



"Car, s'il est certain que la mathématique est d'autant plus belle qu'elle est plus pure, cette pureté est cependant avant tout la condition de son efficacité; la bonne abstraction n'est pas chimère ou mutilation de la réalité, mais choix de ce qui importe dans une situation donnée. En revanche, la mathématique se nourrit de problèmes concrets qu'elle aide à résoudre, et ne serait qu'un jeu d'aristocrates inutiles si elle n'aidait pas l'humanité à écarter les obstacles qui se dressent sur la route."

(André Revuz, dans la préface du volume
L'Apprentissage de la mathématique aujourd'hui,
O.C.D.L., 1966)

L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE ET DES MATHÉMATIQUES AU SECONDAIRE

par Normand LAROCHELLE,
département de physique
et Jean-Pierre SAMSON,
département de mathématique
Université de Sherbrooke

L'UNESCO a organisé un colloque à Lausanne, en janvier 1967, sur l'enseignement de la physique et des mathématiques. Le compte rendu des délibérations et les recommandations du colloque ont été publiés dans quatre numéros successifs de la revue *Dialectica*⁽¹⁾ (Vol. 21, nos 1 à 4, 1967).

Trois sujets étaient à l'ordre du jour:

- a) la réforme de l'enseignement des mathématiques,
- b) la réforme de l'enseignement de la physique,
- c) l'articulation des enseignements de mathématique et de physique.

Nous reproduisons ici quelques recommandations du colloque à propos des deuxième et troisième sujets, et nous les commentons brièvement.

RÉFORME DE L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE

Voici quelques recommandations du colloque qui nous semblent les plus significatives dans le contexte québécois. (*Dialectica*, p. 259)

- (1) On peut se procurer la revue *Dialectica* aux adresses suivantes:
a) *Dialectica*, 12, chemin du Muveran, 1012 Lausanne, Suisse.
b) Stetchert-Hafner Inc., 31 East 10th Street, New York 3, N.Y.

1. "L'enseignement de la physique serait découpé en deux cycles, le passage de l'un à l'autre étant situé au voisinage de 15 à 16 ans:

- a) au cours du premier cycle, l'enseignement de la physique serait surtout orienté vers une étude phénoménologique;
- b) au cours du second cycle, cet enseignement serait orienté de plus en plus vers une étude structurelle de cette branche.

Il est entendu que l'interprétation fondamentale de ces deux aspects au sein de la physique interdit toute séparation étanche. Les explications qui sont données aux élèves au cours du premier cycle et qui constituent autant d'éléments de physique structurelle seront fidèles, dès le début, aux éléments de théorie qui seront développés au degré terminal en fonction des connaissances mathématiques susceptibles d'être assimilées par les élèves.

De même, l'étude phénoménologique serait développée sans interruption, tout au long des études et s'appuierait sur les expériences et les manipulations indispensables à quelque niveau que ce soit.

2. Au cours du premier cycle, l'enseignement serait aussi unifié que possible.

3. Au cours du second cycle, l'enseignement comporterait deux divisions au moins:

- a) l'une pour ceux qui ont de bonnes capacités scientifiques, particulièrement en mathématiques;
- b) les autres pour ceux dont les talents et les préoccupations les plus fréquentes sont orientés vers d'autres horizons."

Ces recommandations, et les autres qui ne sont pas reproduites ici, pourraient servir de plan d'ensemble pour la réforme de l'enseignement de la physique au Québec. Voici quelques commentaires à leurs propos.

(a) La recommandation de diviser l'enseignement de la physique en deux cycles, au secondaire, a déjà été proposée au Québec, mais cette proposition n'a pas eu de suites. Comme on le recommande ici, on insisterait, au premier cycle, sur l'aspect expérimental de la physique. Inutile de dire que, sous ce rapport, l'enseignement de cette science est particulièrement déficient au Québec, non seulement parce que ce premier cycle n'existe pas, de sorte que nous lui consacrons trop peu de temps par rapport à d'autres pays comme l'Angleterre et la France, mais aussi parce que nous commençons à peine à dispenser un enseignement où l'expérience joue un certain rôle.

Dans l'esprit des participants, ce premier contact avec la physique devrait être destiné à tous les élèves, quelles que soient leur orientation et leurs aptitudes, et il ne devrait pas être pensé en fonction du recrutement de futurs scientifiques.

Le programme devrait toutefois être assez souple pour permettre à ces élèves, comme aux autres, de donner la pleine mesure de leur talent. Comme l'a dit D.C.F. Chaundy (p. 135): "In the first cycle teaching should be unified and should aim to present a view of physics which will be useful to future citizens." C'est le sens de la seconde recommandation.

Ajoutons que certains participants ont proposé qu'on enseigne de la chimie en même temps que de la physique au premier cycle.

