

Vivent les sciences expérimentales

(Amère méditation d'un petit professeur doublé
d'un professeur pour petits)

par G.H. CLOPEAU

Tout l'effort de la pédagogie moderne (depuis peut-être un demi-siècle ou plus) est, semble-t-il, de remédier à la déplorable situation que le Professeur Kastler décrit en ces termes :

"... C'est sur des critères dictés par les seules mathématiques, et sans que l'on s'attache à déceler ni à développer leur sens de l'observation, leur habileté expérimentale, ou leur aptitude à réagir devant un problème concret, que l'on sélectionne les élèves réputés aptes à suivre les sections scientifiques. Faut-il s'étonner alors, que baisse la proportion des étudiants abordant les études scientifiques supérieures ? En vérité, nous devrions rejeter de notre enseignement tout ce qui est formation cérébrale exclusive et unilatérale, et préparer un enseignement qui joue sur la relation intime entre l'habileté manuelle, l'acuité des sens, le goût de l'expérimentation, et les aptitudes intellectuelles. Serait-ce une utopie de demander à la pédagogie de faciliter chez nos élèves la prise de conscience du monde contemporain et de ses réalités ? "

Certes, tous les pédagogues que ce genre d'utopie ne rebute pas, sont heureux de recevoir l'appui du Professeur Kastler. Une seule ombre à notre joie, le Professeur Kastler semble considérer (sans doute parce qu'il n'a pas bénéficié d'un enseignement mathématique rénové) que les mathématiques sont, par nature, "une formation cérébrale exclusive et unilatérale". Il ne sait donc rien de nos efforts ? de nos progrès ? (qui donc l'informe ?)

S'il savait, le Professeur Kastler penserait sans doute, comme notre ami Walusinski, que :

“ ... L'enseignement des mathématiques est un élément indispensable de la formation de l'esprit (apprendre à observer, à abstraire, à coder, à formaliser, à déduire, à décoder, à appliquer ...) de l'éducation du caractère (savoir douter de soi, savoir persévérer dans une recherche apparemment vaine, savoir écouter les autres et les critiquer, savoir se documenter et critiquer la documentation ...) et de l'enseignement moral (savoir respecter l'autre et en particulier son travail, tolérer les autres avis, même fallacieux, être exigeant pour soi ...)”.

Il faudrait dire au Professeur Kastler ... et à quelques autres sans doute ... que les professeurs de mathématiques se sentent d'abord professeurs, éducateurs, que beaucoup ne sont pas ... des “mathématiciens”, et qu'aucun ne souhaite une formation cérébrale exclusive qui transformerait des hommes en ordinateurs. Quant à moi, qui ai participé activement à plusieurs tentatives de rénovation de l'éducation scientifique, sans les voir s'estomper, ces malentendus me rendent particulièrement amer.

Ce fut d'abord, en “sixième et cinquième”, la création de travaux dits “scientifiques expérimentaux” sans doute pour bien préciser qu'ils ne sauraient être scientifiques sans être expérimentaux. Ces travaux, libérés de tout programme étroit, étaient confiés à des professeurs de tous horizons. Les “instructions” étaient remarquables : “ ... faire toute leur place, au long des exercices, et *dans l'élaboration même du plan de travail et des moyens et méthodes de recherche*, aux suggestions, aux observations et expérimentations, faites par les élèves eux-mêmes, en acceptant *erreur et tâtonnement*. Ces travaux expérimentaux ont permis par exemple à Monsieur Sire, alors proviseur du Lycée Janson de Sully, de montrer qu'on pouvait passionner une classe, pendant une année scolaire entière, à partir d'“une tache d'encre sur du papier buvard”. Mais les travaux expérimentaux sont morts, remplacés par des travaux pratiques de sciences naturelles ... avec programmes et inspecteurs...

