

L'enseignement des mathématiques en relation avec les autres disciplines.

I. L'état des lieux

- I1. L'état de la science
- I2. L'état de l'école
 - I2a. élémentaire
 - I2b. collège
 - I2c. lycées généraux, techniques et professionnels
 - I2d. au delà du baccalauréat
- I3. Un bilan critique

II. Les recommandations

- II1. Introduction: un changement nécessaire, et difficile à réaliser
- II2. Tirer parti des mathématiques venues d'ailleurs
 - II2a. à tous les niveaux et sur tous les sujets (économie, architecture,...)
 - II2b. le lien à la physique
 - II2c. recommandations sur les programmes et sur la formation des enseignants
- II3. Tisser des liens nouveaux entre mathématiques et les autres matières
 - II3a. exemples: français, philosophie, histoire, géographie, langues
 - II3b. une occasion, la statistique
 - II3c. recommandation de stages communs à des professeurs de différentes disciplines
- II4. Perspectives pour les IDD, TPE , ateliers et labos
 - II4a. exemples
 - II4b. recommandation pour les CDI.
- II5. une leçon à tirer de "la main à la pâte": l'intérêt d'un site sur la toile comme centre de consultation et de ressources.
- II6. Rôle des IREM en parallèle avec les IUFM et les IPR pour animer la réflexion chez les professeurs de mathématiques, et pour créer des liens interdisciplinaires.

III. Annexes

I. L'état des lieux

II. L'état de la science

Les mathématiques traversent les époques en se renouvelant sans cesse. Dans le monde contemporain, elles retrouvent l'une de leurs sources et de leurs raisons d'être: le lien aux autres disciplines. Tentons de dire pourquoi et comment.

Toutes les autres disciplines scientifiques ont leur objet propre, dans la nature ou dans la société. Elles élaborent leurs outils, leurs méthodes, leurs concepts à partir de leurs champs d'étude, auxquels elles se réfèrent pour tester la validité de leurs résultats. La matière inanimée, le vivant, les réseaux à l'oeuvre dans les relations humaines constituent les cadres généraux des sciences physiques, biologiques et humaines. Tout ce qui se développe dans ces cadres, par exemple l'astrophysique, les sciences de la Terre, la chimie des matériaux, la physique corpusculaire et celle de la matière condensée, la biologie moléculaire, la biologie humaine, les neurosciences, l'écologie, l'économie, les sciences historiques, l'informatique, l'électronique et toutes leurs variantes et sous-disciplines, affine ses méthodes et crée ses concepts à partir de l'observation et de l'expérimentation dans son secteur propre. Cette division du travail crée une masse de connaissances en croissance exponentielle, dont l'assimilation par la société est un problème très difficile. Une partie des résultats est immédiatement valorisée par des applications industrielles. Mais c'est l'ensemble, convenablement élagué, distillé et recomposé, qui devrait s'intégrer au patrimoine culturel de l'humanité. Nous en sommes très loin, et le fossé s'élargit entre la science qui se fait et la conscience commune. L'image des sciences se brouille, elles cristallisent les inquiétudes de la société, une partie des jeunes s'en détourne. Le constat est banal, comme la revendication de la place à conquérir des sciences dans la culture.

Qu'en est-il des mathématiques ? Plus que jamais elles se nourrissent des autres sciences, et elles les alimentent. Leur spécificité, si l'on peut dire, est de n'être spécifiques à aucun domaine de la nature ou de la société. La validité de leurs résultats tient à une démarche particulière, qu'on appelle hypothético-déductive : si ceci est vrai, cela est vrai aussi. Elles brassent des concepts dont certains viennent du fond des âges, comme les nombres et les figures, d'autres sont apparus il y a peu de siècles, comme les fonctions et les manières de les représenter, les équations différentielles, les groupes, les probabilités, et d'autres encore apparaissent sans cesse, comme tout ce qui vient de l'informatique. On les voit constamment s'appliquer hors du champ qui leur a donné naissance ; les exemples abondent en physique et ont fait évoquer à ce propos "la déraisonnable efficacité des mathématiques dans les sciences de la nature" (Wigner). Leur caractère essentiel est moins leur abstraction que leur généralité et leur souplesse. Elles lient entre elles les autres disciplines en y mettant en oeuvre les mêmes notions fondamentales. Par ailleurs, leur mouvement est aussi rapide que celui des autres sciences. Comme elles, elles peuvent être valorisées par des applications directes (c'est le cas, en particulier, de la statistique). Comme elles, elles souffrent d'un défaut d'assimilation sociale, d'une méconnaissance et parfois d'un rejet. C'est cependant la place qu'elles occupent dans l'enseignement qui, par rapport aux autres sciences, présente un caractère original.

