Les chemins implicatifs sont des illustrations graphiques qui montrent les quasi-implications entre deux variables ou plus. Les réseaux sont des combinaisons de plusieurs chemins, aboutissant tous à la même variable (Bailleul 2000).

4 Quelques résultats

L'information a été recueillie par une enquête postale dans l'année scolaire 2005-2006. Ainsi, le travail s'est réalisé avec un échantillon d'enseignants de mathématiques de lycée et d'IUT volontaires pour répondre au questionnaire.

Nous allons montrer dans ce paragraphe les résultats obtenus lors de l'analyse des réponses aux questionnaires. Elles sont analysées en deux temps : d'abord une « confrontation » des fréquences obtenues avec les hypothèses que nous nous sommes posées pour chaque question ; ensuite, la recherche de réseaux de variables, interprétés en termes de « représentations » enseignantes de la correction en classe de mathématiques et de la planification du curriculum autour de la notion de fonction réciproque.

Le paragraphe est constitué de trois sections. La première montre une description de l'échantillon des enseignants concernés (l'information provenant de la troisième partie du questionnaire) et les deux autres incluent les analyses mentionnées ci-dessus.

4.1 Quelques caractéristiques de l'échantillon

Notre échantillon est constitué de 101 professeurs enseignant dans l'Académie de Toulouse ; les uns dans des lycées de la Haute-Garonne, les autres dans des IUT de la région Midi-Pyrénées. Ils ont répondu au questionnaire en février 2006.

Etablissement : 85% enseignent en lycée, 15% en IUT.
Sexe : 51% sont des femmes, 49% des hommes.
Age : 41% ont plus de 50 ans.
27% ont entre 41 et 50.
23% ont entre 31 et 40.
9% ont entre 21 et 30 ans.
Ancienneté : 16% ont une expérience de plus de 30 ans.
35% ont enseigné entre 21 et 30 ans.
20% ont travaillé entre 11 et 20 ans.
23% ont moins de 10 ans d'ancienneté.
6% n'ont pas répondu à la question.

Diplômes :	lycée	IUT
Licence :	21%	0%
Maîtrise :	57%	20%
Autres (thèse, HDR, ingénieur) :	22%	80%

4.2 Confrontation des résultats avec les hypothèses posées

Nous avons choisi d'aborder cette confrontation des hypothèses posées avec les données obtenues par le moyen des fréquences des réponses, en séparant les enseignants de lycée et d'IUT, car il peut y avoir des résultats intéressants à montrer pour un seul groupe d'enseignants ou bien en les comparant.

Nous abordons également cette section à partir du questionnaire ;concernant la notion de fonction réciproque et des aspects plus particuliers de la correction en classe de mathématiques.

4.2.1 La notion de fonction réciproque

a. <u>En Terminale</u>

Presque un enseignant sur deux (46,5%) associe la fonction logarithme à « une primitive de la fonction $x \mapsto 1/x$ ». On pourrait y lire une conformité avec les prescriptions institutionnelles anciennes, ce qui a changé avec la réforme de 2000.

Cependant, un peu plus d'un tiers (35,6%) des enseignants ont répondu au questionnaire en associant la fonction logarithme à la fonction réciproque de l'exponentielle, ce qui montrerait d'un autre côté une certaine conformité avec les prescriptions institutionnelles actuelles.

Nous allons voir si ces résultats sont en cohérence avec les choix exprimés par les enseignants concernant l'ordre et la manière d'introduire les fonctions logarithme et exponentielle.

La fréquence d'enseignants qui choisissent d'étudier d'abord la fonction logarithme est légèrement supérieure à celle des enseignants qui choisissent d'étudier d'abord les fonctions exponentielles (44,6% et 40,6%) ; ce résultat est en cohérence avec le fait que pour la majorité d'entre eux (46,6%) la première pensée sur le logarithme va à « une primitive de la fonction $x \mapsto 1/x$ ». 40,6% d'enseignants de l'échantillon ont répondu « d'abord la fonction exponentielle puis la fonction logarithme », conformément aux instructions officielles actuelles. Ils devraient correspondre, en principe, aux 35,6% déclarant que leur première pensée sur le logarithme va à la « réciproque de la fonction exponentielle ».

