

# ÉTUDE ET MISE A L'ÉTUDE DES MATHÉMATIQUES EN CLASSES PRÉPARATOIRES ÉCONOMIQUES ET COMMERCIALES

Lynn **FARAH**

LDAR, Docteur de l'Université Paris Diderot

[lgf00@mail.aub.edu](mailto:lgf00@mail.aub.edu)

## **Résumé**

Ce texte présente une partie de la recherche d'une thèse portant sur l'étude des mathématiques en classes préparatoires aux écoles de commerce. Dans ce qui suit, il s'agit de repérer les principaux dispositifs institutionnels mis en place par les professeurs dans leurs classes afin d'agir sur les façons de travailler des étudiants. Pour notre cadre conceptuel, nous empruntons des éléments à la TAD ainsi qu'à des travaux de sociologie de l'éducation.

## **Mots clés**

Classes préparatoires, dispositifs institutionnels, mathématiques

## INTRODUCTION – CONTEXTE

L'échec, pouvant aller jusqu'à l'abandon, des étudiants au cours des premières années universitaires est un phénomène bien connu en France. Toutefois, les différentes institutions de l'enseignement supérieur français ne se valent pas sur ce plan. En effet, les étudiants de filières parallèles sélectives (IUT, STS et CPGE – Annexe 1) semblent en grande majorité réussir beaucoup mieux que ceux de l'université, comme le mettent en avant les données officielles renseignées par le ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche (Annexe 2). Ceci semble jouer un rôle important dans l'attractivité de ces dernières.

Les causes de l'échec universitaire relèvent d'une accumulation de facteurs qui dépasse le diagnostic usuel expliquant l'échec par le manque de travail. Parmi les facteurs contribuant de manière importante à cet échec et identifiés par les nombreux travaux en didactique des disciplines et sciences de l'éducation qui se sont intéressés à ce thème (voir Farah, 2015), nous retiendrons les deux suivants, qui apparaissent massivement : la rupture secondaire/supérieur au niveau des contenus et de l'activité d'étude requise, notamment pour les mathématiques ; le faible encadrement des étudiants dans les filières non sélectives. En effet, dans l'enseignement supérieur, il est attendu que les étudiants développent en dehors de la présence des enseignants et en plus des tâches qui leur sont prescrites un travail personnel autonome important. Or celui-ci ne se situe pas nécessairement dans le prolongement de celui qui assure une certaine réussite au lycée.

Les CPGE, sur lesquelles est centré notre travail de recherche dans la continuité de celui de Castela (2011), se distinguent largement de l'université sur les points

considérés couramment comme causes d'échec. Les étudiants intègrent cette filière de premier cycle d'enseignement supérieur après le baccalauréat par sélection sur dossier afin d'y préparer pendant deux ans (ou éventuellement trois ans en cas de redoublement par exemple) les concours d'entrée aux grandes écoles (écoles de commerce, écoles d'ingénieurs et écoles vétérinaires, notamment). Les CPGE sont connues pour leur sélectivité dans le recrutement des étudiants. En effet, les préparateurs sont d'habitude les meilleurs bacheliers et les CPGE sont communément décrites comme visant la production des élites, ce qui leur garantit une certaine stabilité au cours du temps et leur attribue un grand prestige au sein du système éducatif français. Non seulement elles sont fréquentées par des étudiants ayant eu au lycée des résultats nettement au dessus de la moyenne, mais de plus les CPGE sont caractérisées par l'existence d'un encadrement important, plus proche des étudiants, plus constant, qu'il ne l'est à l'université. À ceci s'ajoute un fonctionnement par classe stable, d'effectif relativement modéré, au sein de laquelle le travail collectif est bien promu (Darmon, 2013 ; Daverne & Dutercq, 2013 ; Rauscher, 2010). Ces institutions, considérées tant du point de vue des contraintes qu'elles font peser sur les étudiants que du point de vue des ressources qu'elles leur apportent, constituent un terrain d'observation dont nous avons étudié de près le fonctionnement dans le cas des mathématiques.

Dans ce texte, nous nous intéressons en particulier à la façon dont ces institutions procèdent pour aider les étudiants à construire un nouveau mode de travail en mathématiques adapté aux exigences des CPGE. Le changement d'institution, du lycée à la CPGE, représente une rupture marquée pour les étudiants, notamment au niveau du travail personnel qu'ils doivent réaliser pour réussir, thème auquel nous avons consacré notre travail de thèse (Farah, 2015). Par ailleurs, il faut préciser que l'évaluation en classes préparatoires est entièrement conditionnée par la nature des épreuves des concours d'entrée dans les écoles. En mathématiques, les épreuves du concours portent donc sur l'intégralité du programme des deux années, ce qui n'est jamais le cas à l'université, ni au lycée d'ailleurs. Nous faisons l'hypothèse que ceci suppose le développement d'une organisation praxéologique mathématique permettant aux étudiants, en toute autonomie, de convoquer à bon escient et d'utiliser les praxéologies pertinentes, selon les questions à traiter (Castela, 2011). Ceci suppose en particulier la construction de savoirs pratiques relatifs aux différentes techniques<sup>1</sup>. Nous nous centrons dans ce qui suit sur les liens entre l'organisation institutionnelle de l'étude en classes préparatoires et l'organisation personnelle, afin de cerner en quoi ces institutions assurent concrètement l'étayage des étudiants. Nous recherchons des dispositifs mis en place par l'institution, en particulier par les professeurs, qui contribuent à faire évoluer les modes de travail personnel des étudiants et qui pourraient éventuellement être transposés à l'université.

Les CPGE se répartissent en trois filières : scientifique (S), économique et commerciale (EC) et littéraire (L). La filière EC qui prépare les étudiants aux écoles de commerce, et sur laquelle nous nous centrons ici, se décline en trois voies : la voie

---

<sup>1</sup> Castela (2011) affirme que les savoirs pratiques relèvent « *des savoirs sur le fonctionnement mathématique d'une part et d'autre part des savoirs concernant l'activité de résolution proprement dite, considérée comme dotée de traits relativement invariants, d'une situation de recherche à l'autre et d'un sujet à l'autre* » (p. 37). Selon elle, ces savoirs « *débordent largement du cadre du savoir savant* » (2000, p. 331), ils ne sont pas totalement pris en charge par le savoir essentiellement théorique explicitement enseigné et institutionnalisé. Ainsi, ils « *n'apparaissent quasiment pas en tant qu'enjeux explicites de l'enseignement alors que leur acquisition est une condition de la réussite* » (ibidem, p. 331).

économique (ECE) accueille des élèves issus principalement du baccalauréat Économique et Social, la voie technologique (ECT) est destinée aux élèves issus du baccalauréat Sciences et Technologies du Management et de la Gestion, et la voie scientifique (ECS) majoritaire est réservée aux élèves issus du baccalauréat Scientifique. Notre recherche porte sur la première année de classes préparatoires aux écoles de commerce (filière EC) de voie Scientifique<sup>2</sup>.

## CADRE DE REFERENCE

Nous nous intéressons aux institutions que sont les classes préparatoires aux écoles de commerce, à leur fonctionnement et leur rôle, ainsi qu'à l'assujettissement des étudiants, sujets de ces institutions particulières, et son effet sur leurs activités, leurs façons de faire et de penser. Nous avançons l'hypothèse qu'à travers leur mode de fonctionnement, ces institutions aident leurs étudiants à construire un nouveau mode de travail adapté aux exigences des classes préparatoires. Pour cette dimension, nous faisons d'abord référence aux fondements de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD), en considérant le poids et l'action des institutions (Chevallard, 1992, 2003). Nous adoptons la définition de Chevallard (2003) qui décrit une institution *I* comme « *un dispositif social total, qui peut certes n'avoir qu'une extension très réduite dans l'espace social (il existe des "micro-institutions"), mais qui permet – et impose – à ses sujets, c'est-à-dire aux personnes  $x$  qui viennent y occuper les différentes positions  $p$  offertes dans  $I$ , la mise en jeu de manières de faire et de penser propres* » (p. 82). Pour notre étude, nous considérons d'abord à un niveau global l'institution CPGE au sein de laquelle les individus viennent occuper les positions d'étudiant, de professeur, de colleur<sup>3</sup>, d'administratif... Au niveau local, nous nous focalisons en premier lieu sur l'enseignement des mathématiques dans les sous-institutions qui correspondent à la filière EC et ensuite à la voie ECS. En second lieu, nous considérons l'enseignement des mathématiques dans l'institution que représente chaque établissement. Enfin, nous nous penchons sur l'institution classe de chaque professeur avec deux positions essentielles, celles de professeur et d'étudiant.

