L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés

Actes du colloque emf 2006

Des difficultés d'étudiants de l'université sur la notion de matrice à l'analyse des manuels des élèves de lycée

Fernanda Viola, *Laboratoire d'Études des Méthodes Modernes d'Enseignement (LEMME), Toulouse, France*
Catherine-Marie Chiocca, *École Nationale de Formation Agronomique (ENFA), Castanet-Tolosan, France*

Résumé

La communication présente une analyse de manuels scolaires français de Première, section Économie et Sciences Sociales (élèves de 17 ans), concernant la notion de matrice. Il s'agit de discerner les différents niveaux de mise en fonctionnement des connaissances proposés par les manuels auxquels un enseignant devrait s'attendre en fonction de la présentation des contenus[1]*. Dans la première partie nous présentons la grille d'analyse utilisée, puis nous exposons les résultats de l'étude de quelques manuels.*

1. Introduction

Nous avons observé, de manière empirique, en première année d'université de Sciences, les difficultés d'étudiants lors de la résolution de la tâche suivante :

Soient A et B deux matrices carrées, démontrer que tr(AB)=tr(BA), où la trace d'une matrice est définie comme la somme des éléments de la diagonale.

Lorsqu'il s'agit de l'écriture symbolique de la tâche (changement de registre), l'écriture des éléments de la matrice produit, l'utilisation de la double sommation, l'utilisation d'indices, d'autres symboles, etc., posent des difficultés aux étudiants.

La question se pose alors sur la nature des obstacles rencontrés[2]. Afin de détecter d'éventuels obstacles de nature didactique, nous avons conduit des analyses de contenus de manuels scolaires de niveaux d'étude précédents l'université, et ce sont ces analyses dont il sera question dans cette communication.

En particulier, nous nous intéressons à deux aspects des matrices :

- La disposition « spatiale » de leurs éléments : elles sont un exemple du passage d'un système unidimensionnel (les nombres au lycée) à des systèmes pluridimensionnels (à l'université).
- La notation des éléments des matrices.

2. Grille d'analyse des manuels

Après la présentation d'extraits des programmes de Première ES, où apparaît le concept de matrice, nous proposons l'analyse de manuels en deux parties. La première correspond à la présentation

1 La mise en œuvre des enseignants sera étudiée dans un autre travail.

2 Travail de thèse en cours.

des contenus sur les matrices et les écarts entre ce qui est prescrit par les instructions officielles et ce qui est redéfini par les manuels. La deuxième partie se centre sur les exercices proposés par les manuels.

2.1 Extraits d'instructions officielles

Dans les programmes actuels en France, les matrices n'apparaissent comme objet d'enseignement que dans la série ES[3].

Les matrices sont introduites comme des tableaux de nombres arrangés en suivant une règle de disposition. Le tableau suivant est un extrait du programme de la classe de Première ES[4].

CONTENUS	MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE	COMMENTAIRES
Calcul matriciel		
Vecteurs-lignes ou colonnes, matrices : définition, dimension, opérations.	Vecteurs et matrices seront présentés comme des tableaux de nombres décrivant des situations simples ; les opérations seront introduites à la suite d'exemples leur donnant du sens et les justifiant.	On évitera ici tout formalisme et on privilégiera une présentation intuitive en réponse à des situations concrètes. Le calcul matriciel sera l'occasion de calculs numériques simples, ne pouvant aboutir que si l'on procède avec ordre et rigueur.
Multiplication d'une matrice par un vecteur. Multiplication de deux matrices.	Les opérations seront d'abord réalisées à la main ; on évitera les complications artificielles et on en restera à des dimensions modestes (2, 3, 4 au plus).	La notion de déterminant d'une matrice n'est pas au programme.
Application à la résolution de problèmes faisant intervenir un système linéaire d'équations.	On interprétera géométriquement les systèmes à 3 inconnues.	On reprendra en termes matriciels la résolution de systèmes au programme de la partie obligatoire. On ne résoudra à la main que des systèmes à 2 inconnues (exceptionnellement 3).