Ces résultats nous permettent de dire que 3 ans après la réforme du curriculum français, on trouve déjà 40,6% d'enseignants qui mettent en œuvre les nouvelles prescriptions institutionnelles, ce qui montre un certain dynamisme dans le changement préconisé. Cependant, nous percevons dans 44,6% des cas l'inertie d'enseignants qui continuent à concevoir un enseignement tel qu'il était abordé auparavant.

Par rapport à la place accordée par les enseignants de notre échantillon à la notion de fonction réciproque en Terminale, nous avons trouvé dans les questions concernant les différents choix d'introduction de chacune des fonctions (logarithme et exponentielle) trois organisations possibles :

- La première peut se lire de la manière suivante : chapitre de primitives, fonction logarithme et fonction exponentielle, en introduisant cette dernière à partir des propriétés de la fonction logarithme. Cela sous-entend l'existence d'un certain travail (éventuellement implicite) sur la notion de fonction réciproque.
- La deuxième propose d'abord la fonction exponentielle (introduite soit par la méthode d'Euler, soit avec une fonction f dérivable sur R telle que $f(x+y) = f(x)f(y)$, soit avec l'exemple de la radioactivité) puis la fonction logarithme (introduite à partir des propriétés de la fonction exponentielle). Elle sous-entend également un certain travail (éventuellement implicite) sur la notion de fonction réciproque.
- Enfin on pourrait envisager un enseignement dans lequel les fonctions logarithme et exponentielle seraient introduites sans aucun lien entre elles. Par exemple la fonction exponentielle introduite par la méthode d'Euler et la fonction logarithme définie à partir d'une primitive de la fonction $x \mapsto 1/x$ pour $x > 0$. Dans ce cas, on pourrait supposer l'absence d'un travail même implicite, sur la notion de fonction réciproque.

Pour identifier les organisations choisies par les enseignants, nous allons chercher des implications entre les variables qui concernent cette organisation. En effet, l'intérêt du logiciel CHIC et de l'analyse statistique implicative est la possibilité de suivre d'une question à l'autre les chemins qui relient les réponses.

b. Dans la transition

Notre intérêt ne s'arrête pas à la manière de concevoir l'enseignement de la fonction réciproque au lycée mais qu'il s'étend à l'IUT. En ce qui concerne les « représentations » des enseignants vis-à-vis de la transition de la Terminale à la première année d'IUT, nous présentons les résultats à propos des connaissances théoriques sur la fonction réciproque, son acquisition par les lycéens et les besoins des étudiants en IUT.

Un enseignant sur deux (49,5%) déclare que les élèves vont avoir acquis des connaissances théoriques sur la fonction réciproque à la fin du lycée. Pourtant 60% des enseignants d'IUT déclarent que non. On pourrait penser que les enseignants d'IUT ont perçu, parmi les étudiants qu'ils reçoivent, une insuffisance dans ces connaissances.

Une large majorité (63,4%) d'enseignants affirme le besoin de connaissances théoriques sur la fonction réciproque à l'IUT. Parmi les enseignants d'IUT, une grande majorité (80%) confirme ce besoin ; cependant, 60% déclarent que les élèves peuvent ne pas avoir acquis suffisamment de ces connaissances au lycée. Ainsi, en quelque sorte il ne serait pas gênant pour les étudiants de ne pas avoir de connaissances sur la fonction réciproque à l'IUT, soit parce qu'ils n'en auront pas besoin, soit parce que le contenu doit être abordé à ce niveau et non pas avant, au lycée.

c. En IUT

Les fonctions réciproques sont considérées comme traitées explicitement en IUT par 71,3% de tout l'échantillon. Par ailleurs 68,3% d'entre eux déclarent que cet enseignement prend en compte une reprise d'exemples des fonctions étudiées au niveau du Secondaire ; en IUT 80% le confirment. Nous remarquons aussi qu'au lycée, 30,2% n'ont pas répondu à la question sur la reprise des exemples à l'IUT.

