

Faut-il encore enseigner la physique en Écoles d'ingénieurs ?

Vincent Mosser (vincent.mosser@itron.com)

ITRON SAS, 76 Avenue Pierre Brossolette, 92240 Malakoff

Nous publions ici le compte rendu d'une Table ronde qui s'est tenue le 10 juillet 2007, dans le cadre du Congrès général SFP de Grenoble. Après une analyse des raisons de la baisse de la place de la physique dans les cursus des écoles d'ingénieurs, les participants font ressortir les arguments en faveur du maintien d'une formation adéquate en physique des futurs dirigeants et experts.

Le titre, volontairement percutant, de cette Table ronde du Congrès général de la SFP de Grenoble a été compris de manières très différentes par l'assistance : provocation pour certains, remise en cause tout à fait factuelle et pertinente pour d'autres. Précisons-le tout de suite : cette Table ronde n'était pas conçue pour être un « plaidoyer pour la physique », alors que l'on constate la diminution des enseignements de physique dans beaucoup d'écoles d'ingénieurs. Il s'agissait plutôt de s'interroger sur la désaffection pour un certain modèle de formation scientifique et technique des ingénieurs (dont le métier de base, défini par la Commission des Titres d'ingénieurs, est rappelé dans l'encadré 1). Cette désaffection n'est d'ailleurs pas cantonnée à la France, allant à l'encontre des conclusions du rapport de Lisbonne⁽¹⁾ qui demande le renforcement du contenu scientifique et technique des formations en Europe. En filigrane, la question était donc : quelle physique faut-il enseigner et comment l'enseigner ?

La Table ronde a permis aux représentants (cf. encadré 4, p. 25) de quelques-unes, parmi le paysage très varié, des écoles d'ingénieurs françaises, du réseau universitaire européen *Cluster* (encadré 3), d'une société multinationale et d'une *ex-start-up* innovante à croissance rapide, d'exprimer le point de vue des formateurs et des employeurs. Ces interventions ont été enrichies de fructueuses contributions de la salle.

La place actuelle de la physique dans les cursus

Un premier constat est fait par tous les intervenants des écoles et universités : les situations sont très diverses concernant la faible présence de la physique dans les cursus. L'enseignement, essentiellement de la physique classique, porte sur les deux premières années, ainsi que le décrit M. Schlenker. Les enseignements plus appliqués

sont souvent privilégiés, essentiellement pour trois raisons.

D'abord, J. M. Gillet et Z. Toffano soulignent la difficulté de disposer de temps pour approfondir la physique. Ils expliquent que l'emploi du temps n'est pas indéfiniment extensible et que, la physique étant dans un environnement concurrentiel, sa part baisse nécessairement.

D'un autre côté, la physique n'a pas toujours très bonne presse auprès des élèves ingénieurs : « Parfois on les force », souligne Z. Toffano. « Ils veulent de l'appliqué. » Est-ce en réaction aux souffrances provoquées par ce qui est perçu comme un excès d'abstraction en classes préparatoires ? M. Schlenker cite une enquête, menée à l'échelle européenne à l'initiative de l'université d'Helsinki, qui souligne que « The engineering students have a poor mathematical background when they enter the university. They have also a poor motivation to study physics ». Pour J.M. Gillet, les élèves sont très demandeurs d'enseignements moins scientifiques. J. Joseph, directeur des études de Centrale Lyon, le confirme : « L'option la plus choisie est les services financiers ». Sont-ils aussi guidés par le sentiment que ce ne sont pas leurs compétences scientifiques qui leur obtiendront les rémunérations les plus attrayantes ? D'autant plus que tous les emplois des centraliens ne sont pas dans des domaines techniques et que les industriels appuient cette demande.

On en vient ainsi à la troisième raison, celle qui semble primordiale : le besoin et la demande des entreprises. « Si la science est reine, le marché est roi », selon le mot d'A. Maruani, expliquant ainsi que ce précepte économique s'applique aussi à l'offre de formation des écoles. Il poursuit son argument en disant que les dirigeants des entreprises doivent demander plus de physique s'ils estiment que ce qui est enseigné ne convient pas, ainsi que cela a été fait pour les mathématiques.

