

INFORMATIONS

Quel bagage mathématique pour l'ingénieur européen ?

Lê Thanh-Tâm

« Qualification Profiles »

En 1999 s'est constituée l'*IDEA League*, un réseau de quatre universités européennes considérées, dans leurs pays respectifs, comme des références en science et technologie : l'*Imperial College* (Londres), la *Technische Universiteit Delft*, l'*Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ)* et la *Rheinisch-Westfälische Technische Universität Aachen (RWTH)*. La recherche de critères de qualité globale communs et la volonté de développer les échanges d'étudiants dans les meilleures conditions de lisibilité les a conduites à établir une série de « *qualification profiles* », documents synthétiques tenant du profil de connaissances et du profil de compétences. Ils comprennent une partie générique à l'ensemble des domaines enseignés aux niveaux Bachelor et Master et une partie spécifique déclinée par grande discipline élaborée par un groupe de travail constitué de professeurs de la discipline représentant chacune des universités membres. Ces documents sont destinés à être périodiquement remis à jour ; ils servent notamment de base aux accords de reconnaissance mutuelle des diplômes entre les membres du réseau, le doctorat faisant par ailleurs l'objet d'une démarche spécifique en cours. ParisTech, association de onze grandes écoles d'ingénieurs basées en Île-de-France (Agro ParisTech (ENGREF et INA-PG), Arts et Métiers, Chimie Paris, ENSAE Statistique, ENSTA, ESPCI, Mines de Paris, Polytechnique, Ponts et Chaussées, Télécom Paris), a été invitée à rejoindre l'*IDEA League* en 2006.

Le « *qualification profile in Mathematics* » se concentre sur les buts et objectifs communs des programmes en mathématiques des différentes universités membres. La philosophie en est largement partagée mais les modalités et détails de mise en œuvre diffèrent, ne serait-ce que sur le format : ainsi, le Master d'*Imperial College* (pas uniquement en mathématiques) ne dure qu'un an après les trois années du cycle Bachelor, tandis que RWTH Aachen ne délivre pas (ou pas encore) de bachelor en mathématiques, ce qui est également le cas des écoles de ParisTech.

Une exigence qui semble aller de soi est que l'enseignement dans chaque université membre soit délivré par des enseignants *actifs en recherche*.

La liste des critères à laquelle a abouti le groupe de travail, tant au niveau du Bachelor que du Master, n'est pas rigide : si elle fournit une grille d'estimation des connaissances et compétences acquises, il n'est pas absolument exigé que

chaque étudiant satisfasse l'intégralité de ces critères pour prétendre à une « mobilité verticale » (changement d'université entre deux cycles, par exemple en fin de Bachelor).

L'exercice peut sembler évident, voire un peu vain dans sa généralité. Pourtant, par contraste avec d'autres tentatives plus ou moins heureuses de surimprimer à des structures pédagogiques des démarches qualité qui n'ont, bien souvent, nullement été conçues à cette fin, l'approche d'IDEA League se veut avant tout pragmatique et réaliste, même si elle peut sembler par certains aspects singulièrement ambitieuse. On peut y lire également le souci de former des étudiants au profil aussi équilibré et complet que possible. Certains groupes thématiques ont d'ailleurs préféré se limiter à un profil au niveau Bachelor, constatant une divergence trop marquée entre leurs programmes de master.

Quelques commentaires « parisiens »

L'adhésion à l'IDEA League, qui n'est évidemment exclusive d'aucune autre coopération, conduit les écoles de ParisTech à se poser, de manière bien plus opérationnelle qu'idéologique, des questions assez stimulantes sur leur lisibilité, leur capacité à accueillir des étudiants européens formés, de plus en plus, selon le schéma LMD. En particulier, on peut se demander comment la reconnaissance mutuelle des diplômes au niveau Bachelor peut se concrétiser dans des établissements qui recrutent essentiellement en sortie de classes préparatoires, ne délivrent pas d'autre diplôme de niveau « L » qu'un passeport pour des échanges académiques avec leurs partenaires universitaires étrangers et dont la première année n'est que rarement spécialisée dans une discipline, constituant plus volontiers un tronc commun multidisciplinaire, qui complète les acquis de classes préparatoires et prépare à l'introduction de sciences de l'ingénieur dépendant, elles-mêmes, de l'école considérée. Précisons que même si les accords de reconnaissance mutuelle des diplômes entre membres d'IDEA League reposent sur ces profils de qualification, le seul fait d'être titulaire du Bachelor (Master) d'une des institutions n'oblige en rien une autre à admettre l'étudiant dans ses programmes de Master (Doctorat) ; le travail réalisé sur ces profils constitue simplement un puissant outil de lisibilité mutuelle. Par ailleurs, le Bachelor n'est destiné à ouvrir directement sur la vie professionnelle dans *aucune* des universités du réseau.