Ces résultats semblent montrer l'adéquation entre les déclarations des enseignants et ce qu'ils pensent qu'on attend d'eux en tant qu'enseignants. Dans ce cas, la reprise des exemples de fonctions étudiées au lycée semble être importante pour aborder la transition de la notion de fonction réciproque du lycée à l'IUT. Il est peut-être plus facile pour les enseignants d'IUT de se prononcer sur l'enseignement antérieur, que pour ceux de lycée sur l'enseignement ultérieur ; ainsi, plusieurs préfèrent ne pas se prononcer. On pourrait donc attribuer ce fait à une méconnaissance de la part des enseignants de lycée de ce qui se passe dans l'autre institution.

4.2.2 Situations de correction en classe de mathématiques

Pour montrer les résultats obtenus dans la deuxième partie du questionnaire nous avons décidé de le faire sans distinguer Lycée - IUT. Dans l'analyse statistique implicative abordée dans la section suivante les variables lycée et IUT sont traitées comme des variables supplémentaires. Etant donné que le nombre total des enseignants est de 101, nous allons seulement montrer les effectifs, les fréquences étant très proches.

a. La correction collective

Nous présentons ici les résultats concernant le passage à la correction collective, les critères pour cette décision, puis les pratiques déclarées être utilisées par les enseignants.

La majorité des enseignants (9 toujours et 45 souvent) arrêtent le temps de recherche et passent à la correction collective lorsque des élèves sont déjà engagés dans la solution correcte (celle qui relève de la solution modèle). Pour 36 d'entre eux (souvent) cet arrêt se produit lorsque plusieurs élèves utilisent des méthodes différentes. Pour 43 (souvent) les enseignants passent à la correction collective quand un des élèves a trouvé la solution attendue, même si 56 (jamais) ne prennent pas en compte ce dernier critère. De même, pour 53 enseignants, le fait qu'un élève ait trouvé le résultat final ou une solution correcte mais non attendue n'est pas un critère pour passer à la correction collective.

Ainsi, ce qui prime dans les déclarations écrites est le passage à la correction collective à partir des critères collectifs : cela devient plus un enjeu de quelques ou plusieurs élèves (ou étudiants) que d'un seul. Les critères qui correspondent plutôt à la gestion de l'ordre dans la classe ou à la gestion du temps n'y sont pas souvent pris en compte, alors que lors des discussions avec des enseignants, ce sont des arguments souvent mis en avant pour justifier certaines pratiques.

Le tableau suivant montre les résultats qui concernent les pratiques des enseignants lors de la correction d'exercices en classe. A partir de ces données nous allons comparer avec les hypothèses que nous avons émises dans le paragraphe « méthodologie ».

	toujours	souvent	parfois	jamais
Improviser des exercices	2	21	**70**	8
Envoyer les élèves (étudiants) au tableau	**22**	**42**	35	2
Commenter pour toute la classe les erreurs commises	8	52	37	4
Prendre en compte les propositions d'élèves (étudiants) dans la rédaction de la solution	1	26	48	26
Donner la correction polycopiée	4	34	44	19
Ecrire la solution complète au tableau	**16**	**48**	32	5
Les élèves (étudiants) expliquent ce qu'ils ont fait	12	61	25	3

TAB 1 - *Pratiques d'enseignants lors des corrections*

La plupart des enseignants (70) déclarent recourir à l'improvisation « parfois » seulement. Ceci pourrait être la trace d'une volonté de ces enseignants de montrer une certaine souplesse dans le déroulement des séances.

