

Communauté française de Belgique

*Ministère de la Communauté française
Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique*

COMMENT METTRE EN EVIDENCE ET DEVELOPPER CHEZ L'APPRENANT LES COMPETENCES TRANSVERSALES REQUISES POUR LE PREPARER A L'ACCES A L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ?

Recherche en éducation n° 255/98

Marcel Lebrun¹ & Jacques Lega²

Institut de Pédagogie Universitaire et des Multimédias
Grand-Rue 54
1348 LOUVAIN-LA-NEUVE

Article publié dans

Le Point sur la Recherche en Education

N° 16

Mai 2000

et diffusé sur

<http://www.agers.cfwb.be/pedag/recheduc/point.asp>

Fax +32 (2) 213 59 91

2 Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?

Ce document³ a deux objectifs :

- Présenter une synthèse des résultats de nos investigations à propos des compétences acquises ou lacunaires dans le domaine des mathématiques et des sciences des étudiants qui débutent des candidatures en sciences ;
- Décrire le manuel propédeutique que nous avons développé à l'intention des étudiants de ces mêmes années d'étude.

Nos préoccupations concernent, comme nous l'avons écrit dans deux précédents numéros⁴ de la revue "Le point sur la Recherche en Éducation", le thème de la réussite-échec en candidatures (en particulier les initiatives pédagogiques qui sont mises en place pour y remédier et la manière d'évaluer l'impact de ces dernières) ainsi que le thème des compétences acquises, encore à développer et à évaluer.

Au terme de ce travail, il nous est apparu que certaines définitions du concept de compétences couvraient relativement bien à la fois les outils que nous avons développés (les tests administrés en candidatures), les résultats principaux de nos recherches antérieures (si les connaissances sont bien présentes dans la plupart des cas, les étudiants présentent de nombreuses difficultés à les activer dans différents contextes) et le produit que nous avons développé (le manuel propédeutique).

¹ Marcel Lebrun, Institut de Pédagogie Universitaire et des Multimédias, Grand-rue, 54 à 1348 Louvain-la-Neuve (lebrun@ipm.ucl.ac.be).

² Jacques Lega, Département de physique, unité FYAM, bâtiment Marc de Hemtinne, Chemin du cyclotron, 2 à 1348 Louvain-la-Neuve.

³ Les résultats de cette recherche ont été publiés dans le cadre du 16ème colloque international de pédagogie universitaire : Lebrun, M. et Lega, J. (1999). **Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'enseignement supérieur ?** Actes du congrès de l'Association internationale de pédagogie universitaire (A.I.P.U.) tenu à l'école des Hautes Études Commerciales (HEC) de Montréal (Québec) du 25 mai au 28 mai 1999, pages 557 à 566.

⁴ Lebrun, M. et Lega, J. **Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?** Le point sur la Recherche en éducation. N° 4 (novembre 97) et N° 11 (mai 99).

3 Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?

Nous faisons en particulier référence à une définition du concept de compétences proposée par Jean-Marie De Ketele⁵. Selon lui, "la compétence est un concept intégrateur, en ce sens qu'elle prend en compte à la fois les activités⁶ à exercer, les contenus (en terme de disciplines) et les situations dans lesquelles s'exercent les activités". Nous pouvons résumer cela dans la formule suivante :

$$\text{Compétences} = \text{Capacités} \times \text{Contenus} \times \text{Contextes}$$

Par exemple, si la capacité est de "Lire et interpréter des informations sur un graphique" (une des capacités que nous testons dans notre enquête), le contenu peut-être de la chimie (une courbe de titrage), de la physique (la trajectoire d'un mobile), de l'économie ... et les situations peuvent être nombreuses et diversifiées. En effet, cette activité peut être inscrite et finalisée dans différents contextes : pour en tirer la loi du système, pour évaluer une situation particulière, pour évaluer un modèle, pour construire un objet répondant à certaines caractéristiques ou encore dans le cadre d'un exercice, d'un problème, d'un laboratoire ou d'un examen.

Il nous semble que la recherche (et le test) que nous avons proposée répond relativement bien à ces caractéristiques. Lorsque nous testons la capacité de réaliser des "opérations" sur les fonctions, nous les inscrivons dans les contenus relatifs aux dérivées (simples) et aux intégrales (simples) en mathématiques et nous proposons aux étudiants à la fois de les calculer (niveau analytique ou formel) et de préciser en quelques mots la signification et les contextes (dans diverses disciplines) d'utilisation de ces concepts.

Dans notre manuel, nous avons également tenté, comme nous le verrons par la suite, de mettre en évidence la même préoccupation. Un même concept, le triangle isocèle, se "promène" de la géométrie (sa construction au compas), aux mathématiques (la soustraction de deux vecteurs égaux) à la physique (le calcul de l'accélération dans un mouvement circulaire) avec, chaque fois, le contexte du dessin, de l'écriture formelle des équations et du sens apporté aux différentes opérations qui y correspondent.