Outre le fait que les écoles ne sont pas vierges de toute réflexion en ce domaine, envoyant volontiers leurs étudiants formés en France acquérir une expérience internationale dans une université partenaire et accueillant déjà, pour la plupart d'entre elles, des étudiants issus de formations universitaires françaises et étrangères par admission sur titres en deuxième année du cycle ingénieur et, depuis peu, en première et en seconde année de master, il ne faut pas oublier que les profils de qualification ne concernent, chez nos partenaires d'IDEA League, que les programmes centrés sur la discipline concernée. S'il est certain que le bagage mathématique d'un élève n'est pas le même en fin de cycle « L » à l'École Polytechnique ou à l'INA-PG (dont les étudiants issus des classes préparatoires ne sont pas issus des mêmes filières), l'écart n'est en rien comparable à celui que l'on peut trouver, par exemple, entre un Bachelor en mathématiques de l'ETH Zürich et un Bachelor de TU Delft se destinant au design industriel.

Les départements de mathématiques de plusieurs grandes écoles ont ainsi l'expérience d'étudiants européens éprouvant les plus grandes difficultés à suivre un programme de première année, même avec un effort de soutien personnalisé très important, ne serait-ce que parce que le concept même de démonstration leur semble d'une difficulté quasi-inaccessible. L'une des capacités censément acquises en sortie de Bachelor, « savoir utiliser des savoir-faire analytiques, prêter attention aux détails et employer correctement la terminologie technique, travailler sur des concepts précis et élaborés, construire des argumentations logiques » est un exercice que nos meilleurs étudiants issus des classes préparatoires maîtrisent, sinon en profondeur, du moins avec une efficacité certaine qu'il nous appartient de diversifier, d'enraciner dans un véritable substrat scientifique. Pour un étudiant allemand ou britannique du même âge, cela peut s'avérer un véritable défi, à tel point que, de notre point de vue et à la remarquable exception de certains Roumains, Russes ou Ukrainiens, il est rarement réaliste d'accueillir des étudiants européens dès la première année d'une école à forte composante scientifique « dure ».

En revanche, il va de soi que dès la deuxième année, ces mêmes étudiants bénéficient de compétences qu'ils ont acquises par des voies bien différentes. J'ai notamment eu l'occasion de recevoir à Supaero des Belges, des Espagnols, des Italiens tout à fait brillants dans des disciplines qui, comme l'automatique, l'électronique, l'informatique, la mécanique supposaient une capacité d'application mathématique substantielle. Les étudiants issus du système français de classes préparatoires sont, de leur côté, confrontés à des défis non négligeables. « Être conscient de l'importance d'une argumentation précise et la comprendre », autre acquis en sortie de Bachelor, ne leur est pas aussi évident qu'il n'y paraît : leur plus grande pratique de démonstrations élaborées est souvent associée, dans leur esprit, à une exigence académique formelle (celle des concours) et au caractère exhaustif et systématique de la preuve écrite, ce qui ne recouvre bien sûr qu'une partie de la précision et de la pertinence d'une argumentation. Les « interrelations » entre un large ensemble de concepts complexes ne s'appréhendent pas par simple juxtaposition de techniques de calcul et leur intuition est d'autant plus cruciale que cette aptitude à les comprendre, les affiner, les mettre en évidence est une qualité fondamentale attendue des ingénieurs formés dans nos écoles. Quant aux « capacités sociales et de communication suffisantes pour travailler en équipe », également mentionnées dans le profil de fin de Bachelor, si elles sont certes favorisées par la taille relativement réduite de nos promotions, peut-on penser que nos étudiants ne les développent pas tous prioritairement dans le champ scientifique ?

Une analyse détaillée de l'adéquation de nos formations à chaque ligne des profils IDEA League sortirait du cadre de ce texte et devra faire l'objet d'un travail approfondi entre départements de mathématiques de ParisTech dans les mois à venir. Je relèverai cependant l'expression suivante : « avoir acquis une connaissance et une compréhension des fondements des mathématiques comme discipline vivante à part entière ». Le besoin de la rappeler reflète sans aucun doute un malaise qui ne se limite certainement pas au supposé clivage entre mathématiques « pures » et « appliquées ».