Le métier de base de l'ingénieur

encadré 1

Il consiste à résoudre des problèmes de nature technologique, concrets et souvent complexes, liés à la conception, à la réalisation et à la mise en œuvre de produits, de systèmes ou de services. Cette aptitude résulte d'un ensemble de connaissances techniques d'une part, économiques, sociales et humaines d'autre part, reposant sur une solide culture scientifique (Commission des Titres d'Ingénieurs). www.cefi.org/EMPLOIS/EC_JOBS.HTM

(1) http://europa.eu.int/comm/research/conferences/2004/sciprof/index_en.html

Note de la rédaction.

Les photos des participants de cette Table ronde ont été réalisées par Serge Claisse (ILL, Grenoble). S. Claisse est aussi l'auteur des photos du Congrès général de Grenoble, publiées dans le numéro 7 de *Reflets de la physique*. Nous lui présentons nos excuses pour avoir omis de le signaler dans ce numéro.

La double échelle

encadré 2

La « double échelle » (en anglais "Dual Ladder") est un système mis en place dans plusieurs grands groupes pour permettre à des experts chevronnés, triés sur le volet, d'avoir une progression de carrière similaire à celle qu'ils auraient à des postes de *management*. Ces experts développent leurs compétences scientifiques et techniques au service de leur entreprise. Ce système préserve des passerelles dans les deux sens entre l'échelle plus classique de la carrière managériale et l'échelle technique. Quel que soit le chemin choisi, la progression au sein de la société ainsi que le niveau de responsabilité et de reconnaissance sont équivalents.

« La physique doit faire partie intégrante de la culture des cadres scientifiques et techniques capables de mener les projets innovants, voire de développer les industries *high-tech* qui créeront la richesse de demain. »

Le point de vue des industriels

Les industriels présents justifient, mais modèrent un peu, cette réalité : en rappelant les origines de leurs sociétés respectives, ils soulignent le besoin avéré de connaissances en physique, même s'il faut que les futurs cadres aillent au-delà. C. Mazuré assure qu'une entreprise comme Soitec a besoin de cadres qui intègrent ces compétences de physicien et qui, en plus, possèdent des qualités qu'on n'apprend pas à l'école : la vision, la créativité et le goût du risque. L'expertise scientifique et technique est donc très recherchée et précieuse, car c'est elle qui permet l'innovation et la création de valeur. C'est d'ailleurs aussi la philosophie de Schlumberger : M. Lüling explique que cela a permis à sa société de rester *leader* dans son domaine, grâce à son avance technologique. Toutes les branches de la physique ont été mises à contribution pour la prospection et les mesures utiles à l'industrie pétrolière. Les ingénieurs et les physiciens ne sont pas des citoyens de seconde zone dans l'entreprise. Grâce au système de « double échelle » (voir encadré 2), un expert peut accéder à de hautes responsabilités dans la détermination des stratégies industrielles de la compagnie, et acquérir une large visibilité professionnelle à l'extérieur, que ce soit auprès des clients ou du monde académique.

Pour illustrer son propos, M. Lüling raconte l'histoire d'un général de l'armée américaine qui, devant enseigner la physique à des élèves-officiers, leur apprenait les trois lois d'Ohm :

$$U = R.I, I = U/R \text{ et } R = U/I !$$

M. Lüling conclut en posant la question :

« Voulons-nous travailler comme physiciens avec des chefs de projets et des ingénieurs qui ne sont experts que des trois lois d'Ohm ? »

Enseigner une physique moderne

La discussion porte ensuite sur les compétences essentielles que doivent acquérir les élèves ingénieurs. Il faut trouver un moyen de susciter un besoin pour ces compétences, réfléchir à la cohérence de l'enseignement.