En ce qui concerne les affirmations sur l'usage du tableau :

- 64 enseignants y envoient toujours ou parfois les élèves ou les étudiants. L'enseignement à l'IUT serait donc, d'un point de vue formel, proche de celui du lycée et assez éloigné des pratiques universitaires ordinaires.
- 16 déclarent y écrire toujours les solutions complètes, 48 souvent : ceci confirme notre hypothèse. Cependant, nous n'avons pas d'information sur le degré de prise en compte des interventions des élèves au fur et à mesure de l'écriture.

La tendance ordinaire de ces enseignants des mathématiques est : une petite part d'improvisation lors de corrections, l'envoie régulier d'élèves au tableau et l'écriture d'une solution complète.

b. *<u>La préparation des corrections</u>*

Le tableau ci-dessous expose les résultats concernant la préparation des corrections :

	toujours	souvent	parfois	jamais
Préparation pour présenter la correction d'exercices	16	28	37	20
Préparation de plusieurs méthodes de résolution	2	20	**70**	9
Choisir les exercices en fonction des difficultés des élèves	**15**	**69**	13	4
Choisir les exercices à partir de ce qui a été étudié pendant le cours	**31**	**63**	6	1
Anticiper les erreurs des élèves	11	**51**	**27**	12

TAB 2 - *Pratiques de préparation des corrections*

Contrairement à ce que nous attendions, il n'y a pas de différence marquée entre les déclarations des enseignants de l'échantillon en ce qui concerne l'importance donnée à la préparation de la présentation de la correction d'exercices. Une majorité d'entre eux (70) affirment préparer « parfois » plusieurs méthodes de résolution. Autrement dit, la plupart du temps, ces enseignants ne préparent qu'une seule solution. Cette pratique peut provenir du fait que l'enseignant connaît bien son cours et les exercices qu'il propose aux élèves ; ou que le niveau est élémentaire et qu'il est suffisant pour lui de parcourir rapidement les énoncés ; ou encore, qu'il trouve plus intéressant de découvrir les exercices avec les élèves ou les étudiants en classe même si les exercices sont difficiles.

Le choix des exercices n'est pas exclusif : 15 enseignants déclarent le faire toujours, 69 souvent, en fonction des difficultés des élèves ; 31 disent le faire toujours, 63 souvent, à partir de ce qui a été étudié en cours. L'anticipation des erreurs que les élèves ou étudiants peuvent commettre est confirmée : 11 enseignants disent le faire « toujours », 51 « souvent », et 27 « parfois ». Le choix d'un exercice semble être fait à partir de ce qui a été étudié en cours plutôt qu'en fonction des difficultés des élèves. On pourrait donc penser que les enseignants portent un certain intérêt à retravailler les connaissances étudiées, afin d'aider d'une certaine façon les élèves (ou des étudiants) à « surmonter » quelques difficultés.

4.3 Les réseaux obtenus

Dans cette section nous abordons l'étude des données à partir d'une analyse statistique implicative à l'aide du logiciel CHIC. Nous avons dégagé deux réseaux principaux de variables. La recherche de réseaux avec toutes les variables et pour tous les individus a été effectuée avec un seuil de 0,80 (Gras et Kuntz 2005). Nous nous intéressons aux implications entre les variables ainsi qu'à la contribution des variables supplémentaires dans les différents chemins.

4.3.1 Réseau 1 : « Les classiques »

Nous avons nommé ce réseau « Les classiques » parce que les quasi-implications entre variables révèlent une organisation des contenus sur les fonctions logarithme et exponentielle correspondant à ce qui était imposé par les programmes d'enseignement en France avant la réforme de 2000.

