



Le réseau des 28 IREM (plus ceux hors de France métropolitaine) fêtera en 2018 le cinquantenaire de la création des premiers IREM à Paris, Lyon et Strasbourg.

Ces structures universitaires, à l'interface entre le monde de la recherche, disciplinaire ou didactique, le monde de l'enseignement secondaire et supérieur, et le monde de la formation des enseignants ont su traverser de nombreuses réformes : création des IUFM, mastérisation des formations initiales d'enseignants, création des ESPE... Les ressources sont aujourd'hui visibles à travers le moteur de recherche *Publimath*, les revues *Petit x*, *Grand N*, *Repères IREM*, *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, les productions nationales variées des commissions inter IREM... Elles ont largement contribué depuis des années à irriguer les formations initiales et continues des enseignants dans tout l'hexagone (comme le montre l'enquête en cours sur l'utilisation et l'impact des ressources IREM dans les ESPE). Les IREM ont également été des acteurs de premier plan en 2016 et 2017 dans le cadre du plan « Stratégie Mathématiques », en particulier pour la création de ressources en partenariat avec l'IGEN et la DGESCO.

Introduction

En préambule aux réponses que nous apportons aux questions qui nous ont été posées en préparation de l'audition des IREM par la « Mission Maths », nous souhaitons mettre en avant un certain nombre de réflexions concernant notre cœur d'activité, la formation initiale et continue des enseignants.

La mastérisation de la formation initiale des enseignants n'a pas eu que les effets positifs escomptés. Parmi les conséquences dommageables, on peut citer : l'explosion des hétérogénéités dans les formations ; la restriction drastique des nombres d'heures de formation dans un cadre budgétaire contraint imposé par les universités (sans moyens sanctuarisés pour la formation des enseignants – à l'instar des hôpitaux par exemple) ; l'accréditation des maquettes sur des critères essentiellement économiques ; des périodes d'enseignement réduites à 26 semaines, voire 24 semaines ; l'augmentation des unités d'enseignements de petits volumes, non nécessairement didactiques ou même disciplinaires, compensables (avec des effets pervers), qui font que les étudiants sont en évaluation permanente ; le délaissement progressif d'entrées disciplinaires au profit d'entrées transdisciplinaires et pédagogiques permettant des mutualisations plus économiques ; la mise en place de mémoires de recherche comme pour des masters spécialisés à petits effectifs mais ici à une trop grande échelle et sans possibilité d'un suivi sérieux compte tenu du potentiel encore disponible d'enseignants-chercheurs (postes aspirés par les universités lors de l'intégration des IUFM...) ; la multiplication des finalités pour les étudiants en termes disciplinaires, didactiques, épistémologiques, pédagogiques, professionnels, d'initiation à la recherche,... avec de plus un service d'enseignement en deuxième année conséquent, qui rend cette année très difficile pour les étudiants. On trouvera en annexe des propositions de la COPIRELEM (Commission Permanente des IREM sur l'Enseignement Élémentaire) sur 4 points : concours, préparation à l'exercice professionnel, polyvalence et initialisation à la recherche.

S'il est certain que les anciennes préparations au CAPES des professeurs du secondaire en mathématiques ont gagné à articuler au sein des masters MEEF des problématiques disciplinaires et didactiques, il n'en reste pas moins que les contraintes de la mastérisation - l'apprentissage d'une langue, les cours de culture commune,... - associées à des limitations horaires, ont globalement affaibli ces préparations, en particulier sur la capacité à « reconstruire » le savoir disciplinaire de façon unifiée. La création d'une option informatique au CAPES de

mathématique – pour laquelle l’aptitude mathématique n’est évaluée qu’à travers les épreuves professionnelles dont les programmes sont essentiellement ceux du secondaire – a en outre renforcé la faiblesse mathématique générale du vivier d’enseignants recrutés.

