# Autour de la modélisation dans l'enseignement des mathématiques

**Jean-Pierre Raoult**
Laboratoire d'Analyse et de Mathématiques Appliquées
Université de Marne-la-Vallée (France)
Président du Comité Scientifique des
Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques

**jean-pierre.raoult@univ-mlv.fr**

Je pourrais donner à cette contribution un sous-titre du type : *Tenter de clarifier un débat confus : le thème de la modélisation dans la pensée et l'action de Jean Dhombres.* En effet l'un de mes vœux est de parvenir à montrer ici à la fois comment la réflexion sur le concept de "modélisation" est centrale dans la pensée de Jean Dhombres relative à l'identification de la science mathématique et à ses processus de constitution et combien cette réflexion intervient dans un contexte troublé s'agissant de l'enseignement des mathématiques en France.

Dans un récent ouvrage ([22]) de la collection *Philo*, chez l'éditeur *Ellipses*, que Jean Dhombres a écrit avec Angèle Kremer-Marietti, et dans la présentation duquel il est désigné, entre autres qualifications, comme un chercheur en "épistémologie de la mathématisation", on lit ainsi, au chapitre *L'objet mathématique* :

> *Si, par la modélisation, les mathématiques pénètrent désormais directement les différentes autres disciplines, et sont du coup nécesairement colorées par celles-ci, elles n'en restent pas moins identifiables en tant que mathématiques. Au point que l'on peut aisément repérer les impostures qui revêtent d'un manteau mathématique des formes de pensée qui ne leur doivent rien. Tel est le fait épistémologique marquant.*

Quant au "contexte troublé" que j'évoquais, il se trouve être générateur d'affrontements, sur fond d'argumentations contradictoires, faute en particulier d'accord sur les concepts et sur les termes. C'est dans ce cadre que Jean Dhombres a mené une action véritablement militante pour clarifier les débats et partant s'efforcer de proposer des lignes de recherche et de pratique pour la classe ; c'est là une facette essentielle de son engagement dans les IREM (Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques) [1], qui l'a amené un temps à diriger l'IREM des Pays de la Loire,

[1] Les IREM ont été créés pour l'essentiel au début des années soixante-dix. Il en existe 28, soit environ un dans chaque académie (circonscriptions administratives de l'enseignement scolaire et universitaire, dirigées chacune par un "recteur" et coïncidant, sauf quelques exceptions, avec les régions de la France métropolitaine et des départements

qui relève de l'université de Nantes [2]. Bon nombre des textes de lui auxquels je vais faire référence dans cette contribution ont eu justement pour premier public celui des IREM (au travers de colloques, revues, compte-rendus des travaux du Comité Scientifique ...).

A côté d'autres publications ([11],[12],[14]), le texte récent de Jean Dhombres sur lequel j'appuierai le plus mon étude ([13]) et auquel je me référerai dans la suite par *Limoges*, est une conférence à un colloque organisé par l'IREM de Limoges en juin 2004, conférence dont le titre me paraît emblématique de la largeur de vue de l'auteur : **La modélisation doit-elle être la partie vive de l'enseignement des mathématiques ? les leçons d'une histoire du professeur de mathématiques en tant que metteur en scène.** Bien long, ce titre ? Certes, mais chaque mot y compte : cette intervention s'adressait à un corps professoral largement perturbé, de nos jours, par le sentiment qu'on lui impose ce qu'il **doit** pratiquer comme **enseignement des mathématiques**, en particulier dans ce domaine, mal maîtrisé par beaucoup d'entre eux, de la **modélisation** ; ce corps professoral est d'autant plus mal à l'aise qu'il ressent sa discipline comme en perte de forces dans le panorama de l'éducation française, accusée qu'elle est fréquemment, dans les médias ou même chez les décideurs (politiques, économiques ...), de carence de prise sur le réel, donc de manque de "vie" ; la modélisation pourrait-elle donc lui restituer une **force vive** ? Confronté ainsi à une mise en cause "historique" de son rôle, c'est aux **leçons d'une histoire** de ce rôle que l'enseignant est convié par Jean Dhombres, et ce justement par le biais de la vision de la fonction de **professeur de mathématiques** au travers des âges : en d'autres termes, "comment nos anciens collègues se voyaient-ils eux-mêmes ?" et, très astucieusement, c'est notamment au travers des "titulatures" qui accompagnent les noms des auteurs de différentes publications que Jean Dhombres analyse ce regard ; enfin, si toute fonction enseignante s'apparente aux métiers du spectacle, et donc implique un rôle de **metteur en scène**, le professeur de mathématiques est peut-être de ceux qui répugneraient le plus à cet aspect du métier (nous reviendrons plus loin sur la conception de la discipline mathématique qui sous-tendrait cette position) ; face à cette matière, plus complexe et plus mouvante que les mathématiques "pures", qu'est le "réel" que l'on prétend mathématiquement modéliser, cette part de mise en scène ne devient-elle pas d'autant plus nécessaire ? et "mise en scène" pourrait s'entendre dans deux interprétations : mettre une fraction du monde physique sur la scène mathématique, mettre sa présentation en scène devant les élèves ou étudiants.

Sans doute importe-t-il, pour le lecteur non totalement au fait de la situation de

d'outre-mer) ; chaque IREM est rattaché à une université et dispose de moyens en heures de cours assurées par des enseignants-chercheurs de cette université ; il assure la collaboration d'enseignants de tous les ordres d'enseignement (du primaire au supérieur) pour des missions de recherche sur l'enseignement et, en liaison avec les autorités rectorales, de formation permanente des enseignants. Le réseau des IREM dispose d'un "portail internet" : `www.univ-irem.fr/`.

[2]Il fut aussi président, et est toujours membre, de l'instance nationale dénommée *Comité Scientifique des IREM*

l'enseignement mathématique en France en ce début du vingt-et-unième siècle, de préciser le contexte dans lequel se place une évolution vers ce que je dénommerai ici provisoirement (nous affinerons les termes ultérieurement, avec l'aide de Jean Dhombres) *plus de modélisation*. Comme souvent dans ce pays, une évolution progressive des points de vue au sein d'une fraction du corps enseignant (évolution accompagnée par des chercheurs mathématiciens s'intéressant à l'apprentissage de leur discipline), s'est traduite avec une certaine soudaineté par des décisions "politiques" (en particulier dans la récriture des programmes nationaux), suscitant l'inquiétude, voire la protestation, de la part de professeurs en exercice (ou même en formation) se sentant pris de court par des exigences éloignées de la vision des mathématiques et de leur transmission qu'ils avaient acquise (ou étaient en train d'acquérir) au cours de leurs études. Nous citerons ainsi par exemple :
- la multiplication, aux épreuves du baccalauréat [3], d'exercices visant à présenter, pour les questions proprement d'ordre mathématique, des justifications d'ordre plus concret (ce "pilotage par l'examen" du contenu des cours a suscité une forte réticence chez les professeurs qui l'ont d'autant plus accusé de déstabiliser les candidats que les présentations de ces exercices étaient souvent artificielles et maladroites, témoignant d'un certain manque de recul chez les auteurs de sujets eux-mêmes) ;
- la création, en 1999, d'une épreuve de *modélisation* à l'oral de l'agrégation de mathématiques [4], comprenant en particulier des analyses de textes présentant des "mises en situation" des mathématiques et l'obligation faite au candidat d'accompagner son exposé d'une mise en œuvre informatique ;
- l'introduction d'une part accrue de statistique dans les programmes des lycées généraux, avec notamment une démarche nouvelle pour l'accès à l'aléatoire en classe de seconde des lycées généraux [5], à partir de la simulation ;
- des modifications (assez minimes en fait) de programmes visant à favoriser, lors

[3] Examen de fin d'études de l'enseignement secondaire, diversifié selon les catégories *général*, *technologique* ou *professionnel*, catégories au sein desquelles on trouve des subdivisions nombreuses en *séries*, à nouveau dotées de *spécialités* pour certaines matières (par exemple un renforcement des mathématiques pour les élèves qui en font le choix dans les séries du baccalauréat général) ; environ les deux-tiers (pourcentage stable depuis une dizaine d'années) des enfants d'une classe d'âge y accèdent, entre 18 et 20 ans selon leurs cursus (ils sont plus âgés en moyenne pour les baccalauréats professionnels que pour les baccalauréats généraux).