Les enseignants disposent s'ils le souhaitent d'un document d'accompagnement des instructions officielles, dans lequel il est stipulé que :

> *Dans un premier temps, on montrera l'intérêt de tableaux de nombres pour présenter certaines informations chiffrées : tableau à une ligne ou une colonne que l'on appellera vecteur-ligne ou vecteur-colonne, tableau à n lignes et p colonnes que l'on appellera matrice d'ordre nxp.*[5]

Compte tenu de la taille des matrices en jeu (dimension 4 au plus), la notation des éléments de la matrice à l'aide d'indices n'est pas nécessaire. Les matrices sont ici utilisées pour résoudre des systèmes d'équations linéaires, et la notion de déterminant est hors programme. La justification

3 La série ES, économique et sciences sociales, est considérée comme moins « noble » que la série S, scientifique.

4 Bulletin Officiel Hors Série N° 8, 2000.

5 Accompagnement des programmes : programmes applicables à la rentrée 2001-2002, CNDP.

institutionnelle de l'étude en Première des matrices se trouve dans les commentaires du programme de Terminale, à propos de l'étude de la théorie des graphes :

Ce choix (étude des graphes) est cohérent tant avec le programme de la classe antérieure qu'avec les exigences de formation ultérieure : on trouve en effet ici quelques applications intéressantes du calcul matriciel développé dans l'option de première ES.[6]

2.2 Présentation des contenus dans quelques manuels scolaires

Nous repérons, dans les pages des manuels étiquetées plus ou moins explicitement comme du « cours », à savoir ces pages qui exposent les contenus institutionnalisés :

– La présence ou non d'une définition de « matrice » et la notation choisie.

– Le type de définition en terme d'outil/objet, au sens de Régine Douady (1986, p. 9) :

Un concept est outil lorsque nous focalisons notre intérêt sur l'usage qui en est fait pour résoudre un problème. Un même outil peut être adapté à plusieurs problèmes, plusieurs outils peuvent être adaptés à un même problème. Par objet, nous entendons l'objet culturel ayant sa place dans un édifice plus large qui est le savoir savant à un moment donné, reconnu socialement.[7]

– La présence d'énoncés des propriétés de la multiplication des matrices, la présence de démonstrations des propriétés, la présence d'exemples pour les montrer, la présence d'exercices (courts) pour les vérifier.

2.3 Les exercices proposés par quelques manuels scolaires

a) L'analyse des exercices se fait selon les grands axes proposés par Aline Robert (1998, p. 165 et 166) en introduisant l'idée d'intention didactique. Les niveaux de mise en fonctionnement sont interprétés par le chercheur comme des niveaux espérés par le concepteur de l'énoncé. Ainsi, nous distinguons les niveaux (espérés) de mise en fonctionnement des connaissances : techniques, mobilisables ou disponibles :

- Le niveau technique, dans lequel la mise en fonctionnement de la connaissance est indiquée, isolée, n'est qu'une application immédiate et directe de théorèmes, définitions, propriétés, formules, etc.

Il s'agit donc de contextualisations simples, locales, sans étapes, sans travail préliminaire de reconnaissance, sans adaptations (Robert, 1998, p. 165).

- Le niveau des connaissances mobilisables, correspond à des mises en fonctionnement plus larges : encore indiquées mais dépassant l'application simple d'une propriété à la fois. Ce niveau teste une mise en fonctionnement où « … existe un début de juxtaposition de savoirs dans un domaine donné, voire d'organisation » (*Ibid*., p. 166).

6 Bulletin Officiel Hors Série N° 4, 2001.

7 Les soulignés sont dans le texte.

- Le niveau des connaissances disponibles, dans lequel la connaissance nécessaire pour résoudre est décidée par l'élève et non provoquée par l'énoncé de l'exercice. L'élève dispose de plus d'autonomie et le choix d'une méthode de résolution émerge de sa propre initiative.

Ce niveau correspond au fait de savoir résoudre ce qui est proposé sans indications, d'aller rechercher soi-même dans ses connaissances ce qui peut intervenir (*Ibid*., p. 166).

b) Cette catégorisation présente une variabilité importante dès lors qu'on prend en compte des contraintes de temporalité (par rapport à la connaissance qui vient d'être présentée) et de disposition des exercices (en certains cas, le choix de la connaissance à utiliser dans un exercice peut être influencé par l'exercice précédent). C'est pourquoi l'analyse est faite par groupes d'exercices. Nous avons identifié quatre groupes :

G1 : Généralités des matrices : identification ligne/colonne, des éléments de la matrice, repérage matrice transposée, égalité de deux matrices,…

G2 : Opération avec les matrices : addition et soustraction, multiplication par un réel.

G3 : Multiplication de matrices.