Les effets néfastes de la mastérisation sont encore plus marqués pour les futurs professeurs des écoles : les nombres d’heures de sciences et de mathématiques sont très faibles dans les formations de master MEEF – une dizaine d’heures seulement en M2 en mathématiques dans certains cas - où toutes les disciplines de l’école se veulent représentées (voir enquête de la copirelem). Elles sont insuffisantes pour ré-acculturer des futurs professeurs qui n’ont souvent plus fait de mathématiques depuis la classe de seconde ! Il est de ce point de vue impératif de revenir à très court terme sur l’aberration que constitue la disparition des mathématiques dans les programmes de certaines filières du lycée. La formation en licence doit aussi permettre de prendre en compte le besoin de compétences pluridisciplinaires des futurs professeurs d’école. La solution préconisée par les IREM, tout comme par une grande partie de la communauté universitaire, est de traiter le problème en amont du master en mettant en place un dispositif de pré-recrutement des enseignants et des licences adaptées, qui seraient dans l’idéal des licences pluridisciplinaires.

Le chantier de la formation initiale des PE est vaste car, contrairement à une opinion largement répandue, pour enseigner les mathématiques à un certain niveau, il ne suffit pas de maîtriser les connaissances mathématiques du niveau supérieur. La formation des futurs enseignants en mathématiques doit être totalement organisée et orientée par la finalité d’enseigner les mathématiques aux enfants de l’École : les contenus mathématiques doivent être revisités, approfondis, enrichis, consolidés et restructurés dans la perspective de leur enseignement et de leur apprentissage par les élèves. C’est, pour les professeurs d’école en formation, un nouvel apprentissage des mathématiques qui ne peut se faire qu’en étroite relation avec des champs de connaissances didactiques, historiques, épistémologiques et psychologiques. En outre, toute formation initiale doit viser un niveau suffisant de compétences professionnelles pour assurer un enseignement efficace. Ces compétences doivent nécessairement évoluer et se perfectionner tout au long de la carrière de l’enseignant par la formation continue. Ainsi, toute formation initiale doit être pensée tant sur le plan des contenus que des dispositifs dans la perspective d’une articulation avec une formation continue instituée et valorisante.

Les préconisations des IREM pour la formation initiale des PE sont aussi valables pour les enseignants de mathématique du secondaire : une bonne formation devrait, comme cela se fait dans d’autres pays, commencer dès le post-bac, ce qui permettrait aux étudiants à la fois de continuer une formation académique et de s’initier progressivement au métier. Les pré-recrutements permettraient de juguler le manque de vocations (à ce titre la mise en place et le succès des dispositifs de recrutement de contractuels-alternants en M1 sont encourageants) ; des licences dédiées « mathématiques pour enseigner » (avec un début de formation professionnelle en L3) rendraient la suite du cursus plus profitable, en évitant la surcharge peu productive des deux années de master MEEF.

Quant à la formation continue des enseignants, elle n’a pas profité pleinement du plan « Stratégie Mathématiques » qui pourtant la ciblait directement. Les professeurs en France restent massivement très peu formés (dernière position de l’OCDE dans une étude Talis en 2013). La vague nationale « mathématique » n’a que très peu été relayée dans les strates du ministère avec par exemple des priorités nationales affichées pour la formation continue sans l’impact nécessaire pour les mathématiques. Encore moins relayée de fait au niveau des rectorats qui restent libres d’utiliser leurs moyens autrement que pour la formation continue des enseignants – parfois la formation initiale des nombreux vacataires reste une priorité. La meilleure prise en compte des recherches dans la formation et la synergie souhaitée entre les recherches et les acteurs de terrain, prônées dans les IREM depuis toujours, n’auront guère eu d’autres réalisations concrètes que les 5 ressources IREM-DGESCO-IGEN qui ont été publiées. Mettre à disposition des ressources, aussi bonnes soient-elles (numériques en particulier) ne suffit pas à faire de la formation continue. Il est nécessaire d’avoir des stages en partie au moins en présentiel. Dans de nombreuses académies l’accès à l’offre des stages de formations continues des professeurs d’école, qui est pilotée par l’inspection académique ou départementale, n’est pas ou très peu ouvert à

des propositions universitaires issues de la recherche, alors que les IREM ont des forces pour drainer des formations appuyées sur de la recherche. De même mais dans une moindre mesure pour l'offre de formation continue des enseignants du secondaire – en mathématiques en particulier : les PAF semblent parfois construits au gré de moyens alloués et d'urgences du moment ; les relations entre l'inspection et les universitaires sont parfois formelles. Par ailleurs les dispositifs de certification des formateurs d'enseignants et les maquettes de master pour le grade de formateurs sont pour beaucoup adisciplinaires – sans doute pour des raisons d'échelle et d'économie. Avoir fréquenté les IREM ou touché à la didactique des mathématiques est parfois plutôt un handicap, dans certaines académies, pour être certifié comme formateur. Du côté des ESPE, la formation de formateurs était jadis inscrite dans les services universitaires, ce n'est souvent plus le cas. Il serait souhaitable qu'elle le redevienne pour favoriser le renouveau de groupes de recherche action de type IREM dans les universités de façon générale (UFR ou ESPE, mathématiques et autres disciplines).