Quelle que soit l'institution en question, il est nécessaire de mettre en avant l'idée de stabilité de l'organisation, soulignée notamment par Darmon (2013) et Rauscher (2010). Darmon met en évidence des dispositifs institutionnels partagés dans les CPGE, qui mettent les étudiants au travail et les encadrent : « *l'institution préparatoire contrôle par redondance, par la répétition d'une même injonction ou d'un faisceau remarquablement parallèle d'injonctions homologues. Divisés, voire en lutte explicite sur bien des points, les professionnels de l'institution préparatoire donnent néanmoins à voir une entreprise institutionnelle unifiée et concordante dans*

---

<sup>2</sup> Pour un descriptif détaillé de la structure et du fonctionnement des CPGE, se référer à Farah (2015, pp. 27-35).

<sup>3</sup> Une colle est un dispositif d'évaluation spécifique aux classes préparatoires. Elle a lieu toutes les deux à trois semaines. Elle prend en mathématiques la forme d'une interrogation orale d'une heure par groupe de trois étudiants qui travaillent individuellement mais simultanément au tableau pour répondre à des questions de cours et/ou résoudre des problèmes proposés par un professeur présent appelé "colleur". Une colle de mathématiques peut admettre des variantes de forme et de contenu selon les voies et/ou les lycées.

*sa volonté d'émulation des troupes scolaires* » (p. 60). Conformément aux hypothèses de la TAD, Rauscher souligne que les sujets de l'institution CPGE en position de professeur (de chaque discipline, donc en particulier de mathématiques) partagent majoritairement des traits communs d'origine et d'expérience. Ils forment ainsi un groupe social particulier, résultat de plusieurs mécanismes en interaction, et prennent des décisions en tant qu'équipe. Ceci permet de réduire la variabilité des classes qui reste alors contrôlée malgré les différences personnelles entre les professeurs. Cette continuité et stabilité postulées des CPGE, au niveau des normes du métier de professeur de CPGE et au niveau de l'organisation d'étude créée par chaque professeur, nous permettent d'envisager l'influence de l'institution globale CPGE sur le travail des étudiants.

Par ailleurs, la TAD ne s'est pas vraiment jusqu'à présent attardée sur la façon dont les institutions exercent ces actions d'assujettissements et de soutien au travail personnel des étudiants. En effet, selon Chevillard (2003), lorsqu'un individu  $x$  vient occuper une position  $p$  au sein d'une institution  $I$ , on dit qu'il est assujéti à - « *c'est-à-dire à la fois soumis à et soutenu par* » (p. 82) - l'institution dont il devient un sujet. En d'autres termes, l'institution  $I$  soumet les activités de ses sujets à un ensemble de contraintes, règles, normes et rituels qui précise les attentes institutionnelles envers les individus agissant au sein de  $I$ . Les individus doivent satisfaire ces attentes en adaptant, au moins en partie, leurs actions aux exigences institutionnelles. Or, la TAD ne s'est pas intéressée aux processus par lesquels tous les rapports des sujets entrant dans une institution  $I$  se transforment de façon à être conformes aux attentes de cette dernière. En particulier, si la TAD prend en compte des configurations particulières de transmissions de praxéologies mathématiques, elle ne s'occupe pas des dispositifs qui aident les sujets à adapter leurs rapports à des objets non-disciplinaires. Ceci permettrait de comprendre comment les institutions peuvent atteindre leurs enjeux d'apprentissage "pédagogiques" ou "éducatifs", en plus des objectifs didactiques disciplinaires. Ainsi, notre cadre s'étend au-delà de celui de la TAD, pour incorporer le travail en sociologie mené par Darmon (2013) qui permet d'éclairer certains aspects importants du fonctionnement et du rôle de l'institution CPGE. Darmon définit un type particulier d'institution à partir des fonctions socialisatrices de l'institution CPGE que, dans une perspective bourdieusienne, elle étudie comme un lieu de « sociogenèse des habitus », c'est-à-dire comme institution de fabrication d'un type particulier de personnes. Selon elle, les CPGE, ces institutions « *enveloppantes* », travaillent les élèves, elles les forment et transforment à travers des « *processus de socialisation institutionnelle préparatoire* » (p. 16). Ainsi, elle analyse les différents dispositifs du fonctionnement quotidien qui permettent à l'institution d'exercer ses effets sur les élèves.

Du point de vue de la TAD, nous pouvons faire appel à l'échelle de codétermination didactique, notamment en différenciant les dispositifs qui relèvent de l'organisation globale de l'institution CPGE, soit au niveau Ecole, les dispositifs ou types de tâches qui sont communs aux CPGE et aux disciplines, qui concernent les conditions et contraintes au niveau Pédagogie, et enfin les éléments spécifiques aux savoirs au niveau de la Discipline mathématique. Darmon considère qu'afin de faire en sorte que l'assujettissement ait lieu dans toute l'institution, chez tous les professeurs, l'institution CPGE produit des techniques pour un certain nombre de types de tâches qui ne sont pas didactiques et qui ne visent pas des enjeux d'instruction, pour lesquelles le changement de rapport peut s'exercer à un niveau didactique ou à niveau plus générique. Elle s'intéresse à un certain type de processus d'assujettissement à travers l'analyse des différents dispositifs du fonctionnement quotidien qui permettent

à l'institution d'exercer ses effets sur les élèves, en les transformant mais aussi en les soutenant. Ainsi, Darmon repère des techniques (disciplinaires) de surveillance, de sanction, d'examen et d'empressement<sup>4</sup>. La surveillance de la conduite et de l'assiduité est d'abord assurée par l'administration et les enseignants à travers le contrôle des absences et des retards, et ensuite par les colleurs. Les sanctions portant sur la conduite, le manque de sérieux ou l'inadéquation du travail ont une visée stratégique de mise au travail des élèves plutôt qu'une approche punitive. Il s'agit en effet de « *sanctions normalisatrices* » (p. 46) qui assurent l'efficacité de la surveillance. L'examen en classes préparatoires suit le travail de chaque élève individuellement ; sa forme la plus visible est le rang du classement. Il vise une singularisation et une différenciation des élèves, sans toutefois se limiter aux questions scolaires puisqu'il porte aussi sur le comportement et s'intéresse à l'élève comme une personne qui peut être en souffrance. L'institution CPGE a aussi recours à une quatrième technique de contrôle : « *la mise sous pression d'une population qu'il ne s'agit pas tant de faire obéir que de faire travailler* » (p. 51). En effet, les classes préparatoires mettent les élèves sous pression afin d'assurer leur formation intellectuelle et leur réussite aux concours. Il existe un ensemble de techniques « *qui constitue ce qu'on peut appeler un travail de l'empressement : faire en sorte que la pression, que le rythme se maintiennent* » (p. 54). Les dispositifs de surveillance, sanction et examen contribuent à cette mise sous pression en même temps qu'ils façonnent les modes de travail et informent l'enseignant sur les élèves. Il s'avère que le processus d'assujettissement se réalise à travers une prise en compte des individus, ce qui n'est pas un cas général et semble fortement paradoxal. En effet, Darmon met l'accent sur le fait que l'institution des classes préparatoires travaille à adoucir la violence préparatoire tout en étant « *soucieuse* » (p. 73) du bien-être des étudiants. Elle décrit alors l'institution des classes préparatoires comme étant « *puissante mais non totalitaire, violente mais soucieuse du bien-être de ses membres, elle opère en individualisant à l'extrême plutôt qu'en homogénéisant, renforçant de fait sa prise sur les individus qui en sont membres* » (pp. 28-29).