(b) Au second cycle, le programme insisterait plus fortement sur l'aspect théorique de la physique. Cette science est en effet bien structurée et les élèves auraient l'occasion d'en étudier quelques grandes synthèses. Cette présentation plus conceptuelle serait préparée par le premier cycle, et elle contribuerait sans doute puissamment à inculquer aux élèves une méthode rigoureuse de travail.

Cette répartition du programme de physique en deux temps est sans doute judicieuse, car si on ne parle que de l'aspect théorique de cette science, les élèves ne peuvent pas comprendre de quoi on parle, et si on n'insiste que sur son aspect expérimental, on oublie ce qui peut constituer les éléments les plus enrichissants de l'étude de la physique: l'habitude à abstraire à partir d'expériences concrètes et à formuler des synthèses qui non seulement expliquent des phénomènes connus mais permettent d'en prédire d'autres.

Il est inutile d'espérer donner le même enseignement à tous les élèves du second cycle, et c'est ce que le colloque a reconnu dans la troisième résolution où il distingue au moins deux orientations différentes du programme. Au Québec, on devrait en distinguer au moins trois:

- 1) pour les futurs scientifiques,
- 2) pour les littéraires,
- 3) pour ceux qui apprennent un métier au secondaire.

(c) Dans tous les cas, on devra insister sur les notions fondamentales, et certains participants ont proposé que le programme soit le même pour tous, quitte à changer la présentation des sujets lorsqu'on passe d'un groupe à l'autre: c'est l'attitude qu'on a adoptée en Australie.

Cette importance qu'on accorde aux notions fondamentales ne doit pas faire perdre de vue le fait que la physique est une science expérimentale, de sorte qu'on continuera à faire exécuter des expériences par les élèves tout au long du second cycle. L'enseignement des principes de la physique n'est donc pas synonyme d'enseignement magistral.

L'ARTICULATION DES ENSEIGNEMENTS DE MATHÉMATIQUE ET DE PHYSIQUE

Voici quelques-unes des recommandations des professeurs qui ont participé au colloque de Lausanne sur l'articulation des enseignements de mathématique et de physique (p. 262):

1°) Les enseignements de mathématique et de physique doivent être étroitement coordonnés.

L'aménagement de cette coordination nécessite l'élaboration de programmes ajustés.

2°) C'est grâce à une activité conceptuelle et mathématisante que le monde physique devient intelligible. On ne peut dès lors admettre que des divergences entre les enseignements de mathématique et de physique dans les écoles secondaires puissent être dues à la tendance moderne de l'enseignement mathématique qui cherche à affirmer précisément la pensée logique et la faculté mathématisante des élèves.

Il faut à la fois développer les aptitudes des élèves à identifier les structures mathématiques présentes dans les situations rencontrées en physique (transfert de connaissance) et leur habileté au maniement des outils mathématiques clefs, en particulier du calcul algébrique.

3°) Le concept de modèle devrait jouer un rôle central aussi bien dans l'enseignement mathématique que dans l'enseignement de la physique. Du point de vue mathématique, le modèle mathématique est la clef de toutes les applications. Du point de vue physique, les théories mathématiques fournissent des outils nécessaires à la description de certains modèles de la réalité.

Il est clair que le même phénomène physique peut être décrit dans le cadre de théories mathématiques plus ou moins avancées permettant de développer des modèles plus ou moins fins de la réalité.

Le modèle doit jouer dans les deux sens le rôle de liaison entre la physique et la mathématique.

4°) A tout stade, l'effort de mathématisation doit être adapté aux moyens à disposition.

5°) Des chapitres de physique avancée peuvent être enseignés avec des moyens mathématiques élémentaires.

Voici quelques commentaires à propos de ces recommandations:

a) L'une des causes principales des succès remportés par la physique, c'est qu'elle applique les mathématiques: c'est ainsi qu'elle a réussi à expliquer de

façon cohérente, avec un minimum d'hypothèses, un très grand nombre de phénomènes qui, autrement, auraient été décrits par des lois empiriques sans lien entre elles. De la même façon que la physique a eu besoin des mathématiques pour se développer, l'enseignement de la physique requiert certaines connaissances de mathématiques, chez les élèves, si on veut leur présenter certains principes et certaines théories.

On a maintes fois souligné l'importance, pour le professeur de mathématiques, de puiser des exemples en physique pour illustrer certaines notions abstraites qu'il veut développer, et pour mousser l'intérêt de ses élèves: la notion de vitesse peut servir à propos de la dérivée, et la notion de travail, à propos de l'intégrale. Ces notions ne sont pas dans nos programmes, mais elles pourraient l'être comme l'a montré l'article de W. Servais "*Introduction de l'intégrale dans l'enseignement secondaire*" (p. 311). De façon générale, les participants au colloque ont souligné le rôle fécond que la physique avait par rapport aux mathématiques, en lui proposant des problèmes nouveaux qui ont conduit à des découvertes importantes, et un grand nombre d'entre eux ont insisté pour que non seulement la physique, mais aussi la mathématique, soient présentées à partir d'exemples concrets.

