

La place de la modélisation dans l'enseignement des mathématiques : obstacles, perspectives et rôle des IREM(*)

Jean-Pierre Raoult(**)

Le comité scientifique des I.R.E.M. a tenu le 26 novembre 2003 une journée d'étude sur le thème « La modélisation ». Le recueil des contributions présentées à cette journée, par des membres du Comité Scientifique ou leurs invités, est diffusé dans les IREM (septembre 2004). J'ai été chargé de rédiger pour ce recueil une « postface », rassemblant des avis qui se sont exprimés durant cette journée, en particulier en matière d'actions envisageables dans les IREM. Le présent texte est cette synthèse, qui n'engage que son auteur, et non les instances des IREM. Il est par ailleurs prévu que le Comité Scientifique des IREM réalise une bibliographie commentée d'un certain nombre de travaux effectués dans les IREM sur ce thème ; celle-ci devrait être disponible au début de l'année 2005.

Au delà d'un accord général sur la nécessité d'introduire des formes d'activité modélisatrice dans l'enseignement des Mathématiques (avec cependant certaines différences d'approche quant à sa dénomination et ses contenus), tous les participants à la journée d'étude du Conseil Scientifique des IREM sur la modélisation ont tenu à souligner les obstacles auxquels se heurte cette introduction. À première vue, le recueil de ces contributions pourrait donc apparaître comme constituant, pour une bonne part, un catalogue de mises en garde. Cette vigilance nous semble relever de ce que la communauté des IREM est en droit d'attendre de son Comité Scientifique, dès lors qu'elle ne conduit pas nécessairement à des renoncements mais au contraire débouche sur des réflexions relatives à des actions paraissant réalisables dans le cadre des IREM et éventuellement sur l'énoncé d'hypothèses relatives aux conditions qui pourraient favoriser, au plan institutionnel (programmes, moyens, formations), la levée, au moins partielle, de tels obstacles.

Ce texte est donc organisé autour d'un recensement des obstacles qui se présentent et, face à chacun de ceux-ci, des propositions avancées quant aux actions susceptibles de permettre à la modélisation de prendre dans nos enseignements la place réellement formatrice qui lui revient. La typologie de ces obstacles, telle que je l'ai utilisée pour structurer ce texte, est sans doute largement arbitraire, et la retransmission des avis qui en ont été déduits quant à la place des IREM dans ce combat présente une certaine redondance. J'espère cependant avoir

(*) Annexe au rapport de la CREM « L'enseignement des Mathématiques en relation avec les autres disciplines ».

(**) Président du Comité Scientifique des I.R.E.M.

ainsi rendu compte de l'essentiel des opinions qui se sont exprimées lors de la session organisée par le Comité Scientifique sur ce thème le 26 novembre 2004 et des possibilités de travaux, pour les IREM, qui y sont envisagées.

Les difficultés que présente l'introduction de la modélisation dans nos enseignements, relevées plus ou moins intensément selon les contributions, sont de plusieurs natures :

Obstacles conceptuels : sait-on bien de quoi on parle sous ce vocable commode de « modélisation » ? Quelle acception de ce terme est susceptible d'enrichir notre activité éducatrice ?

Obstacles culturels : les enseignants de mathématiques disposent-ils de la culture scientifique nécessaire pour dépasser le cadre strict de l'enseignement du cœur de leur discipline (ou de ce qui est aujourd'hui jugé être ce cœur par la plupart d'entre eux) pour, seuls ou en liaison avec les collègues d'autres disciplines, proposer aux élèves des activités porteuses de sens ? L'activité modélisatrice en classe ne risque-t-elle pas de se développer aux dépens des apprentissages fondamentaux ?

Obstacles pédagogiques : la réflexion sur les situations pédagogiques permettant d'aborder des séances consacrées à la modélisation a-t-elle été menée avec suffisamment d'ampleur ? Comment est-elle popularisée ? Existe-t-il suffisamment d'outils, d'exemples, de programmes informatiques proposant des activités déjà bien élaborées à la disposition des enseignants ?

