

Sciences et culture

par Pierre BERGÉ (†)
Directeur de Recherche
CEA - 91400 Saclay

L'enseignement d'une science pour la science plutôt que l'enseignement d'une science comme élément de culture est une question capitale mais non clairement tranchée ; de toutes façons, les pratiques et les programmes actuels sont nettement en faveur du premier terme de l'alternative. Cela a de regrettables conséquences comme on va le voir.

On enseigne actuellement les mathématiques à la manière des mathématiciens, comme pour former de futurs mathématiciens, la physique selon celle des physiciens, etc. Il pourrait en être tout autrement et l'attrait, la compréhension et, *in fine*, l'utilité des sciences «dures» pour la formation de qualités générales de l'esprit en seraient fortement augmentés.

En mathématiques par exemple est-il absolument indispensable de tout démontrer et d'utiliser une représentation, une notation abstraite* et ésotérique. Ne peut-on - en partie - enseigner les Mathématiques comme une science expérimentale où l'on découvre l'existence de propriétés (en signalant bien que l'on peut, par ailleurs, les démontrer) ?

La Physique est un exemple presque caricatural. On considère que l'on ne peut enseigner que ce que l'on peut «habiller» d'un formalisme mathématique adéquat ; d'où un mode de raisonnement qui devient lui-même déductif. L'évaluation du niveau de difficulté d'une notion de physique devient en pratique celui des mathématiques jugées nécessaires pour le modéliser (et non celui de la notion ou du concept lui-même !).

* Exemple particulièrement remarquable, les notations condensées avec indices et exposants qui n'évoquent absolument rien alors que l'expression développée est immédiatement appréhendable.

Une autre perle dans le genre est la définition de la droite - objet concret s'il en est - qui sévissait du temps des maths modernes : «une droite affine est un ensemble muni d'une famille de bijections sur $\mathbb{R}$ telle que pour tout élément, etc.»... suivent encore quatre lignes de la plus parfaite abstraction.

Dans un premier temps, l'enseignement de la physique devrait être fondé sur l'observation, donc qualitatif et illustratif. Et c'est à ce niveau qu'il peut contribuer à une véritable culture scientifique. Bien évidemment, dans un deuxième temps, éventuellement plus tard, (la première étape donne du sens* à la seconde), il convient de formaliser - juste ce qu'il faut - pour pouvoir généraliser, prédire, trouver l'ordre de grandeur, etc.

A noter aussi que les contrôles et examens de Physique devraient suivre la même tendance : toutes les questions devraient appeler d'abord une réponse basée sur des raisonnements qualitatifs laissant de ce fait libre cours à l'expression d'une compréhension réelle du candidat. C'est à ce prix que l'on pourra espérer détecter d'autres formes d'excellence que celle purement calculatoire qui ne prouve finalement rien au niveau de la compétence en sciences proprement dites.

Pour montrer le ridicule auquel l'excès de formalisation de certaines sciences expérimentales pourrait mener, que penserait-on si, au lieu de décrire un phénomène biologique comme la création d'anticorps ou la division cellulaire on substituait à l'explication qualitative, descriptive puis, si nécessaire, quantitative, l'écriture directe de formulations biochimiques ou symboliques ? Où se situerait le gain ? Et pourtant, on aurait tort de croire que la biologie n'a pas des concepts aussi abstraits et profonds que les autres sciences dites «plus dures».

C'est ainsi que mathématiques et, plus encore, physique se sont exclues du champ de la culture ...et que les scientifiques se sont, peu à peu, coupés de la société. Il est révélateur, pour illustrer cette coupure, de considérer l'infime proportion de scientifiques qui entourent les grands décideurs politiques ; combien de cabinets ministériels peuvent prétendre avoir un nombre de scientifiques - disons de docteurs es sciences - comparable à celui des historiens, des philosophes, des littéraires et des économistes ? Et pourtant, la science est omniprésente et omnipotente dans ce XX^e siècle.

Que sait l'immense majorité des citoyens de la science moderne, même dans ses enjeux les plus qualitatifs ? Presque rien. Quand je dis citoyen je ne pense bien évidemment pas seulement à l'homme de la rue mais aussi aux personnes «cultivées» et ayant un solide bagage universitaire. Non seulement elles ignorent souvent tout de la science mais encore elles en tirent quelque fierté «je n'ai jamais rien compris à la

* Une des raisons de l'échec à enseigner certaines matières (et pas seulement la Physique !) est que les élèves ne voient pas le sens, le pourquoi de ce que l'on leur enseigne. Une approche plus concrète de l'enseignement des sciences est de nature à donner du sens à leur enseignement, même théorisé.

Physique...». Il y a sûrement quelque honte à ne pas avoir lu Voltaire ou à ignorer qui était Marie de Médicis mais quant à ne pas faire la différence entre une force et une pression... c'est plutôt chic ! Je reviens au diagnostic que je portais au début de mon texte. La physique (j'entends physique-chimie) rebute les élèves dès leur plus jeune âge car son enseignement est trop abstrait et qu'ils ne voient pas clairement le rapport entre le contenu enseigné et sa correspondance dans le monde réel qui les entoure. N'ayant pas eu accès au sens qualitatif et aux enjeux pratiques, beaucoup n'acquerront de ce fait aucun élément de savoir ou de culture.