Existe-t-il vraiment des pédagogies efficaces ?

Si l'on entend cette question comme : « Existe-t-il une méthode pédagogique unique ayant solidement fait ses preuves à laquelle il conviendrait de former tous les enseignants » la réponse est non.

Si en revanche on se demande s'il est possible, dans le cadre des formations initiales et continues, de mieux armer les enseignants pour qu'ils disposent d'une palette large de réponses possibles dans leur exercice professionnel et des outils d'analyse pour choisir dans cette palette la réponse la plus adaptée à chaque situation rencontrée alors la réponse est oui.

La formation est essentielle : toute "bonne" pédagogie peut aisément être détournée par un professeur qui n'y est pas préparé, même avec la meilleure volonté. Par exemple pour ce qui concerne la pédagogie de la "découverte" (activités préparatoires), qui est très à la mode :

- il faut être conscient que les activités préparatoires ne peuvent pas être bénéfiques pour tous les contenus mathématiques nouveaux. Dans certaines situations, mal calibrées, il y a une illusion de découverte par les élèves, sans nécessairement que le professeur en soit conscient lui-même ;
- cela peut être efficace pour certains élèves et au contraire éloigner certains autres - les plus faibles peut-être d'ailleurs - des connaissances mathématiques visées ;
- cette différenciation peut être renforcée par un affaiblissement parfois constaté du versant "institutionnalisation" de ces connaissances nouvelles, qui est indispensable, surtout pour certains élèves alors que d'autres élèves savent d'eux-mêmes extraire la connaissance décontextualisée.

Dans une récente recherche au niveau du supérieur, il a été montré que ce qui est valorisé et préféré par les étudiants en général c'est le cours magistral, contrairement au message que font passer les discours institutionnels sur le renouveau nécessaire de la pédagogie universitaire !

Le rôle du constructivisme dans la didactique et « le cours » de mathématiques ?

Les recherches en didactique constituent des apports importants pour la formation (initiale ou continue) des enseignants de mathématiques dans la mesure où elles permettent d'appréhender le système de conditions et de contraintes qui pèsent sur les pratiques enseignantes et sur la formation à ces pratiques. Elles constituent un point d'appui essentiel pour penser l'étude de l'apprentissage des mathématiques par les élèves. En France, le constructivisme a probablement eu un rôle central pour ce qui concerne la didactique en tant qu'approche rationnelle des phénomènes d'enseignement mais il y a un consensus sur la nécessité d'approches socio-constructivistes donnant toute leur place aux médiations et interactions dans les cours de mathématiques. Si on s'intéresse au travail du professeur dans et hors de la classe, il semble très souhaitable qu'il ait un bagage concernant les théories de l'apprentissage. À ce titre le constructivisme a sa place et peut inspirer le professeur dans ses choix pour aborder certaines notions. C'est l'une des « couleurs » de la palette évoquée à la réponse à la

question précédente. Ce n'est pas la seule. Suivant les circonstances et les contenus enseignés, une approche constructiviste ou behavioriste ou transmissive est plus ou moins adaptée. Cela renvoie sur la nécessité dans les formations des enseignants de mettre en regard les approches sur l'apprentissage avec les contenus disciplinaires en jeu.

La place du calcul dans l'enseignement mathématique (primaire, collège, lycée)

Le calcul est une base fondamentale dont les techniques doivent être rodées, avec ambition. Il est pourvoyeur de sens, souvent point de départ de la conceptualisation de notions avancées, qui elles-mêmes éclairent les calculs *a posteriori*. Mais plus que le calcul lui-même, c'est le pilotage du calcul qui est fondamental. L'apprentissage des techniques de calcul (numérique, littéral, etc) est ainsi à penser en lien avec différents types de problèmes à résoudre. Ainsi il est nécessaire de connaître les techniques de calcul pour résoudre des problèmes mais les problèmes permettent de donner du sens aux opérations et donc aux calculs.