R. Maynard (SFP) relève une différence importante dans la formation des ingénieurs en France et ailleurs en Europe, pas nécessairement en notre faveur : dans les classes préparatoires, la physique est une matière de sélection dans l'optique de réussite aux concours, et elle est enseignée par des professeurs de qualité, certes, mais qui ne pratiquent pas la recherche. Cela peut donner aux élèves le sentiment qu'elle est une matière scholastique, et non plus une discipline de formation à une méthodologie de réflexion. Pour rebondir, C. Schlenker, de

l'ENSPG, souligne que dans le système français, on enseigne en classes préparatoires la physique du 19^e siècle. Si, ensuite, on n'enseigne pas de physique moderne, on forme des ingénieurs qui n'auront pas du tout de culture de la physique moderne. C'est inquiétant. Il devrait y avoir une façon de leur présenter cette physique moderne pour la rendre attrayante. « On les gave, peut-être faudrait-il les affamer un peu ? » s'interroge J. M. Gillet pour qui c'est un *challenge* de faire comprendre à l'élève ingénieur, futur ingénieur et futur *manager*, que la physique fait partie de sa culture.

Les représentants des écoles indiquent qu'il existe ou qu'on a remis, quelquefois dans l'urgence d'après A. Maruani, des enseignements de physique moderne, essentiellement de la physique quantique et de la physique statistique, sans lesquels il est quand même difficile de parler de nanodispositifs, de cryptographie quantique ou de télécommunications optiques.

La physique pour former l'esprit

P. Averbuch rappelle que la physique permet avant tout de faire le lien entre, d'une part, la pensée abstraite et la théorie et, d'autre part, les résultats qui sont sur le cahier d'expériences. Ces jeunes gens d'à peine plus de 20 ans, sans expérience humaine longue, ont été sélectionnés sur leur capacité d'abstraction. Il faut leur apprendre à asseoir leur abstraction sur une réalité concrète observée. C'est quelque chose de nécessaire, quoi qu'on fasse ultérieurement : du *management*, des sciences humaines, de la biologie ou autre. Il s'agit là, non de former les gens à « savoir la physique », mais bien de leur former l'esprit, dans le sens de la *Bildung* de la tradition universitaire allemande. Il y aurait tant de choses à enseigner. Le choix à faire est de donner les clefs.

Une réponse développée à l'École Centrale de Paris est la création de cours d'applications pluridisciplinaires, dont le module électif de « Conception intégrée d'une ligne de lumière synchrotron », avec des interventions et des recherches personnelles en physique, matériaux, thermique, mécanique, CAO et sciences humaines. J. M. Gillet observe que les étudiants étrangers de Centrale (100 sur 450 par promotion) sont beaucoup plus attirés que les Français par ce module. D'après lui, ceci pourrait suggérer que la perception de la physique des élèves étrangers n'est pas entachée par cet aspect de sélection, et l'on peut souhaiter qu'ils entraînent les Français dans leur enthousiasme. J. Joseph précise de ce côté que, pour garder le rôle de formation à un enseignement de physique, il faut beaucoup de travaux pratiques, et que c'est la politique de Centrale Lyon.

À trop privilégier les enseignements appliqués ou non techniques, le risque est évoqué que les grandes écoles généralistes forment des gestionnaires adaptés à des grands groupes matures, plutôt que des créateurs visionnaires aptes à la prise de risques. Alain Maruani relève que les grandes écoles sont à l'origine de peu de *start-up*, si l'on excepte les *dot.com* bas de gamme.