G4 : Résolution des systèmes d'équations linéaires.

c) Nous repérons la visée de l'exercice :

- L'exercice vise-t-il la réussite scolaire ? (niveau technique et parfois mobilisable) : une application directe, immédiate du cours ? Par exemple, le repérage et vérification d'une propriété.
- L'exercice vise-t-il l'apprentissage ? (niveau disponible et parfois mobilisable) : une interprétation dans le cadre de la « vie courante » des résultats mathématiques ?

d) Nous étudions les changements de registre entre l'énoncé et la réalisation attendue, souhaitée, possible.

Le concept de registre est pris au sens de Duval[8] (1993). Nous avons identifié plusieurs registres dans lesquels les matrices sont évoquées en Première ES : registre matriciel (RM), registre numérique (RN), registre algébrique (RA), registre de la langue naturelle (RLN).

Nous considérons que les tableaux du type :

<table>
<tr><td></td><td>Prix A</td><td>Prix B</td><td rowspan="3">où les données d'une situation de la vie courante sont disposées dans un tableau qui n'a pas le statut de matrice (on ne manipule pas ces objets) relèvent du registre numérique.</td></tr>
<tr><td>veste</td><td>75</td><td>60</td></tr>
<tr><td>jean</td><td>38</td><td>23</td></tr>
</table>

Les systèmes d'équations linéaires écrits comme un ensemble d'équations, par exemple :

$$\begin{cases} x - 2y = 1 \\ x = 2 \end{cases}$$

relèvent du registre algébrique.

8 Duval parle de registre à propos d'écritures mathématiques pour désigner le système sémiotique précis utilisé.

e) Nous avons identifié quatre types de notations susceptibles d'être utilisées par les manuels.

T : tableau dont les éléments sont des nombres réels. Exemple : $\begin{pmatrix} 1 & -2,8 \\ \frac{5}{4} & -3 \end{pmatrix}$

(a) : lettres sans indices. Exemple : $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$

(a_i) : lettres avec un indice. Exemple : $\begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{pmatrix}$ ou $\begin{pmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{pmatrix}$

(a_{ij}) : lettres avec 2 indices, en indice de la lettre. Exemple : $\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$

(a^j_i) : lettre avec 2 indices, l'un en indice et l'autre en exposant. Exemple : $\begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 \\ a_1^2 & a_2^2 \end{pmatrix}$

f) Enfin nous étudions la part de la réflexion sur les résultats de l'exercice laissée à l'élève par l'énoncé. Cette réflexion est-elle proposée explicitement ou implicitement par l'énoncé ? La réflexion est-elle à prendre en charge par l'élève ou par l'enseignant ?

3. Quelques résultats

La communication expose les résultats des analyses des manuels de Première ES, l'approche quantitative est complétée par une description exemplifiée de ce qui est exposé dans les manuels.

Nous avons analysé les manuels suivants :

– Math 1[er] ES, collection Hyperbole, codé [HYP] dans la suite du texte.

– Mathématiques 1[er] ES, Bréal, codé [BRE].

– Modulo Math 1[er] ES, Didier, codé [MOD].

Le tableau suivant donne à voir les répartitions quantitatives pour chaque manuel analysé selon les critères retenus pour comparer : les présentations des contenus, les niveaux de mises en fonctionnement des connaissances, la visée de l'exercice, les types de notations matricielles utilisées, le groupe auquel appartient l'exercice et l'existence ou non d'une part de réflexion laissée aux élèves.

	Groupes				Connaissance à niveau			Visée de l'exercice		Chang.	Notation	Réflexion
	G1	G2	G3	G4	Technique	Mobilisable	Disponible	Appl directe	Int résultat	Registre		Élève
HYP	19 %	22 %	20 %	39 %	65 %	32 %	3 %	75 %	25 %	37 %	86 % T	14 %
BRE	0 %	7 %	71 %	22 %	36 %	53 %	11 %	60 %	29 %	33 %	91 % T	35 %
MOD	18 %	14 %	43 %	25 %	79 %	19 %	2 %	83 %	17 %	35 %	90 % T	20 %

3.1 Sur la présentation des contenus

En suivant les propositions du programme officiel, les manuels analysés présentent les matrices à partir de situations dont l'objectif est de « donner du sens » et de « justifier » l'introduction de ces objets. Dans ces activités d'approches, la matrice occupe une place de « simplificateur de calcul », ou d'outil (au sens de Douady) pour mieux organiser les données d'un problème.

La définition de matrice donnée dans les trois livres analysés correspond à celle indiquée dans le document d'accompagnement des programmes :

une matrice de dimensions n×p est un tableau explicitement rectangulaire ou non de nombres comportant n lignes et p colonnes.