[4] L'agrégation est, dans chaque discipline, le concours de recrutement du plus haut niveau pour les professeurs de l'enseignement secondaire, plus sélectif que le CAPES (Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement Secondaire) ; en mathématiques, il fournit en particulier l'essentiel des enseignants des classes post-bacccalauréat implantées dans les lycées (classes préparatoires aux grandes écoles scientifiques, brevets de techniciens supérieurs ...) et nombre d'enseignants à temps plein, aux côtés des enseignants-chercheurs, dans les premiers cycles (3 années conduisant à la licence) des universités ; son contenu est donc assez stratégique pour les évolutions futures des enseignements.

[5] La seconde est la première année des lycées généraux et technologiques, qui en compte trois jusqu'au baccalauréat (seconde, première, terminale) ; elle accueille des élèves âgés de 15 ans s'il sont eu une progression "normale" ; ce n'est que l'année suivante que s'effectue la différenciation en séries qui, pour ce qui est des lycées généraux, sont au nombre de trois : L (littéraire), S (scientifique), ES (économique et sociale).

de l'introduction de certaines notions, un point de vue pluridisciplinaire ; celle qui a fait couler le plus d'encre est l'approche de l'exponentielle, en série S, non plus comme la réciproque du logarithme, mais comme solution de l'équation différentielle $y' = ay$, elle-même introduite à partir de l'observation, en cours de Physique, de la décomposition radioactive ; on lira ainsi par exemple [17], [32], [16] (ces trois derniers articles figurent dans un numéro spécial du bulletin de l'APMEP [6] sur ce thème *Logarithmes et exponentielles* en 2005), [18], [30] ; Jean Dhombres lui-même s'est exprimé à ce sujet, dans une perspective historique, au sein de [13] ;
- la mise en place de divers types de travaux transdisciplinaires [7], supposés favoriser l'initiative des élèves, et face auxquels les enseignants de mathématiques se sont souvent sentis mal à l'aise pour suggérer des thèmes, voire mis en position subalterne par les collègues d'autres disciplines recourant à eux uniquement comme à des "petites mains" pour mettre en forme des équations ou traiter des statistiques descriptives ;
- l'expérimentation, encore très limitée (sauf dans l'académie de Montpellier, pilote à cet égard), des *options sciences* en lycées généraux, bénéficiant de tranches horaires qui fournissent l'occasion de collaborations directes entre professeurs de mathématiques et des autres matières scientifiques, dans le but de favoriser la "détermination" [8] éventuelle des élèves vers les sciences [9].

L'aspect proprement politique des confrontations auxquelles ont donné lieu ces différentes innovations doit sans doute être dépassé pour parvenir à des actions d'aide efficace auprès des professeurs ; cependant il ne doit pas pour autant être négligé dans leur analyse. Ainsi, il n'est pas indifférent que les nouveaux programmes aient été élaborés alors que, de 1997 à 2000, s'était développée une fronde importante des enseignants français contre le ministre de l'éducation nationale d'alors, Claude Allègre ; cette fronde fut présente dans toutes les disciplines, mais ce ministre avait en particulier mis en accusation, fréquemment et violemment, ce qu'il voyait comme une place exagérée des mathématiques dans les cursus scolaires, et a de ce fait procédé à l'une des diminutions d'horaires successives qu'a connues cette discipline dans l'ensei-

[6] APMEP : Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public ; elle dispose du site internet : `www.apmep.asso.fr`.

[7] ID (*Itinéraires de Découverte*) puis TC (*Thèmes de Convergence*) au collège (de la sixième à la troisième, élèves de 11 à 15 ans) et TPE (*Travaux Pluridisciplinaires Encadrés*) au lycée (au rôle amoindri peu après leur création car ils ont été retirés de la classe de terminale).

[8] "Détermination" : tel est, dans la terminologie officielle, l'objectif des options offertes aux élèves dans les lycées.

[9] Les efforts de mise en place de ces "options sciences" s'inscrivent dans le cadre de la lutte contre la baisse des effectifs dont pâtissent continûment, depuis quelques années, les filières scientifiques propres (hors leurs Instituts Universitaires de Technologie) des universités françaises (dont il ne faut pas oublier qu'elles ne constituent qu'une fraction des études supérieures scientifiques dans ce pays) ; cette désaffection a fait l'objet de nombreuses analyses, parmi lesquelles nous citerons ici ([8]) celles de Bernard Convert et Francis Gugenheim, du CLERSE (Centre Lillois d'Etudes et de Recherches Sociologiques et Economiques, UMR 8019 du CNRS : `www.univ-lille1.fr/clerse`). On consultera aussi les études du collectif *Action Sciences* qui regroupe plusieurs associations scientifiques ou d'enseignants : `www.sfc.fr/ActionSciences.htm`.

gnement secondaire français dans les dix dernières années [10]. De surcroît l'évolution vers une vision plus "appliquée" des mathématiques, en particulier en probabilités et statistique, correspondait aux vues, largement diffusées, en matière de formation scientifique et citoyenne, de l'un des plus proches conseillers de ce ministre, lui-même chercheur très reconnu dans ces branches (voir [10]). Plus largement, certains des mathématiciens français les plus prestigieux [11] dénoncent actuellement très vivement ce qu'ils considèrent comme un grave déclin des exigences de l'enseignement dans ce pays dès l'école primaire, singulièrement pour les mathématiques, et ce tant dans les ambitions et les contenus que dans les moyens et les méthodes ; ils prônent en particulier un retour aux fondements des disciplines majeures. Certains des tenants de ces courants de pensée stigmatisent en particulier la "modélisation" (ou du moins son mode d'introduction actuel dans les programmes) comme un des facteurs de perte de ces fondements en mathématiques ; à cet égard, nous ferons ici particulièrement référence à des écrits de trois enseignants-chercheurs actifs dans des IREM : Jean-Pierre Ferrier et Philippe Lombard (tous deux à l'IREM de Lorraine) [12] et Rudolf Bkouche (IREM de Lille).

