

Sur l'inadéquation de la formation première des professeurs de mathématiques de l'enseignement secondaire français

par Yves Chevallard
IUFM d'Aix-Marseille (France)

La formation des professeurs de mathématiques de l'enseignement secondaire français rencontre aujourd'hui des difficultés spécifiques que l'évolution de la place des mathématiques dans le curriculum secondaire rend plus manifestes encore. Plusieurs de ces difficultés trouvent leur origine dans la formation mathématique et didactique, formelle et informelle, reçue par les professeurs au cours de leurs études à l'université : c'est sur elles qu'on s'arrêtera ici, après avoir précisé les notions nécessaires aux analyses qui suivent.

En premier lieu il convient de commenter rapidement le mot de *didactique* employé ci-dessus. En tant qu'adjectif, *didactique* correspond simplement au substantif *étude*, et au verbe *étudier*. En ce sens, par exemple, un *contrat didactique* est un contrat relatif à l'étude de « quelque chose », ce quelque chose étant l'*objet d'étude*, *o*, appelé également l'*enjeu didactique*, et l'étude de *o* se réalisant à travers différents types de *situations didactiques*. En tant que substantif féminin, la *didactique* est (par définition) la *science de l'étude*. Plus exactement, « la didactique de *o* » désigne la science de l'étude de *o*, quelle que soit au reste la « taille » de l'objet *o*. Ainsi parle-t-on de la didactique *des mathématiques*, mais aussi, en spécifiant davantage, de la didactique *de l'algèbre*, et encore de la didactique *des équations du premier degré*, etc., selon une gradation qui va des aspects les plus génériques aux aspects les plus spécifiques de l'étude d'un objet.

On introduit ensuite l'*étudiant*, *x*, qui peut être aussi bien un élève de l'école élémentaire qu'un étudiant avancé ou un chercheur éminent : dans tous les cas, on note $S(x;o)$ le système (didactique) que *x* forme avec l'enjeu de l'étude, *o*. Dans le cas où *x* est un chercheur, l'objet *o* de son étude est en général une *question*, *q*, que *x* regarde en principe, et parfois à tort, comme une question *ouverte* dans la communauté savante où il se situe. Lorsque *x* est un élève de l'enseignement secondaire, l'objet d'étude *o* tend à se présenter *a priori*, non pas comme une question, mais comme une « réponse » toute faite, antérieurement élaborée, soit comme une certaine *organisation mathématique* (« l'algèbre », « l'équation du premier degré », etc.) construite historiquement comme réponse à une ou des questions déterminées, les *raisons d'être* (historiques) de cette « œuvre mathématique ».

C'est alors que peut apparaître le personnage qui nous intéresse essentiellement ici : pour étudier *o*, l'étudiant *x* peut recevoir l'aide d'une autre personne, notée génériquement *y*, en sorte que se forme un système didactique *aidé*, noté $S(x ; y ; o)$. En fait, lorsque *x* est un élève et *y* est son professeur de mathématiques, *y* ne fait pas qu'aider *x* à étudier *o* : il l'aide en *dirigeant* l'étude de *o* par *x*, $S(x ; y ; o)$ devenant ainsi un système didactique *dirigé*. La didactique de *o* se réfère alors autant à ce que peut faire *x* pour étudier *o* qu'à ce que peut faire *y* pour diriger *x* et l'aider à étudier *o*. Et c'est dans sa fonction de *directeur d'étude* qu'un professeur *y* pourra se révéler « adéquat », « efficace », ou, au contraire, apparaître plus ou moins « dysfonctionnel ». Dans ce qui suit on n'envisage que certains dysfonctionnements didactiques qui apparaissent, non comme attachés à la *personne* du professeur *y*, mais comme ancrés dans la *formation* qu'il a objectivement reçue, dysfonctionnements que les caractéristiques subjectives des professeurs ne sauraient en conséquence corriger que partiellement et inégalement.

Dans l'enseignement secondaire ancien, la fonction essentielle du professeur, y , consistait à *présenter* à l'élève x la suite $o_1, o_2, \dots, o_n$ des organisations mathématiques que celui-ci devait alors étudier, à peu de chose près, *par ses propres moyens*. Cette limitation de l'engagement didactique du professeur, qui mettait en relief sa connaissance des organisations mathématiques bien plus que sa connaissance des conditions générales et particulières de *l'étude* de ces organisations, ne posait guère de problème tant que l'enseignement secondaire s'adressait à une élite sociale et culturelle nantie d'un savoir-faire et d'une culture didactiques appropriés, ou sélectionnée selon ce critère. Les choses ont changé avec la massification du Secondaire : les professeurs doivent aujourd'hui disposer d'une formation approfondie à la direction d'étude et à l'aide à l'étude s'ils veulent pouvoir faire face de manière adéquate aux *besoins didactiques* objectifs que les élèves actuels sont très inégalement préparés à identifier et à satisfaire par eux-mêmes. Or, l'enseignement supérieur français reste encore largement gouverné par le principe de *responsabilité didactique limitée* autrefois dominant au Secondaire. En conséquence, les étudiants d'université qui, dans les IUFM (Institut universitaire de formation des maîtres), viennent se préparer au métier de professeur des collèges et lycées ne peuvent guère se référer aux pratiques didactiques dont ils ont été les témoins à l'université, sinon à titre de contre-modèles – au plan didactique, non bien sûr au plan humain.