Transfer workshop

Ce point était très sensible au cours d'une rencontre de deux demi-journées organisée chaque année entre établissements d'IDEA League et qui était consacrée, en avril dernier à Imperial College, au thème de l'enseignement des mathématiques aux ingénieurs.

Sans entrer dans trop de détails, un certain nombre de constats ont été esquissés à l'issue de cette rencontre. En voici les principales lignes.

- Toutes les institutions membres d'IDEA League sont confrontées, bien qu'à des degrés variables, à une baisse du niveau mathématique des étudiants qu'elles recrutent. Ce phénomène est confirmé par la récente étude PISA qui montre un écart croissant entre les pays d'Europe occidentale et, par exemple, les pays asiatiques.

- Le saut quantitatif et qualitatif des connaissances et des compétences scientifiques entre la fin du lycée (ou équivalent) et l'entrée dans ces universités est aggravé par un manque d'enthousiasme réel pour les disciplines scientifiques. (Cela reste souvent vrai pour les étudiants sortant des classes préparatoires, quoique ce soit pour des raisons quelque peu différentes, notamment la saturation de méthodes calculatoires que les professeurs de classes préparatoires s'efforcent de compenser par une analyse plus profonde des concepts – dans la mesure où le gouffre qualitatif et quantitatif entre le niveau en sortie de lycée et celui, technique, exigé aux concours d'entrée dans les écoles leur en laisse la latitude.)

- Les effets de ces phénomènes ne doivent pas être sous-estimés, ni dans leur variété, ni dans leur persistance à long terme : le déficit global de préalables aux cours scientifiques et techniques influe nécessairement sur l'efficacité de ces cours et sur les compétences acquises en fin de cours ; le nombre d'étudiants des universités de ce niveau va décroître en raison des difficultés initiales qu'ils rencontrent ; la baisse quantitative et qualitative va essentiellement affecter les activités économiques relatives aux sciences et à la technologie et cela va, notamment, à l'encontre de la stratégie dite de Lisbonne qui exhorte au renforcement de la « société de la connaissance ».

Quelques actions tant internes à IDEA League qu'externes peuvent être envisagées :

- Faire prendre conscience de l'influence directe de la rémunération des professeurs en mathématiques et science du secondaire sur leur nombre et leur niveau : la qualité des élèves sortant du lycée semble meilleure dans les pays qui proposent un niveau de salaire plus satisfaisant ;

- Tenter de contribuer à l'amélioration de l'enseignement des sciences dans le secondaire et redresser la tendance très forte (dans plusieurs pays d'Europe de l'ouest) à une forte décroissance de la part dévolue aux mathématiques et aux autres disciplines scientifiques ;

- Utiliser l'enseignement à distance par ordinateur : celui-ci peut apporter des méthodes utiles, des illustrations efficaces mais le constat unanime est qu'il ne peut en aucun cas se substituer à l'enseignant, a fortiori en l'absence de personnels suffisamment nombreux pour le faire fonctionner efficacement.

Plusieurs aspects apparus au fil des discussions donnaient un éclairage intéressant sur les problèmes, souvent communs, parfois spécifiques rencontrés dans chaque pays du réseau. Au sein d'Imperial College existe ainsi une tension,

probablement plus forte que dans la plupart de nos écoles, entre les tenants d'une science mathématique à part entière, dont la compréhension au-delà des outils de modélisation et de calcul est considérée comme formatrice pour tout futur ingénieur, et ceux qui constatent, non sans quelque esprit de provocation, que dès lors qu'ils se destinent à un métier d'ingénieur, même les étudiants les plus à l'aise en mathématiques choisissent spontanément les cours de techniques mathématiques dispensés par des non-mathématiciens... La responsable à Delft de l'unique enseignement d'analyse en filière de design industriel, elle-même ingénieur en aéronautique, déplorait que ses étudiants ne saisissent pas du tout la raison d'être d'un cours mathématique dans leur cursus jusqu'au moment où, en projet d'étude final, ils se découvraient inaptes à réaliser une modélisation simple – et nous parlons pourtant d'une formation dite d'ingénieur. Cela n'empêche bien sûr pas la même université de former d'autres ingénieurs dont l'expertise technologique est largement reconnue et TU Delft est très fière, par exemple, des réalisations de ses étudiants sur les véhicules solaires à grande vitesse, lesquels ne se concrétisent certes pas par la seule magie de l'esthétique formelle.