Ces résultats convergent avec ceux de Daverne et Dutercq (2013) qui s'intéressent aux stratégies des lycéens et des élèves de CPGE, visant à assurer leur réussite scolaire, ainsi qu'aux approches pédagogiques des établissements et enseignants qui les accueillent. Les auteurs cherchent d'abord à déterminer qui sont les "bons élèves" de CPGE de nos jours qu'ils décrivent comme « *une nouvelle population de bons élèves, motivés, intéressés, mais forts éloignés du modèle d'excellence* » (p. 7), en les comparant notamment avec les "héritiers" de Bourdieu. Ensuite, ils se penchent sur les exigences des CPGE ainsi que sur les conditions de travail des élèves qui intègrent ces filières sélectives, en se focalisant sur les relations "démystifiées" qui se développent entre les élèves et les professeurs, afin de repérer ce qui favorise la réussite des bons élèves. Daverne et Dutercq mettent en avant la « *pression regrettée et acceptée* » (p. 90) que subissent les préparateurs, ainsi que l'adaptation individualisée de l'enseignement, caractéristiques qui permettent une « *socialisation par conversion* » (p. 8). Ils s'intéressent en particulier aux dispositifs institutionnels qui permettent de mettre les élèves au travail tout en assurant un encadrement personnalisé et un accompagnement psychologique. Ils soulignent le fait que les professeurs font preuve d'une grande flexibilité et d'adaptation face à un public qui évolue rapidement avec les politiques de démocratisation de l'éducation, pour devenir

---

<sup>4</sup> Darmon emprunte les trois premiers termes à M. Foucault. Il faut préciser que "disciplinaire" ici ne fait pas référence à UNE discipline mais à LA discipline.

de plus en plus hétérogène en termes de bagage académique mais aussi de milieu social.

Nous avons cherché à développer la dimension institutionnelle de notre recherche du point de vue des professeurs impliqués dans l'étude. Nous considérons alors deux niveaux : le premier concerne la façon dont les professeurs sont assujettis à l'institution CPGE et intériorisent les déterminations qui en sont issues ; le deuxième concerne la classe de mathématiques de chaque professeur, institution locale que ce dernier crée avec des dispositifs stables que nous cherchons à identifier. Nous avançons que les assujettissements aux CPGE créent un cadre dans lequel chaque professeur dispose d'une autonomie où il peut donner libre cours à son individualité, celle-ci étant toutefois limitée par la culture commune des professeurs de classes préparatoires mise en évidence par Rauscher. En prenant appui sur l'ouvrage de Darmon, sur son analyse d'un certain type d'institutions et d'un certain type de processus d'assujettissement, nous mettons en avant l'analyse du fonctionnement de l'institution CPGE afin d'explorer comment s'exerce sa fonction socialisatrice. Son travail nous amène à prendre en compte des formes de dispositifs qu'une trop forte centration sur les dispositifs contraignants nous aurait amenée à négliger. Nous formulons alors la question de recherche suivante que nous traitons dans ce texte : par quels dispositifs institutionnels, à deux niveaux d'une échelle d'institutions, CPGE d'une part, classe d'un professeur d'autre part, s'exerce la transformation du mode de travail personnel, ces dispositifs étant recherchés dans les catégories des techniques définies par Darmon ?

## METHODOLOGIE

Pour répondre à cette question, nous nous appuyons essentiellement sur une analyse de données qualitatives collectées auprès de deux professeurs de mathématiques enseignant en première année de classes préparatoires ECS dans deux lycées de région parisienne. Il s'agit d'abord d'entretiens semi-structurés menés avec ces deux professeurs pour lesquels des questions spécifiques à chacun ont été construites à partir de nos questionnements et hypothèses concernant sa classe. Ces entretiens visent essentiellement à obtenir des précisions concernant les dispositifs institutionnalisés dans les classes. À cela s'ajoutent deux questionnaires que les professeurs ont complétés : le premier inspiré de celui de la thèse de Rauscher (2010) concerne leur parcours professionnel et le choix d'enseigner en CPGE ; le second inspiré de l'ouvrage de Darmon (2013) porte sur les dispositifs d'évaluation et d'empressement que les professeurs instaurent dans leurs classes respectives afin de mettre les étudiants au travail, ainsi que sur les façons d'adoucir la violence préparatoire en termes de soutien ou réconfort que les professeurs apportent aux étudiants.

Il faut cependant préciser que notre étude comportait initialement une composante étudiants importante dont nous ne rendons pas compte dans ce texte, mais sur laquelle nous nous appuyons afin d'élaborer certaines hypothèses et construire les outils destinés aux professeurs. En effet, en raison de plusieurs obstacles du terrain rencontrés au cours de notre recherche doctorale, nous avons été obligée de repenser notre problématique, initialement centrée sur le travail personnel des étudiants, afin de nous pencher sur les pratiques des professeurs. Nous avons en premier lieu recueilli

des données concernant le travail personnel des étudiants encadrés par les deux professeurs en question, ainsi que l'organisation et le déroulement du cours de ces derniers, les épreuves qu'ils mettent en place et les diverses ressources qu'ils fournissent aux étudiants. Pour ce faire, nous avons eu recours à des questionnaires étudiants de type pré-post afin de produire des faits quantitatifs sur les classes, ainsi qu'à divers échanges avec les étudiants (discussions informelles, entretiens et échanges par mails). Ainsi, nous adoptons une approche particulière en regardant les pratiques enseignantes à travers les lunettes des informations obtenues grâce aux divers outils destinés aux étudiants.

Une limite évidente dont nous sommes consciente est que nous n'avons pas analysé de séances effectives de cours afin de valider les informations obtenues à travers les divers échanges avec les étudiants et les professeurs concernant les pratiques, discours et dispositifs de ces derniers. Cette limite est avant tout imputable aux contraintes temporelles d'un travail de thèse, d'autant plus que nous ne cherchions initialement à approcher les pratiques des professeurs que pour éclairer les résultats du questionnaire étudiant. Cependant, nous avons par la suite réussi à nous rapprocher des pratiques des professeurs en dépassant l'obstacle du déclaratif grâce à l'analyse de notes de cours de quelques étudiants sélectionnés. En effet, dans une dernière phase de notre étude, nous avons cherché à confirmer les assertions des professeurs concernant leurs cours et l'organisation de l'étude dans leurs classes. Nous avons alors cherché à reconstituer la version la plus fidèle possible du texte écrit et de la partie orale du cours entier de chaque professeur pour deux chapitres de mathématiques en nous intéressant particulièrement à la structure du texte du cours et à ce qui transparaît du processus d'étude du cours en classe institué par le professeur. Notre objectif était de rechercher des indications sur ce que font ou disent les professeurs pendant le cours pour influencer le travail des étudiants. Nous sommes partie des photocopiés de cours des professeurs que nous avons complétés à travers les notes des étudiants. Nous devons préciser que nous ne pouvions être certaine de la complétude des notes des étudiants, même si elles semblaient être exhaustives et si les étudiants sélectionnés étaient désignés par leurs professeurs comme preneurs de notes. Néanmoins, le degré de proximité entre les notes des divers étudiants sélectionnés laissait supposer que la quasi-totalité vient du professeur. Nous postulons que les mots identiques proviennent de ce qui est écrit puis recopié du tableau, tandis qu'une même idée représentée dans deux productions avec des formulations légèrement différentes vient d'un commentaire au moins oral de la part du professeur. De plus, nous ne pouvions pas savoir si les étudiants avaient bien noté tout ce qui a été dit à l'oral.

## PRINCIPAUX RESULTATS

Nous avons cherché à approcher les pratiques des enseignants, en nous intéressant notamment aux dispositifs qu'ils mettent en place et à leur « *discours méta* »<sup>5</sup> (Robert & Robinet, 1993, p. 1), à partir des informations recueillies grâce aux entretiens et questionnaires qui leur sont destinés. Nous devons préciser que nous avons peu

---

<sup>5</sup> Selon Robert et Robinet (1993), le discours du professeur contient des éléments dits méta sur les mathématiques et sur les façons de faire et d'apprendre les mathématiques.

d'éléments qui permettent de déterminer quelle est la proximité des propos des professeurs avec ce qui a effectivement eu lieu en classe, hormis ce qui converge avec les déclarations de leurs étudiants dans certain cas. Cependant, nous notons une cohérence interne forte dans le discours de chaque professeur. Il s'avère que les professeurs cherchent à mettre les étudiants au travail et à façonner leurs modalités d'étude à travers plusieurs dispositifs collectifs qu'ils instaurent pour la classe. De plus, ils suivent de près le travail de chaque étudiant à travers des dispositifs individualisés. Grâce à ces derniers, les professeurs développent et appliquent divers types de techniques d'empressement. Cette mise sous pression des étudiants a pour objectif d'assurer leur formation intellectuelle et leur réussite aux concours, mais elle est modérée grâce à un aspect relationnel très présent.

