

L'INTERDISCIPLINARITE

Michèle Artigue

L'interdisciplinarité est de plus en plus présentée comme une nécessité dans l'enseignement des mathématiques. Divers facteurs contribuent, me semble-t-il, à ce phénomène, notamment :

1 - L'évolution des mathématiques.

L'image qui s'est développée au cours de ce siècle de mathématiques, vivant en autarcie dans une sorte de tour d'ivoire, nourries de leurs seuls problèmes internes, attachées à assurer leurs fondements, ne correspond pas à la réalité du monde mathématique d'aujourd'hui. Un moment relativement isolées c'est vrai, elles ont renoué depuis le dialogue originel avec les sciences physiques mais aussi étendu leur champ d'intervention bien au delà de ce domaine.

Cette réalité mathématique actuelle, bon nombre de mathématiciens souhaitent qu'elle se substitue dans l'image sociale des mathématiques aux clichés usuels. Ils souhaitent en particulier rendre plus visible le rôle que les mathématiques jouent dans l'évolution scientifique et technologique, leur mouvement, leur vie.

L'interdisciplinarité apparaît alors comme une nécessité à la fois pour aider les étudiants à se faire une image des mathématiques plus conforme à la réalité et pour mieux les préparer à leur pratique professionnelle ultérieure.

2 - Les travaux épistémologiques et didactiques.

Les premiers ont montré l'importance dans le développement historique des mathématiques des problèmes posés par les autres sciences ; les seconds l'efficacité d'apprentissages s'appuyant sur l'étude de situations dans lesquelles les concepts dont l'enseignement est visé se révèlent les outils adaptés à la résolution des problèmes posés, qu'il s'agisse de situations adaptées des situations historiques qui ont contribué à la naissance de ces concepts ou de situations liées à leur fonctionnement actuel (cf. § III.6 et IV.2).

L'interdisciplinarité apparaît alors comme une aide à la mise en place et à la prise de sens des concepts mathématiques, les "bons problèmes" n'étant pas nécessairement des problèmes purement internes aux mathématiques. Elle peut ainsi contribuer à améliorer l'enseignement des mathématiques elles-mêmes.

Si l'on considère maintenant plus précisément le DEUG A, auquel nous nous intéressons dans cette brochure, force est de constater que l'interdisciplinarité y est peu présente. Dans ce texte, en m'appuyant sur quelques expériences, je souhaiterais montrer que ceci, en dépit des affirmations réitérées sur l'intérêt de l'interdisciplinarité, n'a rien d'étonnant. En effet, le coût de l'interdisciplinarité est élevé et dans un système qui, tout en en percevant l'intérêt, ne la ressent pas comme vitale, comme c'est le cas actuellement en DEUG A, elle aura du mal à sortir du cadre des réalisations expérimentales enthousiastes si l'on ne parvient pas à réduire son coût, notamment en se donnant les moyens de capitaliser les acquis des réalisations expérimentales.

Je voudrais aussi montrer qu'en dehors d'une interdisciplinarité stricte, il existe d'autres voies plus accessibles à la fois pour mettre nos étudiants en contact avec les mathématiques telles qu'elles vivent dans notre monde actuel et exploiter des contextes externes aux mathématiques dans l'enseignement, des voies qu'il serait sans doute souhaitable d'explorer plus systématiquement.

I - L'EXPERIENCE MATHS/PHYSIQUE DE PARIS 7

En 1979, s'est créée à Paris 7 une section expérimentale maths/physique de DEUG SSM première année. L'ambition de cette section était en particulier de coordonner étroitement les enseignements de mathématiques et de physique. Cette coordination a de façon générale convenablement fonctionné, mais l'équipe s'en était donné les moyens et je suis profondément convaincue qu'on ne pouvait en faire l'économie. En particulier, je voudrais souligner que l'harmonisation de l'organisation dans le temps des programmes d'enseignement dans les deux disciplines, qui est ce à quoi se réduisent souvent les essais de coordination, ne fut qu'une petite phase du travail en commun et sans doute la plus facile. Ce qui me paraît, avec le recul, avoir été le moteur réel de la réussite, ce n'est pas cette harmonisation de surface, c'est l'investissement que nous avons réalisé pour commencer à entrer dans le fonctionnement et les modes de pensée de l'autre discipline. C'est ainsi que, pendant la première année, l'équipe enseignante complète s'est réunie une demi-journée par semaine en se fixant dès le départ un certain nombre de réalisations communes :