Obstacles sociaux : les élèves sont-ils intellectuellement disponibles pour des activités leur ménageant une certaine liberté de réflexion ? Ces activités sont-elles compatibles avec l'exigence des familles demanderesses avant tout de préparations efficaces aux épreuves conditionnant l'avenir professionnel de leurs enfants ?

Obstacles institutionnels : les disponibilités horaires des mathématiques en lycée, collège, voire école primaire, sont-elles suffisantes pour y placer des activités exploratoires, donc gourmandes de temps ? Les enseignants, auxquels ont déjà été demandées de nombreuses réadaptations de leur mode d'activité, dont ils n'ont pas toujours pu percevoir le bien-fondé, sont-ils disponibles pour de nouvelles évolutions, elles aussi exigeantes en investissement personnel (préparations de cours d'un type nouveau, recherches de documents, élaboration de projets, réunions interdisciplinaires) ?

Nous allons revenir sur ces différents types de difficultés.

Nous nous efforcerons de préciser, à chaque fois, ce que pourrait être le rôle des IREM à cet égard, et ce qui nous paraît en constituer les limites.

Obstacles conceptuels :

Que l'activité modélisatrice du réel soit intimement imbriquée avec la création mathématique est relevé par la plupart de nos intervenants, le paradoxe étant que, si on proposait un enseignement des mathématiques largement piloté par des modèles issus du monde physique, on irait à l'encontre d'une tradition qui, du moins dans

notre pays, a maintenant fait ses preuves. De plus modéliser, c'est largement évoluer en dépassant des idées fausses au profit d'une compréhension meilleure, et il est difficile, voire souvent impensable, de faire suivre à l'élève pareil cheminement. En d'autres termes, face à un phénomène, il n'y a en général pas UN modèle, mais des « candidats-modèles », dont le scientifique doit apprécier la cohérence et la pertinence, selon les rôles qu'il doit leur faire jouer (prédicatif, prescriptif, explicatif, selon la typologie proposée par Guy Brousseau), mais dont l'abondance risque d'être perturbatrice pour l'élève.

Il n'est pas question ici de reprendre les débats sur les différents concepts de « modèle » que l'on peut trouver au fil des interventions, souvent replacés dans une perspective historique. Plus empiriquement, suivant ici encore Guy Brousseau, on va distinguer trois niveaux auxquels est évoqué ce terme de « modèles » à propos de leur introduction dans l'enseignement :

- l'enseignement de modèles déjà construits et utilisés,
- l'initiation à la modélisation,
- l'initiation à la pratique de la modélisation par les élèves.

Le premier niveau (modèles déjà construits et utilisés) relève de la présentation des mises en relation de nombre de nos outils mathématiques avec les besoins de description du monde sensible qui leur ont donné naissance ; en d'autres termes, il s'agit de « mathématiques contextuelles » (d'aucuns disent « mathématiques mixtes »), qui relèvent d'une ancienne pratique pédagogique mais ont sans doute été trop abandonnées par l'enseignement contemporain.

Les IREM sont ici en position favorable pour favoriser le fonctionnement de groupes interdisciplinaires non destinés uniquement à fabriquer directement des exemples de modélisation en actes (nous y reviendrons), mais à rétablir une culture commune déficiente.

Le second niveau (initiation à la modélisation) est plus délicat : ceci suppose une approche globale, une démarche, reprenant, dans un contexte donné, le catalogue des données, des questions, des besoins d'outils pour y répondre, des formalismes adaptés, des constats d'insuffisance, des retombées utilisables (allant de la présentation bien « lisible » des résultats à l'aide à la décision dans le laboratoire, l'entreprise, ...).

Les réflexions que peuvent mener ici les IREM se situent assez en amont, associant des mathématiciens, des scientifiques d'autres disciplines, des philosophes, des professeurs de français ou même de langues étrangères (pour la recherche de documents) ; la question de leur popularisation et de leurs retombées est cruciale.