Dans un article ([15]) titré *Les mathématiques enseignées peuvent-elles bénéficier du sens fourni par la modélisation ?*, Jean-Pierre Ferrier écrit en préambule :

> *On va expliquer que la réponse à la question posée en titre de cette communication est non, du moins si on prend le mot modélisation dans le sens communément admis chez les ingénieurs et les scientifiques. La modélisation ne peut apporter de sens qui puisse être pris en compte dans l'enseignement du collège ou du lycée.*

Et dans sa conclusion, où il fait un parallèle avec cet autre traumatisme dans l'enseignement que furent les "mathématiques modernes" aux alentours de 1960, on lit :

> *Cette mode prétendûment "modélisatrice" dans l'enseignement, loin de corriger les excès des mathématiques dites "modernes", en perpétue les travers*

[10] Pour des données et des analyses sur ces évolutions d'horaires et de structures (mise en place du système des *spécialités* en 1995) et sur leur impact en ce qui concerne la baisse des effectifs d'élèves en série scientifique choisissant la *spécialité mathématiques*, on pourra par exemple consulter les études de Daniel Duverney sur son site `home.nordnet.fr/dduverney/monsite`.

[11] Citons en particulier ici les travaux du GRIP (Groupe de Réflexion Interdisciplinaire sur les Programmes), qui dispose du site internet `grip.ujf-grenoble.fr`, animé notamment par le mathématicien, membre de l'Académie des Sciences, Jean-Pierre Demailly, ou bien, dans un contexte idéologique tout différent, les positions de Laurent Lafforgue (académicien des sciences, médaille Fields 2002), accessibles sur son site internet `www.ihes.fr/ lafforgue/education.html`. Ces mêmes préoccupations ont connu dans la communauté mathématique française un grand retentissement à travers un texte signé, en novembre 2004, par sept académiciens (six mathématiciens, dont les deux précités, et un physicien), titré *Les savoirs fondamentaux au service de l'avenir scientifique et technique. Comment les réenseigner* et disponible sur le site `www.fondapol.com` ; elles ont suscité alors un vaste débat contradictoire sur la tribune libre de la Société Mathématique de France : `smf.emath.fr/Forum/TribuneLibre`. On lira aussi avec profit ([21]) la position de l'académicien Jean-Pierre Kahane, qui ne s'était pas associé au "texte des sept" précité.

[12] Plusieurs textes disponibles sur le site `www.irem.uhp-nancy.fr`.

*sous une forme post-moderne.*

*Avec les "mathématiques modernes", on prenait pour exemple le mathématicien professionnel. Avec la prétention "modélisatrice", on prend pour exemple l'ingénieur mathématicien. Dans les deux cas on confond logique de production et logique d'apprentissage.*

*Avec les "mathématiques modernes", on a ignoré le physicien par indifférence. Avec la prétention "modélisatrice", on l'ignore par condescendance, lui concédant un piètre rôle de figurant.*

*Avec les "mathématiques modernes", les mathématiques existent d'abord, et après on verra. Avec la prétention "modélisatrice", elles existent d'abord et après elles s'appliquent comme par enchantement et, en cas de conflit, c'est le modèle qui dit la vérité.*

*Dans les deux cas on ne peut profiter d'images préexistantes. Avec le risque d'une application en dépit du bon sens.*

Dans la même ligne, Philippe Lombard déplore ([24]) le caractère *dérisoire des exemples retenus habituellement* et en donne une *raison très simple* à son avis :

*La presque totalité des problèmes "modélisables" au sens précédent dépasse le niveau des élèves de lycée et, pour être tout à fait franc, on ne peut pas dire que les professeurs eux-mêmes soient particulièrement à l'aise avec eux dans la mesure où la plupart ont été négligés, voire carrément censurés, dans la culture universitaire des futurs enseignants !*

De son côté, Rodolf Bkouche écrivait, dans un article ([5]) titré : *Le dernier gadget à la mode : les TPE* :

*Les TPE (travaux personnels encadrés) reposent essentiellement sur une supercherie intellectuelle. L'élève aurait ainsi la possibilité d'accomplir un "travail personnel", il serait mis en "état de recherche" et pourrait ainsi sortir de la routine imposée par l'ordinaire de la classe. Comme si le travail d'apprendre ne relevait pas du travail personnel, comme si le travail d'apprendre n'était qu'une façon de travailler pour le professeur, une aliénation de l'élève, au sens hégélien du terme, en quelque sorte.*

Certes, la position très critique de ces auteurs s'oppose aux multiples travaux, menés en particulier par les IREM (pour leur mise en perspective, voir [27]), qui visent, à partir souvent d'expériences concrètes auprès des classes, à une mise à l'étude et une mise en œuvre de différentes activités modélisatrices, au sein des cours de mathématiques ou dans des cadres pluridiciplinaires tels que les ID (au collège) ou les TPE (au lycée). Nous invitons ainsi le lecteur à se reporter au numéro spécial de la revue *Repères-IREM*, en juillet 2003, sur les TPE (citons en particulier les études menées par les IREM de Lille ([6]), Lyon ([1]) et Montpellier ([2])). On retiendra aussi la leçon tirée par Michèle Artigue [13] dans un article ([4]) qui tire profit des travaux de "groupes TPE" et d'un "groupe modélisation" à l'IREM de Paris VII :

[13] Professeure à l'Université Paris VII, ex-directrice de l'IREM de Paris VII, présidente en exercice (depuis 2006) de l'ICMI (*International Commission on Mathematical Instruction*).

*Le travail que nous avons mené sur toutes ces questions depuis 2000 est certainement un travail très modeste, à l'image d'ailleurs de ce qui peut se faire avec les moyens dont disposent aujourd'hui les IREM, mais il nous a vraiment passionnés et s'il ne nous a pas donné des solutions miracles à ces questions difficiles, il nous semble nous avoir permis de mieux les comprendre et les approcher en formation, en distinguant ce qui relève des cohérences propres à chaque discipline et des rapports qu'elles entretiennent entre elles, de caractéristiques culturelles de l'enseignement des mathématiques et de la formation des enseignants en France, de contraintes et de caractéristiques plus nettement institutionnelles. Il nous a appris aussi à avoir une vision moins limitée de ce qu'est le travail mathématique et à reconnaître toutes les compétences qui sont en jeu dans la manipulation d'objets mathématiques même très modestes dès que, comme le soulignait déjà Poincaré au début du siècle, on s'aventure vers les frontières des mathématiques, là où se nouent leurs rapports avec les autres disciplines et avec le monde qui nous entoure.*

Suite à une expérience analogue menée à Strasbourg, Jacques Ourliac écrit ([25]) :

*Nous avons, dans le cadre des TPE, avec bien sûr encore bien des progrès à faire, l'occasion d'accompagner les élèves dans une véritable initiation à la démarche scientifique en s'appuyant sur le principe des trois C : Chercher - Comprendre - Communiquer.*

Nous ne pouvons donner ici une bibliographie exhaustive des contributions à ce sujet, même en nous limitant aux publications postérieures à 2000 et à leur expression dans des revues ou sur des sites à l'intention des enseignants de mathématiques en France. Certaines sont invoquées dans cet article ; nous conseillons au lecteur intéressé de consulter les sommaires du *Bulletin de l'APMEP* (qui a a publié récemment deux dossiers intitulés *Maths, autres disciplines, modélisation*, l'un en janvier 2005 (numéro 456) et l'autre en mai 2005 (numéro 458)) et de *Repères-IREM*, ou d'explorer les sites des IREM ; il peut aussi se référer à l'étude menée par la CREM [14] sous le titre *L'enseignement des mathématiques en relation avec les autres disciplines*, dont l'introduction constitue la publication [9].