Il ne faut pas oublier le temps laissé aux élèves (à tous les niveaux) pour maîtriser le calcul : le calcul s'apprend et s'entretient... Et pour cela, il faut du temps ! Force est pourtant de constater que le temps consacré à l'apprentissage du calcul est moins important qu'il ne l'a été par le passé : il a fallu faire une place à de nouveaux thèmes et tenter de conserver un temps suffisant pour l'apprentissage et l'usage du calcul, tout cela avec moins d'heures.

La conséquence est que la place du calcul, mais aussi de l'algèbre, a diminué : au collège, la visibilité de l'algèbre est de moins en moins grande dans les programmes ; la diminution des compétences en algèbre au collège engendre des difficultés au lycée dont l'enseignement est essentiellement axé sur l'étude des fonctions alors qu'un registre privilégié du concept de fonction est l'écriture algébrique. Au lycée également, les exigences en algèbre sont moindres aujourd'hui, certaines notions ont même partiellement ou totalement disparu comme par exemple l'étude des systèmes d'équations linéaires, les représentations paramétriques, l'étude des réciproques ou encore la composée de fonctions. On pourrait faire un constat similaire pour le domaine de la géométrie avec des conséquences nettes sur la capacité des élèves entrant au lycée à se projeter dans des démarches de preuves.

Pour le point de vue de la COPIRELEM sur l'enseignement du calcul, nous renvoyons à la lecture de la brochure « Calcul Mental », publiée en 2012 par l'ARPEME.

Les paliers d'acquisition pour le calcul et les automatismes sont-ils clairs pour tous les enseignants ou les chercheurs (primaire, collège, lycée) [opérations, fractions, proportionnalité, calcul algébrique, calcul différentiel, etc.] ?

Du côté des enseignants tout d'abord, il y a une réponse institutionnelle : les programmes fournissent aux enseignants le cadre de la progression qu'ils doivent suivre. Cette première réponse conduit à s'interroger sur la pertinence du cadre institutionnel des programmes : ceux-ci sont-ils optimum pour l'enseignement du calcul ? Les conditions de fabrication des programmes - travail d'équipes restreintes sous de fortes contraintes de temps - ne sont sans doute pas les plus favorables... Malgré ce cadre institutionnel, les exigences des professeurs de mathématiques en calcul ne semblent pas toujours homogènes, ce qui engendre des inégalités qui peuvent être pénalisantes pour les élèves mais aussi pour les étudiants dans l'enseignement supérieur. Il serait pertinent de préciser les exigences minimales pour chaque niveau d'enseignement, à l'image de ce qui se fait dans les conservatoires de musique en solfège.

Du côté des chercheurs, si les paliers d'acquisition pour le calcul et les automatismes associés gagneraient certainement à être mieux explicités au sein du curriculum, il apparaît également que, comme le montrent de nombreuses recherches en didactique des mathématiques (et par exemple, pour n'en citer qu'une : http://educmath.ens-lyon.fr/Educmath/en-debat/place-du-calcul-enseignement-primaire/michele_artigue) et dans d'autres champs (psychologie, cognition, etc.), la question relève fortement, au-delà de repères d'acquisition, de trouver un équilibre entre sens et technique des activités calculatoires mathématiques. Trouver un équilibre entre pratiques de calcul et conceptualisation des nombres, des opérations et de leurs propriétés est une question essentielle pour mieux opérationnaliser la mise en place de paliers potentiels d'acquisition. Dans tous les cas l'apprentissage n'est ni linéaire, ni strictement croissant. Il appartient donc toujours à la recherche didactique, en envisageant les retombées potentielles en termes de formation d'enseignants, de capitaliser et d'opérationnaliser un ensemble de connaissances et de savoirs établis sur le calcul et son enseignement en vue de construire de manière scientifique des balises pour l'enseignement et l'apprentissage du calcul à différents niveaux de scolarité.

Des problèmes pour faire des mathématiques ou des mathématiques pour faire des problèmes ?