Le troisième niveau (initiation à la pratique de la modélisation par les élèves) est celui pour lequel la réflexion didactique paraît la plus développée et le seul qui peut être envisagé dès l'école primaire, si l'on veut bien prendre le mot « modélisation » dans un sens « naïf » du type : « émergence d'un processus rigoureux, à partir de l'observation et dans une visée opératoire » (ainsi formulé, ce sens peut sembler trop

général et recouvrir presque toute activité scientifique, mais, décliné dans le cadre de la classe de mathématiques, il renvoie à des activités spécifiques).

Les IREM se sont déjà fortement impliqués dans l'élaboration et la diffusion de cadres permettant de telles réalisations, que ceux-ci soient construits par des mathématiciens entre eux ou en partenariat avec des enseignants d'autres disciplines scientifiques ou techniques (un gros travail a été fait en direction des lycées professionnels et technologiques). Ces efforts peuvent sans doute être poursuivis, amplifiés, adaptés et éventuellement critiqués.

Obstacles culturels :

Le constat a été largement fait que les études supérieures suivies par les futurs enseignants de mathématiques ne les mettent plus assez en contact avec d'autres disciplines, voire les en détournent, délimitant dans leur esprit un champ restreint des mathématiques. Une preuve récente en a été donnée par les fortes réticences du corps enseignant des lycées vis-à-vis de programmes nouveaux de statistique, dès lors que ceux-ci ne reposaient pas sur le jeu classique des définitions, énoncés et démonstrations. Plus généralement, un problème majeur est celui de la manifestation de la « vérité » dans la bouche du professeur de mathématiques : celui-ci ne peut-il la situer que dans le cadre hypothético-déductif ou bien est-il également fondé, à la faveur de la mise en scène de modélisations, à la faire naître de la confrontation au réel ?

L'attitude volontariste consistant à généraliser, dans le cadre des IREM mais aussi, plus généralement, dans les établissements scolaires, des « coordinations » interdisciplinaires, est apparue ici insuffisante, voire parfois dangereuse car pouvant, faute de bases d'entente communes suffisamment solides entre les partenaires, conduire à des solutions illusoires, si non fondées sur des problématiques scientifiques réelles. L'expérience acquise dans les IREM conduit à argumenter en faveur de la réinsertion d'une culture scientifique plus large lors de la formation des étudiants et en particulier des futurs enseignants dans les universités (dès le premier cycle) et les IUFM.

Cette étroitesse de culture scientifique engendre nécessairement la crainte, voire la conviction, chez nombre de professeurs, que les activités de modélisation nuisent aux apprentissages fondamentaux. Par delà la question du temps total disponible (nous y reviendrons), on peut affirmer que cet effet pervers serait effectif si les séances consacrées à des modélisations étaient déconnectées du reste de l'enseignement des mathématiques ; au contraire, bien conçues, évitant en particulier les placages artificiels et sans réelle insertion dans le concret, ces séances peuvent être un guide pour la compréhension de la présence de certaines notions dans les programmes ou encore constituer une occasion de mise en œuvre de techniques auxquelles on s'est exercé plus classiquement (et, bien sûr, majoritairement en temps) à d'autres moments.

Les documents élaborés dans les IREM mettent souvent opportunément l'accent sur ces interpénétrations entre l'enseignement « usuel » et des exemples de modélisations ; encore faut-il, ici encore, que la conception de leur rôle par les enseignants les prédispose à admettre celles-ci.