On voit donc que la mathématique et la physique sont interdépendantes, dans l'enseignement secondaire, et que les programmes qui règlent l'enseignement de ces deux sciences doivent être coordonnés.

b) La première partie de la seconde recommandation peut s'interpréter ainsi: anciennement, l'enseignement des mathématiques consistait à faire apprendre, de façon dogmatique un certain nombre de recettes qu'on ne justifiait pas, mais qui permettaient de résoudre des problèmes d'ailleurs souvent sans intérêt. Aujourd'hui, l'enseignement de cette science a beaucoup plus comme but de faire réfléchir les élèves, de leur faire acquérir des concepts fondamentaux, de leur apprendre à justifier leurs avancés, c'est-à-dire à se comporter en scientifiques.

Ces objectifs doivent être poursuivis par l'enseignement de la physique, de sorte que s'il survient des divergences entre l'enseignement de ces deux disciplines, elles ne devraient pas être causées par les objectifs qu'elles poursuivent.

Il n'en reste pas moins, cependant, qu'il existe un problème de coordination entre les programmes, et que le physicien aura toujours besoin d'appliquer certaines notions de mathématiques à certains moments qui ne conviendront pas toujours au professeur de mathématiques, et qu'il faudra établir des compromis pour satisfaire au mieux les exigences des deux disciplines.

Quant au second paragraphe de la deuxième recommandation, il touche du doigt une difficulté maintes fois rencontrée partout dans nos écoles et nos universités: le transfert des connaissances acquises en mathématiques ne se fait pas en physique: l'élève qui peut résoudre rapidement une équation avec son professeur de mathématiques ne le peut plus en physique. Le colloque a proposé

une solution à ce problème: qu'on habitue les élèves à identifier les structures mathématiques dans les situations rencontrées en physique c'est-à-dire qu'ils sachent reconnaître, par exemple, que les propriétés du moment d'une force sont les mêmes que celles du produit vectoriel, ou que la chute libre est décrite par une équation du second degré.

c) La quatrième recommandation plaira sans doute à tous les professeurs de P.S.S.C. et de CHEM. STUDY, parce que l'idée de modèle y est fortement développée.

Peut-être n'avons-nous pas toujours été conscients qu'un modèle physique a généralement pour contre-partie un modèle mathématique. L'hypothèse que la matière est continue fait en sorte qu'on peut appliquer le calcul intégral, mais cela n'est plus toujours possible lorsqu'on rejette l'hypothèse du contenu au profit d'une théorie corpusculaire de la matière. De plus, l'étude du monde des particules a provoqué l'apparition d'un problème nouveau: celui de collections de particules auxquelles on ne peut plus lier individuellement une vitesse et une accélération bien définies comme en mécanique classique. Il a fallu créer un modèle nouveau, celui de la mécanique statistique à laquelle correspond un modèle mathématique, celui des probabilités et des statistiques.

Nos élèves tireraient peut-être plus de profit de leurs études en sciences et ils apprécieraient peut-être plus la grande unité de la science si les professeurs et ceux qui préparent les programmes étaient plus conscients de cette correspondance qui existe entre modèles physiques et mathématiques.

d) La sixième recommandation fait écho à la quatrième remarque faite à propos des propositions concernant l'enseignement de la physique. On peut en effet définir le travail à partir d'un produit scalaire et d'une intégrale de ligne, et certains professeurs ont soutenu qu'on peut enseigner cette définition à des élèves du cours secondaire. Tous comprendront, par ailleurs, qu'on peut faire saisir la notion de travail à des élèves du secondaire avec des moyens mathématiques moins élaborés, et sans nécessairement trahir la vérité. Cette idée peut évidemment s'appliquer à d'autres notions de physique.

EN GUISE DE CONCLUSION

Le lecteur aura sans doute remarqué que nous n'avons pas commenté le premier sujet à l'ordre du jour du colloque de Lausanne: la réforme de l'enseignement des mathématiques, mais que nous nous sommes plutôt attardés aux deux autres. C'est que, croyons-nous, la réforme elle-même de l'enseignement des mathématiques est suffisamment engagée au Québec. On a pour cela qu'à songer au Cours de recyclage et de perfectionnement en mathématique du ministère de l'Éducation et aux nouveaux programmes de transition qui ont été élaborés récemment.

(suite à la page 35)

Cependant, nous ne saurions trop attirer l'attention des maîtres du Secondaire et de ceux qui sont chargés d'élaborer les nouveaux programmes aussi bien en physique qu'en mathématique sur le fait que les recommandations du colloque de Lausanne devraient être lues et examinées avec beaucoup de soin et qu'on pourra utiliser ces dernières comme un acquis dans toute réflexion qu'on voudra féconde sur la réforme et la coordination des enseignements de mathématiques et de physique.