1 - Des cours magistraux communs sur tous les points qui semblaient des points clefs pour la coordination

Deux enseignants de l'équipe, un de mathématique et un de physique, étant chargés d'un cours donné, ils proposaient un projet au cours de l'une des réunions hebdomadaires. Ce projet était discuté par l'ensemble de l'équipe, très souvent modifié, puis réalisé. Tous les enseignants de l'équipe assistaient généralement à ces cours communs. Treize cours ont été ainsi réalisés la première année.

2 - Des contrôles communs maths/physique

Les cours maths/physique donnaient lieu dans l'année à deux contrôles communs maths/physique. Les copies étaient corrigées entièrement à la fois par un enseignant de physique et un enseignant de mathématiques, puis les corrections comparées au cours d'une réunion, dans le but de mieux comprendre les attentes des uns et des autres. Une note commune était donnée.

Dans le même ordre d'idée, les enseignants de chaque discipline faisaient ou essayaient de faire les sujets d'examens de l'autre discipline. Ceci nous a amené à réviser parfois des jugements très abrupts, de part et d'autre. Il est difficile de déclarer qu'un étudiant qui commet encore tel type d'erreur à ce niveau est inapte aux études scientifiques quand la majorité des enseignants de l'autre discipline commet la même erreur.

Ce travail, mené la première année, fut fondamental. La seconde année, les réunions furent plus espacées et le travail de coordination se concentra sur les points qui ne semblaient pas avoir été traités de façon satisfaisante l'année précédente, les questions liées à la différentiabilité notamment. Le système des amphes et des tests communs fut maintenu, mais les enseignants prirent en charge une partie de l'interdisciplinarité, chacun dans leur enseignement respectif.

Dès la première année, les étudiants avaient à réaliser par petits groupes des projets en physique. A partir de la seconde année, nous sentant plus solides, nous avons envisagé la possibilité de projets maths/physique encadrés par un binôme d'enseignants des deux disciplines. En fait, ceci ne fonctionna pas vraiment. Les projets restèrent essentiellement des projets de physique, les enseignants de mathématiques servant à l'occasion de recours pour les étudiants. Je vois à ce phénomène l'explication suivante : les mathématiciens contrairement aux physiciens

n'avaient pas à l'époque l'habitude de ce type d'activités. Déjà, même pour des projets purement mathématiques, il n'est pas sûr que l'enjeu leur aurait paru suffisamment important pour justifier l'investissement nécessaire : élaborer les sujets, penser et assurer l'encadrement pédagogique... D'emblée, on les plaçait dans une situation bien plus difficile, celle de projets interdisciplinaires, l'ambition était sans doute démesurée.

II - L'EXPERIENCE INTERDISCIPLINAIRE DE GRENOBLE

Cette expérience n'a pas été guidée exactement par les mêmes principes que la précédente. L'objectif était certes de coordonner les enseignements des deux disciplines mais plus encore d'exploiter l'interdisciplinarité pour initier les étudiants à la démarche scientifique. On faisait l'hypothèse que les mathématiques peuvent aider à l'installation et l'approfondissement de certains concepts fondamentaux de la physique et de la chimie et qu'inversement les difficultés rencontrées dans la modélisation de situations concrètes peuvent contribuer à donner du sens aux concepts mathématiques. Ainsi les exigences issues de situations physiques et chimiques convenablement choisies étaient utilisées pour définir progressivement "le cahier de charges" que devaient satisfaire le concept d'intégrale et les algorithmes de traitement qui lui étaient associés (cf. § III.6).