Une autre conséquence de l'archaïsme didactique des études universitaires est plus importante encore. Le partage si déséquilibré des responsabilités didactiques entre x et y dans ce contexte institutionnel fait que le savoir-faire didactique que x doit mettre en œuvre pour réussir dans ses études lui apparaît comme *une affaire personnelle, privée, intime*, dont on ne parle pas, sauf par anecdotes, et qui donc, contrairement à ce qui va de soi dans les sciences, ne saurait être formulée, objectivée, débattue, etc. Tout concourt donc à ce que, aux yeux d'un x en passe de devenir un y , la « science de l'étude » *n'existe pas*, ou plutôt *ne puisse pas exister*, parce que son objet prétendu se diluerait dans une réalité insaisissable faite de milliers d'expériences personnelles, intimes, chaque fois singulières, chaque fois différentes. Deux conséquences découlent de là solidairement.

En tant que fait social, le fait didactique, ou, comme on dit encore, *le didactique* tend à n'exister de manière objective pour y *que parce qu'il y a des élèves x* , sans que y puisse spontanément apercevoir (ou construire) de lien autre qu'anecdotique entre sa propre expérience vécue de l'étude, en tant que le x qu'il a été, et la réalité didactique dans laquelle il doit désormais intervenir en tant que le y qu'il est en voie de devenir. De là que les besoins d'étude qu'il lui faudrait maintenant prendre en compte et chercher à satisfaire tendent à lui apparaître comme « exotiques », inhomogènes à sa propre expérience, sinon tout à fait incompréhensibles, et explicables seulement par la singularité de ces créatures quelque peu étranges que seraient les élèves x quand on les observe « de l'extérieur », alors même qu'une partie essentielle de ces besoins est *en fait déterminée par l'objet o à étudier* d'une manière à peu près indépendante de qui étudie.

De cette discontinuité culturelle et conceptuelle entre vécu personnel antérieur et situation objective actuelle naît une seconde difficulté. En arrivant dans l'enseignement secondaire, les jeunes professeurs y découvrent, notamment au collège, des pratiques didactiques qui leur paraissent aussi étranges que les besoins auxquels elles sont censées répondre. Faute de pouvoir les analyser comme des réponses rationnelles à des besoins didactiques objectifs, ils tendent donc à les penser comme des manières de faire dont l'arbitraire apparent, irritant ou sympathique, ne serait rien d'autre que l'expression de la

« personnalité » propre à une institution qu'ils redécouvrent après un parcours de plusieurs années à l'université. Passant brutalement d'un conformisme institutionnel à un autre, ils sont ainsi enclins à regarder ces pratiques didactiques – qu'ils intérioriseront bientôt, pour la plupart – davantage comme attachées à l'institution où ils viennent d'entrer que comme des élaborations rationnelles, discutables et révisables, ayant pour objet de satisfaire des besoins dont l'identification et l'analyse pourraient elles-mêmes être améliorées. La formation didactique informelle reçue à l'université aboutit ainsi à une claire inadéquation du rapport du professeur à la réalité didactique qu'il doit désormais gérer.

Par delà leur impréparation didactique générale, les futurs professeurs souffrent en fait d'une inadéquation peut-être plus grave, et en tout cas clairement liée à la formation mathématique reçue : l'inadéquation didactique *de leur rapport aux mathématiques*. Là encore quelques remarques préalables sont nécessaires pour formuler le problème. Ce qu'on a appelé plus haut la « présentation » (par le professeur y aux élèves x) d'une organisation mathématique o soulève de nombreux problèmes d'adéquation aux exigences de l'évolution curriculaire officiellement souhaitée par les autorités éducatives. Pour un chercheur x , étudier une question de mathématiques q , c'est chercher à *construire* une organisation mathématique o (ou, du moins, un fragment d'une telle organisation) qui permette de répondre à la question q étudiée. Pour un professeur y , diriger, dans une classe C , l'étude d'une organisation mathématique o , c'est diriger la *reconstruction*, dans C , de cette organisation. Dans ce processus d'étude, de nombreux facteurs vont influencer pour faire que l'organisation effectivement construite dans la classe, notée o^C , diffère de l'organisation o désignée comme devant y être reconstruite : on dit que l'organisation o^C découle par un processus de *transposition didactique* de l'organisation o , dont elle est une *transposée didactique*. Or il apparaît que la formation mathématique première des professeurs ne leur permet guère d'assumer adéquatement la conception, la réalisation et le contrôle du travail transpositif attendu d'eux dans leur fonction de directeur d'étude.