Les ensembles de nombres sont, selon les manuels, explicités ou non. Même si le programme explicite la différence entre vecteur et matrice, le traitement dans les manuels est différent :

– les vecteurs et les matrices sont définis de manière séparée comme des objets différents [HYP], ou

– les vecteurs sont présentés comme cas particuliers d'une matrice dont l'une des deux dimensions est égale à un, [MOD] et [BRE].

Ces deux manières de définir matrice et vecteur ont une influence sur les définitions des opérations et sur le type de notation associée.

Par exemple, pour définir les opérations sur les vecteurs et les matrices, le livre [HYP] (p. 304) énonce d'abord les opérations sur les vecteurs et après, celles sur les matrices. L'intention est de commencer par des objets et des opérations déjà connus (les vecteurs)[9], pour montrer après la « permanence des opérations » dans le cas du nouvel objet « matrice ».

u=(a1 ; a2 ;… ; an) et v=(b1 ; b2 ;… ;bn) sont deux vecteurs-lignes de dimension n.

(1) Dire que u=v signifie que a1=b1, a2=b2, …, an=bn.

(2) La somme de u et v est le vecteur-ligne u+v=(a1+b1 ; a2+b2 ; … ; an+bn).

(3) Le produit de u par un réel k est le vecteur-ligne ku= (ka1 ; ka2 ; … ; kan). (p. 304)

De manière analogue, sont énoncées à cette même page 304 les définitions des opérations sur les matrices :

A et B sont deux matrices qui ont n lignes et m colonnes (n × m).

(1) Dire que A=B signifie qu'elles contiennent les mêmes nombres, placés aux mêmes positions.

(2) La somme de A et B est la matrice n × m, notée A+B, obtenue en additionnant deux à deux les termes qui ont la même position.

(3) Le produit de la matrice A par un réel k est la matrice n × m, notée kA, obtenue en multipliant par k chaque nombre de A. (p. 304)

On peut repérer assez clairement les différences par rapport à la notation utilisée pour noter les opérations sur les vecteurs (par exemple, utilisation d'indices) et celle des matrices (par exemple,

9 Dans le chapitre 12 (Géométrie dans l'espace. Points et vecteurs), les opérations addition des vecteurs, multiplication par un réel k et la notion d'égalité des vecteurs sont exposées en terme de coordonnées (ex. : $\vec{u}+\vec{v}$ a pour coordonnées $\left(x+x';y+y';z+z'\right)$

la représentation symbolique de la matrice se fait à l'aide de lettres majuscules). Les propriétés des matrices sont exemplifiées avec des matrices à valeurs numériques et ne sont pas démontrées.

Dans les manuels [BRE] et [MOD] les propriétés sont énoncées. [BRE] présente de plus quelques démonstrations simples. Ainsi, quelques propriétés du produit d'une matrice par un réel, par exemple, sont démontrées élément par élément et les éléments de la matrice sont notés avec une lettre sans indices :

M étant une matrice quelconque : $0 \times M = O$[10] *et $1 \times M = M$.*

A et B étant deux matrices de mêmes dimensions, et α un réel : $\alpha(A + B) = \alpha A + \alpha B$.

Démonstration : Pour un emplacement quelconque (repéré par son numéro de ligne et son numéro de colonne), notons x le coefficient dans M, a le coefficient dans A, b le coefficient dans B. Les propriétés résultent respectivement des identités :

$0x = 0$ et $1x = x$; $\alpha(a + b) = \alpha a + \alpha b$.

Les trois manuels indiquent la notation a_{ij} (prescrite par le document d'accompagnement des programmes) en l'employant quasi uniquement pour identifier la position d'un élément donné d'une matrice. En général, toutes les matrices qui se trouvent dans les manuels cités sont représentées avec des nombres (par exemple, $\begin{pmatrix} 3 & 7 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$) ou avec des lettres sans indices (par exemple, $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$).

Pour la multiplication de deux matrices, nous avons repéré deux formes de présentation :

- l'une propose d'abord un exemple numérique puis une technique de calcul ;
- l'autre commence par le produit d'un vecteur-ligne par un vecteur-colonne de même dimension, puis généralise.

La multiplication est présentée comme une technique de calcul où quelques conditions doivent être respectées sans que ces contraintes soient justifiées (par exemple, la contrainte que le nombre de colonnes de la première matrice doit être égal au nombre de lignes de la deuxième matrice à multiplier). La non commutativité est présentée (au moins au niveau implicite) dans la partie des exercices.