De tous temps, les mathématiques ont entretenu un lien très fort avec leur enseignement. Leur mise en ordre et leur mise en forme fait partie du travail de création mathématique. Leur place dans l'enseignement, à tous les niveaux, tient à la portée générale de leur démarche, de leurs concepts et de leurs résultats. Elle est justifiée par ce qu'elles apportent à la formation des élèves. Dans ce qu'elles apportent, le lien aux autres disciplines est plus important aujourd'hui que jamais.

L'enseignement des mathématiques en relation avec les autres disciplines est un sujet qui intéresse non seulement les mathématiciens mais tous les scientifiques. Un témoignage en est la séance exceptionnelle tenue sur ce thème à l'Académie des sciences le 22 mai 2000, sous la présidence du chimiste Guy Ourisson, avec la participation de biologistes, de physiciens, de mécaniciens, d'informaticiens, d'économistes aux côtés de mathématiciens et responsables

d'associations ; la tonalité était donnée par la conclusion de l'intervention d'un des biologistes: "on a besoin d'étudiants conceptuellement formés à ces opérations mentales que seules donnent les mathématiques".

Dans le même esprit, le regretté André Adoutte (qui avait su lier la classification des espèces selon l'évolution des formes et selon la génétique moléculaire), faisait en 2001 devant notre commission une déclaration que nous pouvons intégralement reprendre à notre compte: "L'enseignement a de nombreuses fonctions, mais la plus éminente est de permettre de rendre le monde intelligible. L'école apporte des moyens de réduire l'apparente complexité du réel, et les mathématiques ont pour le faire un rôle important et de deux façons:

-d'abord, elles apportent des outils très puissants, extraordinairement efficaces: beaucoup de choses du réel peuvent se représenter par des nombres ou par des figures géométriques ;

-mais, de façon plus profonde, les mathématiques sont précieuses à l'école parce qu'elles donnent confiance : elles apportent la conviction qu'il est possible de comprendre, et en même temps la jubilation de cette compréhension.."

L'interaction entre mathématiques et autres sciences est maintenant un sujet d'intérêt constant pour les associations professionnelles. En 2002, la SMF (Société mathématique de France) et la SMAI (Société de mathématiques appliquées et industrielles) ont organisé en commun un colloque sur "mathématiques et enseignement des sciences". La journée annuelle de la SMF a été consacrée à "mathématiques et biologie". L'articulation avec la physique est encore plus visible et remarquable: la médaille Fields a pu être donnée à un physicien (Witten), et le séminaire Poincaré, créé récemment par des physiciens à l'image du séminaire Bourbaki, est un lieu de rencontre et de rassemblement de physiciens et de mathématiciens.

Le contact et la collaboration entre scientifiques, qui compense et rectifie en partie la spécialisation nécessaire dans la recherche, est aussi porteuse d'idées pour l'enseignement à tous les niveaux. C'est pourquoi, après avoir insisté sur l'articulation des mathématiques comme science avec les autres disciplines, il nous faut examiner comment cela se traduit au niveau de l'enseignement, et présenter des suggestions pour améliorer la situation.

I2. L'état de l'école

I2a. L'école élémentaire

C'est une illusion de penser que les élèves ne savent que ce qu'on leur enseigne à l'école. En arrivant au cours préparatoire, ils savent parler, dessiner et compter. Les mathématiques sont surtout une manière de classer et d'organiser leurs connaissances, et les livres les plus remarquables partent de connaissances communes pour développer le sens de la géométrie et celui du calcul.

La formule de "la main à la pâte", qui renouvelle l'approche par les élèves de l'observation et de l'expérimentation sur des objets naturels, devrait s'accompagner d'une mise en oeuvre de concepts et méthodes mathématiques pertinents. Le calcul mental et le calcul des ordres de grandeurs devraient y trouver de nouvelles raisons de s'exercer.