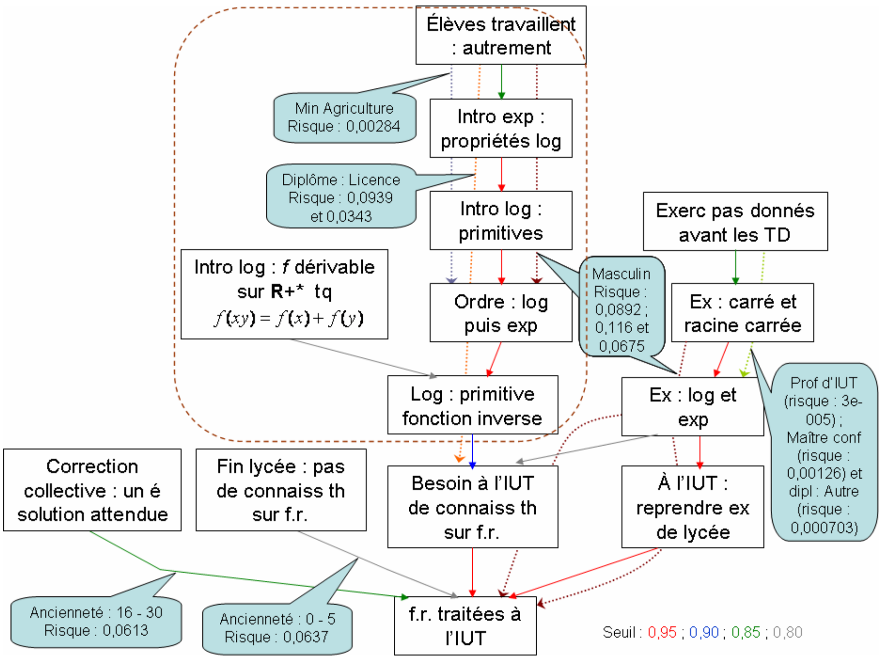

FIG. 1 - *Réseau 1 (Les classiques) au seuil 0,80*

On voit apparaître deux chemins principaux de variables aboutissant à la variable « les fonctions réciproques seront traitées explicitement à l'IUT » et d'autres variables qui donnent des informations supplémentaires sur les enseignants. Les deux chemins : le premier à droite dans la figure, l'autre au milieu (entre tirets), mènent directement au fait que « les fonctions réciproques seront traitées explicitement à l'IUT », ou à la règle qui exprime « les fonctions réciproques devant être traitées explicitement à l'IUT, les étudiants ont besoin de connaissances théoriques sur la fonction réciproque ». L'organisation déclarée pour ces contenus mathématiques en Terminale n'implique pas la reprise à l'IUT de certains exemples de fonctions étudiées au lycée, ni vice-versa.

- Le premier chemin à droite dans la Fig. 1, regroupe des enseignants qui déclarent qu'on aura besoin de reprendre les exemples de fonctions étudiées au lycée : pas seulement les fonctions logarithme et exponentielle, mais aussi les fonctions carré et racine carrée. Parmi eux, on trouve ceux qui dans l'organisation du département de l'IUT ont décidé de ne pas donner les exercices avant les TD. Les variables les plus contributives à ce chemin sont celles qui nous indiquent les professeurs d'IUT, maîtres de conférences et/ou qui ont une thèse, qui sont ingénieurs ou qui ont passé l'agrégation. On peut considérer que ce chemin est celui des enseignants d'IUT. Il révèle une représentation de l'apprentissage des mathématiques proche du béhaviorisme. Il n'est guère étonnant que les Maîtres de Conférences, qui pour la plupart n'ont aucune formation didactique, mettent en œuvre le modèle d'enseignement dans lequel ils ont réussi leur scolarité. Quelle est la fonction pour l'apprentissage des étudiants de ne pas donner les exercices avant les TD ? Est-ce un choix délibéré ou une conséquence des contraintes organisationnelles de l'IUT ?