Dans la suite de ce document, nous passerons d'abord en revue les différents résultats de l'analyse de nos enquêtes en accentuant par rapport aux premières publications les évolutions que nous avons perçues entre les années 91-92 et 96-97. Ensuite, nous décrirons le manuel propédeutique que nous avons construit en réponse aux lacunes détectées dans les compétences de nos étudiants.

⁵ De Ketele, J.M. (1997). **Des Savoirs aux Compétences : Les compétences en première candidature.**

Rapport de la journée de l'enseignement secondaire organisée le 15 octobre 1997 à l'initiative de la FEADI et de l'UCL. Document de l'IPM (Institut de Pédagogie Universitaire et des Multimédias) disponible à l'IPM ou sur <http://www.ipm.ucl.ac.be/Infopeda/infopeda.html>

⁶ On peut faire un lien entre ces activités considérées de manière générale et les capacités cognitives de base. Voir par exemple : De Ketele, J.M., (1983). **Le passage de l'enseignement secondaire à l'enseignement supérieur : les facteurs de réussite.** Humanités Chrétiennes, 4, pp 294-306.

1. A LA RECHERCHE DES COMPETENCES DES ETUDIANTS DE PREMIERE CANDIDATURE EN SCIENCES ...

A la suite de notre première publication de novembre 1997, nous rappelons brièvement les objectifs de notre recherche :

- Mettre en évidence ces compétences et en particulier celles qui s'avèrent utiles pour la réussite des études supérieures ...
- Fournir aux enseignants et aux étudiants un outil leur permettant de jauger l'état actuel de la disponibilité cognitive et de la faculté d'utilisation de ces compétences ...
- Communiquer aux collègues de l'enseignement secondaire des éléments qui nous semblent encore, malgré les efforts déjà entrepris, lacunaires à la sortie de l'enseignement secondaire ...
- Proposer à nos collègues de l'enseignement supérieur des éléments sur lesquels il importerait d'agir pour que les étudiants profitent davantage de leurs enseignements ...
- Fournir aux enseignants et aux chercheurs un outil de mesure de "l'état initial" des étudiants afin qu'ils puissent mieux évaluer l'impact de leurs initiatives pédagogiques ...
- Construire un outil (un manuel) permettant aux étudiants d'acquérir ou d'améliorer les compétences qui s'avèrent lacunaires ...

1.1. Public cible

Le questionnaire a été quatre fois (en 91, 92, 96 et 97) proposé aux étudiants dès le début (la première semaine) du premier quadrimestre ("à la rentrée"). Les résultats ci-dessous figurant entre accolades représentent le sous-échantillon des étudiants qui ont présenté les examens au mois de janvier qui suit la passation du test. C'est ainsi que globalement le test a été rempli par 389 {351; 90%} étudiants de première candidature de la faculté des sciences de l'UCL. Les étudiants se destinaient aux options biologie, chimie, géographie et géologie.

Pour rendre certaines comparaisons de ce document plus aisées, nous avons divisé le groupe selon deux périodes: les tests en 91 et 92 et les tests en 96 et 97 (variable Période). Le groupe se répartit alors en 197 {182; 92%} étudiants en "91-92" et 192 {169; 88%} étudiants en "96-97". Les taux de réussite généraux (globaux) sont les suivants : 115 étudiants ont réussi sur les 351 de départ soit un taux de réussite d'à peu près 32%. Cela se décompose en 66 étudiants sur 182 (36%) en "91-92" et 49 étudiants sur 169 (29%) en "96-97". D'autres ventilations de notre échantillon sont proposées dans notre article de mai 1999.

2.1. Recherche des compétences les plus significatives

Dès les années 90, nous avons établi une liste de ces compétences à partir de différentes sources : les déclarations d'enseignants de mathématiques et de sciences (de l'université et de l'enseignement secondaire) , des énoncés plus "théoriques" provenant des sciences de l'éducation

5 Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?

(comme, par exemple, les capacités cognitives de base de J.-M. De Ketele, déjà cité en référence), ainsi que notre propre expérience d'enseignant.

Nous avons alors construit des situations problèmes autour de ces compétences en les habillant de questions relatives aux mathématiques et à la physique, tout en maintenant les contenus proprement disciplinaires au niveau le plus simple possible. D'autre part, des questions plus classiques basées sur les connaissances (comme, par exemple, donner la dérivée de $\sin(2x)$) ont été mélangées aux questions de départ. Mentionnons que toutes ces questions ne nécessitent que des réponses brèves ou choisies dans un ensemble de réponses possibles (QCM).