On se limitera dans ce qui suit à expliciter l'affirmation précédente sur un point. La reconstruction d'une organisation mathématique et l'organisation didactique qui permet cette reconstruction peuvent être situées, grossièrement, dans un espace à quatre dimensions comportant une dimension *pratique*, une dimension *expérimentale*, une dimension *théorique*, une dimension *formelle* ou *mathématique au sens étroit*, les qualificatifs employés ici recevant sensiblement le même sens que celui qu'ils ont, plus classiquement, lorsqu'on parle de physique *pratique*, de physique *expérimentale*, de physique *théorique*, de physique *mathématique*. Or, on va le voir, la formation mathématique reçue à l'université ne permet guère au jeune professeur ne serait-ce que de *reconnaître* cette multidimensionnalité didactico-mathématique, sans parler d'en faire un usage adéquat dans le travail transpositif attendu de lui.

Avant d'entrer dans un IUFM pour leur formation initiale professionnelle *stricto sensu*, la plupart des professeurs de mathématiques de l'enseignement secondaire français récemment formés ont étudié cette discipline à l'université durant trois ou quatre années au moins, et cela, une fois passées les deux années qui composent le premier cycle des études supérieures (DEUG), à l'exclusion d'à peu près toute autre discipline. La troisième année d'études (licence) ainsi que la quatrième (maîtrise) sont en outre, pour la plupart d'entre eux, vouées à l'étude des seules mathématiques *pures*, parce que telle est la tradition dominante en France, qui a façonné les concours de recrutement, auxquels elle offre en conséquence la voie d'accès la plus régulière et la plus sûre. Dans une telle formation, le souci des applications pratiques et même le simple contact entre mathématiques et non-

mathématiques sont à peu près totalement absents, quand ils ne sont pas regardés avec hauteur. Sauf exception, le futur professeur en ressort avec une sensibilité quasi nulle aux usages pratiques des mathématiques, qu'il perçoit comme très éloignés du travail du mathématicien, et souvent comme quelque peu impurs. Le phénomène se nourrit de lui-même : l'inintérêt, muet ou proclamé, de la plupart des formations universitaires de mathématiques pour l'extramathématique fait que les notions nécessaires pour penser mathématiquement le non-mathématique n'y reçoivent pas même un début de mathématisation, de sorte que, pour le jeune professeur, la distance entre les mathématiques qu'il a étudiées et les « mathématiques pratiques » présentes *de facto* dans le curriculum secondaire apparaît maximale. Ainsi en va-t-il par exemple s'agissant des notions de *grandeur* et d'*unité*, et de la manipulation, même limitée, de l'*algèbre des grandeurs*, sans lesquelles une grande partie des usages pratiques des mathématiques devient proprement impossible. On pourrait multiplier les exemples : dans tous les cas, faute de pouvoir situer certaines réalités de sa jeune pratique professorale dans l'univers mathématique connu de lui, le professeur s'en explique la présence par le fait d'avoir affaire à de jeunes élèves (il sait d'expérience que ces réalités disparaissent lorsqu'on progresse dans le cursus des études mathématiques), explication toujours disponible qui accrédite subrepticement la vision d'une *démathématisation structurelle* de l'enseignement secondaire des mathématiques, processus que le mécanisme décrit ici tend au reste à favoriser objectivement.