Des expériences ont été faites sur l'apprentissage de la géométrie en Cours moyen en relation avec des situations physiques (boussoles, miroirs, visées utilisées pour introduire la notion d'angle, par exemple.)

...

I2b. Le collègue

Il faut examiner séparément les programmes et la réalité de l'enseignement.

Les programmes de mathématiques incitent au rapprochement avec les autres disciplines. Pour nous borner à un exemple, la dernière explication des contenus du programme de sixième, relatif à l'organisation et à la gestion des données et aux fonctions, se présente ainsi : *"Cette rubrique a pour objectif d'initier à la lecture, à l'interprétation et à l'utilisation de diagrammes, tableaux et graphiques et d'en faire l'analyse critique. La réalisation de tels objectifs contribue à l'éducation civique. Les travaux correspondants ne peuvent se concevoir qu'à partir de situations concrètes et en liaison avec d'autres parties du programme. Chaque fois que possible, ils se feront en liaison avec l'enseignement des autres disciplines: sciences de la vie et de la terre, géographie, technologie.. Ils seront l'occasion de consolider et d'approfondir les acquis des élèves sur l'utilisation d'unités de mesure et la pratique de certains changements d'unités"*.

La réalité est sensiblement différente : il ne suffit pas de décréter la liaison avec les autres disciplines pour qu'elle vive de façon effective, car elle demande un changement de vision et de pratique qui n'est pas facile à réaliser.

L'explication de cette insuffisance de contacts est à rechercher dans la pratique de tous les professeurs, et pas seulement des professeurs de mathématiques. Les professeurs des autres matières ne sont guère préparés à se tourner vers les professeurs de mathématiques. Les programmes, qui mettent en évidence les rapprochements possibles, mentionnent très rarement un rapprochement avec les mathématiques : par exemple, le très intéressant programme de sixième en sciences de la vie et de la terre (environnement, monde vivant, alimentation), mentionne les liaisons possibles avec les programmes de technologie, de géographie, de français et d'éducation civique, en oubliant les mathématiques. Le groupe d'experts, présidé par Jean-François Bach, qui a procédé en 2003 à la relecture des programmes scientifiques au collège a eu l'attention attirée sur cette anomalie. On peut regretter aussi la quasi-absence de l'histoire des sciences dans la formation des enseignants comme dans les manuels : on y parle volontiers d'art ou de littérature, mais la science y reste ignorée.

La place institutionnelle de l'interdisciplinarité au collège, a pour nom IDD (itinéraires de découverte). Mais ce dispositif, à peine installé, a été fragilisé par le caractère facultatif qui lui a été attribué à la rentrée 2003. (Abandon de son évaluation au brevet, possibilité de remplacer les IDD par de l'aide individualisée.)

Les IDD ont été instaurés sans moyens spécifiquement ciblés et ont conduit dans la grande majorité des collèges à une baisse horaire dans plusieurs disciplines, souvent les plus fondamentales, et sans aménagement des programmes : c'est pourquoi leur mise en place s'accompagne de fait d'une baisse de l'offre d'enseignement en mathématiques dans la plupart des collèges et a été mal accueillie par les professeurs.

Pourtant, bien des enseignants qui ont participé à un IDD en sont satisfaits : ce type de travail peut éveiller la curiosité des élèves et leur faire percevoir de nouvelles raisons d'être de contenus disciplinaires en permettant d'autres approches ; il peut améliorer les relations entre professeurs et élèves, et apporter de la diversité dans les activités et dans les compétences développées. Les professeurs lui trouvent surtout de l'intérêt lorsque l'activité concerne la classe entière, ce qui permet de mettre à profit dans les autres cours les acquis du travail effectué dans l'IDD et d'organiser plus facilement leur planification..

Les exemples d'activité que l'on rencontre à travers les stages et les réunions de formation sont d'une très grande qualité. Mais ils sont le fait d'enseignants expérimentés et exceptionnels par leur culture et leur dévouement. Il ne faut pas cacher la difficulté de l'entreprise : s'ils sont une occasion de travaux remarquables, les IDD ont du mal à

fonctionner dans beaucoup d'autres cas. C'est une culture collective qui est à construire, et cette construction a besoin d'un soutien institutionnel.