C'est ainsi qu'un test lourd de 112 questions a été élaboré et proposé à un groupe d'étudiants suivant les cours d'été à l'UCL⁷, ainsi qu'à une population de quelques 200 étudiants commençant des études de sciences⁸. Nous avons alors examiné la corrélation entre les résultats du test et la réussite aux examens, ce qui nous a permis de mettre en évidence certaines questions qui présentaient un taux de corrélation élevé.

Les conclusions de cette investigation antérieure à la recherche décrite ici sont les suivantes :

- un sous-ensemble de quelques dizaines de questions (à réponses brèves) est suffisant pour "prédire" la réussite des étudiants en maintenant une excellente corrélation avec les résultats des examens. Autrement dit, cet extrait (initialement d'une vingtaine de questions) présente une corrélation pratiquement aussi élevée que le test complet, ce qui est important pour assurer l'utilisation du test dans un temps raisonnable ;
- les questions présentant les corrélations les plus élevées sont généralement celles qui font le plus appel à la compréhension et à la réflexion ; ainsi, la question "Peux-tu exprimer en quelques mots la notion de dérivée" présente une corrélation nettement supérieure à celle portant sur le simple calcul de la dérivée de la fonction $y = x^2 + 2$;
- les questions les plus déterminantes sont celles concernant les mathématiques, mais il nous a, néanmoins, paru utile de laisser quelques questions de physique ;
- le pouvoir discriminant du test élaboré s'avère supérieur ou plus fondamental que les indicateurs quantitatifs habituels comme les heures de mathématiques suivies dans le secondaire (en tout cas en ce qui concerne notre échantillon d'étudiants de la faculté des sciences).

La corrélation globale (pour les 4 années) de notre test avec les résultats des examens de janvier est de 0,59 avec un intervalle de 90% de confiance de [0,53-0,64] et une probabilité $p < 0,0001$. En ne conservant que les rubriques "mathématiques", cette corrélation est de 0,55. Par contre, si

⁷ Lebrun, M. et Lega, J. (1991). **Recherche de capacités cognitives de base déterminantes pour la réussite d'une première année universitaire en sciences**. Actes du congrès de l'Association internationale de pédagogie universitaire (A.I.P.U.) tenu à l'Université Laval (Québec) du 29 mai au 1er juin 1991, pages 247 à 265

⁸ Lebrun, M. et Lega, J. (1991). **Le caractère prédictif d'un test d'entrée sur les chances de réussite d'une première année universitaire**. Congrès de l'Association internationale de pédagogie universitaire (A.I.P.U.) tenu à l'Université de Yaoundé (Cameroun) du 25 au 28 mai 1992.

6 Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?

nous utilisons notre décomposition sur les deux périodes choisies, la corrélation est de 0,60 en "91-92" et de 0,57 en "96-97".

Nous avons aussi examiné la corrélation entre les différentes rubriques et les résultats des examens. Ainsi, en retenant une probabilité d'erreur $p < 0,07$ ⁹ et en classant les différentes rubriques de la corrélation la plus élevée à la plus faible, nous obtenons les classements suivants des capacités inférées, pour les deux périodes mentionnées.

| 91-92 | 96-97 | Q | TITRE |
|-------|-------|-----|---|
| 3 | 1 | Q11 | Transcrire mathématiquement un énoncé |
| 4 | 5 | Q12 | Énoncer une formule |
| 9 | 9 | Q13 | Déduire une relation d'autres relations |
| 6 | 8 | Q21 | Se représenter l'objet décrit par la relation |
| | 13 | Q22 | Analyser les relations et les unités |
| 8 | 11 | Q3 | Analyser graphiquement ou numériquement une fonction donnée |
| 11 | 12 | Q41 | Induire une formule mathématique à partir d'un graphique |
| 13 | 3 | Q42 | Lire et interpréter des informations sur un graphique |
| 5 | 2 | Q5 | Opérations sur les fonctions |
| 10 | 10 | Q61 | Grandeurs géométriques dans une figure 3D |
| 14 | 14 | Q62 | Construction géométrique dans une figure 3D |
| 12 | | Q71 | Détermination de forces |
| 2 | 7 | Q72 | Calcul de grandeurs cinématiques dans un mouvement rectiligne |
| 1 | 4 | Q73 | Calcul de grandeurs cinématiques dans l'espace |
| 7 | 6 | Q74 | Utilisation de la notion d'énergie |

Ainsi en "91-92", c'est la rubrique Q73 qui présente la plus forte corrélation avec les résultats des examens (0,50) suivie par la rubrique Q72 (0,40) et la rubrique Q11 (0,40). En "96-97", par contre, c'est la rubrique Q11 (0,39) qui présente la plus forte corrélation, suivie par les rubriques Q5 et Q42.