### **Le cours du professeur et le suivi au-delà**

L'organisation et le déroulement du cours du professeur constituent le premier aspect de l'encadrement du travail des étudiants. Nous avons repéré plusieurs dispositifs communs aux deux professeurs, que nous pouvons attribuer à l'institution CPGE de voie ECS. Pendant l'explication du cours de mathématiques en classe, les professeurs essayent de retenir l'attention des étudiants en encourageant leur participation active dans l'élaboration du cours et en les incitant à poser des questions fréquemment. Le cours est complété et illustré par des exemples et exercices travaillés en classe ou à la maison puis corrigés en classe. Les séances de cours sont aussi l'occasion de continuer le travail entamé lors des Travaux Dirigés (TD), assurés par le même professeur, lorsque cela est nécessaire. Ces TD permettent aux étudiants de travailler des exercices au sein d'un groupe à effectif réduit, favorisant ainsi les échanges avec le professeur ainsi qu'avec les camarades. Les deux professeurs en question ont recours à un polycopié qui constitue la base de l'explication du cours et qu'ils distribuent systématiquement ou occasionnellement, selon les séances, aux étudiants. Selon le professeur, la promotion ou le chapitre, ce polycopié peut être complet ou abrégé, sachant que chaque professeur modifie son polycopié régulièrement afin de l'adapter au niveau des étudiants et à leurs capacités de suivi (concentration, compréhension et prise de notes). De même, le rythme du cours est ralenti ou accéléré en conséquence.

En plus du temps consacré en classe à l'explication du cours et la résolution et correction d'exercices, les professeurs se montrent toujours disponibles pour aider les étudiants en dehors de la classe. Ils sont prêts à répondre aux questions, fournir des explications et proposer, voire même corriger, un travail supplémentaire à ceux qui en demandent. Toutefois, les deux professeurs disent donner suffisamment de travail à leurs yeux (des fiches d'exercices régulières ainsi que des fiches supplémentaires dans certains cas avec leurs corrigés) et déconseillent le recours aux ressources complémentaires notamment par manque de temps. De plus, les professeurs organisent des cours de soutien hebdomadaires, facultatifs ou obligatoires selon le cas, en espérant ainsi garantir que les étudiants reçoivent toute l'aide envisageable au sein de l'institution.

### **Les discours constants du professeur sur la façon de travailler des étudiants**

À travers les discours des professeurs, nous avons repéré plusieurs éléments d'aide communs aux deux professeurs, à des niveaux plus ou moins génériques. Nous conjecturons que ces éléments de discours sont intériorisés par plusieurs étudiants



puisque nous les retrouvons explicitement dans les échanges avec eux, ce qui met ainsi en avant leur intégration par ces derniers.

Une première catégorie d'éléments concerne des façons de travailler attendues des étudiants et communes aux deux professeurs de la voie ECS. Par exemple, les professeurs encouragent les étudiants à travailler régulièrement afin d'apprendre leur cours et de préparer les exercices donnés (pour les TD ou les séances de cours normales) ; ils insistent beaucoup sur ce point du début à la fin de l'année. Ou encore, ils les invitent à privilégier l'écoute à la prise de notes pour les commentaires qu'ils font oralement pendant le cours, en expliquant que tous les éléments mathématiques importants à retenir sont fournis dans le polycopié ou à travers ce qui est noté au tableau. De plus, les professeurs donnent des instructions très précises concernant la préparation des colles ou des Devoirs Surveillés (DS - soit les épreuves notées réalisées en classe), en termes de temps de préparation, de ressources à utiliser, voire même de démonstrations ou d'exercices à préparer dans certains cas.

Ensuite, nous avons identifié des éléments d'aide communs qui se rapportent à des savoirs pratiques relatifs aux techniques, qui « *peuvent contribuer à faire gagner des connaissances aux élèves en relation avec la tâche attendue* » (Robert & Vandebrouck, 2014, p. 252). Par exemple, les professeurs expliquent régulièrement aux étudiants la façon de procéder pour apprendre un cours de mathématique. Ils insistent sur l'importance d'une lecture active et réflexive suivie d'une restitution de tous les éléments importants du cours, de préférence par écrit. De plus, ils mettent en avant le rôle de la décontextualisation dans l'apprentissage mathématique. Ils soulignent autant l'importance des résultats qu'apportent les démonstrations que l'utilité de leurs éléments génériques de raisonnement. Ils mettent aussi l'accent sur les techniques utilisées dans l'élaboration des exercices (types). Pour les professeurs, il s'agit d'éléments que les étudiants doivent être capables d'acquérir et de réinvestir dans d'autres situations. Par ailleurs, les professeurs insistent sur la nécessité de multiplier les essais face aux difficultés lors de la résolution de tout exercice jusqu'à la maîtrise. Ils encouragent les étudiants à éviter de limiter leur travail de retour sur les exercices déjà résolus à une simple lecture de la solution, en favorisant toujours une résolution par écrit qui permet une validation de l'apprentissage. Nous pouvons faire ici référence à la notion « *d'aides constructives* » (Robert, 2008, p. 51) que proposent les professeurs aux étudiants concernant l'étude du cours, le travail autour des exercices et la décontextualisation dans les démonstrations et exercices, notamment lors de la préparation des DS, mais aussi pour le travail ordinaire entre deux séances de mathématiques.

### **Le discours technologique du professeur sur les mathématiques**

Le discours d'un des deux professeurs a la particularité de contenir de nombreux éléments technologiques, avec l'étendue que donne Castela à la notion de technologie de la TAD (Castela, 2011, ch.1). Nous les repérons grâce à l'analyse de notes de cours des étudiants de cette classe. Nous nous situons alors au niveau local de la classe de ce professeur. En reconstituant le cours de ce professeur, nous avons observé que les notes des étudiants ne reprennent pas le contenu du polycopié ; elles le complètent plutôt par certaines démonstrations manquantes, par d'autres exemples, en particulier comme substitut à certaines démonstrations, par les solutions des exercices et applications proposés dans le polycopié, ainsi que par plusieurs remarques qui ne concernent pas uniquement le savoir théorique. Nous nous intéressons

particulièrement aux éléments qui constituent ces remarques et qui nous permettent de restituer les gestes relevant du discours technologique du professeur.

Certains de ces éléments, directement liés aux contenus mathématiques, jouent le rôle d'un catalyseur dans l'acquisition des savoirs théoriques. Nous retenons par exemple les changements de registres, les allers-retours non-linéaires entre définitions et propositions, le recours aux exemples numériques pour illustrer toutes les notions du cours et les liens établis entre des thèmes mathématiques différents. Le professeur a recours à ces derniers soit pour motiver l'introduction d'un objet de savoir, soit pour repérer des analogies de notions et de résultats avec des chapitres différents antérieurs ou annoncer ceux des chapitres postérieurs. Par ailleurs, d'autres éléments, essentiellement des éléments en rapport avec des savoirs pratiques que l'on pourrait qualifier de "discours méta", se traduisent par des phrases dont les fonctions sont diversifiées : inciter les étudiants à la réflexion ; annoncer des éléments de technologie pratique à suivre ; attirer l'attention des étudiants sur des points du cours ou des exercices en les plaçant sur une échelle d'importance (se référant aux mathématiques mais aussi aux épreuves des concours) ; motiver l'intérêt d'une notion ou d'une technique et faciliter sa mise en œuvre afin d'éviter des erreurs fréquentes ; évaluer une technique par comparaison avec d'autres ; signaler des éléments de généralité et de décontextualisation d'une technique ; fournir des moyens pour contrôler la mise en œuvre d'une technique, ainsi que des moyens mnémotechniques qui facilitent la mémorisation de définitions et formules. Ces divers éléments confirment l'hypothèse de Castela (2011) qui postule « *qu'au moins dans certaines classes, il est impossible que le professeur taise totalement les enjeux d'apprentissage visés par le curriculum praxique. Il doit pouvoir développer un discours relatif à l'utilisation des techniques qui lui permette pour le moins de donner une idée aux élèves des types de connaissances pratiques qu'ils peuvent envisager de construire* » (p. 50).