- Pour les enseignants qui contribuent au chemin du milieu, la première pensée sur le logarithme est donc la primitive de la fonction inverse $x \mapsto 1/x$ quand x ≠ 0. En cohérence, l'ordre proposé pour étudier les fonctions logarithme et exponentielle en Terminale est d'abord la fonction logarithme, introduite après le chapitre sur les primitives, puis la fonction exponentielle, introduite à partir des propriétés de logarithme. Ce chemin est plutôt celui des enseignants de lycée. Dans ce cas on rencontre ceux pour qui l'organisation des élèves ou étudiants réfléchissant sur un exercice n'est ni individuel, ni par deux ni en petit groupe, mais. Les enseignants précisent cet « autrement » en déclarant qu'en général ils laissent à leurs élèves la liberté de s'organiser ; ou qu'ils cherchent tous ensemble. A ce niveau, la variable « Ministère de l'Agriculture » contribue fortement à ce chemin (risque 0,00284) qui s'est « allongé » de cette variable d'organisation de la classe.

La variable supplémentaire « Sexe : masculin » contribue significativement dans ces deux chemins. Avec un risque de 0,0675 dans celui de droite et de 0,0892 dans celui du milieu (entre tirets). En cohérence avec les stéréotypes de sexe usuels, ce sont les hommes qui mettent davantage en œuvre le modèle classique, reproducteur de l'ordre social. Ils sont plus conservateurs que les femmes puisque cet ordre social leur est favorable.

Parmi les enseignants qui considèrent la primitive de la fonction inverse $x \mapsto 1/x$ (pour x ≠ 0) comme leur première pensée à propos de la fonction logarithme, on trouve ceux qui ont une préférence pour l'introduction de la fonction logarithme après le chapitre sur les primitives, ou bien ceux qui préfèrent l'introduire à partir d'une fonction f dérivable sur R+* telle que $f(xy) = f(x) + f(y)$. Cependant cette dernière possibilité ne fait pas partie des choix signalés pour ceux qui considèrent que l'ordre d'enseignement pour ces fonctions en Terminale est d'abord la fonction logarithme et après l'exponentielle.

On observe aussi deux autres implications qui aboutissent à la variable « fonctions réciproques traitées explicitement à l'IUT », elles viennent des variables suivantes :

- en quittant le lycée les élèves n'auront pas de connaissances théoriques sur les fonctions réciproques.
- un des critères pour commencer la correction collective est la découverte par un élève ou un étudiant de la solution attendue.

Dans le premier cas on considère que les fonctions réciproques seront traitées explicitement à l'IUT même si à la fin du lycée les élèves n'ont pas de connaissances théoriques sur ce sujet. Cet indice fait aussi partie d'une « représentation » classique d'enseignement : les aspects théoriques vont être abordés au niveau supérieur. Une contribution significative vient des enseignants qui ont moins de 5 ans d'ancienneté. Par contre dans le deuxième cas, il s'agît des enseignants qui ont entre 16 et 30 ans d'expérience.

Tout se passe comme si les enseignants de ce réseau continuent à penser comme les anciens programmes de lycée l'imposaient. Ils laissent ainsi la responsabilité d'aborder les fonctions réciproques à l'université, chargée de reprendre les exemples des fonctions étudiées auparavant.

En conclusion, ce réseau est constitué de deux chemins bien distincts : celui des enseignants de l'IUT et celui des enseignants de lycée qui aboutissent tous les deux à la variable « fonction réciproque traitée à l'IUT ».

4.3.2 Réseau 2 : « Les modernes »

Nous avons intitulé ce réseau « les modernes » car il fait apparaître un enchainement de variables dévoilant une organisation des contenus entre exponentielle et logarithme conforme aux nouvelles instructions officielles de 2002.