Une évaluation précise du dispositif serait nécessaire pour déterminer quelles sont les conditions nécessaires à une mise en place réussie accompagnée d'un effort important de formation initiale et continue.

I2c. Les lycées généraux, techniques et professionnels.

Les lycées professionnels méritent un examen particulier, non seulement à cause de la masse des élèves qu'ils accueillent, mais par l'organisation de l'enseignement et le fait que les professeurs enseignent en général plusieurs disciplines. Dans les activités d'éveil des classes de troisième technologique, qui ont un programme obligatoire assez léger, on a parfois une expérience intéressante. Par ailleurs nous renvoyons au rapport concernant les enseignements professionnels l'estimation des programmes de mathématiques pour le baccalauréat professionnel, qui sont peut-être trop ambitieux. Un bilan doit être tiré.

Il apparaît que certains lycées professionnels ont su trouver un cadre pour de véritables activités interdisciplinaires où les mathématiques ont une place reconnue.

Selon leur orientation, certains lycées techniques offrent également des occasions de collaboration de professeurs, par exemple, en STI, entre professeurs de mathématiques et de technologie. Pour l'essentiel cependant, lycées techniques et généraux souffrent de la même façon du manque de travail en commun des professeurs des diverses disciplines.

L'histoire de l'enseignement des mathématiques dans les lycées montre que ses relations avec l'enseignement des autres disciplines ont varié au cours du temps selon les types de formation et les tensions entre enseignement théorique et formation à la vie pratique. Un regard sur les trente dernières années met en évidence quatre périodes: dans les années 70, l'isolement des mathématiques modernes ; dans les années 80, la rupture avec elles ; dans les années 90, la prise en compte dans les programmes de la spécificité de la voie (Le programme de mathématiques de la série sciences économiques et sociales n'est plus considéré comme un sous programme de la série scientifique); et actuellement un exemple d'étude d'objets communs à deux disciplines (exponentielle et radioactivité en terminale scientifique). La place de la statistique est progressivement reconnue : cela ouvre des perspectives de coopération avec les sciences expérimentales ou humaines. Il serait dommage d'en rester à un enseignement sans lien avec le contexte fourni par ces autres disciplines.

Cela montre combien la mise en œuvre des instructions des programmes des années 70 sous la forme de "l'étude de situations issues de ces disciplines comprenant une phase de modélisation et une phase d'interprétation des résultats" est lente et difficile. Mais l'orientation est prise.

Hors programmes, les TPE (travaux personnels encadrés) ont été l'affichage le plus visible de la volonté de développer l'interdisciplinarité. Pourtant, actuellement ils ne conduisent pas nécessairement à un travail interdisciplinaire, ni des élèves, ni des professeurs. En effet, les élèves choisissent un sujet à partir de thèmes imposés par une liste définie nationalement. Ce sont les sujets les plus visibles dans la société qui ont naturellement leur préférence, et les mathématiques y sont le plus souvent "invisibles". La formule des TPE a néanmoins comme grand intérêt de donner une place institutionnelle à la fois au travail sur projet et à la coopération entre disciplines. Elle accorde du temps, à savoir deux heures hebdomadaires.

Elle mérite donc une place à part dans les recommandations qui vont suivre.

I2d. Au delà du baccalauréat.

Une étude de la Commission internationale de l'enseignement mathématique, publiée en 1988 montre qu'à cette époque une partie importante des services d'enseignement des professeurs de mathématiques des universités était au service d'autres disciplines, et qu'elle était la source d'innovations importantes. Le but de l'étude était aussi de montrer aux professeurs de lycée qu'ils ne connaissaient en général, de par leur formation, qu'une face de l'activité d'enseignement des mathématiciens qui avaient été leurs professeurs.

Actuellement on trouve des enseignements de mathématiques dans la plupart des formations universitaires ou d'écoles post-baccalauréat. C'est le cas en physique, en biologie, en économie, en gestion, en architecture, en ingénierie...

La tendance n'est pas, cependant, à faire appel à des mathématiciens pour assurer les enseignements de mathématiques. Il y a donc un certain danger à voir se développer des mathématiques pour telle ou telle spécialité, au détriment de ce que les mathématiques peuvent apporter comme élément de culture commune.

D'autre part, les mathématiciens enseignant dans des institutions sans laboratoires de mathématiques éprouvent leur isolement de façon pénible. Les réunions que tiennent périodiquement les mathématiciens enseignant dans les écoles d'ingénieurs ont pour but et pour effet de les sortir de cet isolement.