Nous illustrons l'emploi de ces éléments par le professeur à travers un extrait de son polycopié sur le chapitre des matrices complété par les notes des étudiants que nous analysons. Le professeur commence par définir ce qu'est une matrice (partie 1) et présenter les différentes matrices particulières (partie 2 : matrices nulles, matrices identité, matrices diagonales, matrices triangulaires, matrices transposées). Il s'intéresse ensuite au calcul matriciel (partie 3), en définissant d'abord un espace vectoriel de matrices (sous-partie 3.1) puis s'attarde sur le produit de deux matrices (sous-partie 3.2), que nous présentons ci-dessous. Dans ce qui suit, nous adoptons une disposition en deux colonnes, avec dans la première les extraits du polycopié du professeur, dans la deuxième les extraits des notes des étudiants (si pertinents), suivies de nos commentaires.

### 3.2 produit de deux matrices

DÉFINITION 8 Soient  $A \in \mathcal{M}_{q,p}(\mathbb{K})$  et  $B \in \mathcal{M}_{p,n}(\mathbb{K})$ . Le produit de  $A$  par  $B$ , noté  $A \times B$  ou  $AB$ , désigne la matrice  $P$  de  $\mathcal{M}_{q,n}(\mathbb{K})$  de terme général :

$$p_{i,j} = \sum_{k=1}^p a_{i,k} b_{k,j}$$

obtenue dans la pratique comme produit des lignes de  $A$  par les colonnes de  $B$  :

$$AB = \begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \dots \\ L_q \end{pmatrix} \times (C_1 \ C_2 \ \dots \ C_n) = \begin{pmatrix} L_1 \times C_1 & L_1 \times C_2 & \dots & L_1 \times C_n \\ L_2 \times C_1 & L_2 \times C_2 & \dots & L_2 \times C_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ L_q \times C_1 & L_q \times C_2 & \dots & L_q \times C_n \end{pmatrix}$$

où  $L \times C = (\ell_1 \ \ell_2 \ \dots \ \ell_p) \times {}^t(c_1 \ c_2 \ \dots \ c_p) = \ell_1 c_1 + \ell_2 c_2 + \dots + \ell_p c_p$ .

Pour cette sous-partie « 3.2 Produit de deux matrices », le titre noté par les étudiants, « *calcul pratique du produit de 2 matrices* », annonce d'ores et déjà les différents éléments de technologie pratique que nous retrouvons dans la suite.

Le professeur fait des allers-retours entre la définition et la proposition qui suit de façon non-linéaire, en intégrant des exemples numériques.

#### PROPOSITION 2

1. Soit  $A \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})$ .

On a  $A \times I_p = A = I_n \times A$  et  $A \times 0_p = 0_n \times A = 0_{n,p}$ .

2. pour  $B$  et  $C$  matrices de tailles « compatibles », on a :

$A \times (B \times C) = (A \times B) \times C$  (sans modifier l'ordre!)

$A \times (B + C) = A \times B + A \times C$  et  $(A + B) \times C = A \times C + B \times C$

$\lambda(A \times B) = (\lambda A) \times B = A \times (\lambda B)$

3. ATTENTION!

On n'a pas en général de lien entre  $AB$  et  $BA$ .

$AB = 0$  n'entraîne pas la nullité d'une des deux matrices.

$AB = AC$  ne se simplifie pas en général.

La remarque « Attention... » sert à faciliter l'emploi de la technique en permettant d'éviter une erreur fréquente.

	$A \times B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0 & 0 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$ <p>Si les <math>\leftrightarrow</math> ne sont pas de même taille, c'est impossible.</p> <p>(Suggestion : préparer lignes – colonnes)</p> $A \times B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0 & 0 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$ $= \begin{pmatrix} L_1 C_1 & L_1 C_2 \\ L_2 C_1 & L_2 C_2 \end{pmatrix}$ $L_1 C_1 = 1 \times 1 + 2 \times 0 + 3 \times 2$ $A \times B = \begin{pmatrix} 7 & 7 \\ 16 & 22 \end{pmatrix}$
--	---

Pour illustrer la définition du produit de deux matrices exprimée avec un registre algébrique puis un registre tableau, le professeur a recours à un exemple. Nous nous intéressons à la forme de sa présentation et les commentaires qui l'accompagnent. Nous pouvons voir qu'il s'agit ici de faciliter l'emploi de la technique relative au type de tâche « calculer un produit de deux matrices » avec efficacité.

<p>Exercice : <math>A = \begin{pmatrix} 1 &amp; 1 \\ 0 &amp; 0 \end{pmatrix}</math> et <math>B = \begin{pmatrix} 1 &amp; 2 \\ -1 &amp; -2 \end{pmatrix}</math>. Calculer <math>AB</math> et <math>BA</math>. Commenter.</p>	
---	--

Suite au calcul de ce premier produit, l'exercice suivant est traité. Cet exercice permet d'illustrer certains points de la proposition 2 qui n'est pas démontrée.

	<p>L'exercice est suivi de la formulation des résultats suivants dans les notes des étudiants :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>On constate que <math>AB \neq BA</math>.          Attention à ne pas modifier l'ordre dans les produits.          ex : <math>ABA</math> ne vaut pas <math>A^2B</math>          On constate que <math>AB = 0 \nRightarrow (A=0 \text{ ou } B=0)</math>.</p> </div>
--	---

La remarque « Attention... » sert à attirer l'attention des étudiants sur ce point (il s'agit d'une mise en relief au sein d'un texte), ainsi qu'à faciliter l'emploi de la technique en permettant d'éviter une erreur fréquente.

<p>DÉFINITION 8 Soient <math>A \in \mathcal{M}_{q,p}(\mathbb{K})</math> et <math>B \in \mathcal{M}_{p,n}(\mathbb{K})</math>. Le produit de A par B, noté <math>A \times B</math> ou <math>AB</math>, désigne la matrice <math>P</math> de <math>\mathcal{M}_{q,n}(\mathbb{K})</math> de terme général :</p> $p_{i,j} = \sum_{k=1}^p a_{i,k} b_{k,j}$ <p>obtenue dans la pratique comme produit des lignes de A par les colonnes de B :</p> $AB = \begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \dots \\ L_q \end{pmatrix} \times (C_1 \ C_2 \ \dots \ C_n) = \begin{pmatrix} L_1 \times C_1 & L_1 \times C_2 & \dots & L_1 \times C_n \\ L_2 \times C_1 & L_2 \times C_2 & \dots & L_2 \times C_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ L_q \times C_1 & L_q \times C_2 & \dots & L_q \times C_n \end{pmatrix}$ <p>où <math>L \times C = (\ell_1 \ \ell_2 \ \dots \ \ell_p) \times {}^t(c_1 \ c_2 \ \dots \ c_p) = \ell_1 c_1 + \ell_2 c_2 + \dots + \ell_p c_p</math>.</p>	<p>Le professeur revient ensuite sur la définition 8 du produit deux matrices.</p> <p>On prend <math>A</math> et <math>B \in \mathcal{M}_{p,n}(\mathbb{K})</math>.  On effectue le produit <math>AB</math>.  On a besoin des lignes de <math>A</math> et des colonnes de <math>B</math>.  On calcule</p> $\begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_q \end{pmatrix} \times (C_1, C_2, \dots, C_n)$ $= \begin{pmatrix} L_1 C_1 & L_1 C_2 & \dots & L_1 C_n \\ L_2 C_1 & L_2 C_2 & \dots & L_2 C_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ L_q C_1 & L_q C_2 & \dots & L_q C_n \end{pmatrix}$ <p>On constate que <math>AB \in \mathcal{M}_{q,n}(\mathbb{K})</math>.  Le coefficient de <math>AB</math> en ligne <math>i</math> colonne <math>j</math> est <math>L_i C_j</math></p> $L_i C_j = (a_{i,1}, a_{i,2}, \dots, a_{i,p}) \times \begin{pmatrix} b_{1,j} \\ b_{2,j} \\ \vdots \\ b_{p,j} \end{pmatrix}$ $= a_{i,1} \times b_{1,j} + a_{i,2} \times b_{2,j} + \dots + a_{i,p} \times b_{p,j}$ $(AB)_{i,j} = \sum_{k=1}^p a_{i,k} \times b_{k,j}$ <p>(Formule à savoir, 1 minute maxi)</p>
<p>Le professeur cherche à expliciter la « formule pour les coefficients de <math>AB</math> » (de la définition 8) en proposant une étude qui joue sur plusieurs registres. Nous repérons alors, entre le polycopié du professeur et les notes des étudiants, quatre registres différents utilisés pour la formule <math>L_i C_j</math> : produit colonne <math>\times</math> ligne, ligne <math>\times</math> (colonne), formule littérale avec des pointillés et formule avec le symbole de la somme <math>\Sigma</math>.</p> <p>Ensuite, il place cette formule dans une sorte d'échelle d'importance en pointant qu'il faut la connaître, mais il rappelle aussi qu'il faut surtout être capable de la retrouver, ce qu'est censé permettre de faire tout le travail réalisé sur les ostensifs. Il s'agit à la fois d'un savoir sur le savoir dans le cadre de l'institution locale mais aussi dans le cadre du concours en CPGE.</p>	
<p>PROPOSITION 2</p> <p>1. Soit <math>A \in \mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{K})</math>.  On a <math>A \times I_p = A = I_n \times A</math> et <math>A \times 0_p = 0_n \times A = 0_{n,p}</math>.</p>	<p>Le professeur revient sur la démonstration du premier point de la proposition 2 qui est accompagnée d'un exemple numérique et de la remarque suivante : « règle entre nous : <math>\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{R}) \times \mathcal{M}_{p,q}(\mathbb{R})</math> donne <math>\mathcal{M}_{n,q}(\mathbb{R})</math> ».</p>
<p>Cette remarque ne renvoie pas à une notation mathématique légitime, mais plutôt à un savoir pratique spécifique de l'institution que constitue la classe de ce professeur. Elle a pour fonction de faciliter la mise en œuvre par les étudiants de la technique pour le type de tâches écrire de manière générique les indices des termes du produit. Nous pouvons aussi dire qu'elle sert à faciliter la mémorisation de la définition du produit. Cela paraît donc être un moyen mnémotechnique pour des énoncés sur les matrices de dimensions génériques.</p>	