D'un point de vue didactique, la question amène à une seule réponse : les deux bien sûr ! Des problèmes pour susciter l'intérêt et introduire de nouveaux outils mathématiques et des outils mathématiques pour résoudre des problèmes. Les deux propositions correspondent à deux moments de l'apprentissage. Dans les pratiques « ordinaires », les problèmes apparaissent souvent en fin du processus d'enseignement, comme une application de ce qui a été enseigné. Il est nécessaire qu'ils apparaissent également au début et au cours du processus pour motiver, problématiser, donner des raisons d'être des savoirs à enseigner. Ce qui n'est pas toujours facile à mettre en place, car cela suppose que les enseignants trouvent de bons problèmes, laissent du temps pour la recherche et encouragent les élèves à être plus autonomes et responsables. La formation initiale et continue est alors primordiale, elle doit permettre de soutenir l'action des enseignants pour faire évoluer leurs pratiques ; cela peut se faire lors de stages de formation mais aussi par des groupes de recherche collaboratifs. Cela suppose enfin de reprendre les connaissances mathématiques des enseignants afin de favoriser le questionnement et l'intégration des problèmes.

Cette question concerne donc encore la formation (initiale et continue) des enseignants. Il s'agit de développer une expertise professionnelle dans la problématisation des savoirs et des connaissances mathématiques à enseigner, de penser des situations, des tâches ou des types de tâches permettant de garantir une certaine « authenticité » de l'activité mathématique des élèves. Cela passe, à un niveau plus « macro » voire institutionnel (dans une perspective davantage curriculaire), par une volonté de préserver des « raisons d'être » des savoirs mathématiques à la fois valides et pertinentes (du point de vue des savoirs), mais aussi potentiellement productrices de situations d'enseignement-apprentissage (du point de vue des conditions spécifiques d'un système didactique). Insistons sur le fait que l'opposition apparente de la question telle qu'elle est formulée relève en fait d'une dualité essentielle des mathématiques : apprendre les mathématiques pour résoudre des problèmes et rencontrer des problèmes pour apprendre des mathématiques.

Les mathématiques peuvent servir à aller vers une compréhension du monde via, notamment, la résolution de problèmes (problèmes issus du monde réel, après modélisation) mais il faut noter que leur rôle ne se limite pas à cela : il s'agit aussi du domaine de connaissance scientifique dont le fonctionnement épistémologique est le plus épuré, puisque la logique est (au moins en théorie) le seul critère valide de vérité. Les problèmes issus des mathématiques elles-mêmes doivent donc aussi avoir leur place, en particulier dans l'optique essentielle de la formation du citoyen.

La place de l'histoire des mathématiques dans la formation des maîtres

L'histoire des mathématiques apparaît comme une dimension essentielle de la formation (initiale et continue) des enseignants, au même titre que la didactique des mathématiques. Encore faut-il veiller à la création d'un espace de formation des professeurs pour que puissent co-exister et même mieux, dialoguer ces différentes dimensions contributives de la formation. En formation initiale pour des questions de temps et compte tenu de l'ensemble des tâches à réaliser ce ne peut être qu'une sensibilisation nécessaire mais non suffisante. Il serait sans doute souhaitable que la formation continue conforte l'approche initiale.

En dehors de l'aspect culturel qu'elle apporte indéniablement, l'histoire des mathématiques constitue en effet une épistémologie entière de la discipline, qui permet de travailler sur les concepts et problèmes mathématiques dans leur contexte de naissance ou/et de développement et d'éclairer sur les objectifs des mathématiciens, les erreurs, les méthodes... Pour la mention premier degré des masters MEEF, elle permet de faire des mathématiques sans en avoir l'air, d'apporter un autre regard sur la discipline à enseigner et constitue donc, *in fine*, un excellent moyen de remise à niveau dans certains cas. C'est aussi une autre façon de penser l'enseignement des mathématiques (que ce soit dans le premier ou le second degré).

Les mathématiques pour la voie pro : est-ce une autre pédagogie/ didactique ?

Plutôt que de parler de pédagogie ou de didactique spécifique à la voie professionnelle, on peut davantage s'attacher à dégager les spécificités de cette voie de formation et leurs répercussions sur l'enseignement (et en particulier de l'enseignement des mathématiques).