Nous renvoyons au rapport à venir sur l'enseignement supérieur pour l'examen de la situation des premiers cycles. Outre les programmes et les concours, il conviendra de faire un bilan des TIPE, qui sont un germe possible d'interdisciplinarité dans les classes préparatoires.

Signalons des innovations intéressantes : Les précédents rapports de la commission avaient dit l'importance des licences pluridisciplinaires pour la formation des futurs professeurs d'école. Leur succès se confirme. Voici d'autres exemples prometteurs.

A l'ENS de la rue d'Ulm s'est mis en place depuis dix ans un cursus mixte mathématiques/physique, destiné à la formation des élèves de première année souhaitant acquérir des connaissances approfondies à la fois en mathématiques et en physique. Il permet aussi aux élèves hésitants de retarder le choix entre ces deux disciplines. Une spécificité du cursus est de proposer des stages de fin d'année orientés vers la recherche. Cela repose en particulier sur une coordination entre les magistères des mathématiques et de physique en termes d'emplois du temps, de validations d'enseignements et de délivrance des diplômes.

De même, la demande croissante d'outils mathématiques dans les modèles biologiques a conduit, toujours à l'ENS, à la création d'une filière mathématiques-informatique-biologie. Il s'agit d'offrir aux élèves mathématiciens une solide ouverture vers la biologie, accompagnée d'une orientation vers des domaines mathématiques et informatiques privilégiés. Des interfaces prometteuses se dégagent: topologie et biologie structurale, statistique et écologie, bases de données et génomique. La première année s'appuie surtout sur des cours de mathématiques, la seconde fait une part beaucoup plus importante à la biologie, avec en particulier la participation à une école d'automne en biologie et un stage en laboratoire de biologie. La création récente d'un diplôme math-info-bio à Marseille, sous la direction d'Etienne Pardoux, constitue une suite naturelle de ce cursus.

Enfin, dans les classes préparatoires scientifiques, les programmes 2003 ont apporté certaines modifications pour rendre plus cohérents les enseignements de mathématiques et de physique. Ainsi on aborde au début de la première année la géométrie en dimensions 2 et 3, et l'algèbre linéaire élémentaire, au lieu de les repousser en fin d'année après tout l'appareillage d'algèbre et d'analyse. La maîtrise semble s'être améliorée.

On trouvera dans l'annexe des compléments sur les innovations.

I3. Un bilan critique

Des germes d'innovation existent, à tous les niveaux. Cependant, dans l'ensemble, le contraste est étonnant entre l'interaction très forte des mathématiques comme science avec les autres sciences, et le peu de relation de leur enseignement avec les autres enseignements scientifiques : l'enseignement des mathématiques reste encore aujourd'hui celui d'une discipline isolée, très tournée sur elle-même, peu soucieuse d'interactions avec les autres sciences.

C'est d'ailleurs l'image que donne l'enseignement universitaire, au niveau du premier et du second cycle, lorsqu'il s'adresse aux futurs professeurs de mathématiques. La formation initiale des enseignants, en général, les prépare mal à se tourner vers les autres disciplines. Les programmes, de façon justifiée, mettent en évidence la cohérence des notions mathématiques, et cette cohérence, très forte, a tendance à dissimuler la place des mathématiques au sein des autres sciences et de la culture. Les articulations entre les programmes des différentes matières, pour permettre un travail sur un objet commun, sont difficiles à établir. La documentation sur les autres disciplines et les situations qu'elles offrent à une étude mathématique est insuffisante et mal connue (la commission a signalé à plusieurs reprises les "petits problèmes de physique" de François Graner ; un catalogue d'ouvrages de cette nature serait utile). Les disciplines en cause ne se limitent pas aux sciences. Les matières littéraires et artistiques qui se prêteraient le plus naturellement aux interactions sont insuffisamment explorées (nous y reviendrons dans les recommandations). L'effort qui est demandé aux enseignants de mathématiques, à tous les niveaux, est considérable. Il nécessite un regard neuf sur les mathématiques dans le monde d'aujourd'hui, donc l'ouverture d'esprit, le temps nécessaire, les moyens d'une réflexion personnelle et collective. Les associations savantes et professionnelles ont déjà beaucoup œuvré dans ce sens. Cependant, les premiers appels lancés par la commission pour la constitution de documents destinés aux professeurs de l'enseignement secondaire et traduisant la part prise par les chercheurs d'autres disciplines à l'élaboration des mathématiques contemporaines n'ont guère été suivis d'effet.