Comme nous pouvons le voir dans cet extrait que nous prenons pour exemple, le discours de ce professeur lui permet d'accompagner ses étudiants dans l'étude du polycopié pendant la séance en y mettant du relief. Nous considérons qu'il suggère ainsi aux étudiants des gestes d'étude d'un cours théorique qu'ils pourraient reprendre à leur compte pour étudier des cours de manière autonome. Nous citons les principaux gestes repérés : particulariser (à travers des exemples faciles, y compris pour les démonstrations que le professeur fait parfois seulement comme préalable à la généralisation par exemple), jouer sur les registres (pour expliciter ou simplifier une notion), faire des liens avec ce qui précède et aussi dans un travail *a posteriori* à plus long terme avec ce qui suit (domaines d'application). Cependant, nous n'avons aucune trace de reprise effective de ces suggestions dans les déclarations des étudiants sur leur travail, ce qui peut laisser penser qu'ils n'ont pas conscience de cette dimension. Toutefois, nous ne pouvons pas savoir s'ils réinvestissent ce genre de pratiques puisque nous ne les avons pas regardés travailler en autonomie. De plus, nous n'avons aucune indication que ce professeur tient réellement un discours qui explicite cette dimension puisqu'il ne nous en parle pas et que nous n'en retrouvons pas trace dans les notes des étudiants.

### **Les dispositifs d'évaluation**

Par ailleurs, afin de vérifier que les étudiants effectuent le travail demandé autour du cours et des exercices et afin d'identifier leurs lacunes et difficultés avant les évaluations notées, les professeurs ont recours à des techniques de contrôle individualisées informelles pendant les séances de cours et/ou de TD. En termes de niveau d'institution en question, on pourrait les situer au niveau de la voie ECS, voire même de la filière EC. Les professeurs utilisent souvent des interrogations orales concernant le cours en interpellant des étudiants aléatoirement ou en choisissant ceux qui bavardent ou décrochent. De plus, lorsque les étudiants travaillent les exercices en classe, les professeurs circulent parmi eux afin de voir ce que fait chacun, d'évaluer son niveau de compréhension et de l'aider en cas de besoin. Ensuite, les professeurs encouragent les étudiants à s'engager dans des discussions autour des solutions des exercices avant de les corriger eux-mêmes ou de solliciter un étudiant pour le faire. Un professeur se distingue de l'autre par l'importance particulière qu'il accorde à la préparation des exercices. Ainsi, il a recours aux passages périodiques au tableau, non notés mais très valorisés, par lui-même et en conséquence par les étudiants, ainsi qu'au ramassage non annoncé du travail des étudiants lorsqu'il détecte un manque de préparation afin d'inciter ces derniers à maintenir un travail régulier.

Les professeurs disposent de plusieurs types de dispositifs, plus "formels" et institutionnalisés au niveau de l'institution globale CPGE, qui leur permettent d'évaluer le degré d'investissement et de compréhension des étudiants. Il s'agit d'abord des évaluations écrites de tous genres : brèves interrogations écrites portant sur le cours que les professeurs organisent surtout en début d'année afin de pousser les étudiants à apprendre leur cours mais dont ils ne réussissent pas à maintenir le rythme en cours d'année ; DS à un rythme moyen mensuel ; concours blancs bi ou tri-annuels cumulatifs et portant sur des épreuves de type concours. De plus, un professeur met en place un dispositif particulier d'interrogations portant sur les corrections des DS. Il s'agit pour les étudiants de retravailler deux ou trois questions qu'ils n'ont pas traitées ou qu'ils ont mal réussies à l'issue de chaque DS. Les étudiants disent apprécier largement ces interrogations qui leur permettent de pallier

leurs lacunes. À ces diverses interrogations s'ajoutent des "Devoirs Maison", en général mensuels, et pour lesquels les professeurs encouragent le travail collaboratif. Enfin, les professeurs ont recours aux colles, un dispositif spécifique de l'institution globale des classes préparatoires dont la fonction principale est la préparation à l'oral des concours. La forme "classique" connue pour ce dispositif n'est pas dictée par des instructions officielles, il s'agit plutôt de normes officieuses transmises entre les professeurs et "modernisées" au cours des années pour admettre plus de flexibilité. Une colle de mathématiques "classique" se déroule de la façon suivante. Plusieurs étudiants (trois d'habitude) passent leur colle en même temps. Ils sont devant le tableau qu'ils divisent en plusieurs parties égales. Le colleur dicte une question (différente ou pas) à chaque étudiant qui note l'énoncé au tableau. Ensuite les étudiants travaillent individuellement et en parallèle. Après un moment de réflexion et de résolution, dont la durée n'est pas prédéfinie mais dépend du rythme et l'avancement des étudiants, le professeur commence ses interventions individuelles. Celles-ci visent à interroger les étudiants, les aider en signalant des erreurs à corriger ou en donnant des directives/astuces afin de faire avancer le travail, valider le travail et/ou poser d'autres questions. Le programme d'une colle porte d'habitude sur la dernière leçon (ou chapitre) achevée et/ou celle en cours au moment de la colle. Il inclut les démonstrations vues en cours, les définitions, les formules, les exercices d'application directe du cours et certains exercices plus poussés, en résumé tout ce qui a été fait côté cours pendant les deux semaines précédant la colle. En général, une colle débute par une démonstration courte ou une question de cours (restitution de théorème, propriété, définition...) et enchaîne sur un exercice qui met en application une ou plusieurs notions de cours, inspiré de ceux qui sont traités en classe ou extrait du polycopié de cours le cas échéant. Le nombre de questions ou d'exercices dépend de la rapidité des étudiants et de leur capacité à les traiter. Il faut noter que chaque colleur organise sa colle comme il le souhaite et choisit son contenu (type et complexité des questions posées) dans le cadre du programme annoncé de la colle, en suivant les consignes du professeur de mathématiques. Ainsi, le déroulement des colles peut varier légèrement selon le colleur qui la fait passer. À la fin de la séance, le travail est noté individuellement. Après une colle, le colleur remet un compte-rendu informel écrit ou discute avec le professeur afin de l'informer du niveau de chaque étudiant et de signaler les cas problématiques le cas échéant. Étant donné sa forme et son fonctionnement, ce dispositif permet aux professeurs d'évaluer les étudiants de manière très personnalisée, habituellement sous le regard d'un professeur externe à la classe. Les nombreux avantages cités par les professeurs et les étudiants convergent. Pour résumer l'essentiel, les colles imposent aux étudiants une régularité dans le travail et l'étude du cours, ce qui peut s'avérer stressant et fatigant pour plusieurs, mais cette pression est considérée comme bénéfique par la majorité. De plus, les séances de colles s'apparentent, selon les étudiants, à des cours particuliers durant lesquels ils découvrent leurs lacunes, posent des questions, obtiennent des explications supplémentaires avec un nouveau point de vue et s'entraînent à travailler des exercices supplémentaires. En plus des divers aspects de l'apprentissage mathématique, ce dispositif se caractérise par ses apports en termes de savoir-faire (gestion de stress, présentation orale, renforcement de la confiance en soi) qui dépassent le cadre de la classe, voire même du lycée, ainsi que par un aspect relationnel que nous évoquons dans la suite. Ainsi, ce dispositif constitue « *un condensé de ce que les CPGE offrent de meilleur en termes de cadre de formation à leurs étudiants* » (Daverne & Dutercq, 2013, p. 182). Il est considéré par de nombreux professeurs comme étant « *le secret de la réussite de la scolarité en classe*

*préparatoire* » (ibidem, p. 182), et la majorité des étudiants en sortent satisfaits malgré les difficultés et contraintes auxquelles ils peuvent faire face.