Obstacles pédagogiques :

Même si, nous l'avons dit plus haut, le travail d'élaboration de documents (au sens large : papier, vidéo, internet, accès à l'usage approprié de logiciels de calcul, de simulation, d'imagerie, ...) pour la modélisation doit être mené activement, on peut affirmer que la matière mise à la disposition de nos collègues est loin d'être négligeable, car de nombreux organismes s'y sont employés, des IREM au Ministère de l'Éducation Nationale. Mais le manque d'assurance de certains enseignants, déjà évoqué, peut avoir deux conséquences contradictoires : soit les bloquer dans l'usage de ces documents, soit les y livrer avec insuffisamment d'esprit critique.

Les IREM peuvent favoriser, comme ils le font déjà, le fonctionnement de groupes au sein desquels la critique du matériel disponible serait activement menée, quelle qu'en soit la provenance, puis diffusée le plus largement possible. Plus en amont, on peut saluer le projet de mise en place, avec le concours de l'IREM de Paris VII, d'un master professionnel de formation de formateurs d'enseignants ; les préoccupations qui nous animent ici n'en sont pas absentes ; les retombées d'une telle création ne seront pas immédiates mais à terme il peut y avoir là un facteur de changement d'esprit salutaire.

Obstacles sociaux :

La relation dans le triangle École / Élève / Famille est fortement (de plus en plus, disent certains) dominée par l'obsession de la réussite à l'examen, avec tout ce que ceci a de normatif (au point de rendre largement inopérantes des tentatives d'agir justement par ce biais pour favoriser la prise en compte de modélisations dans les classes). À l'université, la dénonciation de l'attitude « consumériste » des étudiants est fréquente. À ce titre, la place des activités de type « Itinéraires De Découverte » (en collège) ou « Travaux Personnels Encadrés » (au lycée) pose un problème : vaut-il mieux les sanctionner à l'examen et leur conférer ainsi un statut égal à celui des activités plus traditionnelles, ou bien les maintenir en dehors de la compétition pour en faire un espace de liberté de pensée ?

Quel que soit le statut des activités modélisatrices au regard de leur « utilité » consacrée, les IREM sont, heureusement, un lieu de recherches suffisamment libre pour à la fois développer des exemples très intimement liés à l'attente immédiate de formation exprimée par les élèves (ce fut souvent le cas vis-à-vis des enseignements technologiques) ou des exemples plus « ludiques », le souci constant étant d'éviter la gratuité qui est toujours très pertinemment et rapidement ressentie par les élèves comme une marque de mépris vis-à-vis de l'occupation qu'on leur propose et donc d'eux-mêmes.

Obstacles institutionnels :

Aujourd'hui, en France, aucune réflexion du type de celle que nous menons ici ne peut faire abstraction du fait que les enseignants de Mathématiques ont vécu très douloureusement à la fois la diminution des horaires de leur discipline et la baisse de l'audience qui était conférée à leur matière en tant que l'un des volets majeurs de la formation intellectuelle. Ceci explique en particulier le malaise créé par l'introduction des IDD et des TPE, vus, chez beaucoup, plus comme une occasion supplémentaire de diminuer la part des mathématiques que comme une chance d'introduire celles-ci, auprès de certains jeunes particulièrement motivés, dans des cadres proches de leurs utilisations.

Les IREM peuvent s'appuyer sur leur expérience pour faire valoir que la maturation des notions et outils mathématiques dans les jeunes esprits suppose qu'on ne diminue plus, voire qu'on rétablisse en partie, le temps imparti à notre discipline ; ce besoin sera d'autant plus fondé que l'on inclura des activités ne reposant pas sur les affirmations péremptoires du professeur mais sur des analyses de situations concrètes ; en effet celles-ci exigent du temps afin de permettre la mise en œuvre de schémas individuels de doutes et de conflits de propositions que l'enseignant a pour tâche de faire converger. Mais les travaux menés dans les IREM peuvent aussi contribuer à faire des formules du type IDD ou TPE des occasions précieuses de formation scientifique (les actions de l'IREM de Paris VII présentées lors de cette journée d'études du Comité Scientifique des IREM en sont un exemple). La présence accrue d'enseignants d'autres disciplines au sein même des IREM serait ici fort utile.