Malgré la prescription institutionnelle, les auteurs des manuels abordent la notion de déterminant. Certains livres la présentent (de manière plus ou moins explicite) afin de donner une technique pour la justification de l'existence de l'inverse d'une matrice et ainsi déterminer si un système d'équations admet une seule solution. Parfois, certaines propriétés des déterminants sont énoncées : par exemple, dans l'exercice 33, p. 236, [BRE], se trouve la définition[11] et la propriété suivante :

Soit une matrice carrée d'ordre 2 : $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$. Le nombre ad–bc s'appelle le déterminant de A ; on le note det(A).

1) Démontrer que A et B étant deux matrices carrées d'ordre 2, $\det(AB) = \det(A) \times \det(B)$ (…)

10 En notant O la matrice nulle.

11 La notion de déterminant est déjà citée quelques pages avant, pour voir si une matrice admet une matrice inverse.

3.2 Sur les exercices proposés

En analysant les divers exercices proposés par les trois manuels, nous avons repéré une certaine variabilité.

– Dans la plupart des exercices, le niveau de mise en fonctionnement des connaissances est le niveau technique. 60 % des exercices des manuels [HYP] et [MOD] sont à ce niveau. Par exemple[12],

Pour les exercices 5 à 8, écrire la matrice transposée de la matrice A.

5) $A = (1\ 5\ 8)$

6) $A = \begin{pmatrix} 6 \\ -2 \\ 4 \end{pmatrix}$

7) $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$

8) $A = \begin{pmatrix} 2 & 5 & -3 \\ 3 & -1 & 4 \\ -1 & 2 & 1 \end{pmatrix}$

La plupart des tâches proposées sont des tâches de reconnaissance d'objets évoqués dans le cours. Par exemple[13],

On donne la répartition de 130 élèves selon leur série (ES, L ou S) et leur sexe (F ou G).

Sexe / Série	F	G
ES	20	20
L	20	15
S	30	25

1. Écrire le vecteur ligne qui indique la répartition globale filles-garçons.

2. Écrire le vecteur colonne qui indique la répartition globale selon la série.

Les exercices du livre [BRE] sont à 50 % au niveau mobilisable ; ceci traduit l'inexistence d'exercices du groupe G1 (généralités des matrices). Par exemple[14],

Définir et déterminer l'inverse de la matrice $A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ *en lui associant un système de quatre équations à quatre inconnues.*

– Le livre [BRE] propose plusieurs exercices de démonstration de certaines propriétés des matrices. De tels exercices mettent en œuvre une manipulation des matrices comme des objets mathématiques. Par exemple[15],

12 Exercices 5 à 8, p. 342 [MOD].

13 Exercice 2, p. 342 [MOD].

14 Exercice 37, p. 237 [BRE].

15 Exercice 6, p. 232 [BRE].

1) A étant une matrice carrée d'ordre 2 et k un réel, démontrer que $(kA)^2 = k^2A^2$. En déduire que $(-A)^2 = A^2$.

2) Démontrer que si A et B sont deux matrices carrées d'ordre 2, alors $(A-B)^2 = (B-A)^2$.

– La plupart des exercices sont une application directe d'une partie du cours. Par exemple[16],

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 6 & 7 \\ 12 & 9 & 11 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 6 & 12 \\ 5 & 10 \\ 13 & 2 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 7 & 8 \\ 2 & 4 & 3 \end{pmatrix}$$

Calculer lorsque cela est possible :

a) AB b) BA c) AC d) CA e) BC f) CB.

– En moyenne, environ 30 % des exercices appellent explicitement un changement de registres. Le type de changement le plus attendu dépend de chaque livre, les plus fréquents étant RN → RM et RA → RM. Par exemple[17],

Une société vend ses produits dans deux magasins A et B. Voici l'état des stocks dans chaque magasin.

Produit / Magasin	Congélateur	Machine à laver	Lave-vaisselle
A	8	9	6
B	10	7	5

On donne, pour chaque appareil, le prix, en euros, pour le produit emporté ou livré.