Mais les positions critiques radicales évoquées plus haut traduisent de réelles difficultés et révèlent le besoin d'une réflexion approfondie. Jean Dhombres est certes conscient des dangers d'un mise en place irréfléchie de la modélisation. On retouve là un écho, en matière d'éducation, de sa mise en garde devant les *impostures qui revêtent d'un manteau mathématique des formes de pensée qui ne leur doivent rien*, que nous citions en tête de cet article. Et il écrit dans *Limoges* :

*La modélisation risque d'entraîner l'enseignant dans le processus de médiatisation qui fait la dynamique irresponsable de nos sociétés, sans qu'il se rende*

[14] CREM : *Commission de Réflexion sur l'Enseignement des Mathématiques*; cette commission a fonctionné auprès du ministère de l'Education Nationale (France) de 1999 à 2005 ; elle a été présidée successivement par Jean-Pierre Kahane et Jean-Christophe Yoccoz ; ses travaux sont consultables sur le site `www.eduscol.education.fr/D0015/LLPHAG03.htm.` ; certains d'entre eux ont été réunis dans l'ouvrage [20].

*compte que l'exactitude qu'il met en scène n'est plus l'exactitude mathématique mais une autre exactitude, physique par exemple, dont il n'a pas la maîtrise. Le danger est l'imposture, contre laquelle la tradition est unanime chez les mathématiciens.*

Mais il ajoute aussitôt :

> *En quel sens doit-on dire que l'enseignant doit s'adapter à la modélisation ?*

preuve que, dans son esprit, cette "adaptation", si elle est délicate, n'en est pas moins indispensable, et donc doit être rendue possible ; sa pensée peut alors contribuer à éclairer les préalables de cette adaptation sous deux aspects : compréhension du trouble des enseignants de mathématiques, clarification de la notion de modélisation et de son potentiel pédagogique.

En ce qui concerne le malaise des enseignants, il est courant et partiellement juste, mais réducteur, d'en voir l'origine dans leur angoisse devant l'obligation d'aborder des thèmes et des pratiques dont ils n'ont pas l'habitude, accentuée par la conviction que, en période de baisse des horaires de leur matière, il est d'autant plus essentiel d'éviter toute dispersion dans le contenu de leur enseignement. Bien plus profondément, le professeur de mathématiques se voit, par les vertus propres de sa discipline, détenteur d'une "exactitude" et d'une "vérité" que, au premier abord, l'introduction de la "modélisation" semble mettre à mal. C'est ce que pointe justement Jean Dhombres dans un passage de *Limoges* :

> *On a communément du mal à penser un changement en mathématiques, car cette science est trop vite étiquetée science de l'exact, donc jugée immuable dans sa vérité. L'intitulé que j'ai choisi pour ma direction d'études à l'EHESS*[15] *- histoire des sciences exactes - contraint de tenir à la fois la prétention pérenne d'exactitude et la volonté d'histoire qu'elle comporte et qui n'est pas du relativisme... L'exactitude que requiert ce que l'on appelle modélisation en science aujourd'hui est celle du calcul, donc de l'effectivité à aussi bien décrire que prédire le phénomène particulier que l'on a en vue...*

Ce rôle de "passeur de vérité", Jean Dhombres le fait remonter pour une bonne part à la création des lycées au début de XIXème siècle, en précisant :

> *A propos de la création de 1802, une conséquence rarement soulignée fut en effet la fabrication d'un programme de mathématiques pour les lycées qui, au profit d'un socle "pur", éliminait toutes les "mathématiques appliquées", ou plutôt les "mathématiques mixtes"(c'était l'expression que l'on utilisait depuis la Renaissance)...*

On comprend que cette vision conjointe, nous dirons "en dedans", de la nature de la science mathématique et de son enseignement, peut paraître s'opposer, comme nous l'avions annoncé, aux impuretés inhérentes à une "mise en scène", laquelle implique une forme d'exposition "au dehors". En revanche, elle s'accompagne d'une satisfaction esthétique qui va de pair avec le désir légitime de la faire partager aux élèves, mais

[15]EHESS : *Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales* ; il s'agit d'un "grand établissement" d'enseignement supérieur, indépendant des universités.

nombre d'enseignants ignorent (parce qu'on ne leur a pas, ou peu, présenté) qu'il y a dans cette pureté là un divorce avec tout un pan de la mathématique "qui se fait" (et aussi, puisqu'on a parlé ici de satisfaction, avec la sorte de plaisir qu'en tirent nombre de chercheurs).

On le sait, il ne sert à rien de "bousculer" les professeurs ou pire de leur donner le sentiment que certaines des vertus intrinsèques des mathématiques devraient être sacrifiées (en ce sens, on avait sans doute beaucoup trop renoncé depuis un temps à la pratique de démonstrations dans les cours, une évolution inverse s'amorçant actuellement). Ils vivent d'ailleurs, avec succès, une profonde mutation du mode d'enseignement avec l'emploi des ordinateurs, que ceux-ci influent sur le contenu même de la classe ou bien qu'ils fournissent des ressources en ligne (exerciciels, actions coopératives entre classes ...).

C'est en celà qu'une vision historique non seulement des mathématiques produites, mais aussi des mathématiques enseignées, peut être puissante pour aider les enseignants à relativiser leur mal-être. Reproduisons encore ici un extrait de *Limoges* :

> *Les enseignants de mathématiques disposent d'une longue histoire, faite de relations difficiles avec les autres disciplines. Les inévitables conflits actuels, sur les programmes, sur les lycées, sur l'utilité même des mathématiques, sur son aggiornamento permanent, ne sont donc pas le seul fait de la mode. Est en jeu une question de formation intellectuelle, donc une question de société, et les professeurs de mathématiques sont une des parties prenantes. Il s'agit peut-être du rapport entre la pensée organisée libre, c'est-à-dire non tenue à des résultats concrets ou positifs, selon la manière de l'école qui est une activité en marge de la société*[16]*, et l'action qui requiert un objectif plus qu'une objectivité. En tout cas, la mise en scène de l'exactitude est bien plus complexe et riche qu'on ne veut généralement le dire, mais elle n'est pas impossible pour autant, et la modélisation peut apporter.*

Encore faut-il préciser quel sens donner à ce terme de *modélisation*, en contexte de production scientifique et en contexte scolaire. Il est remarquable que, quelle que soit leur position dans ce débat, la plupart des auteurs que nous avons consultés commencent par affronter cet obstacle de vocabulaire et butent sur la nécessité de distinguer "modèle" et "modélisation". On a vu que quelqu'un d'aussi critique que Jean-Pierre Ferrier prenait la précaution d'écrire : *si on prend le mot modélisation dans le sens communément admis chez les ingénieurs et les scientifiques.* Si nous analysons d'autres contributeurs de la séance ad hoc du Comité Scientifique des IREM en novembre 2003, nous lirons par exemple ([7]), sous la plume du didacticien Guy Brousseau[17] :

> *Le projet d'introduire la notion de modèle dans l'enseignement peut se traduire de diverses façons. Il convient en effet de distinguer :*

[16] Jean Dhombres met ici en note de bas de page : *C'est l'un des points forts de la position de Pierre Bourdieu.*

[17] Prix Felix Klein 2004 (année de la création de ce prix international de didactique des mathématiques)

*- l'enseignement de modèles déjà construits et utilisés,*
*- l'initiation à la modélisation,*
*- l'initiation à la pratique de la modélisation par les élèves,*
*car les possibilités de réaliser et de réussir ces opérations sur une grande échelle sont très différentes.*

De manière analogue, Marc Legrand, de l'IREM de Grenoble ([23]), s'intéresse à une typologie des activités envisageables en classe :