Cette expérience s'est déroulée en deux temps (cf. D. Alibert et Al., 1986). Dans la première, les enseignants de mathématiques et de physique se sont rencontrés régulièrement pour essayer de coordonner les enseignements mais ce sont essentiellement les enseignants de mathématiques qui ont infléchi leur pratique. Les résultats obtenus ont montré que les efforts consentis n'avaient pas eu toutes les répercussions attendues. En particulier, comme c'est souligné dans le rapport cité ci-dessus :

"Les étudiants, pourtant sensibles à ce nouvel état d'esprit, ne s'en sont pas moins constitué une "physique de mathématicien", pour certains plus (et inutilement) compliquée que la physique habituelle, pour d'autres plus rigoureuse que la physique présentée par l'enseignant de cette discipline, dont l'enseignement s'est trouvé par contre-coup dévalorisé"

et il y a eu peu de transferts entre les disciplines, les méthodes de l'une et l'autre restant disjointes.

Devant cet état de fait, est apparue la nécessité d'aller au delà de la forme de coopération trop superficielle adoptée, et de trouver une organisation obligeant les enseignants à entrer dans des débats de fond sur l'épistémologie propre à chaque discipline.

Ceci s'est effectué notamment par l'organisation d'ateliers interdisciplinaires centrés sur la modélisation et la mise en équation de situations issues de la physique et de la chimie, prenant en compte les différents aspects de la modélisation :

- position du problème et choix des variables pertinentes,
- hypothèses sur les lois régissant le phénomène,
- mise en équation proprement dite et résolution dans le modèle,
- confrontation des résultats obtenus aux prévisions qualitatives et choix de dispositifs expérimentaux de vérification.

L'expérience menée a montré que l'organisation de tels ateliers était possible et d'une efficacité certaine, même avec seulement un petit nombre d'ateliers, en ce qui concerne l'initiation à une démarche scientifique, mais elle a aussi montré que leur mise en place n'allait pas de soi. L'enseignement usuel, tant en physique qu'en chimie, même quand il se dit expérimental, met rarement en jeu une telle démarche de modélisation dans sa totalité. Les choix effectués dans la modélisation et leurs raisons restent le plus souvent implicites et l'on saute très vite à des équations

susceptibles d'un traitement mathématique. Quant à l'adéquation aux données d'expérience, elle est généralement garantie par l'enseignant sans plus.

La mise en place de la coopération a donc nécessité un travail inhabituel et souvent difficile au sein même de chaque discipline. Il a obligé en particulier physiciens et chimistes à prendre en charge effectivement, dans le choix et la gestion des situations proposées dans les ateliers, toutes les étapes de la modélisation, du problème brut à la simulation du contrôle expérimental des modèles élaborés. Et le choix de problèmes gérables avec ces contraintes dans le cadre d'un atelier de 2 heures, leur mise en scène didactique, se sont en fait révélés beaucoup plus délicat qu'initialement prévu.

III - QUELQUES CONSIDERATIONS ISSUES DE CES EXPERIENCES

Ces deux expériences mettent bien en évidence me semble-t-il le prix à payer si l'on veut jouer à fond la carte de l'interdisciplinarité en DEUG A, avec les objectifs décrits plus haut. Il est clair que, dans les secteurs où les mathématiques sont vues essentiellement comme des disciplines de service, la situation est sensiblement différente. D'une part, la capacité à faire fonctionner les mathématiques dans d'autres domaines est clairement un des enjeux de la formation mathématique, d'autre part ce qui est généralement en cause ce n'est pas la conceptualisation mathématique à travers la résolution de problèmes externes aux mathématiques mais plutôt la possibilité, à un certain moment de résolution de ces problèmes, de faire fonctionner des techniques mathématiques apprises dans un cadre général.

L'interdisciplinarité, au niveau du DEUG A, ne rencontre pas les mêmes enjeux. Elle risque donc de rester marginale si l'on ne trouve pas le moyen de la faire vivre de manière moins coûteuse que ce ne fut le cas dans les deux expériences citées, quel que soit par ailleurs l'intérêt de ces dernières. A-t-on des moyens pour réduire ce coût ? C'est en faisant quelques suggestions à ce propos que je terminerai ce texte.

1 - Profiter de l'expérience acquise.

Dans leurs essais de coopération, mathématiciens et physiciens butent régulièrement sur les mêmes problèmes. Certains de ces problèmes ont été analysés, éclaircis sur le plan épistémologique au cours des expériences citées ou dans les recherches plus spécifiques auxquelles elles ont donné naissance. Des stratégies d'interaction maths/physique visant à aider à les surmonter ont été élaborées et testées au niveau expérimental. Pourquoi ne pas profiter de ces acquis, même s'il est évident que chacun aura à refaire, au moins partiellement, son propre chemin ?