Cette rubrique (Q11) s'est toujours révélée particulièrement intéressante au travers de nos tests. Pourtant, son énoncé peut paraître fort simple. Voici la formulation de ce problème :

"Pierre a actuellement 6 ans de plus que Paul. Il y a 10 ans, Pierre avait un âge double de celui de Paul.
Quels sont les âges de Pierre et de Paul ?"

On demande d'écrire les équations représentatives du problème en indiquant les variables utilisées et en donnant finalement la solution au problème.

Il faut également préciser que la rubrique Q73 portait sur l'interprétation d'un graphique représentant un mouvement de projectile : cette question ne nécessitait pas de calculs particuliers

⁹ Il n'y a que 7 cas sur 100 dans lesquels l'hypothèse nulle (il n'y a pas de corrélation) devrait être vérifiée.

7 Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?

; il fallait "simplement" y reconnaître l'horizontalité de la vitesse au sommet de la trajectoire et l'inversion de la composante verticale lors du retour au sol (le projectile tombe au lieu de monter).

8 Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?

Un rapide examen du tableau ci-dessus montre donc que les compétences les plus "indicatives" de la réussite en janvier concerne la transcription mathématique d'un énoncé, le sens à donner à diverses opérations sur les fonctions ("à quoi ça sert ?"), la lecture et l'interprétation d'un graphique (en mathématiques, Q41 par exemple et en physique, Q73 par exemple).

La rubrique Q42 (lire la vitesse d'un mobile sur un graphique position - temps, voir l'article de cette revue de novembre 97 portant sur l'analyse de 1996) qui était à la 13ème place en 91-92 passe à la troisième place.

Les différences entre les deux périodes ne sont en général pas très grandes : les questions "indicatives" du résultat en janvier restent plus ou moins les mêmes en 91-92 et en 96-97 ; nous le verrons ci-dessous dans le "palmarès" des compétences les plus significatives.

On remarque cependant :

- la place importante tenue par les questions de cinématiques en 91-92 ; elles deviennent moins "indicatives" en 96-97;

- le renversement important de la situation pour la rubrique Q42 (lire la vitesse d'un mobile sur un graphique position - temps). De peu importante (au niveau de la corrélation) en 91-92, elle devient plus significative en 96-97.

Pour la facilité du lecteur, nous donnons ci-dessous le "palmarès" des compétences les plus significatives de la réussite aux examens de janvier pour les deux périodes investiguée : CORR-JAN est la corrélation de la rubrique avec les résultats de la session de janvier et PROB-JAN, la probabilité d'erreur associée (notée 0 car le plus souvent plus petite que 0,0001).

Rubriques pour 91-92

| Qi | TITRE | COR R_JA N | PROB _JAN |
|-----|---|------------------|--------------|
| Q73 | Calcul de grandeurs cinématiques dans l'espace | 0,501 | 0 |
| Q72 | Calcul de grandeurs cinématiques dans un mouvement rectiligne | 0,404 | 0 |
| Q11 | Transcrire mathématiquement un énoncé | 0,398 | 0 |
| Q12 | Énoncer une formule | 0,373 | 0 |
| Q5 | Opérations sur les fonctions | 0,369 | 0 |

Rubriques pour 96-97

| Qi | TITRE | COR R_JA N | PROB _JAN |
|-----|---|------------------|--------------|
| Q11 | Transcrire mathématiquement un énoncé | 0,391 | 0 |
| Q5 | Opérations sur les fonctions | 0,387 | 0 |
| Q42 | Lire et interpréter des informations sur un graphique | 0,364 | 0 |
| Q73 | Calcul de grandeurs cinématiques dans l'espace | 0,342 | 0 |

9 Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?