*Il me semble que quatre activités fort différentes peuvent se cacher derrière le même vocable de modélisation :*
*I. Une modélisation "historiette ou prétexte", qui consiste à plaquer un "réel" qui servirait de support concret au modèle mathématique qu'on veut enseigner ou faire fonctionner.*
*II. Une modélisation du type "modèle à suivre" ou règle d'action de l'ingénieur : le modèle n'explique peut-être pas (ce n'est pas son but) mais si on l'applique, "ça marche".*
*III. Une modélisation du type "modèle scientifique achevé" qui explique et rationalise un "réel", modèle qui est présenté tout fait ...*
*IV. Enfin ce qu'on pourrait appeler "l'acte de modélisation scientifique"...*

Et Marc Legrand rejette l'activité I, qualifiée de *démagogique*, considère que l'activité II n'a pas sa place dans la classe, signale les dangers de l'activité III car, dit-il :

*cela présente la science comme un univers de dogmes et de certitudes à ceux qui ne se posent pas trop de questions et, à l'inverse, cela risque de créer des incompréhensions et des paradoxes insurmontables pour un élève/étudiant qui cherche effectivement à faire le lien entre modèle et réalité...*

et enfin prône l'activité IV, qui, à son sens :

*introduit dans la classe ou l'amphi toute la richesse et l'incertitude de la vie dans laquelle des raisons non uniquement mathématiques vont nous pouser à prendre en compte ou à négliger ceci ou cela..., forme de débat scientifique qui peut mettre le professeur en péril s'il n'a pas le recul épistémologique nécessaire.*

On voit que Marc Legrand, qui, dans ses écrits et ses déclarations, a toujours privilégié l'aspect constructif dans la relation maître/élève, s'intéresse à l'acte de modélisation et n'éprouve pas le besoin de creuser la notion de modèle.

Paradoxalement, dans certains documents officiels du ministère de l'Education Nationale, c'est le mot *modèle* qui prime. C'est ce que je remarquais pour ma part ([26]), à propos du document d'accompagnement des programmes actuels de la classe de seconde (chapitre "Statistique") :

*Si nous cherchons le mot "modèle" (car le terme "modélisation" est absent) ... nous trouverons :*
*- "voir sur un cas simple ce qu'est un MODELE probabiliste",*
*- "il n'est pas nécessaire, dans un premier temps, de lier les premiers pas vers la simulation de l'aléatoire à l'introduction de concepts théoriques difficiles tels que celui de MODELE".*

et je précisais :

> *On doit prendre garde au fait que, derrière ces deux phrases, il y a en fait trois niveaux différents dans les acceptions du mot "modèle" : quand on parle de "concepts théoriques difficiles tels que celui de modèle", on se réfère à l'appréhension de la démarche générale de la modélisation (et il bien évident que le niveau de la classe de seconde est prématuré pour ceci[18]) ; quand on dit "voir sur un cas simple ce qu'est UN modèle probabiliste", on évoque la mise en place concrète des outils probabilistes, avec quantification, pour rendre compte d'une situation donnée ; enfin si les rédacteurs de ces instructions avaient mis en cause "LE modèle probabiliste", il aurait été question de l'axiomatique générale "à la Kolmogorov" que les mathématiciens pratiquent pour traiter de l'aléatoire[19].*

Il paraît donc nécessaire, pour clarifier ce débat, de s'interroger sur l'usage des vocables **modèle** et **modélisation**.

Tournons nous d'abord vers le sens commun, tel qu'il résulte de dictionnaires destinés à un grand public, investigation préalable qui me paraît indispensable car, nous le verrons, Jean Dhombres se positionne en quelque sorte contre ce sens commun.

Comparons ainsi les éditions 1997 et 2007 du dictionnaire *Le Robert* : **modèle** et **modéliser** existent dans l'une et l'autre, mais c'est entre ces deux dates que **modélisation** y a fait son entrée, preuve que sa place dans le discours public est devenue assez importante pour que les auteurs du dictionnaire cessent de considérer qu'il s'agit d'un simple néologisme dont le sens découlerait à l'évidence de **modéliser** par la construction : *action de ...*

Dans ces deux éditions, en ce qui concerne celle des acceptions de **modèle** qui nous intéresse, *Le Robert* nous fournit :

> **MODÈLE**. *n.m.*
> ...
> **6°.** *Sc.* Représentation simplifiée d'un processus, d'un système

puis il précise :

> *Modèle mathématique* : modèle formé par des expressions mathématiques et destiné à simuler un tel processus

(et il renvoie ici à l'entrée **simulation**).

Recopions ensuite intégralement sa définition de **modéliser** (en rappelant que, dans les codes du *Robert*, l'abréviation *Didact.* signifie : *mot ou emploi qui n'existe que dans le langue savante et non dans la langue parlée ordinaire*) :

> **MODÉLISER**. *v. tr.* (1975 ; de *modèle*). *Didact.* Etablir le modèle de (qqch.) ; présenter sous forme de modèle (notamment de modèle formel, en informatique, en recherche opérationnelle).

[18]En revanche, une réflexion menée en commun, en classe terminale du lycée, avec des enseignants de sciences expérimentales et l'enseignant de philosophie aurait un sens.

[19]En séries S et ES, le formalisme probabiliste est abordé actuellement en classe de première.

Enfin dans l'édition 2007 on lit :

> **MODÉLISATION**. (1975 ; de *modèle*). *Didact.* Mise en équation d'un phénomène complexe permettant d'en prévoir l'évolution (→ **modéliser**)
> *Modélisation mathématique, informatique.* `La difficulté de la modélisation de certaines évolutions météorologiques.`
> *Spécialt.* Etablissement d'un modèle mathématique compréhensible par l'ordinateur pour la description et la restitution d'un objet naturel.

"Modéliser" apparaît donc, en première lecture, comme situé "en amont" du modèle, les deux membres de cette définition étant de sens très proches (présenter une fraction du réel sous forme de modèle étant bien essentiellement l'action qui conduit à "établir le modèle") ; la position de "modélisation" est analogue, mais elle ne figure pas ici seulement comme "l'action de modéliser", car *Le Robert* insiste sur ses finalités (*prévoir l'évolution* ou *décrire et restituer*) et ses conditions d'usage (pour le "modèle mathématique", être *compréhensible par l'ordinateur*) [20]. Ce sont bien là, en effet, les sens les plus communs aujourd'hui et, ainsi vue, la modélisation va effectivement apparaître au professeur de mathématiques comme étrangère à son domaine d'action propre [21] C'est bien ce que traduit Jean Dhombres quand il écrit que, s'attachant à cerner le rôle possible de ce professeur, il va de ce fait *manquer la médiatisation des modélisations contemporaines.*

Mais qu'est-ce que **l'établissement d'un modèle** ? le sens s'enrichit si on inclut dans ce terme tout le processus de mise à l'épreuve du modèle, qui comporte bien sûr à la fois l'analyse des déductions faisables dans son cadre, les vérifications qu'entraîne leur confrontation avec l'expérience et la conscience de sa "falsibiabilité" (au sens de Popper). C'est parmi les "déductions" effectuées au fil de ce processus que, bien sûr, le mathématicien retrouve sa fonction, et aussi le professeur de mathématiques qui peut faire participer ses élèves à des calculs (formels ou numériques) et des représentations (géométrie, graphes, tracés de fonctions) qui seront à la fois dans le champ du modèle et dans le champ de sa discipline.