Spécificité du corps enseignant et du corps des encadrants

Les PLP Maths-Sciences sont des enseignants bivalents encadré par un corps d'inspection bivalent ; ils ont en charge l'enseignement des mathématiques, de la physique et de la chimie. Au niveau de l'enseignement des mathématiques cela à plusieurs conséquences :

- Les actions interdisciplinaires maths-sciences sont beaucoup plus faciles à envisager.
- Il y a très souvent un déficit de formation initiale aussi bien pour les enseignants que pour les inspecteurs sur au moins une des deux valences ; actuellement, et depuis plusieurs années, le recrutement se faisant massivement sur des profils sciences, ce déficit de formation est donc davantage présent en mathématiques. Il y a une nécessité accrue de formation continue en mathématiques et en didactique des mathématiques (problématique assez proche de celle que l'on peut retrouver chez les PE).
- La bivalence Maths/Sciences, construite sur la bivalence Physique/Chimie, rend incertaine une évolution souhaitable vers une quadruple compétence : Maths/Info/Physique/Chimie.

Spécificités des missions de l'enseignement professionnel – conséquences sur l'enseignement des mathématiques

Actuellement on peut estimer que l'enseignement professionnel en France est chargé des trois missions :

- Assurer une formation professionnelle au niveau de l'enseignement secondaire pour des élèves, apprentis et professionnels (au sein des GRETA). Dans cette optique, les mathématiques sont là pour apporter des notions et des outils permettant d'utiliser et de comprendre ce qui est fait dans le domaine professionnel ; ils servent également à préparer les futurs diplômés aux évolutions possibles ou probables des leurs métiers respectifs. Dans cette optique, signalons la publication de la ressource commune IREM-DGESCO-IGEN intitulée *Mathématiques, Monde économique et Professionnel et parcours Avenir*, à laquelle la commission inter IREM Lycée professionnel a contribué.
- Accueillir les élèves en échec au collège et les remobiliser autour d'un projet professionnel, parfois choisi, souvent plus ou moins subi, sur l'ensemble des savoirs, y compris ceux de l'enseignement général et du socle.
- Permettre à un maximum d'élèves qui le souhaiteraient d'accéder, dans de bonnes conditions de préparation, à l'enseignement supérieur pour continuer leur professionnalisation avec un diplôme de niveau III ou pour utiliser leur statut de bachelier afin de changer d'orientation lors de leur poursuite d'études. Une problématique similaire à celle-ci consiste à préparer les élèves de CAP qui le souhaitent à une poursuite d'études dans de bonnes conditions de préparation, en 1^{ère} professionnelle.

Cette juxtaposition de missions différentes est l'une des grandes difficultés de l'enseignement des mathématiques dans la voie professionnelle ; il est à noter qu'elle doit en plus se faire sur un horaire très restreint.

Place du numérique – Place de l'informatique

Le numérique, à travers les TICE, à une place importante dans l'enseignement des mathématiques dans la voie professionnelle. Aux côtés d'usages classiques que l'on retrouve fréquemment au collège, axés sur la motivation des élèves et la différenciation pédagogique, s'ajoute une utilisation spécifique aux mathématiques ; en effet, la nature de l'activité mathématiques au lycée professionnel depuis les réformes de programmes de 2009 (bac pro) et 2010 (CAP) consiste à expérimenter à l'aide d'outils numériques puis à valider les conjectures faites avant ou à l'issue de cette expérimentation. Cette approche **expérimentation – validation** est l'équivalent de l'activité de démonstration au lycée général et technique ; elle gagnerait certainement à évoluer vers un triptyque : **modélisation – simulation/expérimentation – validation** qui permettrait l'intégration d'un enseignement d'informatique et qui serait plus proche, avec l'entrée par la modélisation plutôt que par l'expérimentation, des problématiques des spécialités professionnelles. Cet usage systématique des TICE en mathématiques a eu pour

conséquence une large diffusion des outils et des pratiques du numérique dans les lycées professionnels ; paradoxalement, le lycée professionnel n'a, pour l'instant, pas encore intégré d'enseignement d'algorithmique et de programmation ; cela pose et va poser des questions pour chacune des missions dévolues à l'enseignement professionnel :

- Quelles réponses au probable futur profil d'élève suivant : élève en difficulté en mathématiques au collège mais en réussite dans les enseignements d'informatique qui va être orienté dans une voie où l'enseignement des mathématiques se poursuit mais pas celui de l'informatique ?
- Les usages de l'informatique et du numérique, de plus en plus nombreux dans beaucoup de métiers, ne seront pas abordés ailleurs que dans les enseignements du domaine professionnel et ne bénéficieront pas du regard scientifique que peuvent avoir les autres contenus mathématiques ou scientifiques des différentes spécialités.
- Les bacheliers professionnels sont déjà pénalisés lorsqu'ils intègrent l'enseignement supérieur par leur manque de connaissance en algorithmique et en programmation ; ils risquent de l'être bien plus encore lorsque les premières « générations Scratch » auront passé le baccalauréat.