Et puis ce fut, en quatrième et troisième, la création d'un enseignement de technologie. Là encore, au départ, des professeurs volontaires, de divers horizons ; pas de programme strict, seulement des instructions, précisant une inspiration, une méthode générale, un but scientifique. Discipline de synthèse, la technologie ne pouvait être valablement élaborée que par des équipes pluridisciplinaires, au sein desquelles physiciens et techniciens avaient leur place. J'y ai vraiment cru ... Par exemple, je faisais observer le système poulies-courroie, immobile d'abord. Après avoir mesuré les diamètres des roues, et constaté que le

diamètre de la poulie menante était sensiblement double de celui de la poulie menée, je demandais :

“Que va faire la poulie menée si nous faisons tourner la poulie menante de dix tours ? — Réponse immédiate, ce qui prouve au passage que, dans les situations les plus simples, un “modèle” se substitue spontanément, dans l'esprit de l'observateur, à la réalité — Essayer de rendre explicite ce modèle implicite, prévoir et calculer dans ce modèle, voilà une mine d'exercices de calcul numérique (avec des fractions !).

Puis on faisait l'expérience ! Surprise ! notre modèle ne convenait pas. La poulie menée avait toujours du retard. — “Ca glisse”, mais comment ? Comment comprendre ? accentuer le “défaut” en remplaçant la courroie par un élastique permet de découvrir le phénomène de vermiculation — Mettre en évidence les facteurs susceptibles d'avoir une influence — Etudier le sens et l'importance de chaque facteur, en s'efforçant de l'isoler des autres, ce qui oblige à inventer des dispositifs expérimentaux, à les critiquer, à les perfectionner ...

Même si, au niveau de cette classe, on ne va pas jusqu'à la formulation mathématique d'un modèle adapté aux phénomènes observés, les élèves comprennent la démarche expérimentale, s'y passionnent, et ressentent le désir de disposer d'un modèle pour représenter leurs conquêtes. Evidemment, cette méthode demande trop de temps pour être généralisée à l'étude de toute la physique, de toute la chimie, de toute la technique. On ne peut tout redécouvrir et il faut bien aussi “apprendre”. C'est même une des conditions du progrès humain que d'apprendre rapidement ce que des générations ont mis des siècles à découvrir.

Raison de plus pour que, au début des études scientifiques, on trouve le temps de faire comprendre la méthode, et de faire distinguer nettement la réalité, inconnaissable dans sa totalité, des modèles qui la représentent partiellement, à un degré d'approximation connu. C'est seulement ainsi que l'élève peut s'apercevoir qu'il apprend “en raccourci”, que tel dispositif expérimental, qu'on lui présente tout construit et “fonctionnant bien”, est le fruit d'une lente et minutieuse élaboration, que telle “loi”, mathématiquement formalisée, n'est qu'un outil de prévision, pour un certain degré d'approximation.

J'y ai vraiment cru ... Or cette technologie, si précieuse, à laquelle des techniciens, des physiciens, des mathématiciens, des philosophes, avaient apporté leur contribution, cette technologie se meurt à son tour, sous les coups d'une inspection générale de physique qui en fait sa chasse gardée. Désormais, à des élèves qui n'auront jamais appris à élaborer un modèle, (à moins que notre réforme de l'enseignement mathématique réussisse pleinement) à critiquer ce modèle, à le perfectionner, à douter de son adaptation à la réalité matérielle, à exprimer un

degré d'approximation, à ces élèves, on assènera "le modèle de l'atome de Bohr" ... en trois séances, précisent des instructions que l'Inspection Générale présente comme "la Bible".

Voilà comment un effort pédagogique de très haute qualité succombe devant le dogmatisme, et comment, tout en prétendant augmenter la part des sciences expérimentales (la part ... comme si l'esprit de l'enfant était un gâteau à partager), on substitue, en fait, à une formation de l'esprit de recherche, des déductions dans un système arbitrairement mathématisé. (Aussi nocif que le nationalisme des états, qui s'exerce au détriment de l'Homme, un "nationalisme" des disciplines s'exerce au détriment de l'éducation). Les "problèmes de physique", et la préparation aux concours, donnent la priorité aux mathématiques régurgitées, et relèguent au rang des amusettes les mathématiques construites et comprises.