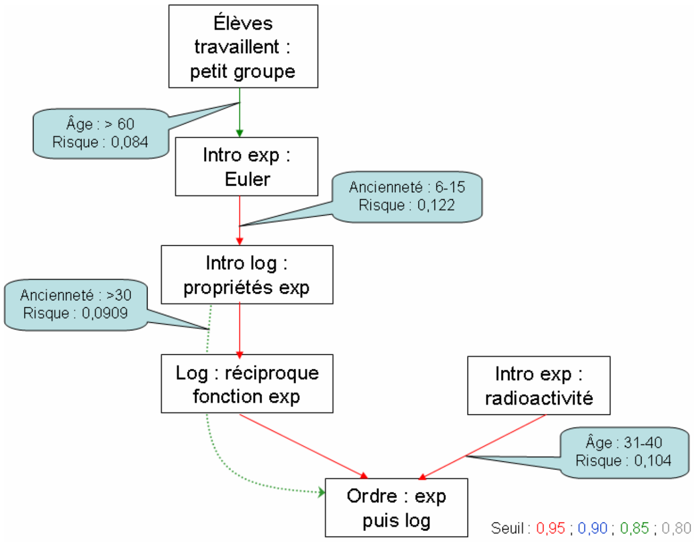

FIG. 2 - *Réseau 2 (Les modernes) au seuil 0,80*

Il y a peu de règles : on y trouve des variables qui s'opposent d'une certaine manière à celles du précédent réseau (plus particulièrement au chemin entre tirets), en ce qui concerne le choix de l'introduction des fonctions logarithme et exponentielle au lycée.

La variable qui reçoit les implications est celle qui indique l'ordre pour étudier ces fonctions : « d'abord l'exponentielle puis le logarithme ». En conséquence, la fonction exponentielle serait introduite par la méthode d'Euler ou avec un exemple de radioactivité et la fonction logarithme par les propriétés de l'exponentielle. Dans ce cas, les enseignants pensent d'abord au logarithme comme réciproque de la fonction exponentielle.

Cependant, les variables relatives au traitement de la fonction réciproque en IUT n'apparaissent pas : le lien avec la reprise des exemples de fonctions étudiées au lycée est absent.

La Fig. 2 montre pour un chemin la contribution la plus significative de la variable « ancienneté : plus de 30 ans ». Tout se passe comme si la mise en œuvre des « nouveautés » était le fait des enseignants les plus « expérimentés ». Cependant, il faut considérer aussi les deux règles tirées des variables indiquant les manières possibles d'introduire la fonction exponentielle : par la méthode d'Euler ou par un exemple de radioactivité. La première reçoit la contribution la plus significative des enseignants ayant 6 à 15 ans d'ancienneté et la seconde reçoit la contribution de ceux âgés entre 31 et 40 ans. Ce réseau représente les enseignants « modernes » qui sont soit les plus expérimentés, soit les enseignants relativement jeunes qui ont stabilisé leurs pratiques et dépassé les difficultés des premières années d'enseignement qui servent à installer les routines de travail. On peut faire l'hypothèse que les enseignants les plus expérimentés mettent plus facilement en œuvre les changements de programme par goût du changement ou par respect des instructions officielles. Les enseignants entre 31 et 40 ans auraient atteint un niveau de confort suffisant dans leur travail tel qu'ils peuvent se permettre des changements et des innovations.

Lorsqu'on descend le seuil d'implication à 0,80 une nouvelle variable apparaît : « lorsque les élèves ou étudiants cherchent, ils travaillent par petit groupe (plus de 2) ». Dans ce cas on rencontre surtout la contribution des enseignants âgés de plus de 60 ans, ce qui pourrait renforcer l'idée de la présence d'enseignants plus « expérimentés » dans ce réseau.

On peut penser qu'ils sont prêts à l'innovation, non seulement dans les contenus mathématiques mais aussi dans l'organisation des élèves lorsqu'ils cherchent les exercices. On voit aussi par rapport au traitement des fonctions logarithme et exponentielle, qu'il peut y avoir un lien explicite avec d'autres disciplines comme la physique.

On peut repérer que les variables les plus impliquées dans les chemins ou règles, concernent surtout le contenu mathématique en jeu. En d'autres termes, les variables relatives à la situation de correction apparaissent peu dans les réseaux. Notre intérêt pour elles vient du rapport qu'elles ont avec l'apprentissage des élèves ou des étudiants et nous souhaitions connaître les remarques des enseignants à ce sujet. Le fait qu'elles ne soient pas apparues comme des variables significatives dans leurs déclarations écrites ne signifie pas qu'ils sont sans avis précis ; peut-être l'outil utilisé pour obtenir l'information n'est il pas assez fin pour qu'ils puissent se prononcer.