Alain Aspect va plus loin : si les industriels très *high-tech* ont évidemment besoin d'ingénieurs et de physiciens compétents en physique moderne, la question maintenant est de savoir si la physique est une discipline assez importante pour mériter d'être enseignée à des gens qui n'en auront pas besoin ? À la raison de la formation de l'esprit déjà évoquée, il ajoute que la physique nous enseigne que le monde n'est pas magique mais obéit à des lois, et est donc intelligible. C'est à ce titre que nous devons revendiquer une place pour la physique dans les grandes écoles : « J'aimerais bien qu'aucun polytechnicien passé par mon amphitheâtre ne se fasse avoir par les avions renifleurs. » Par ailleurs, il est extrêmement important que les décideurs de demain, confrontés au problème de l'énergie, aient intégré que le premier principe de la thermodynamique est incontournable. J. Joseph pose la question : les « ingénieurs financiers » auront-ils besoin de la physique ? Oui. Ils sauront faire des modèles qui relient réel et abstraction. Pour l'analyse de risques, une branche importante de la finance, il faut savoir appréhender la réalité physique. Ce n'est pas à HEC qu'on apprend ça. Il insiste que même dans les services, qui représentent les deux tiers de l'économie, on a besoin d'ingénieurs.

Conclusion

Si l'on doit tirer un message de ces débats, il se dégage de façon évidente que la physique doit faire partie intégrante de la culture des cadres scientifiques et techniques capables de mener les projets innovants, voire de développer les industries *high-tech* qui créeront la richesse de demain. Une formation adéquate en physique, souhaitable pour le *manager* de demain, jouera pleinement ce rôle si elle contribue à l'appréhension du réel *via* le travail expérimental et la mise en situation. Il faut ajouter qu'il serait préjudiciable à la dynamique des entreprises de dissocier la formation des futurs dirigeants de celle de futurs experts qui seraient cantonnés à des rôles subalternes. Même si une part importante des élèves de Grandes Écoles a vocation à évoluer vers des carrières managériales, c'est le plus souvent la réussite d'un projet technique qui permet au jeune ingénieur de faire ses preuves et de lancer sa carrière.

Traditionnellement, la fonction recherche et développement a constitué un vivier de talents pour les entreprises. Il serait paradoxal qu'au moment où la compétition mondiale s'exacerbe, les écoles se détournent des enseignements de haut niveau dans les disciplines scientifiques. Cette désaffection aurait deux conséquences néfastes, très différentes : d'une part, elle priverait notre vivier de chercheurs d'une source potentielle d'éléments brillants (les élèves d'écoles d'ingénieurs) ; d'autre part, elle dévaluerait la qualité de nos décideurs de demain. Est-ce que l'ensemble des responsables et des enseignants des écoles d'ingénieurs est conscient de cela ? ■

« Il serait paradoxal qu'au moment où la compétition mondiale s'exacerbe, les écoles se détournent des enseignements de haut niveau dans les disciplines scientifiques. »

CLUSTER

Consortium Liant des Universités de Science et de Technologie pour l'Enseignement et la Recherche

CLUSTER a été créé à l'initiative de l'INP Grenoble en 1990. Ce réseau facilite l'échange d'étudiants ou d'enseignants ainsi que l'établissement de projets de recherche communs (www.cluster.org). Il regroupe 12 établissements de 11 pays : UPC Barcelona, TU Darmstadt, TU Eindhoven, INPG Grenoble, TKK Helsinki, UKa Karlsruhe, EPFL Lausanne, IST Lisbonne, Imperial College London, UCL Louvain, KTH Stockholm, PoliTo Torino.

encadré 3

Intervenants

encadré 4



<p>Jean-Michel Gillet École Centrale de Paris, Professeur responsable des enseignements de physique de tronc commun</p>	<p>Michel Schlenker Professeur émérite à l'INPG Grenoble, réseau CLUSTER d'universités de science et technologie européennes</p>	<p>Zeno Toffano Supélec, Professeur et responsable d'ensei- gnements de physique</p>	<p>Modérateur : Vincent Mosser, Société Française de Physique</p>
<p>Alain Maruani Télécom Paris, inspecteur du Concours Commun Mines-Ponts et animateur du groupe de réflexion sur les mathématiques dans les concours d'écoles d'ingénieurs, un des initiateurs des TIPE (Travaux d'Initiative Personnelle Encadrée)</p>	<p>Carlos Mazuré Directeur des Recherches Avancées, SOITEC</p>	<p>Martin Lüling Physics Métier Manager, Schlumberger SRPC</p>	

© Serge Claisse