Un dernier point :

- L'exposition plus précoce des élèves à un enseignement de l'informatique peut laisser envisager la création de diplômes professionnels de niveau IV (typiquement des bac pro) dans les métiers de l'informatique et du numérique, à un niveau de compétences actuellement occupés par les titulaires de BTS. L'apparition de telles spécialités au lycée professionnel, en cohérence avec l'évolution prévisible du marché de l'emploi, aurait forcément des conséquences sur la façon d'envisager l'enseignement des mathématiques dans la voie professionnelle.

Qu'est-ce qu'un bon professeur de mathématiques ?

En passant en revue les questions précédentes on peut à grands traits brosser les objectifs que peut se fixer la formation des professeurs de mathématiques. Il faut qu'elle apporte une bonne connaissance des mathématiques c'est-à-dire des contenus, de leur contexte de création et d'évolution - l'histoire des mathématiques, les grands problèmes qui ont jalonné cette histoire, les obstacles rencontrés - ainsi que de leur domaine d'application actuelle. Il faut également une bonne culture concernant les théories de l'apprentissage et leur traduction dans la classe avec un recul suffisant pour faire des choix éclairés en fonction des contenus. Il faut enfin une bonne connaissance de l'élève en situation d'apprentissage des mathématiques. Il faut tout cela pour que les élèves bénéficient d'un enseignant suffisamment formé pour adapter son enseignement à son public et aux objectifs d'apprentissages affichés, sans déroger à un ancrage épistémologique rigoureux. Pour être « bon », un professeur a également besoin d'un environnement favorable : programmes de qualité, temps d'enseignement suffisant, structure favorisant les échanges entre pairs.

La question posée mène tout droit à celle de la formation, qui doit nécessairement être pilotée par des professionnels et des chercheurs et être conduite par des personnes formées, qui se sont concertées ; formées dans leur discipline et à l'enseignement de celle-ci et ayant aussi une bonne connaissance des liens avec les autres disciplines et de leurs apports réciproques.

Du point de vue de l'organisation de la formation, nous ne pouvons que plaider pour des garanties en ce qui concerne la formation à la fois initiale et continue des enseignants de mathématiques (et ce, au niveau du primaire, du secondaire et même de l'université).

En ce qui concerne les futurs enseignants du secondaire, il existe des masters MEEF prévus sur deux ans, dédiés à la formation initiale. Mais force est de constater d'une part que certains étudiants deviennent enseignants de mathématiques en n'ayant que partiellement (sur une durée d'un an), voire pas du tout suivi les formations dispensées au sein de tels masters ; d'autre part, en l'absence d'un cadrage national suffisamment contraignant, de fortes disparités dans les contenus, dans la volumétrie et la structuration des formations au sein des différentes ESPE (selon les académies, les universités, etc.). Cela fait plusieurs années que la CORFEM (commission inter IREM de Recherche sur la Formation des Enseignants de Mathématiques) alerte le ministère de l'éducation nationale et le ministère de l'enseignement supérieur à ce sujet.

Ajoutons également qu'une volonté politique précédente a affirmé la nécessité de la construction d'une culture commune des enseignants. Sans remettre en cause cette nécessité, cela a donné lieu parfois à la naissance d'un déséquilibre flagrant entre temps de formation consacré à la construction de cette culture commune (souvent pensée comme transversale) et le temps de formation dédié à la construction d'une expertise spécifique à l'enseignement de la discipline. Il s'agit, compte tenu des défis qui pèsent sur la profession d'enseignants de mathématiques (nouveaux enseignements de l'algorithmique, etc.), de veiller à ce que la formation dédiée à ce qui fonde les spécificités de l'enseignant de mathématiques puisse trouver une place plus qu'importante dans la formation des enseignants.

Pour de « bons professeurs de mathématiques », il faudrait s'accorder sur de « bonnes formations » initiales et continues pour ces enseignants. On peut rappeler à ce sujet que la « méthode Singapour », c'est aussi et peut-être même avant tout, 100 h de formation continue d'enseignants par an.

Les « Startup pédagogiques » : une menace/une aide pour le professeur ?