Q12 Énoncer une formule

0,324 0

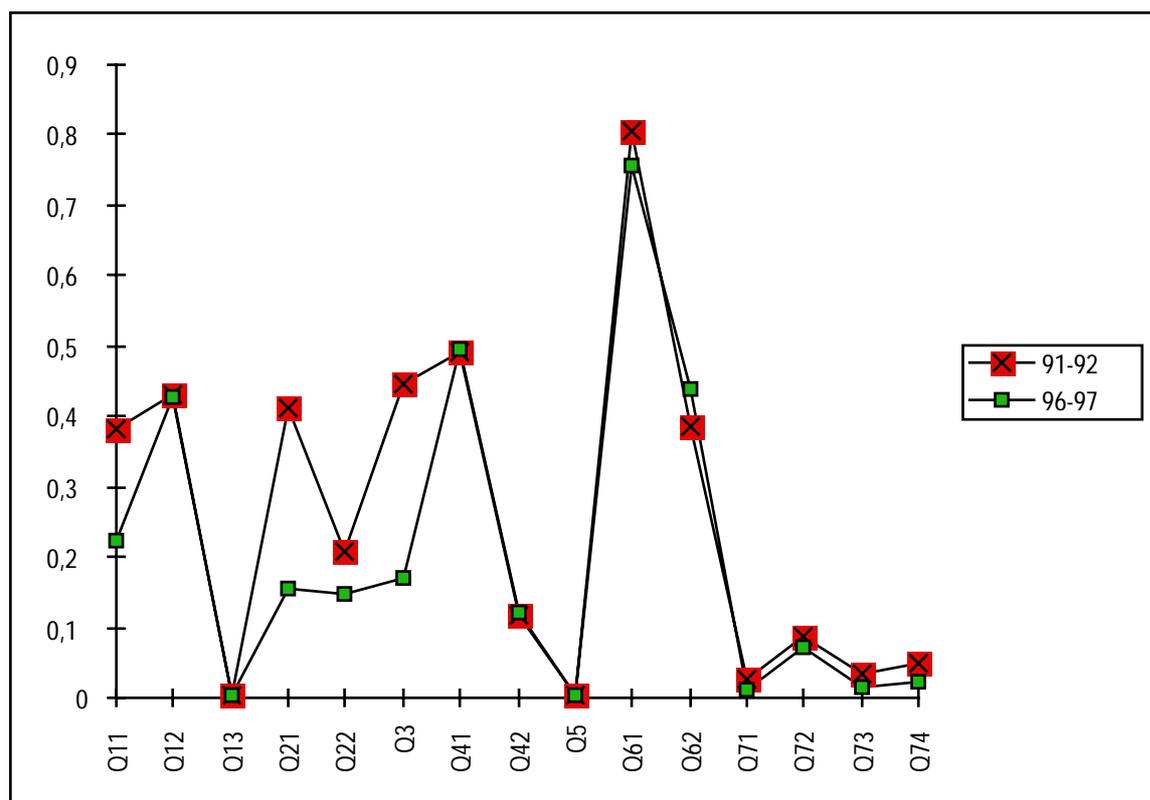
Au-delà des corrélations avec la réussite en janvier, et de manière plus positive, nous avons aussi voulu contrôler le pourcentage d'étudiants qui répondaient correctement (parfaitement, c'est-à-dire qu'ils obtenaient le maximum) aux diverses rubriques qui leur étaient proposées. Le tableau ci-dessous présente ces dernières et le pourcentage des étudiants qui y ont répondu correctement lors de nos deux périodes 91-92 et 96-97.

| | | 91-92 | 96-97 |
|-----|---|-------|-------|
| Q11 | Transcrire mathématiquement un énoncé | 38% | 22% |
| Q12 | Énoncer une formule | 43% | 43% |
| Q13 | Déduire une relation d'autres relations | 1% | 1% |
| Q21 | Se représenter l'objet décrit par la relation | 41% | 16% |
| Q22 | Analyser les relations et les unités | 21% | 15% |
| Q3 | Analyser graphiquement ou numériquement une fonction donnée | 45% | 17% |
| Q41 | Induire une formule mathématique à partir d'un graphique | 49% | 49% |
| Q42 | Lire et interpréter des informations sur un graphique | 12% | 12% |
| Q5 | Opérations sur les fonctions | 1% | 1% |
| Q61 | Grandeurs géométriques dans une figure 3D | 81% | 76% |
| Q62 | Construction géométrique dans une figure 3D | 39% | 44% |
| Q71 | Détermination de forces | 3% | 1% |
| Q72 | Calcul de grandeurs cinématiques dans un mouvement rectiligne | 9% | 7% |
| Q73 | Calcul de grandeurs cinématiques dans l'espace | 4% | 2% |
| Q74 | Utilisation de la notion d'énergie | 5% | 2% |

On se rend compte, dans cette analyse, que les compétences correspondant à l'analyse du comportement général de certaines relations mathématiques (Q21 : que se passe-t-il lorsqu'on augmente d'une unité l'exposant d'une fonction exponentielle ?), à l'analyse d'un graphique (Q3 : indiquer sur le graphique la solution d'un système de deux fonctions simples) ... sont moins bien maîtrisées en 96-97 qu'en 91-92.

Le graphique ci-dessous permet de visualiser plus facilement les différences observées.

10 Comment mettre en évidence et développer chez l'apprenant les compétences transversales requises pour le préparer à l'accès à l'enseignement supérieur ?



On peut également préciser que les différences rencontrées sur les questions Q11, Q21 et Q3 sont largement significatives. Le tableau ci-dessous montre les différences observées (pour la question Q11 relative aux âges de Pierre et de Paul) et leur caractère significatif pour le test de Student de comparaison des moyennes¹⁰.