Pour illustrer mon propos, sur la possibilité d'«adoucir» l'enseignement de la physique, je vais prendre quelques exemples d'où l'on peut faire ressortir un sens qualitatif et culturel qui ne peut manquer d'intéresser les élèves et devrait les pousser à aller plus loin. Et, même s'ils ne vont pas plus loin, ils retiendront au moins le sens général de la démarche.

Je commencerai par la réfraction de la lumière. On présente l'expérience du «bâton brisé», de la déviation du faisceau laser tombant sur une interface etc. Dans les cas simples - deux indices différents séparés par une interface plane - on sait calculer cette déviation ce qui aboutit à l'apprentissage des relations de Descartes. Cela est correct... mais on peut en dire plus, avant même de passer aux relations de Descartes. On peut raconter que, de façon très générale, Fermat a montré que le trajet suivi (choisi) par la lumière pour aller d'un point à un autre était celui qui demandait le temps minimum... ce n'est pas forcément la ligne droite... d'où des analogies avec la circulation automobile où on peut avoir intérêt à rallonger une partie du parcours si la vitesse y est favorable, etc. S'ensuit un premier contact avec les principes extrémaux dont l'importance est majeure et dont la portée va au-delà de la physique elle-même : «la Nature agit selon les voies les plus aisées et les plus accessibles» P. de Fermat. Pourquoi même ne pas évoquer le cas d'un autre principe extrémal qui, pourrait-on dire, régit le monde et qui fut inspiré à son découvreur, P. de Maupertuis, par des arguments métaphysiques ? Le principe de Maupertuis indique que la trajectoire d'un corps en mouvement doit être telle qu'une certaine quantité, l'action*, additionnée sur tous les éléments de la trajectoire, soit minimale par rapport à toutes les autres trajectoires possibles. Même si l'énoncé est un peu abstrait on peut mettre en lumière le fait qu'un seul principe extrémal régit toute la mécanique classique ! «Notre principe soumet le monde à la puissance du créateur et il est une conséquence nécessaire d'un usage mesuré de cette puissance» P. de Maupertuis.

* L'action est le produit de la quantité de mouvement par un élément de longueur de la trajectoire.

Passons à la loi d'attraction universelle ; loi fondamentale qui, réduite à l'énoncé du produit des masses et de l'inverse du carré de la distance, même agrémentée de la traditionnelle chute de la pomme, a peu de chance de laisser un souvenir impérissable dans les jeunes cerveaux. On devrait pouvoir faire remarquer que si la pomme est attirée par la terre, une pomme est attirée par une autre pomme. Si l'on est capable de mesurer l'attraction pomme/pomme, en la comparant à l'attraction - bien plus grande ! - pomme/ terre on détermine - directement - la masse de la terre. C'est ce qu'a fait Cavendish avec un appareil très sensible qui lui a ainsi permis, sans aucune hypothèse et sans quitter son laboratoire, de «peser» la terre ! On peut, en plus, signaler que seule une loi d'attraction en $1/r^2$ permet aux trajectoires - par exemple celles des planètes - de se refermer. Tout autre type de loi n'aurait pas permis l'existence du système solaire tel que nous le connaissons !

Pour terminer d'un mot passons à la chimie : quand on parle des différents éléments et de leur classification périodique, on ne devrait pas omettre de signaler le fait que ces éléments (sauf les plus légers) n'ont pas existé de toute éternité : on sait qu'ils n'ont pu se former que dans les étoiles, les plus grosses, gigantesques fournaies nucléaires. Cela ne doit pas laisser indifférent de savoir que nous sommes constitués de «poussières d'étoiles»...

On pourrait ainsi multiplier les exemples où il est possible, à chaque nouvelle notion ou concept important, de mettre en lumière un sens qualitatif, un enjeu pour la suite, bref un élément constitutif d'une culture scientifique (sans porter préjudice - au contraire - à l'enseignement plus quantitatif). C'est le prix à payer si l'on veut que cesse un jour la coupure existant entre science et société.

On pourra objecter que les médias devraient pouvoir compléter ce que l'enseignement n'a pu faire passer. Sans négliger pour autant le rôle positif que peuvent jouer la télévision* ou la radio, je reste bien réservé sur ce point. En effet, une majorité des citoyens qui garde un mauvais souvenir de la science entrevue au collège ou au lycée ne choisira probablement pas de regarder une émission scientifique. Ces émissions de culture scientifique profiteront donc majoritairement à ceux qui sont déjà scientifiquement cultivés dans d'autres domaines ce qui n'est déjà pas si mal.

C'est donc bien à l'enseignement que revient la tâche d'apporter - à tous - des éléments de culture scientifique et de donner le goût des sciences.

* En particulier des chaînes de télévision telle la cinquième peuvent apporter un concours très précieux à l'enseignement de certaines matières au niveau du collège.