L'impréparation mathématique des professeurs est plus profonde que les considérations précédentes ne le laissent entendre. D'une manière générale, le repliement des formations mathématiques universitaires sur des thématiques fermées et autosuffisantes fait que la notion de *besoins mathématiques* n'y a guère sa place. Le souci d'élaborer les organisations mathématiques nécessaires ou simplement utiles à tel ou tel domaine de la pratique sociale y est souvent à ce point absent qu'on parvient déjà difficilement à y articuler ensemble les différentes parties de la formation en assurant les compatibilités et complémentarités mathématiques indispensables. S'agissant des besoins mathématiques existant *hors* de la formation elle-même, l'affaire est quasiment désespérée. Des longues heures passées, en DEUG, à étudier les séries numériques, il est apparemment impossible de distraire le temps nécessaire pour clarifier la question du *développement décimal des nombres réels*, et faire que les jeunes lauréats des concours de recrutement soient enfin au clair à propos de l'égalité $0,999... = 1$ par exemple. Impossible encore, en licence, où la théorie de la mesure et de l'intégration est souvent examinée sous toutes ses coutures, qu'un peu de temps soit consacré aux notions d'*aire* et de *partie quarrable* du plan. À nouveau, on pourrait multiplier les exemples ! Une telle inattention, parfois arrogante, aux besoins d'autrui laisse dans la culture *mathématique* du futur professeur d'énormes lacunes qu'il serait pourtant peu coûteux de combler *dans le cadre même des cursus de formation existants*. En attendant, le professeur de mathématiques ainsi formé se sent un peu moins mathématicien qu'il ne le devrait face aux tâches qu'il doit accomplir, situation qui fragilise l'identité de l'enseignement des mathématiques au Secondaire, en même temps qu'elle reproduit le phénomène qui l'a engendrée : au collège comme au lycée, l'oubli des besoins mathématiques allogènes – ceux de l'école primaire, ceux des autres disciplines... – tend ainsi à devenir la règle, en dépit des exhortations des autorités éducatives. En cela aussi, le professeur est mal préparé à assumer sa mission.

Sur les autres dimensions du travail mathématique, on sera ici beaucoup plus bref, faute de place. Avec toute la tradition mathématique, les formations universitaires privilégient la dimension *théorique* de l'activité mathématique, dimension coextensive à l'effort,

hyperlégitime et fondateur, pour réduire toute organisation mathématique à une ossature hypothético-déductive que l'activité démonstrative semble seule capable de créer. En conséquence, la dimension *expérimentale* de l'étude des organisations mathématiques y est fondamentalement oubliée, quand elle n'apparaît pas entièrement illégitime, de sorte par exemple que le développement des moyens modernes de calcul et de représentation graphique n'y a eu jusqu'ici qu'un effet limité, qui n'a pas permis d'y renouveler le statut et la place des pratiques d'*expérimentation numérique* et d'*expérimentation graphique* – sans parler d'expérimentations d'autre nature. C'est ainsi que la calculette, que le futur professeur devra utiliser avec ses élèves, continue de n'y exister aucunement, et reste en conséquence dépourvue de statut didactico-mathématique précis, puisque ce qu'elle permettrait de faire n'a pas sa place dans les formes reconnues du travail mathématique « légitime ».

On pourrait montrer, sur ce point encore, que l'inadéquation de la culture mathématique acquise dans les formations universitaires a des effets dommageables sur l'activité en classe, *et sur les mathématiques enseignées elles-mêmes*. Ajoutons que la formation reçue n'est, paradoxalement, guère plus adéquate en ce qui concerne la dimension *théorique* de l'activité mathématique. La présentation, par nature plus ou moins dogmatique, d'organisations mathématiques « clés en main », impeccables au plan théorique mais à l'élaboration desquelles les étudiants n'ont été en aucune façon associés, habitue le futur professeur à de hautes exigences en matière de « finition » théorique, sans lui donner pour autant la capacité de mener à bien une telle élaboration théorique des organisations mathématiques dont il aura à diriger l'étude au collège ou au lycée. Pour le jeune professeur de mathématiques, il en résulte, d'une part un certain désenchantement qui affecte son identité professionnelle (enseigne-t-il vraiment des mathématiques, telles qu'il a appris à les connaître et à les aimer ?), d'autre part, par l'effet insidieux d'une loi du tout ou rien en la matière, une baisse importante de son exigence théorique à l'endroit des organisations mathématiques qu'il met en place dans les classes – évolution qui tend à ruiner l'apport le plus spécifique de toute éducation mathématique.

Des remarques analogues relatives à la dimension *formelle* de l'activité mathématique pourraient être faites mais sont ici superflues. Chargé de diriger la mathématisation de notions fondamentales, que seule l'expérience peut faire rigoureusement émerger d'un milieu par nécessité encore inframathématique (sinon tout à fait extramathématique), le professeur doit, tout au long du cursus secondaire, gérer la création et l'évolution d'organisations mathématiques ouvertes sur les besoins de pratiques non mathématiques, et dans la construction desquelles le travail expérimental doit progressivement céder la place, sans disparaître jamais totalement, au travail de mise en forme théorique. En dépit de l'influence correctrice de la formation professionnelle donnée à l'IUFM, il s'en faut que le jeune professeur d'aujourd'hui ait une formation mathématique et didactique adaptée à cette juste ambition.