Les « Startup pédagogiques » ne représentent à ce jour ni un danger ni une menace leur influence restant, par définition de ce qu'est une startup, assez faible. Si l'on considère la réponse à la question précédente, il y a par exemple peu de chance pour une startup de répondre au cahier des charges des apports nécessaires pour faire un « bon » professeur. Ceci étant soyons pragmatique : si une startup présente des innovations intéressantes il n'y a aucune raison de s'en priver !

Au delà du phénomène Startup, la question du numérique est sans aucun doute essentielle. Les programmes consacrent déjà une place au numérique. Les logiciels de géométrie dynamique sont par exemple les supports d'activités pédagogiques depuis de nombreuses années. Des ressources institutionnelles existent (productions des IREM, de l'IFE...) pour un usage dans les classes ou en formation et il est souhaitable que la production de telles ressources soit favorisée. Si les « Startup pédagogiques » ne représentent à ce jour ni un danger ni une menace, l'influence de très grandes sociétés mérite une très grande vigilance des praticiens et de l'institution.

ANNEXE : les éléments d'analyse de la COPIRELEM sur la « Mastérisation »

La COPIRELEM se fait l'écho du constat partagé par tous les acteurs de la formation qu'il est impossible d'atteindre simultanément l'ensemble des objectifs dans le cadre des dispositifs basés sur la formation par les masters mis en place par la réforme.

- **La préparation au concours**

La nature du concours de recrutement influe largement sur l'organisation et le contenu de la formation. L'impact est tel que le caractère professionnalisant de la formation et l'initiation à la recherche s'effacent, pour les étudiants, devant la priorité donnée à la préparation à ce concours. L'épreuve écrite du concours permet d'évaluer prioritairement la maîtrise des savoirs mathématiques du collège en n'accordant qu'une part très réduite à la question essentielle des connaissances mathématiques nécessaires au professeur pour l'enseignement des mathématiques à l'école.

- **La préparation à l'exercice professionnel**

Les savoirs professionnels tels que la construction de séances, la conduite de la classe, la compréhension des mécanismes d'apprentissage, l'appropriation des programmes, la capacité à exercer sa liberté pédagogique, l'aide aux élèves sont pris en charge par le master mais ne peuvent s'enraciner sans une mise en relation forte et fréquente avec une pratique réelle du métier.

La structure d'un master, organisé sur la base d'unités d'enseignement étanches, tend à favoriser le morcellement, rendant plus difficile la synthèse entre les divers contenus, laissée à la charge des étudiants.

Une véritable intégration des savoirs professionnels pour le métier d'enseignant ne peut se concevoir que dans le cadre d'un dispositif d'alternance serrée entre apports théoriques et expérimentation sur le terrain, mis en œuvre sur une longue durée.

Ce dispositif par alternance doit être organisé indépendamment des besoins de remplacement sur des terrains de stages réservés permettant une prise de responsabilité progressive des étudiants et ménageant régulièrement des temps d'observation de classe.

- **La polyvalence**

Elle s'exprime tant dans la diversité des disciplines à enseigner que dans celle des publics d'élèves.

Il s'agit d'abord pour l'étudiant d'acquérir simultanément des connaissances académiques suffisantes dans des disciplines autres que sa discipline d'appartenance et de s'approprier des savoirs spécifiques à l'enseignement de ces disciplines pour être en mesure de les enseigner de manière équitable à l'école primaire.

En outre, le master d'enseignement doit aussi permettre au futur enseignant d'acquérir les compétences pour enseigner ces contenus à un public varié de la petite section de maternelle au CM2.

- **L'initiation à la recherche**

Elle doit avoir pour l'étudiant principalement deux finalités : d'une part, entrer dans une culture commune en s'appropriant des travaux issus de la recherche, d'autre part construire une posture réflexive lui permettant d'analyser et d'améliorer sa pratique en menant une recherche personnelle répondant à un questionnement en lien avec une expérience d'enseignement.

Cette posture réflexive est un préalable à la capacité de l'enseignant à intégrer dans sa pratique les apports d'une formation continuée tout au long de sa carrière.

Pour compléter cette contribution, nous vous renvoyons à la lettre ouverte rédigée en juin 2017 à l'initiative de la SMF et la SMAI qui s'appuyait sur une analyse et un état des lieux de la formation initiale des professeurs des écoles réalisés par la COPIRELEM.