C'est ce qui conduit Jean Dhombres à faire une proposition de terminologie qui peut paraître paradoxale, car il va placer la modélisation là où se tient le mathématicien, c'est à dire "en aval" de la réflexion phénoménologique qui préside à l'élaboration première d'un modèle, du moins dans une forme initiale (Guy Brousseau, dans [7], parle de "candidat-modèle"). Cette proposition, Jean Dhombres l'a exprimée dans plusieurs textes ; reproduisons ici son expression dans *Limoges* :

[20]Nous pourrions faire des considérations analogues à partir du TLF (*Trésor de la Langue Française*), disponible sur `atilf.atilf.fr/`, mais avec, comme il est naturel pour une production sous l'égide du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), un accent plus fort sur la démarche scientifique. Ainsi, pour **Modèle**, le TLF assigne pour but : *faciliter la compréhension de certains mécanismes ou permettre la validation d'une hypothèse.* Et, pour **Modélisation**, il écrit : *Opération qui formalise, à l'aide d'un modèle, la manière dont les éléments qui interviennent dans un processus, une réalité complexe, s'organisent les uns par rapport aux autres, agissent les uns sur les autres (modélisation de la croissance économique)* ; on constate ainsi, par rapport au *Robert*, un souci d'expliciter plutôt la mise en ordre du *complexe* que l'aspect opérationnel.

[21]Dhombres écrit ainsi : *Il restera, et en France notamment, jusqu'à aujourd'hui, comme une réticence mentale contre l'engagement du professeur de mathématiques sur des terrains qui ne paraissent pas résolument mathématiques.*

*J'appelle modèle la mise en commun d'un certain nombre de concepts, mathématiques ou non, en lesquels on va réduire un phénomène, qu'il s'agisse d'un phénomène physique, biologique, économique ou mathématique. J'entends modélisation au sens des opérations et des procédures de type mathématique sur ce modèle.*

Ainsi, pour Jean Dhombres, la modélisation n'est-elle plus l'action première de constitution d'un modèle, mais un ensemble d'actions (celles d'*ordre mathématique*) présidant à sa mise en fonctionnement.

Ce choix a plusieurs conséquences. Tout d'abord, ne relevant plus du sens commun rappelé antérieurement, il contraint l'auteur à préciser qu'il écrira *modélisation* en italiques chaque fois que ce sera dans son sens, qu'il dit *particularisé, richement mathématique mais non phénoménologique*, et en caractères ordinaires quand ce sera dans l'acception vulgaire. Ensuite il est intéressant que, parlant, entre autres, de *modèle d'un phénomène ... mathématique*, Jean Dhombres établisse un continuum qui va rappeler à l'enseignant de mathématiques qu'il n'a en fait jamais été totalement en dehors du maniement de modèles, même au sein de ses démarches les plus abstraites ; il donne ainsi pour exemple :

*En ce sens, l'axiomatique euclidienne (axiomes, postulats et définitions) est un modèle et la méthode d'exhaustion (livre XII des Eléments) basée sur la théorie des proportions (livre V des Eléments) est une modélisation.*

Nous n'épuiserons pas dans le présent texte toute la richesse de cette position de Jean Dhombres, dont le caractère opérationnel tient, me semble-t-il, à ce qu'elle pourrait "réconcilier", dans l'esprit des professeurs, les activités mathématiques et les activités modélisatrices. Mais on ne saurait tenir là une recette miracle. Si la modélisation est bien comprise comme *les opérations et les procédures de type mathématique sur un modèle*, celles-ci ne pourront bien s'enseigner et se pratiquer dans les classes que si le professeur a une connaissance suffisamment claire non seulement du rôle de tel ou tel modèle précis mais aussi du cadre scientifique dans lequel celui-ci prend place. Il pourra alors participer à la constitution d'un **savoir**, rôle que ne sauraient tenir les médias même s'il usent et abusent de termes empruntés aux mathématiques, tout reluisants d'une feinte technicité. C'est ce que, dans [14] [22], après avoir déploré que *la pratique culturelle française exclut la mathématique*, Jean Dhombres traduit par :

*La mathématique ne vit pas dans un monde clos, auxquels n'auraient accès que quelques privilégiés ou quelques fous. Et c'est bien ce qui doit toucher l'enseignant de mathématiques. Même s'il ne s'agit pas d'un savoir, le professeur ne peut tenir pour négligeable le fait que les élèves aient déjà entendu parler de "nombres aléatoires", d'espace à quatre dimensions, de vecteurs et de fractales, de "catastrophes géométriques" ou de "codes" fondés sur les nombres premiers.*

C'est pourquoi il est souhaitable que la formation des enseignants de mathématiques leur évite l'idée simpliste selon laquelle la relation entre leur discipline et les autres serait à sens

[22] Article dont le propos n'est pas de traiter de modélisation mais dont la "doctrine" tient essentiellement en cette phrase : *Pour moi, aujourd'hui et en France, l'historien des mathématiques participe de la vie intellectuelle dans l'exacte mesure où il aide, grâce à un regard sur le passé orienté par le présent, à mieux inscrire la mathématique dans la culture.* Et il est justement remarquable que pour ce faire l'auteur ne puisse échapper à la modélisation, puisque, historiquement, celle-ci est intrinsèquement liée à la constitution des mathématiques.

unique, les mathématiques n'intervenant que comme outil dans des cas déterminés par les physisiens, biologistes ... ; ainsi seront-ils sans doute plus résolus au dialogue avec leurs collègues s'il sont conscients du rôle historiquement moteur des mathématiques pour permettre l'émergence de modèles. S'agissant de la physique, qui est sans doute encore aujourd'hui la principale pourvoyeuse de modèles abordables en classe, on peut regretter sa disparition progressive, depuis une quarantaine d'années, de la formation des enseignants de mathématiques en France [23] ; la mathématicienne Claudine Schwartz (ex Claudine Robert) et le physicien Jacques Treiner ont rédigé à l'intention des professeurs des deux matières une analyse de la "double émergence" entre leurs disciplines ([29]). En ce qui concerne la biologie, sa montée en puissance, à la fois par la médiatisation intense des espoirs et des craintes qu'elle fait naître dans la population et par l'accroissement sensible de sa place dans l'enseignement secondaire en France, crée des possibilités nouvelles d'interaction avec l'enseignement des mathématiques ; on lira avec grand profit à ce sujet les travaux de Guy Rumelhard, qui exerce une activité de chercheur à la fois sur la Didactique des Sciences de la Vie et de la Terre à l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique) et à l'IREM de Paris VII (voir par exemple [31]).