Un effort est à demander également aux professeurs des autres disciplines, pour modifier leur regard sur les mathématiques. Pour la physique, la biologie, les sciences économiques, les sciences industrielles, les mathématiques ne sont pas seulement un outil de calcul. La formalisation mathématique de concepts issus de ces disciplines concerne aussi ceux qui les enseignent. La culture scientifique est inséparable d'une réflexion sur la nécessité et les limites des modèles mathématiques et de leur usage.

La culture générale souffre plus encore du divorce entre les mathématiques et les disciplines littéraires et artistiques. La même remarque vaut pour le divorce entre sciences et lettres. L'histoire des mathématiques fait partie des mathématiques et de l'histoire. L'épistémologie des mathématiques fait partie des mathématiques et de la philosophie. Les textes de Descartes, Pascal, Laplace, Fourier, Poincaré, font partie de la littérature française lors même qu'ils exposent les grands sujets mathématiques de leur temps. La grande ignorance des élèves et de leurs professeurs à l'égard de ces sommets de la pensée accentue l'image déshumanisée des mathématiques, mais elle a des conséquences bien plus graves pour l'avenir : celle de laisser s'approfondir le fossé entre les avancées de la science et la culture commune des citoyens.

II. Les recommandations

II1. Un changement nécessaire, et difficile à réaliser

II2. Tirer parti des mathématiques venues d'ailleurs

Cette recommandation ne va pas de soi. Il s'agit de conserver la cohérence de la démarche mathématique, la rigueur de son formalisme, l'enchaînement de ses propositions, la portée des théories auxquelles elle aboutit, mais de savoir articuler cette cohérence avec tout ce que les élèves savent déjà par ailleurs.

Cela vaut dès l'école élémentaire. Les enfants savent compter avant de comprendre ce qu'est un nombre, comme ils savent parler avant de connaître la grammaire. Il serait ridicule de renoncer à numéroter les pages d'un livre de mathématiques au niveau du Cours préparatoire parce que le cours n'a pas encore traité de la numération décimale. Il est bon au contraire de partir de tout ce qui est familier pour accéder au simple (jamais donné) et au général.

Les enfants jouent. Beaucoup de jeux ont un contenu mathématique, et stimulent des activités proches de la recherche mathématique. Les enfants ont l'expérience des jeux de hasard. Ils peuvent s'initier au calcul des probabilités bien avant de pouvoir accéder à la notion générale de probabilité.

A tous les niveaux, des notions mathématiques vont être utilisées par les professeurs d'autres disciplines. Il n'est pas indispensable qu'elles aient été préalablement exposées dans le cours de mathématiques. Si un professeur d'économie ou d'architecture a besoin d'une notion ou d'un résultat mathématique, il doit pouvoir l'exposer correctement, quoique de manière détachée de son environnement mathématique. C'est alors un élément pour le professeur de mathématiques, qui peut s'intégrer à un enseignement structuré.

Le lien à la physique mérite une attention particulière. La physique fournit aux mathématiques un aliment inépuisable. L'articulation des programmes de mathématiques et de physique a fait l'objet de bons travaux, en particulier pour lier fonction exponentielle et radioactivité en Terminale S. Nous avons signalé l'aménagement heureux réalisé en 2003 dans les programmes de mathématiques des classes préparatoires scientifiques. Son premier but était de donner au professeur de physique les outils mathématiques indispensables au début de son cours. C'est dans l'enseignement universitaire qu'une réflexion est urgente : de grands sujets mathématiques, comme le mouvement des planètes, font désormais partie des cours de physique. Quels sujets de physique, actuels ou non, mériteraient de faire partie de cours de mathématiques ? Et quels sujets, de cours communs ?

Pour les lycées, nous recommandons une concertation systématique entre les responsables de la rédaction des programmes de mathématiques et de physique.

Pour les collèges, où les sciences physiques ne figurent pas explicitement, nous recommandons que des physiciens et chimistes donnent au moins leur avis sur les programmes de mathématiques.