Des projets interdisciplinaires ont été réalisés dans certains DEUG (cf. Actes du Colloque inter-IREM Université de Rennes). On pourrait donc organiser une banque avec les sujets qui se sont révélés bien adaptés à ce type de travail, en fournissant pour chacun d'eux, outre le thème, quelques références bibliographiques, des indications sur les réalisations possibles au niveau considéré ainsi que sur les difficultés susceptibles d'être rencontrées.

2 - Mettre en place des moments d'interdisciplinarité

Sans viser nécessairement une interdisciplinarité lourde, il est possible de mettre en place dans l'enseignement des moments d'interdisciplinarité, avec le souci de faire de ces épisodes des moments marquants de l'enseignement. C'est ce qui s'est fait dans une certaine mesure dans la seconde phase de l'expérience de Grenoble à travers les ateliers de modélisation. C'est aussi l'objectif des ateliers de mise en

équation organisés à l'université de Lille I, gérés par les mathématiciens mais s'appuyant sur les résultats de la recherche didactique maths/physique menée à Paris 7 et Grenoble I sur les procédures différentielles et intégrales. Nous donnons ci-après les documents relatifs à l'un de ces ateliers, celui concernant la modélisation différentielle : fiche distribuée aux étudiants, fiche d'objectifs réalisée pour les enseignants et distribuée aux étudiants à l'issue de l'atelier seulement, le problème supplémentaire étant destiné à mettre en évidence l'importance du contrôle de l'ordre de l'approximation et la nécessité de ne pas se fier dans ce domaine à la seule intuition. Il est à noter que de nombreux étudiants ont déclaré que cet atelier avait éclairci et enrichi pour eux le concept de dérivée non seulement sur le plan de son fonctionnement en physique mais aussi sur le plan mathématique.

L'introduction du concept d'intégrale à travers le traitement de situations issues de contextes divers présentée dans le § III.6 est une réalisation qui, tout en se situant, elle, au niveau du cours magistral, est du même ordre.

3 - Exploiter les mémoires

On peut aussi exploiter en ce sens la pratique des mémoires qui tend à se développer. Ils constituent un moyen de faire fonctionner les savoirs mathématiques du DEUG dans des contextes externes aux mathématiques, sous une forme plus souple que si cet enjeu doit s'inscrire dans des activités traditionnelles. Ces mémoires peuvent en particulier être exploités pour mettre en évidence l'intervention des mathématiques dans une gamme croissante de domaines, les journaux de vulgarisation scientifique, les revues mathématiques qui se développent pour lycéens et étudiants pouvant d'ailleurs aider à trouver des thèmes bien adaptés à ce propos. Ils sont sans aucun doute un moyen privilégié pour aider l'étudiant à se faire une idée moins scolaire de ce qu'est l'activité mathématique et une idée plus correcte de la vie actuelle des mathématiques (cf. § III.8).

Références :

- Artigue M. (1981) : *Deug SSM Section E - Un an de fonctionnement*, Rapport, Ed. IREM Paris 7.
- Artigue M. (1988) : *Procédures différentielles dans la mise en équation de problèmes*, Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, Vol.2, pp. 173-190.
- Artigue M., Ménigaux J. et Viennot L. (1988) : *Questionnaires de travail sur les différentielles*, Brochure IREM N°76, Ed. IREM Paris 7.
- Alibert et Al. (1987) : *Le thème "différentielles" : un exemple de coopération maths/physique dans la recherche*, Actes du Colloque de GRECO Didactique et acquisition des connaissances scientifiques, Sèvres, Mai 1987, pp. 5-35, Ed. La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Commission inter-IREM Université (1988) : *L'enseignement des mathématiques au niveau universitaire*, Textes réunis pour le Congrès ICME VI, Budapest, Ed. IREM de Lille.
- Actes du Colloque inter-IREM Université "Premiers cycles scientifiques*, Rennes, 1987, Ed. IREM de Rennes