La correction en classe semble ainsi une pratique « transparente » des enseignants de mathématiques. Cela confirme notre intérêt pour l'étude de cette pratique ordinaire.

5 Conclusion

Les deux réseaux principaux mis en évidence nous permettent de percevoir les « représentations » des enseignants :

- « les classiques » : plutôt des hommes, ils conçoivent encore l'organisation des contenus imposée dans les anciens programmes et ils renvoient à l'enseignement supérieur la responsabilité de réviser des exemples déjà abordés et de prendre en charge les connaissances théoriques.
- « les modernes » : ils s'adaptent à l'organisation préconisée par dans les instructions officielles actuelles.

Notre méthodologie d'enquête par questionnaire nous permet d'atteindre davantage ce que les enseignants pensent faire ou ce qu'ils pensent devoir être fait, plus que ce qu'ils font effectivement. Les pratiques déclarées par les enseignants doivent être confrontés à des observations en classe et être approfondis lors d'entretiens avec les enseignants. C'est pourquoi nous avons mis en place une seconde étape dans notre démarche méthodologique. Nous choisissons les enseignants avec lesquels nous menons une étude qualitative, dans les réseaux constitués à partir de leurs déclarations à l'aide du logiciel CHIC, en fonction de leur contribution aux réseaux et dans la mesure où ils enseignent en Terminale ou en première année d'IUT. Avec ces enseignants nous mettons en œuvre une démarche méthodologique inspirée de la démarche clinique (Leutenegger 2000) pour la poursuite de l'exploration des pratiques de correction en classe par le biais d'observations de pratiques en classe.

Références

Bailleul M. (1995), L'analyse statistique implicative : variables modales et contributions des sujets, Actes du colloque méthodes d'analyse statistique multidimensionnelles en didactique des mathématiques, Ed. Gras.

Bailleul M. (2000), Mise en évidence de réseaux orientés de « représentations » dans deux études concernant des enseignants stagiaires en IUFM, Actes des journées sur la fouille dans les données par la méthode d'analyse statistique implicative.

Brousseau G. (1998), Théorie des situations didactiques, La Pensée Sauvage éditions.

Douady R. (1987), Jeux de cadres et dialectique outil/objet, Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 7(2), pp 5-32.

Gras R. et al. (1996), L'implication statistique. Nouvelle méthode exploratoire de données, Grenoble, La Pensée Sauvage.

Gras R. and Kuntz P. (2005), Discovering R-rules with a directed hierarchy, Soft computing, Springer.

Leutenegger F. (2000), Construction d'une « clinique » pour le didactique. Une étude des phénomènes temporels de l'enseignement, Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 20(2), pp 209-250.

Robert A. (1998), Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université, Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 18(2), pp 139-190.

Robert A. et Rogalski J. (2002), Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education (La Revue Canadienne de l'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et des Technologies), Vol. 2(4), pp 505-528.

Roditi E. (2003),

Rousset-Bert S. (1991), Stratégies de prise en compte de l'erreur par des enseignants de mathématiques en liaison avec certaines de leurs représentations, Petit X, Vol. 25, pp 25-58.

Summary

This article presents the results of a quantitative study. Our interest is in correction situations in mathematics classes in France, particularly with respect to inverse functions, in the interface Terminale / first year at university. For this article our interest will be focused on the ordinary teachers' 'representations' concerning their own practices when they correct exercises in mathematics class and their design of the academic year about the inverse function. We proposed a questionnaire for mathematics teachers and their answers were processed by the CHIC software. This article describes the four variable networks obtained. Thus, the interpretations to the results will be proposed in terms of teaching ‘representations’.