Dans la formation des professeurs de mathématiques, nous recommandons que l'histoire commune des mathématiques et de la physique fasse l'objet d'un enseignement général incluant des études de cas très précis.

II3. Tisser des liens nouveaux entre les mathématiques et les autres matières

Dès le niveau du collège l'enseignement du français devrait tirer parti de celui des mathématiques. Les énoncés mathématiques les plus importants sont écrits en langue naturelle. La mise en forme en langue naturelle fait partie de l'activité mathématique. Un avis informé du professeur de français sur les textes mathématiques proposés aux élèves serait utile à tous égards.

C'est au niveau du lycée, comme nous l'avons déjà remarqué, que le divorce est le plus dommageable. On comprend mal Descartes écrivain et philosophe si l'on n'accède pas à Descartes mathématicien. Nous recommandons que certains grands textes scientifiques, et parmi eux de grands textes de mathématiciens, figurent au programme des études littéraires au lycée.

Le professeur de philosophie a vocation à donner des éléments de réflexion à ses élèves sur tout ce qui concerne le présent et l'avenir de l'humanité. Une vue générale sur le mouvement des sciences devrait lui être indispensable. Une vue sur le mouvement contemporain des sciences mathématiques pourrait lui être précieuse. Nous recommandons que des équipes de philosophes et mathématiciens constituent, à l'intention des professeurs de philosophie, une documentation commode et actuelle sur l'évolution des mathématiques. Nous nous permettons aussi de recommander que, comme par le passé, les futurs professeurs de philosophie soient tenus de s'initier à un domaine particulier des sciences.

Le professeur d'histoire se préoccupe naturellement de l'évolution des idées, des sciences et des techniques. Les historiens d'aujourd'hui sont plus compétents et curieux dans ces domaines que leurs prédécesseurs. D'excellentes collaborations se sont nouées entre professeurs d'histoire et de mathématiques. Nous recommandons que, dans le cursus des études conduisant au professorat des collèges et des lycées, la réalisation d'une étude concernant un point particulier de l'histoire des mathématiques soit obligatoire (nous pensons ici aux professeurs de mathématiques, mais la proposition ne serait pas absurde pour les professeurs d'histoire).

La géographie est proche parente de la géométrie. Tous les cours de géographie sont des mines de travaux possibles en mathématiques : lignes de niveau et potentiel, bassin d'attraction des fleuves et fractalité, statistiques, populations etc... Nous recommandons qu'en particulier au niveau du collège les programmes prévoient explicitement de part et d'autre l'articulation des cours de géographie et de mathématiques.

Une des lacunes de l'apprentissage des langues est d'ignorer les expressions scientifiques qui font partie pourtant de l'environnement des élèves. Nous recommandons que l'enseignement des langues comporte la traduction des expressions mathématiques courantes.

Au moment où la statistique est enseignée en mathématiques, il est bon d'en voir différents aspects en économie, en physique, en géographie etc... L'initiation à la statistique se prête à des formations jointes de professeurs de différentes disciplines. C'est une recommandation, déjà faite dans de précédents rapports, que nous reprenons ici. Nous recommandons que des stages de statistique soient organisés en commun pour des professeurs de différentes disciplines.

II4. Perspectives pour les IDD, TPE , ateliers et labos

Les IDD, les TPE et les TIPE dans les classes préparatoires permettent de mettre en oeuvre l'interdisciplinarité en même temps que l'initiative des élèves. Nous avons cité d'excellents exemples et aussi certaines difficultés. Nous avons, dans de précédents rapports, suggéré la création de laboratoires de mathématiques. Dans certains cas, des clubs (non officiels), des ateliers (officiels), et même des options “ sciences ” en classe de seconde ont été créés.

Pour tirer le meilleur parti de ces formules, il faut d'abord prendre acte du fait que les IDD, TPE et TIPE donnent un peu de temps aux enseignants, en s'inscrivant dans leur temps de service, et une grande liberté aux élèves, en leur laissant le choix des sujets. Il reste ensuite à articuler de meilleure façon l'initiative des élèves et celle des professeurs : une liste de sujets suggérés par des équipes de professeurs en fonction de leurs propres intérêts et compétences pourraient, dans beaucoup de cas, orienter les élèves hors des sentiers battus. Il faut enfin une source de documentation, fiable et bien entretenue, et une communication organisée entre les professeurs des lycées et collèges et des équipes d'universitaires et de chercheurs, à l'image de ce qui se produit avec Math.en jeans, mais élargi à l'ensemble des disciplines.