	Emporté	Livré
Congélateur	650	700
Machine à laver	400	420
Lave-vaisselle	360	400

1. Associer une matrice à chacun des deux tableaux et calculer les produits de ces matrices.

2. Quelle est la signification de chacun de ces produits ?

Exemple[18] du changement RA → RM :

Traduire le système par une égalité matricielle.

$$\begin{cases} 2x - y = 1 \\ 5x + 4y = -1 \end{cases}$$

16 Exercice 41, p. 314 [HYP].

17 Exercice 48, p. 344 [MOD].

18 Exercice 43, p. 314 [HYP].

– La plupart des exercices (environ 60 %) présentent déjà la matrice avec laquelle travailler. Par exemple[19],

Élection

Lors de la dernière élection municipale à Gaussville, trois listes étaient en présence. Les suffrages obtenus par chaque liste dans les quatre bureaux de vote sont donnés par la matrice

$$S = \begin{pmatrix} 1250 & 940 & 1030 \\ 620 & 480 & 900 \\ 880 & 700 & 660 \\ 750 & 850 & 940 \end{pmatrix}$$

1. Soit la matrice ligne L = (1 1 1 1).

a. Calculer la matrice L × S.

b. Donner la signification des éléments de cette matrice.

– Le type de notation utilisée est principalement T (dont les éléments sont des nombres). Il y a quelques exercices du groupe d'exercices G1, dans lesquels la notation aij est indiquée avec le seul objectif de reconnaître la position d'un élément donné. Par exemple[20],

A est une matrice 3×3 dont voici certains termes :

a21 = 4 a32 = 5 a23 = 6 a13 = 3 a12 = 10 a31 = -5

Recopier et compléter $A = \begin{pmatrix} 6 & . & . \\ . & 7 & . \\ . & . & 9 \end{pmatrix}$

Un autre exemple[21] :

Écrire la matrice A de dimension 3×2 telle que $a_{ij} = i + 2j$ *puis donner la matrice transposée de A.*

Conclusions

Les instructions officielles de la filière ES prescrivent aux professeurs de travailler sur des objets matriciels peu formalisés en Première pour aller vers des objets qui le sont davantage en Terminale, et qui seront conceptualisés avec un usage important de symbolisme à l'université. Globalement, les manuels de Première respectent les instructions officielles. En effet, l'étude montre l'usage restreint des notations indicielles à ce niveau dans les manuels. Nous faisons l'hypothèse que cette faiblesse d'usage peut être une des composantes des obstacles futurs rencontrés par les étudiants en première année d'université et constitue un milieu favorable à l'apparition d'un obstacle de nature didactique.

19 Exercice 72, p. 349 [MOD].

20 Exercice 23, p. 312 [HYP].

21 Exercice 9, p. 342 [MOD].

Les exercices, dont le niveau de mise en fonctionnement des connaissances est plutôt technique, visent la réussite plus que l'apprentissage. Cependant, cette visée est contrariée par l'inexploitation de l'éventail de jeu entre les différents registres.

Un travail de même nature, portant sur des manuels de Terminale, a été réalisé. Il montre que l'utilisation de matrices, repérée dans les manuels, se fait aussi en termes d'outil, dont l'usage est la représentation d'un graphe.

Cette étude, qui est une partie du travail de thèse, va se continuer avec l'analyse de textes universitaires (énoncés d'examens, feuilles d'exercices distribuées en T.D.) afin de caractériser le statut des matrices à ce niveau.

Nous avons choisi une méthodologie quantitative (questionnaires analysés à l'aide du logiciel CHIC) qui permet de choisir les individus typiques de certains profils (définis par la nature des obstacles rencontrés par les élèves et les étudiants) avec lesquels nous mènerons des entretiens qualitatifs articulant ainsi l'approche quantitative et l'approche clinique expérimentale.

Références

Douady R. (1986), « Jeux de cadres et dialectique outil-objet ». *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *7*(2), p. 5-31.

Duval R. (1993), « Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée ». *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, *5*, p. 37-65.

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

Manuels scolaires

Math 1re ES (obligatoire et option), Malaval J. *et al.*, collection Hyperbole, Nathan/VUEF, Paris, 2001. [HYP]

Mathématiques 1re ES (enseignement obligatoire et option), Thiénard J.-C. *et al.*, Bréal, Rosny, 2001. [BRE]

Modulo Math 1er ES (enseignement obligatoire et option), Bédat J-M. *et al.*, Didier, Paris, 2005. [MOD]

Pour joindre les autrices

Fernanda Viola, LEMME
Adresse postale : 3 rue du Sachet, appt 8 (chez Nieto Penalver), 31400 Toulouse – France
Courriel : ferbettyviola@yahoo.com.ar

Catherine-Marie Chiocca, École Nationale de formation Agronomique (ENFA), Castalnet-Tolosan
Catherine-marie.chiocca@educagri.fr