Dans ce vaste espace offert à la *modélisation*, il y a toute une gradation, selon les cas, dans les parts respectives de ce qui figure (ou a figuré) dans des cursus mathématiques et ce qui nécessite de sortir de leur champ. Jean Dhombres, au fil de ses travaux, en explore des exemples. Son goût pour le rôle des images dans les œuvres touchant aux mathématiques le conduit ainsi à nous instruire, dans *Limoges*, sur la place de la perspective dans le savoir (bel exemple de *modélisation* pour et par un dessin devenu proprement scientifique à la Renaissance) ou à analyser les images de marine au XVIIIème siècle (source, à mon sens, d'un beau thème de travail interdisciplinaire en lycée, associant aussi, ce qui est rare, les professeurs d'histoire ou de français), dont il nous explique ([12]) la puissance :

> *Le devis des nouveaux architectes de la science navale devenait recueil des plans mathématiques, des gabarits, d'après lesquels on devait construire un navire... Ils étaient ainsi définitivement couchés par le dessin - bien sûr, hors mer - sans même besoin que la mer les confirme, tant les mathématiques des Lumières étaient sûres d'elles-mêmes. Plus même, la "Sciencia navalis" pouvait envisager la direction des progrès de la construction navale en validant, sur la seule inspection des plans et des projets, les bonnes innovations en faveur de la "machine bateau" à laquelle il était toujours demandé plus.*

mais aussi les limites :

> *Dans ses propres écrits de physique mathématique, d'Alembert était au contraire chiche de figures et en préparait le refus qui, au profit de l'algèbre, correspondra à l'attitude d'un Lagrange dans sa "Mécanique analytique" (1788).*

S'intéressant à des débats bien plus d'actualité, Jean Dhombres s'interroge aussi sur l'enseignement des statistiques, qui pose des problèmes spécifiques car, comme il l'exprime justement, *la modélisation y est une part majeure de l'acte mathématique* :

[23] Qu'il s'agisse de la fin de l'obligation qui existait pour les étudiants en licence de mathématiques (terminologie d'avant 1966, c'est-à-dire sanction du second cycle d'alors dans les universités) de passer les épreuves d'un certificat de Physique ou bien du retrait, du sein des cursus de mathématiques à différents niveaux, de branches "mixtes" comme la mécanique ou la cosmographie.

*L'exemple des probabilités et des statistiques est bien plus profond*[24]*, alors même que la familiarisation des élèves est encore plus grande dans la mesure où la société vit quotidiennement de statistiques (celles du chômage, celles des morts des suites de la canicule, etc.). En statistiques, le professionnel doit choisir ses modèles de calcul en fonction des données qu'il a et, s'il n'y a pas de modèle qui s'impose impérativement, c'est bien que la modélisation y est cette fois une part majeure de l'acte mathématique, jointe à une habitude expérimentale à acquérir. Les données numériques apportent un monde expérimental, et c'est aussi cela peut-être la grande nouveauté pour l'enseignant de mathématiques.*

Remarquons, à ce sujet, que Jean Dhombres ne met en rien en doute que la statistique soit part intégrante des mathématiques (même si c'est à un niveau élémentaire pour une bonne part de ce qui peut en être vu en collège ou lycée) ; il s'oppose ainsi à un certain nombre d'enseignants qui en verraient plutôt la place au sein des disciplines qui y font appel, selon les besoins propres de celles-ci (biologie, économie, géographie, histoire et instruction civique ...) ; une telle dispersion irait pourtant à l'encontre d'une vertu des mathématiques à laquelle nombre de professeurs sont attachés autant qu'à leur "rigueur", à savoir leur universalité ; c'est pourquoi certains des plus grands spécialistes de méthodes statistiques dans leurs disciplines, tel l'économètre Edmond Malinvaud (professeur au Collège de France et qui fut membre du Conseil National des Programmes) ont pris position pour la présence des enseignements de statistique au sein des cursus mathématiques. Mais bien sûr il importe ici que les détenteurs de problématiques ou de données les mettent à disposition des enseignants, sous une forme compatible avec les connaissances et capacités des élèves. L'internet est bien sûr indispensable pour cela et on peut citer à cet égard la mise en place en France de l'opération *Statistix*[25].

Ce que nous venons de dire pour la statistique vaut pour tous les domaines où seront mises en œuvre en classe des *mathématisations* (j'évite cette fois volontairement le mot *modélisation* pour ne pas me trouver contraint par son sens "à la Dhombres"). Si la place, que je qualifierais de naturelle, du professeur de mathématiques mérite d'être finement analysée, cernée et valorisée, deux conditions sont à mon sens essentielles.

La première condition est que, plus encore que dans ce qu'il perçoit comme le cours de mathématiques stricto sensu, le professeur puisse, sous des contraintes évidentes de cohérence et de capacités des élèves[26], disposer d'une grande marge de manœuvre, pour réagir en fonction de ses goûts, de ses connaissances préalables, de l'actualité, des possibilités locales (matériel, collègues coopératifs et sympathiques ...) ; c'est pourquoi pour ma part je plaide et milite pour que, en France, des évolutions institutionnelles diminuent la pression (je dirais presque l'oppression) de la préparation aux examens sur le contenu des enseignements.

[24] Ce "plus profond" s'explique par le fait que, dans *Limoges*, ce passage fait suite à des considérations sur le calcul vectoriel

[25] Celle-ci s'exprime par le biais du site internet `www.statistix.fr` qui est parrainé par l'Académie des Sciences ; les institutions actuellement impliquées dans sa réalisation sont l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique), l'université Joseph Fourier (Grenoble I), l'IREM de Grenoble et l'IUFM de Grenoble. On peut lire aussi [28].

[26] Jean Dhombres écrit dans [14] : *Je sais par expérience que l'enseignant choisit sa présentation et dès lors doit se persuader que ses choix sont les meilleurs. Mais cette reconnaissance est relative à une classe précise, à un niveau, et à un cheminement.*

L'autre condition est que le professeur de mathématiques ne reste pas isolé et pour cela il faut à la fois lui fournir une documentation technique abondante, variée et adaptée (pour éviter les risques importants de “taper à côté” dans les possibilités d'adhésion des élèves à un travail donné) et lui présenter des exemples réussis de coopérations entre collègues. Je prendrai ici un seul tel exemple, très récent, qui me paraît exemplaire dans son histoire. J'ai cité plus haut le caractère contre-productif de certains exercices d'examens pseudo-concrets, aux présentations artificielles et maladroites. Fut ainsi largement commenté dans le milieu des enseignants de mathématiques français un exercice du baccalauréat S (scientifique) en 2004, qui faisait résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre dans laquelle la fonction inconnue était introduite comme la vitesse dans le mouvement rectiligne horizontal d'un wagonnet soumis à des forces de frottement. Cet exercice, effectivement assez mal venu, a tout d'abord donné lieu à une critique extrêmement acerbe écrite par un chercheur de l'IREM de Lorraine ([3]), qui analysait à partir de ce cas plusieurs dérives, à son sens catastrophiques, de l'évolution de l'enseignement des mathématiques. Mais, quelques mois plus tard, deux enseignants, l'un de sciences physiques, l'autre de mathématiques, travaillant dans le cadre de l'IREM de Clermont-Ferrand, ont repris ce thème pour, dans leur classe de terminale S, en exploiter la richesse quand on le traite, posément, successivement en TP de physique puis en séance de mathématiques ; une description détaillée de cette activité a fait l'objet, en 2006, de l'article [19].

Je terminerai sur cet exemple car, quoique ne sachant pas si ces professeurs avaient connaissance de la position de Jean Dhombres quant à la modélisation, je constate qu'ils l'ont effectivement mise en œuvre. Leurs élèves ont fait jouer *des opérations et des procédures de type mathématique* sur un modèle, lequel leur a été situé à l'aide des lois de Newton. Mais une lecture attentive du protocole suivi par ces deux collègues prouve bien que, tout en faisant intervenir leurs modes de parole ou de réflexion propres, ils n'ont pas donné aux élèves le sentiment que leur rôles étaient disjoints, tout au contraire ; que l'on regarde ainsi la part de travail dévolue à chacun pour amener leurs élèves à la comparaison entre la solution exacte de l'équation différentielle et ses solutions approchées par la méthode d'Euler, qui est l'un des points jugés les plus difficiles par les enseignants de mathématiques confrontés à la nouvelle rédaction du programme sur les équations différentielles en terminale S.