Unpaired t-test for Q11

Grouping Variable: PERIODE

Hypothesized Difference = 0

| | Mean Diff. | DF | t-Value | P-Value |
|--------------|------------|-----|---------|---------|
| 91-92, 96-97 | ,940 | 387 | 4,184 | <,0001 |

Group Info for Q11

Grouping Variable: PERIODE

| | Count | Mean | Variance | Std. Dev. | Std. Err |
|-------|-------|-------|----------|-----------|----------|
| 91-92 | 197 | 3,711 | 4,860 | 2,204 | ,157 |
| 96-97 | 192 | 2,771 | 4,952 | 2,225 | ,161 |

En reprenant les résultats de 96-97 et à titre de synthèse de cette partie, on peut énoncer les capacités suivantes et les actualiser dans les situations proposées aux étudiants :

¹⁰ Dans la partie inférieure du tableau, nous constatons que le résultat moyen pour cette question (maximum de 7 points) est de 3,711 (197 étudiants) en 91-92 et de 2,771 (192 étudiants) en 96-97; cette partie fournit également les variances et erreurs associées à ces deux résultats. La partie supérieure démontre que la différence constatée entre ces deux moyennes (0,940) n'a qu'une chance infime ($p < 0,0001$) d'être statistiquement nulle.

- Transcrire mathématiquement un énoncé (le problème de Pierre et de Paul que nous avons présenté).
- Appliquer une opération sur une fonction (dérivée et intégrale, en précisant le sens de ces deux opérations ou autrement dit "A quoi ça sert ?").
- Lire et interpréter des informations sur un graphique (ce problème a été présenté dans la revue de novembre 1997).
- Calculer des grandeurs cinématiques dans l'espace (la direction du vecteur vitesse en deux points particuliers du mouvement parabolique).
- Énoncer une formule (il s'agissait principalement de la formule de Pythagore pour calculer un côté de l'angle droit alors que la formule généralement présentée permet de calculer l'hypoténuse).

On le voit, la plupart de ces énoncés réfèrent au passage d'un système de représentation à un autre : du texte aux équations, des équations au texte, du graphique à la mesure et à son interprétation, de la formule à son contexte d'application.

Au niveau des objectifs de cette recherche, nous pouvons annoncer que certains des items les plus discriminants de notre test ont été retenus dans le cadre du projet Mohican mandaté par le CREF (Conseil des recteurs francophones) et la CIUF (Conseil interuniversitaire de la Communauté Française) afin d'élaborer un "Check-up" (nos items contribuent à la partie "mathématiques" de ce test) pour les étudiants des premières candidatures de nos universités. Chaque étudiant recevra un diagnostic personnalisé et détaillé, lui permettant de situer son potentiel par rapport aux autres étudiants ayant passé l'épreuve. Les autorités des facultés recevront un diagnostic global (et donc aucun résultat individuel identifiable) et seront invitées à entreprendre des activités de remédiation pour les étudiants qui le souhaitent. Ce "Check-up" s'inscrit donc dans une politique de lutte contre certains types d'échec, dans un esprit formatif et positif, et non dans un esprit de sélection. C'est dans cet esprit que nous avons développé nos tests et les recherches associées.

C'est aussi dans cet esprit que nous avons entrepris la rédaction d'un manuel propédeutique pour les étudiants terminant leurs études secondaires et entamant les études supérieures afin qu'ils puissent situer leurs atouts et leurs lacunes et y remédier de la meilleure façon possible. C'est l'objet de la seconde partie de notre document.

II. LET'S MATH, UN MANUEL PROPEDEUTIQUE "INTERACTIF" ...

S'il est important de déceler de manière précoce les compétences lacunaires des étudiants qui entament des études supérieures, il est tout aussi important de leur offrir des outils leur permettant de remédier à ces déficiences. C'est pourquoi notre livre a été construit autour de ces compétences, c'est-à-dire des capacités (des activités comme celles que nous avons décrites plus haut : lire et interpréter un graphique, transcrire mathématiquement un énoncé ...) appliquées à des contenus (ici, une tentative d'intégration de la physique et des mathématiques) et dans des contextes variés (des exercices et applications sur des valeurs en tableau, sur des graphiques, à propos d'un énoncé en langage courant ou en langage formel ...).

2.1. Un livre classique somme toute ?

De prime abord, ce livre ressemble à bien des livres de mathématiques et de sciences. On y entre par une table des "matières" et un sommaire qui détaille ses sept chapitres principaux. À cette lecture, on reconnaît cependant déjà le souci de marier les mathématiques et la physique, la perception des phénomènes nous conduisant à la construction d'un objet mathématique ou, à contrario, des outils mathématiques s'avérant une bonne grille de lecture pour comprendre certains comportements physiques.

Le **chapitre I** a pour objet une rapide révision **de la géométrie et de la trigonométrie**; les cas de résolution de triangles rectangles et de triangles quelconques en constituent un temps fort.