### **Les relations sociales**

Il existe plusieurs types de relations sociales qui se développent entre les différents acteurs de l'institution CPGE. Nous nous intéressons en particulier aux relations sociales qu'entretiennent les professeurs avec les étudiants, partant de la conjecture selon laquelle ces relations constituent une composante inhérente aux dispositifs de mise à l'étude instaurés par les professeurs. En effet, en plus d'être engagés pour la réussite académique de leurs étudiants grâce à l'ensemble des dispositifs qu'ils mettent en place pour organiser et contrôler l'étude, les professeurs sont aussi soucieux de leur bien-être physique, social et psychologique. Il semble donc, en reprenant les mots de Darmon (2013), que les professeurs cherchent à obtenir une adhésion de la part des étudiants vis-à-vis de ce qu'ils leur demandent de faire, plutôt qu'une obéissance sur le travail, mais surtout à les faire travailler dans de bonnes conditions, en s'assurant qu'ils "vont bien". Ainsi, les relations professeur-étudiants révèlent un aspect humain dont le but est d'adoucir la violence préparatoire.

Les professeurs s'intéressent aux étudiants comme des personnes qui peuvent être en souffrance. Ils apprennent à les connaître et se penchent sur les détails de leur vie hors-classe (santé, situation familiale, lieu d'hébergement...) qui peuvent avoir des conséquences sur leur performance. Ils cherchent à créer une ambiance saine et amicale au sein de leur classe, en rejetant toute forme de tension ou de compétition. Ils encouragent les plus faibles et les incitent au travail, félicitent les meilleurs et promeuvent la collaboration entre les étudiants pour le travail ainsi que pour le soutien moral. Certes, on pourrait voir dans les différentes déclarations des professeurs sur cette dimension un souci de défendre leur institution, en particulier contre certaines accusations portant sur la pression (voire l'oppression) exercée sur les étudiants, un souci également de donner de leurs pratiques personnelles une image humaine valorisante. Néanmoins, ce qui nous permet d'attribuer une crédibilité à ces propos est la convergence avec les autres travaux sur les CPGE dans lesquels les professeurs insistent sur la nécessité de préserver la dimension humaine, notamment pour ne pas perdre des étudiants en cours d'année (injonctions politiques évoquées par Darmon, 2013). De plus, les colles dans cette filière se distinguent par leur dimension relationnelle majoritairement évoquée par les étudiants ainsi que les colleurs, qui permet d'atténuer le stress et de rassurer les étudiants afin de maximiser leur apprentissage. En effet, les colles semblent favoriser l'établissement d'un rapport particulier entre le colleur et les étudiants, qui permet un dialogue libre et apporte un soutien moral à ces derniers.

## **DISCUSSION ET CONCLUSIONS**

La première préoccupation de notre recherche, qui n'est pas l'objet d'étude dans ce texte, fut de s'interroger sur l'évolution des divers aspects du travail personnel des étudiants au cours de la première année de classe préparatoire aux écoles de commerce. Nous nous sommes ensuite penchée sur les facteurs qui contribuent à cette évolution. Afin de répondre à ce questionnement, nous nous sommes focalisée sur le



fonctionnement de l'institution, d'abord au niveau macro de l'institution des classes préparatoires filière EC et ensuite au niveau plus local de la classe de deux professeurs, en recherchant comment l'institution détermine et transforme les façons de travailler de ses étudiants. Que peut-on alors dire, au terme de cette recherche, pour répondre aux questions qui l'ont orientée ? L'analyse de l'ensemble des données provenant des étudiants et professeurs nous permet d'identifier des facteurs qui influencent le travail personnel des étudiants assujettis aux diverses institutions considérées, tant au niveau des dispositifs d'encadrement de l'étude qu'à celui des relations sociales établies entre les individus.

Nous pouvons d'abord conclure que les professeurs concernés par notre étude semblent intervenir auprès de leurs étudiants pour apporter bien plus qu'une "aide à l'étude". Pour s'adapter aux besoins et au niveau de cette "nouvelle population" d'étudiants de CPGE, ils doivent redéfinir les modalités et dispositifs pédagogiques d'enseignement et adapter le niveau de leurs exigences, comme l'affirment Daverne et Dutercq (2013, p. 8) : *« si quelques jeunes ont déjà de bonnes habitudes de travail quand ils intègrent les CPGE, aucun n'a encore la culture générale ni la confiance en soi suffisantes pour affronter les épreuves des concours, ce qui nécessite de la part des enseignants un grand engagement à leur égard et une attention constante à leur moral »*. Ainsi, les professeurs participent activement à l'organisation didactique de l'étude autonome des étudiants grâce à leurs conseils et dispositifs qu'ils adaptent régulièrement en fonction des besoins et capacités de ces derniers. Les professeurs sont donc clairement engagés pour la réussite de leurs étudiants, ce qui est aussi reflété à travers la proximité des relations professeurs/étudiants.

Par ailleurs, si l'utilisation des diverses techniques d'empressement varie selon les professeurs et les dispositions des étudiants, elles restent cependant constantes d'un professeur à l'autre et d'une classe à l'autre, ce qui souligne leurs généralité et continuité au sein de l'institution CPGE voie ECS dont elles deviennent une caractéristique. En effet, nous retrouvons dans le discours des professeurs des éléments communs soulignant la cohérence des pratiques des différents professeurs par classe ainsi que la stabilité des pratiques au sein de chaque lycée, de la voie ECS, voire de la filière EC. Ainsi, la cohérence des pratiques mise en évidence chez les deux professeurs de notre recherche converge avec celle qu'ont notée les recherches sociologiques de Darmon (2013), Daverne et Dutercq (2013) et Rauscher (2010). Ces résultats s'opposent point par point à ceux mis en avant par diverses études menées en didactique des mathématiques, sciences de l'éducation et sociologie de l'éducation en France, concernant le fonctionnement et l'organisation des études à l'université (voir Farah, 2015, ch.II). Ces travaux mettent en avant le fait qu'à l'université, les normes et leur transmission sont particulièrement brouillées, renforçant ainsi la différence qui existe entre les deux institutions à un niveau global. En effet, l'absence d'organisation institutionnelle des études et de la transmission des pratiques à l'université, principale source de difficulté des étudiants, est attribuée en grande partie à la diversité des attentes des enseignants et au fait qu'ils ont peu de moyens de pression sur les étudiants. Il en résulte chez les étudiants de nombreuses interrogations sur le travail à réaliser qui se traduisent par des modalités de travail individualisées qui proviennent de leur passé scolaire mais qui semblent renforcer les échecs.