Dans ma proposition de sous-titre en préambule de cet article, je parlais de *la pensée et l'action de Jean Dhombres*. En effet l'originalité de sa pensée sur ce thème de la modélisation vient en soutien à toute une pléiade de recherches et d'initiatives qui, dans une période très difficile pour l'enseignement des mathématiques (et, quoiqu'elle connaisse ses contraintes historiques propres, que j'ai rappelées, il ne faudrait pas non plus trop singulariser ici la situation de la France), s'efforcent de faire en sorte que (et je reprends ici une part de la conclusion de *Limoges*) :

> *... les professeurs de mathématiques (puissent) agir pour maintenir la mathématique qu'ils enseignent comme une science entièrement maîtrisable à l'école, donc pourvoyeuse d'autonomie, et simultanément faire vivre les mathématiques si présentes dans la société alors que la société offre bien plus de complexité que les mathématiques n'en peuvent résoudre ...*

## Références


[1] ALDON Gilles et al. (Groupe Lycée, IREM de Lyon) (2003) *TPE : possibilités et contraintes*, Repères-IREM, 52, 465-83

[2] ANDRAL Luc, FONTANA Joëlle, ROBERT Jean-Pierre, SABY Nicolas (2003) *Mathématiques et TPE : un enjeu important*, Repères-IREM, 52, 97-110

[3] ANDRÉ Bernard (2003) *Le chariot fou du bac 2004. Annotation de l'exercice 5 de la série S, commun à tous les candidats*, disponible sur `www.irem.uhp-nancy.fr/Cons/Char.pdf`

[4] ARTIGUE Michèle (2003) *Réflexions sur le travail des groupes TPE et le groupe "modélisation"*, Recueil des contributions présentées à la séance du Comité Scientifique des IREM le 26 novembre 2003, 28-30 (disponible sur `scirem.univ-mlv.fr/`)

[5] BKOUCHE Rudolf (2001) *Le dernier gadget à la mode : les TPE*, Repères-IREM, 42, 59-64

[6] BOULET Marie-Hélène et DELATTRE Joëlle (2003) *Les TPE : une autre manière d'apprendre pour les élèves et les enseignants ?*, Repères-IREM, 52, 43-59

[7] BROUSSEAU Guy (2003) *Pratique de la modélisation par les élèves et complexité didactique*, Recueil des contributions présentées à la séance du Comité Scientifique des IREM le 26 novembre 2003, 25-27 (disponible sur `scirem.univ-mlv.fr/`)

[8] CONVERT Bernard et GUGENHEIM Francis (2006) *Le déclin des sciences à l'Université*, CLERSE, Faculté des Sciences Economiques et Sociales, Université Lille I, F 59655 Villeneuve d'Ascq

[9] CREM (2005) *L'enseignement des mathématiques en relation avec les autres disciplines*, Bulletin de l'APMEP, 458, 354-374

[10] DACUNHA-CASTELLE Didier (1996) *Chemins de l'aléatoire. Le hasard et le risque dans la société moderne*, Flammarion.

[11] DHOMBRES Jean (2001) *L'aventure épistémologique de la mathématisation des lumières éclairée par les images de marine de l'encyclopédie méthodique*, Actes du colloque *L'encyclopédie méthodique (1782-1832) des lumières au positivisme*, Université de Genève, 424-466

[12] DHOMBRES Jean (2002) *Relations intempestives sur l'enseignement et l'histoire : la composition des fonctions*, Bulletin de l'APMEP, 439, 200-222

[13] DHOMBRES Jean (2004) *La modélisation doit-elle être la partie vive de l'enseignement des mathématiques ? les leçons d'une histoire du professeur de mathématiques en tant que metteur en scène*, Actes du colloque *Quelles mathématiques au lycée ?* (IREM de Limoges), 26-65

[14] DHOMBRES Jean (2006) *Penser historiquement la réalité mathématique*, à paraître dans *Sciences et Techniques en perspective* (Colloque *Penser la réalité*, organisé par Isabelle Stengers, Bruxelles, 2005)

[15] FERRIER Jean-Pierre (2003) *Les mathématiques enseignées peuvent-elles bénéficier du sens fourni par la modélisation ?*, Recueil des contributions présentées à la séance du Comité Scientifique des IREM le 26 novembre 2003, 18-24 (disponible sur `scirem.univ-mlv.fr/`)

[16] FRECHET Michel (2005) *Equation différentielle y' = y et fonction exponentielle*, Bulletin de l'APMEP, 460, 668-674

[17] FRIEDELMEYER Jean-Pierre (2005) *Comment introduire les fonctions logarithmes et exponentielles au lycée ?*, Bulletin de l'APMEP, 460, 645-664

[18] HAUPT Isabelle (2005) *A propos de l'introduction de la fonction exponentielle en terminale S*, Bulletin de l'APMEP, 460, 645-664

[19] HAYMA Eric et DUGOUR Guy (2006) *Le wagonnet, côté physique et côté mathématique*, Repères-IREM, 64, 5-21

[20] KAHANE Jean-Pierre (directeur de publication) (2002) *L'enseignement des sciences mathématiques*, CNDP, Odile Jacob, Paris

[21] KAHANE Jean-Pierre (2006) *Académie, école et mathématiques*, Repères-IREM, 63, 55-64

[22] KREMER-MARIETTI Angèle et DHOMBRES Jean (2006) *L'épistémologie, état des lieux et positions*, Ellipses (collection Philo)

[23] LEGRAND Marc (2003) *Différents types de modélisation dans l'enseignement*, Recueil des contributions présentées à la séance du Comité Scientifique des IREM le 26 novembre 2003, 34-35 (disponible sur `scirem.univ-mlv.fr/`)

[24] LOMBARD Philippe (2005) *A propos de modélisation*, Bulletin de l'APMEP, 456, 81-111

[25] OURLIAC Jacques (2006) *Cinq ans de pratique des TPE Math - SVT*, Repères-IREM, 62, 58-70

[26] RAOULT Jean-Pierre (2003) *Pour introduire le débat sur la modélisation*, Recueil des contributions présentées à la séance du Comité Scientifique des IREM le 26 novembre 2003, 3-7 (disponible sur `scirem.univ-mlv.fr/`

[27] RAOULT Jean-Pierre (2005) *La place de la modélisation dans l'enseignement des mathématiques : obstacles, perspectives et rôle des IREM*, Bulletin de l'APMEP, 458, 375-380

[28] RAOULT Jean-Pierre (2006) *Statistix avance*, à paraître dans Bulletin de l'APMEP, 467

[29] ROBERT Claudine et TREINER Jacques (2004) *Une double émergence*, Bulletin de l'APMEP, 453, 499-510 (aussi publié par le *Bulletin de l'Union des Physiciens*)

[30] ROLLAND Robert (2003) *Autour de la présentation de la fonction exponentielle suivant le programme de TS 2002*, disponible sur `www.irem.univ-mrs.fr/activites/lycee/expo.php`

[31] RUMELHARD Guy (2001) *Le rôle créateur des mathématiques en sciences de la vie*, Actes de l'université d'été *La pluridisciplinarité dans les études scientifiques*, Poitiers, juillet 2001 (disponible sur : `www.eduscol.education.fr/D0126/uesciencerumelhard.pdf`)

[32] STOLL André (2005) *L'exponentielle en environnement informatique*, Bulletin de l'APMEP, 460, 665-667