Le **chapitre II** passe en revue les diverses opérations du **calcul vectoriel** (addition, soustraction et les produits) en les illustrant par des applications en physique (la cinématique et la statique).

Le **chapitre III** décrit les **fonctions les plus usuelles (la droite et la parabole)** et établit les liens entre ces dernières et les principaux mouvements étudiés en physique : le mouvement rectiligne uniforme et le mouvement rectiligne uniformément accéléré. Il se termine par l'étude des fonctions trigonométriques et des systèmes d'équations.

Le **chapitre IV** entre de plein pied dans l'étude de **l'analyse infinitésimale avec la notion de dérivée** qu'il illustre avec de nombreux compléments inspirés de la physique : les différents types de mouvements dans l'espace. Il se termine par une révision des fonctions logarithmiques et exponentielles.

Le **chapitre V** fournit un rappel des différents éléments utiles pour **l'analyse statistique** : moyenne, écart-type, calcul des erreurs.

Le **chapitre VI** constitue une synthèse des chapitres précédents en proposant différentes **applications inspirées de la cinématique et de la dynamique** : le mouvement circulaire, le cortège planétaire, les collisions.

Le **chapitre VII** propose différents compléments dans l'**analyse infinitésimale** : les **intégrales** sont passées en revue et appliquées aux notions de travail et d'énergie.

Dans chacun de ces chapitres, un accent particulier a été mis sur la représentation graphique et la "lecture" de ces graphiques. Généralement, dans les livres que nous avons rencontrés, les graphiques se présentent comme le produit fini d'une longue démarche. Dans notre manuel, la démarche est illustrée tout au long par une série de graphiques qui décomposent les diverses actions à mener et leurs interprétations.

Ces chapitres ne constituent pas non plus des boîtes étanches. Si nous parlons avec plus d'insistance dans le premier chapitre du triangle isocèle (le calcul de sa base à partir de l'angle au sommet et d'un autre côté), c'est parce qu'il fera surface au deuxième chapitre sur la différence de deux vecteurs égaux et plus loin encore quand nous reparlerons de l'accélération centripète dans un mouvement circulaire. C'est, pour nous, une certaine approche de la notion de transversalité : c'est ainsi encore que les droites et paraboles du troisième chapitre trouveront leur utilité dans les chapitres suivants, que les fonctions logarithmiques mettront un peu d'ordre dans la compréhension de la relation entre les distances et les périodes du cortège planétaire ainsi que dans l'ajustement de droites à des ensembles de données numériques.

2.2. Mais où sont les activités proposées pour les étudiants ?

Les tests

Chacun de ces chapitres est précédé d'un test rapide constitué de dix questions à choix multiples qui couvrent bien la matière exposée dans les chapitres. Nul besoin de dire que certains items de ces tests sont largement inspirés des items que nous avons proposés dans notre enquête. Il s'agit d'un premier moyen pour s'orienter dans le manuel : en effet, les solutions de ces tests sont chaque fois accompagnées du ou des numéros des pages consacrées à la matière en question. C'est ainsi que des difficultés ressenties dans la résolution de certaines questions du test indiquent prioritairement la matière à revoir dans le chapitre. Pour se rendre compte de ses progrès, il sera intéressant et motivant, pour l'étudiant, de refaire le test après l'étude et l'exercice de la matière en question.

Les applications

Des applications (résolues) et de nombreux exercices (à résoudre) sont proposés à l'étudiant. Il en trouvera des solutions détaillées en fin de chacun des chapitres sur du papier de couleur afin de les repérer facilement. Ces solutions sont proposées en cinq temps ou étapes (discontinues et séparées les unes des autres) qu'il importe de ne pas vouloir découvrir trop vite :

1) *Les connaissances à mettre en place.* Ces connaissances et leurs contextes d'utilisation peuvent être retrouvés dans la table (dont nous reparlerons) en fin d'ouvrage : on peut y découvrir les pages de la théorie associée (dans les différents chapitres) et également celles des applications ou des autres exercices complémentaires.

Par exemple, l'exercice VI.1 (premier exercice du chapitre VI) fait appel aux connaissances nécessaires pour l'ajustement d'une droite. En allant voir dans la "table des connaissances et contextes" le terme "ajustement d'une droite", on remarque que cette compétence est entraînée au chapitre III (relation linéaire : $y = ax + b$), au chapitre

IV (linéarisation de problèmes et logarithmes de diverses opérations), au chapitre V (analyse de résultats) et au chapitre VI (troisième loi de Képler). Chaque fois, des applications et d'autres exercices sont proposés.

Si ces éléments de connaissance ne sont pas suffisants, l'étudiant ira voir l'étape suivante.