Nous recommandons toujours la création, d'abord expérimentale, puis progressive, de laboratoires de mathématiques dans les lycées et éventuellement dans les collèges, comme lieux d'activités des élèves et de leurs professeurs, pourvus de matériel informatique et d'autres matériels, et permettant l'accueil de professeurs et praticiens d'autres disciplines. Nous recommandons de mettre à l'essai différentes formules d'IDD et TPE, et en particulier différentes manières d'orienter les choix des élèves en tenant compte des intérêts et des compétences de leurs professeurs. Un bilan devrait alors être établi.

Nous recommandons que les départements concernés des universités et centres de recherches incluent dans leurs charges d'intérêt général la participation aux activités de ce type.

Nous recommandons également que les CDI soient pourvus de toute l'information pertinente pour la réalisation des IDD, TPE et TIPE.

II5. Une leçon à tirer de "la main à la pâte": l'intérêt d'un site sur la toile comme centre de consultation et de ressources.

"La main à la pâte" a créé un site qui s'avère efficace et contribue à lier physiciens, chimistes et biologistes, didacticiens de ces disciplines, et professeurs des écoles. Il a nécessité des moyens matériels et humains importants. Outre l'aspect technique, assuré par un personnel compétent, la gestion scientifique du site mobilise une équipe de consultants qui répondent aux questions, et jouent le rôle de comité de lecture pour les activités proposées. Ce site a maintenant une audience internationale.

Mutatis mutandis, il serait souhaitable qu'un site consacré aux liens des mathématiques avec les autres disciplines puisse être établi avec la même ambition et les mêmes moyens.

Nous recommandons la mise à l'étude d'un programme dans ce sens.

II6. Rôle des IREM en parallèle avec les IUFM et les IPR pour animer la réflexion chez les professeurs de mathématiques, et pour créer des liens interdisciplinaires.

L'effort à faire pour mettre en oeuvre ces recommandations, et si possible pour aller au delà, implique toute l'éducation nationale et toute la communauté mathématique, et nécessite des concours variés. Nous avons déjà dit la part qu'y ont déjà prise les sociétés savantes et les associations professionnelles. Il exige maintenant des actions à tous les niveaux : ministre, directions du ministère, inspection générale, CNP, recteurs, IPR, universités et CNRS, IUFM et IREM.

Sur proposition de l'Inspection générale, l'Académie des sciences pourrait être invitée à organiser une journée de sensibilisation des IPR et IA sur le contenu de ce rapport. Cela pourrait se faire à l'occasion de la sortie du rapport de l'Académie sur les mathématiques dans le monde contemporain.

Les IUFM pourraient se voir attribuer la tâche de fournir à tous les professeurs, des écoles aux lycées, des repères culturels sur l'évolution des idées, des sciences et des techniques, où naturellement les mathématiques aient une place.

Insistons à nouveau sur la responsabilité des universités. Le lien entre les mathématiques et les autres disciplines doit se manifester par la présence dans tous les cursus destinés aux étudiants en mathématiques d'une composante historique et d'une initiation sérieuse à un domaine scientifique différent. Pour se traduire dans l'ensemble de l'enseignement, il impose des tâches nouvelles aux enseignants et aux chercheurs, qui doivent être reconnues par les universités.

Dans le système universitaire français, les IREM ont un rôle particulier, de lien entre l'enseignement supérieur et les autres ordres d'enseignement. Ils ont, avant même les sociétés savantes, pris des initiatives allant dans le sens de ce rapport, en élargissant leurs contacts et leurs actions au delà des mathématiques. Leur expérience et leur potentiel seraient valorisés s'ils recevaient le mandat explicite d'élargir systématiquement leur champ de compétence en y incluant la relation aux autres disciplines.

Nous recommandons que les IREM reçoivent un mandat du gouvernement pour la mise en oeuvre des recommandations contenues dans ce rapport, et en particulier pour l'élaboration de documents, la mise en place d'un site, et la réalisation dans le cadre des académies avec le concours des IUFM de stages de formation continue interdisciplinaires.