Ainsi, dans le prolongement de ce travail, il serait sans doute intéressant de regarder de plus près les conditions et contraintes des dispositifs de mise à l'étude et d'accompagnement des étudiants, dans une perspective de transfert à l'université. En effet, on pourrait y rechercher ce qui est applicable à l'université avec les moyens

disponibles dans ces institutions, et sans devoir changer le système universitaire. Par ailleurs, ce que nous avons pu identifier à travers nos analyses autour des pratiques des professeurs souligne l'intérêt qu'il peut y avoir à les étudier in vivo. Nous rappelons que nos résultats, hormis les informations qui proviennent de l'analyse des notes de cours des étudiants, s'appuient principalement sur les déclarations des professeurs issues des questionnaires et entretiens qui les poussent à expliciter des choix de pratiques et un rapport au savoir. On pourrait en particulier prendre comme objet spécifique de travail le processus d'étude du cours, en y recherchant les éléments de discours technologique et les gestes d'étude proposés par le professeur. De plus, il semblerait envisageable d'étudier des séances de colles, ce dispositif exceptionnel des CPGE, en nous focalisant sur les pratiques des colleurs ainsi que le travail des étudiants.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CASTELA, C. (2000). Un objet de savoir spécifique en jeu dans la résolution de problèmes : le fonctionnement mathématique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 20(3), 331-380.
- CASTELA, C. (2011). *Des mathématiques à leurs utilisations, contribution à l'étude de la productivité praxéologique des institutions et de leurs sujets / Le travail personnel au cœur du développement praxéologique des élèves en tant qu'utilisateurs de mathématiques*. Note de synthèse présentée en vue de l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris Diderot. Paris : Irem 7.
- CHEVALLARD, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 12(1), 73-112.
- CHEVALLARD, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot (Eds), *Rapport au savoir et didactiques* (pp. 81-104). Paris : Éditions Fabert.
- DARMON, M. (2013). *Classes Préparatoires. La fabrique d'une jeunesse dominante*. Paris : La Découverte.
- DAVERNE, C. & DUTERCQ, Y. (2013). *Les bons élèves, expériences et cadres de formation*. Paris : PUF.
- FARAH, L. (2015). *Étude et mise à l'étude des mathématiques en classes préparatoires économiques et commerciales : point de vue des étudiants, point de vue des professeurs*. Thèse de doctorat, Université Paris Diderot. Disponible sur <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01195875>.
- RAUSCHER, J.-B. (2010). *Les professeurs des classes préparatoires aux grandes écoles*. Thèse de doctorat, Institut d'études politiques de Paris.
- ROBERT, A. (2008). Problématique et méthodologie commune aux analyses des activités mathématiques des élèves en classe et des pratiques des enseignants de mathématiques. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 31-59). Toulouse : Octarès.
- ROBERT, A. & ROBINET, J. (1993). Prise en compte du méta en didactique des mathématiques, *Cahier de DIDIREM n°21*.
- ROBERT A. & VANDEBROUCK, F. (2014). Proximités-en-acte mises en jeu en classe par les enseignants du secondaire et ZPD des élèves : analyse de séances sur des tâches complexes. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 34(2-3), 239-284.

## ANNEXES

[1] Institut Universitaire de Technologie, Sections de Techniciens supérieurs et Classes Préparatoires aux Grandes Écoles respectivement.

En France, les études supérieures prennent une forme particulière, avec de nombreuses formations hors des universités (voir figure 1 ci-dessous). Les trois formations majeures d'études supérieures (hors spécialités) préparent les étudiants après le baccalauréat (ou bac) à la Licence, au Diplôme Universitaire de Technologie (DUT) ou au Brevet de Technicien Supérieur (BTS). La quatrième formation principale se déroule dans les CPGE qui sont généralement hébergées dans des lycées. Les CPGE sont communément appelées classes prépas ou prépa(s), cette désignation familière est désormais institutionnalisée.

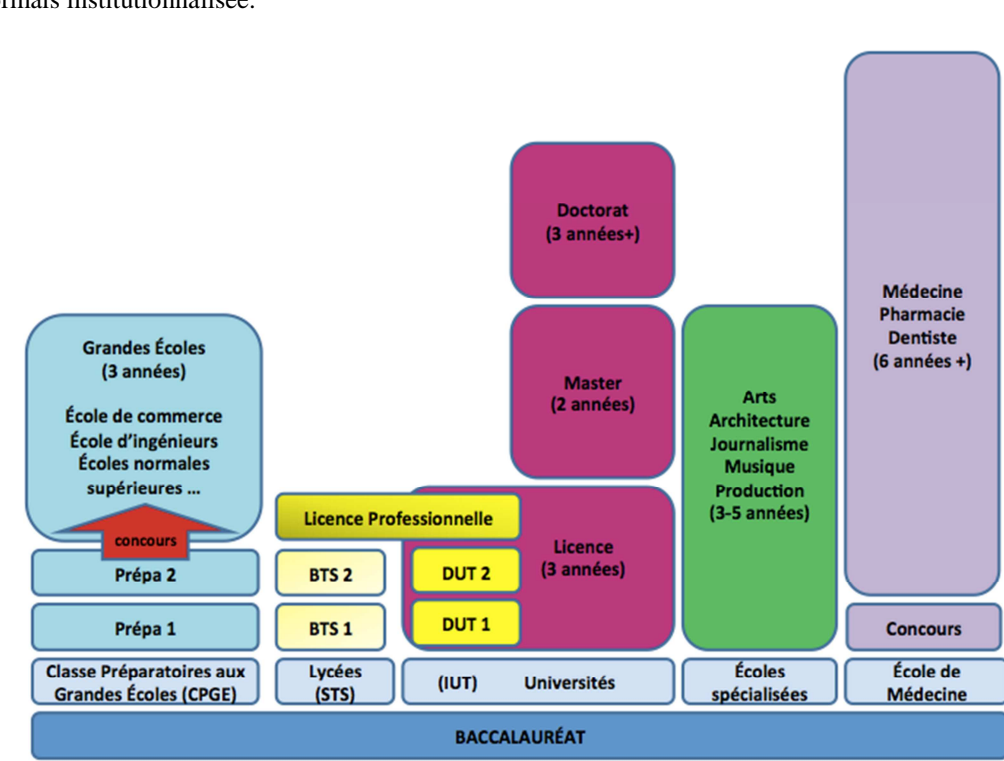


Figure 1 : Schéma simplifié de la structure de l'enseignement supérieur en France

[2] Pour donner une idée des taux de réussite dans les principales formations post-baccalauréat en France, nous faisons référence aux données officielles renseignées par le ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche (<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid75181/reussite-et-echec-en-premier-cycle.html>):

« Le parcours des étudiants en premier cycle est ponctué de réorientations et de redoublements. Seul un étudiant sur deux passe directement en deuxième année de Licence (un sur quatre redouble et un sur quatre se réoriente ou abandonne ses études supérieures), alors que parmi ceux qui parviennent en troisième année de Licence générale, près de sept étudiants sur dix obtiennent le diplôme en un an. En DUT, le passage en seconde année est élevé : il concerne sept étudiants sur dix. Le taux de réussite en seconde année l'est également : près de neuf étudiants sur dix ont obtenu leur diplôme à la session 2011.

En STS, le taux de passage en seconde année est de 85%. À la session 2011, le taux de réussite au BTS est de 72%. Ces taux varient selon les caractéristiques des étudiants et l'établissement dans lequel ils effectuent leurs études.

Parmi les inscrits de première année en 2010-2011, 71,7% sont inscrits en seconde année de CPGE en 2011-2012. La seconde année de CPGE n'est pas sanctionnée par un diplôme, il est donc assez difficile de déterminer la réussite des étudiants inscrits en classe préparatoire. On peut cependant, par le biais d'appariements entre les différentes sources d'informations sur les inscriptions des étudiants dans l'enseignement supérieur, connaître le parcours des inscrits en seconde année de CPGE un an plus tard. Ainsi, parmi les 31 700 inscrits en seconde année de CPGE en 2010-2011, on retrouve 87% des étudiants dans les fichiers d'inscriptions à un diplôme d'enseignement supérieur en 2011-2012.

*Parmi les entrants en seconde année de CPGE, un sur cinq est à nouveau inscrit en CPGE l'année suivante (redoublement). Pour les autres, deux tiers des élèves de CPGE économique intègrent une école de commerce à l'issue de la seconde année de CPGE, la proportion correspondante est de 50,7% pour les élèves de CPGE scientifique en direction des écoles d'ingénieurs. L'université (Institut d'Études Politiques compris) est le débouché principal des CPGE littéraires, même si près de 10% d'entre eux obtiennent une école (École Normale Supérieure ou école de management) au bout de deux ans. Environ un élève de CPGE sur huit intègre après la seconde année une autre formation, parmi lesquelles figurent, entre autres, les écoles artistiques et culturelles et les écoles de journalisme. »*

Ces chiffres permettent de mettre en évidence une différence majeure relativement à l'échec entre l'université d'une part et les autres filières d'autre part.