C'est pour ces mathématiques construites, consciemment, vraiment comprises, vraiment à leur place, et donc vraiment utiles, que je me suis lancé enfin dans l'action entreprise par l'A.P.M.E.P. Il me semble voir dans cette action le plus important des sursauts pédagogiques en faveur de l'éducation de l'esprit scientifique. Un sursaut qui a trouvé l'appui d'une commission ministérielle, et qui est déjà un peu entré dans les moeurs.

L'A.P.M.E.P. a inscrit, dans la "Charte de Chambéry", l'esprit inspirateur de la réforme. Il faudrait pouvoir la citer entièrement. Il convient ici d'insister plus particulièrement sur la prudence, le souci d'ouvertures dans la recherche, le désir d'expérimentation préalable, le sens de la remise en question, qui animent cet esprit de réforme. Que l'on mesure là combien le mathématicien dispensateur de vérités éternelles, absolues et indiscutables, est loin de notre "modèle" !

"La réforme de l'enseignement mathématique que nous préconisons se fonde :

— sur les idées directrices qui animent la vie mathématique contemporaine ;

— sur les études psycho-pédagogiques qui ont mis en évidence l'importance des méthodes actives et la nécessité d'un accès très progressif aux notions les plus abstraites ;

— sur le rôle primordial joué par les mathématiques dans l'organisation sociale et dans la production des biens et des services."

"La réalisation des réformes commence :

— par une expérimentation pédagogique sérieuse,

— par un effort toujours accru pour la formation des maîtres : formation initiale et formation permanente.

Les Instituts de Recherche sur l'Enseignement Mathématique seront, à l'échelle académique, les organismes chargés de coordonner expérimentation et formation des maîtres. La création des IREM engage notre enseignement dans la voie de la réforme continue. La Commission Lichnérowitz a confirmé cette position. Son rapport préliminaire insiste longuement sur la formation permanente des maîtres et précise que les IREM ont d'abord vocation de "faciliter ou provoquer le travail en équipe, et tisser tout un réseau d'équipes à travers une académie".

Cela n'est pas fait encore, mais cependant, de plus en plus, des maîtres s'efforcent de placer leurs élèves dans des situations qui les incitent à chercher et à créer. Il est de moins en moins fréquent que le mot précède la notion, laquelle se dégage d'une activité. Quelquefois même, on admet, pendant un certain temps, un vocabulaire et une notation provisoires, propres à une classe d'élèves, en attendant qu'une convention plus universelle soit ressentie comme utile. De même pour construire un édifice, on construit d'abord un échafaudage, idée pédagogique dont le modernisme remonte à Poincaré ... En somme, on applique, en classe de mathématique, l'esprit des anciennes instructions de travaux expérimentaux que je citais plus haut.

C'est là l'aspect le plus profond, et le plus durable, de la réforme : ce sont des activités "mathématisantes" (observer, dégager des invariants, rédiger, formaliser, coder, déduire, appliquer, comparer ...) qui accoutument à la fréquentation des structures, lesquelles, une fois dégagées, procurent une incomparable économie de pensée, et une merveilleuse efficacité.

On voit bien là que le dialogue serait fructueux entre les travaux expérimentaux (et la technologie) et les mathématiques. Les activités expérimentales sont la matière première, indispensable au processus de mathématisation ; en même temps elles constituent des champs d'application pour les mathématiques. C'est, je crois, une bien grave erreur pédagogique, que de placer toujours la physique "en aval" de la mathématique. Elle est, très souvent aussi, "en amont". Et il en est de même pour toutes les disciplines ayant des liens avec les mathématiques. Les liens sont "en amont", autant qu'"en aval". D'où cette conséquence : "Il ne s'agit pas, pour les mathématiciens, de défendre une sorte d'impérialisme mathématique". S'il est certain qu'il y a peu de disciplines qui n'utilisent absolument pas les mathématiques, il est non moins sûr que les mathématiques ne suppléent jamais, à elles seules, aux pensées nécessaires. Savoir se servir correctement des mathématiques, c'est aussi ne pas leur faire dire plus qu'elles ne peuvent, c'est mettre en lumière les *présupposés de leur intervention et, au-delà, ceux de la théorie* pour l'élaboration de laquelle on recherche leur aide" (rapport

préliminaire de la Commission Lichnérowicz). Les physiciens chercheurs et créateurs sont ceux qui savent trouver ou peut-être créer un modèle mathématique adapté à l'objet de leur étude, et non ceux qui considèrent le modèle dont ils disposent comme "la Vérité". Cette disponibilité créatrice, propre au chercheur, ne pouvait que très difficilement et partiellement être éduquée dans le cadre trop rigide des anciens programmes de mathématiques. L'exemple de la géométrie est, à cet égard, particulièrement significatif.