2) *Des indications plus détaillées* sur les éléments à utiliser ou la marche à suivre pour résoudre cet exercice. Il s'agit ici de présenter une démarche possible pour aborder le problème et y progresser.

3) *La démarche de résolution* proprement dite. A ne pas aller voir trop vite.

4) *La solution* du problème proposé.

5) Dans certains cas, *une démarche alternative* pour résoudre le problème. Il s'agit le plus souvent de montrer comment vérifier sa réponse.

Cette approche résulte d'une mise en pratique de ce qu'il est convenu d'appeler "la démarche de résolution de problèmes" : repérer les éléments et les indices constitutifs du problème, faire des hypothèses sur la démarche à entreprendre, planifier cette démarche et l'effectuer, contrôler la réponse obtenue en fonction des questions initiales et éventuellement vérifier son approche par une démarche alternative.

De nombreux pictogrammes ponctuent les pages des différents chapitres. Certains permettent au lecteur de mieux s'orienter dans l'ouvrage et de faire les liens entre les différentes notions (une flèche vers le haut : renvoi à un chapitre précédent ou une flèche vers le bas : renvoi à un chapitre suivant). D'autres indiquent des notions importantes à reporter dans son cahier (l'icône d'un cahier), un dessin, un schéma ou un graphique à reproduire ou à réaliser (un appareil photo), un outil mathématique particulièrement important et utile (un tournevis).

D'autres encore signalent des erreurs fréquentes ou des pièges à éviter (l'icône de l'araignée est éloquente).

La table des connaissances et contextes

Finalement l'ouvrage se termine par la table des connaissances et de leurs contextes d'utilisation ; on y est amené dès la première phase de la démarche de résolution du problème. Il s'agit pour nous d'offrir un terrain d'exercices des compétences en proposant de montrer comment des connaissances peuvent contribuer à des contextes variés. Il s'agit aussi d'un index qui permettra au lecteur de retrouver des notions importantes, utiles pour les exercices, ou encore des éléments qu'il souhaite revoir. Le propos de cet index est de tisser des liens (d'actualiser l'*apprentissage*) entre les différentes notions et les différents contextes dans lesquels elles s'appliquent. Voici un exemple extrait de cette table :

Mouvement circulaire

| | | |
|---|------------|---------------------|
| Soustraction de deux vecteurs : • Application : II.11 | page II.11 | |
| Cinématique : • Application : II.41 | page II.39 | exercice 19 : II.42 |
| Accélération centripète : | page IV.31 | exercice 26 : IV.35 |
| Composition de mouvements : • Application : IV.29 | page IV.29 | |
| Mouvement circulaire : | page IV.29 | exercice 24 : IV.31 |
| Dynamique du mouvement circulaire : • Application : VI.14 | page VI.14 | exercice 12 : VI.15 |

Et l'histoire continue ... en allant voir la page II.11 relative à la soustraction de vecteurs identiques, l'étudiant sera reconduit au triangle isocèle du premier chapitre.

Les enseignants y trouveront sans doute des applications ou des situations problèmes intéressantes. Des notions difficiles à faire comprendre (comme les logarithmes) s'actualiseront dans la compréhension du cortège planétaire, dans l'ajustement linéaire ou encore dans la construction de l'intégrale de la fonction $1/x$.

III. CONCLUSIONS

Il nous semble que les objectifs de cette recherche sont bien atteints. Nos publications diverses (dans cette revue et aux colloques nationaux et internationaux) ont permis d'établir des liens entre les préoccupations des enseignants de l'enseignement secondaire et de l'enseignement supérieur. Modestement, nous les avons aussi outillé d'un test leur permettant d'évaluer certaines compétences des étudiants en début ou au terme des enseignements. Dans les domaines que nous avons investigués (les mathématiques et la physique), ils seront mieux informés quant aux mesures à entreprendre pour faciliter la transition secondaire-supérieur et l'intégration des étudiants dans les enseignements supérieurs. Les chercheurs bénéficieront aussi d'un outil (parmi d'autres) leur permettant de mieux jauger certains effets des dispositifs innovants en matière d'enseignement et de remédiation ... l'état initial des étudiants est souvent un paramètre peu ou mal contrôlé.

Enfin les étudiants se destinant principalement aux études plus scientifiques trouveront un outil (notre manuel) à la fois d'autoévaluation et d'autoapprentissage qui leur permettra d'acquérir certains atouts (parmi d'autres) pour entreprendre les études supérieures.

Ce manuel sera prochainement publié par le Service général des affaires générales, de la recherche en éducation et du pilotage interréseaux de l'Administration générale de l'enseignement et de la recherche scientifique à la fois à l'intention des enseignants et des étudiants. Nous profitons de cet article pour remercier le Service général et notre comité d'accompagnement pour les conseils, le soutien constant et l'encouragement dont nous avons bénéficié tout au long de notre travail.