L'abandon d'une certaine théorie de la géométrie est souvent présentée comme suppression de la géométrie. Rien n'est plus faux. Il y avait, dans l'enseignement traditionnel de la géométrie, deux choses bien distinctes, même si quelques élèves avaient grand mal à les distinguer. D'une part une éducation de l'intuition et du sens de l'espace ; d'autre part une théorie mathématique, avec axiomes et déduction. Par exemple, on démontrait que deux plans distincts, ayant un point commun, ont une droite commune. Cela n'ajoutait rien à l'intuition. C'était une "question de cours" de baccalauréat, que certains élèves apprenaient par coeur. Or, cette démonstration utilisait explicitement certains axiomes ... et de plus, implicitement, quelques autres. Au manque d'intérêt quant à la découverte d'un résultat, s'ajoutait un manque de rigueur. Les élèves, en général, se dépêchaient d'oublier cette pseudo-démonstration, aussitôt quitté le lycée, et ils ne renaient, comme élément du culture, qu'une situation matérielle intuitivement évidente. Il n'y a pas beaucoup d'ingénieurs de plus de trente ans qui se souviennent de la démonstration ; pourtant ils savent tous, et mieux que quiconque, que l'intersection de deux plans détermine une droite. L'esprit de la réforme, en géométrie, est de séparer plus nettement ce qui est fait d'expérience, et concerne la matière, de la théorie déductive qui peut servir de modèle à ces faits d'expérience. La partie intuitive de la géométrie n'est pas plus négligée qu'autrefois ; on peut même estimer qu'elle gagnera à se trouver dégagée d'un fatras hypothético-déductif artificiel.

Quant à l'aspect "théorie mathématique", la plupart des pédagogues et des expérimentateurs de la Commission auraient souhaité que l'on attende la classe de seconde pour l'aborder ; ils songeaient à la très grande complexité de la situation qu'il s'agit de mathématiser pour construire un "bon" modèle de l'espace physique ... et à l'âge des enfants. La pression de ceux qui, à la Commission, voulaient qu'on bâtit, dès la classe de quatrième, une théorie mathématique de la géométrie, l'a emporté. Du moins s'est-on efforcé de présenter une théorie simple, rigoureuse, nettement séparée du réel matériel, en ce qu'elle ne mathématise qu'une partie, consciemment isolée, de ce réel. L'expérience dira si cette théorie est assimilable par une majorité

d'enfants. Des professeurs craignent que, sur ce point, il n'y ait pas beaucoup de progrès, par rapport à la situation antérieure, et ils regrettent de voir ainsi brisé l'élan et l'enthousiasme des élèves ayant bénéficié en sixième et cinquième des nouveaux programmes. Cependant, il serait absurde de penser qu'une théorie plus simple et plus cohérente sera plus difficile à assimiler que la théorie approximative et empêtrée de constatations, qui sévissait autrefois, dès la classe de cinquième. Il n'y a donc aucune raison pour que cette géométrie soit la catastrophe que certains nous promettent ...

A moins que — et c'est là que les savants de ce pays assument en ce moment une lourde responsabilité — à moins que la campagne de dénigrement qu'on voit aujourd'hui se déchaîner contre la réforme ne réussisse à créer la méfiance des parents et des élèves, et le découragement des maîtres qui, depuis quelques années, ont assuré, par leurs efforts personnels considérables, leur propre information et tous les progrès accomplis. Alors on reviendrait à l'enseignement dogmatique de mathématiques inutiles, — sauf pour sélectionner les élèves, dans certains concours.

Serait-ce une utopie de demander aux savants de faciliter la tâche des "petits professeurs", qui désirent faire prendre conscience à nos élèves du monde contemporain et de ses réalités ?