Une difficulté importante qui, dans nos écoles, a été partiellement filtrée par les classes préparatoires (même si l'évolution des programmes du secondaire l'a rendue nettement perceptible) est celle de l'hétérogénéité du niveau mathématique des nouveaux étudiants. RWTH Aachen, dont la réputation en Allemagne n'est plus à faire, se trouve comme toutes les autres confrontée à l'impossibilité de sélectionner ceux-ci à l'entrée et le professeur chargé d'organiser la phase d'harmonisation en mathématiques se voit contraint au grand écart entre des étudiants au bagage moins ambitieux qu'en France mais relativement solide et d'autres pour lesquels la soustraction n'est que très imparfaitement maîtrisée ! Ce programme recourt notamment à des tutorats entre étudiants, conduit ses responsables à déployer des trésors d'ingéniosité, parfois artisanale au sens noble du terme et même s'il est clair que tous les diplômés de niveau master issus d'une telle université n'ont pas le socle mathématique que l'on attend implicitement de tout ingénieur en sortie de nos écoles, il est assez remarquable que les meilleurs d'entre eux parviennent finalement à un niveau de compétence élevé, y compris dans des secteurs aussi fortement technologiques (sans nuance réductrice) et transdisciplinaires que l'aéronautique et la construction automobile. Il est également vrai que le doctorat bénéficie, au sein de l'industrie allemande, d'une reconnaissance que l'on rencontre bien plus rarement de ce côté-ci du Rhin mais c'est là un autre – et vaste – débat.

L'exemple de la Suisse donne à réfléchir. Il est troublant d'entendre un professeur de mathématiques (explicitement *appliquées*) expliquer après quarante ans d'expérience que, constatant que le niveau de bruit des étudiants augmente significativement pendant les démonstrations, il a presque systématiquement renoncé à présenter celles-ci. (Le constat serait probablement différent dans les filières centrées sur les mathématiques, l'école zurichoise conservant une belle santé en ce domaine comme en physique théorique.) Néanmoins, des cinq pays représentés et même si les programmes mathématiques du lycée y sont moins gourmands que les nôtres, les formations d'ingénieur helvétiques semblent les moins touchées par l'élargissement préoccupant du fossé entre le secondaire et les exigences des meilleures universités. La raison peut probablement se résumer en deux mots : « bon sens ». Au Royaume-Uni, une réduction très forte des volumes horaires consacrés aux mathématiques au lycée s'est accompagnée d'une tendance à la modularisation

face à laquelle nos collègues d'Imperial College tirent le signal d'alarme : l'ambition de construire un bagage cohérent semble largement abandonnée lorsque les lycéens ont la possibilité de choisir des « briques » aux noms aussi évocateurs que « mathématiques I » et « mathématiques II » . . . ou seulement la première citée. Des actions sont entreprises pour tenter de limiter les ravages de ces réformes, en particulier l'organisation, par des professeurs d'Imperial College, de séances d'introduction aux sciences et de cours du soir à destination de jeunes des quartiers défavorisés de Londres, dans l'espoir de révéler en certains d'entre eux une fibre et un don scientifique que le système éducatif général ne leur laisse que fort peu de chances de découvrir par eux-mêmes.

Pour conclure très provisoirement sur une note plus légère (?), le thème des « mathématiques comme tueur » (*i.e.*, comme discipline vecteur privilégié de l'élimination des étudiants plus faibles) a été abordé sous deux angles : dans le contexte français en sortie de classes préparatoires, une proportion minoritaire mais non négligeable de leurs élèves finissant par se convaincre que les mathématiques n'ont pour seule utilité que de sélectionner à l'occasion des concours, à l'exclusion de toute application ultérieure, mal un temps nécessaire à confiner et éradiquer ensuite au plus vite, pour filer une métaphore de Claude Viterbo ; puis à travers une petite enquête réalisée à l'ETH Zurich et d'où il ressort que les mathématiques ne sont directement « responsables » que d'un tiers des échecs scolaires définitifs observés dans cette université.

Irish Mathematical Society

Maurice O'Reilly¹

In this article, I will introduce members of the SMF to the Irish Mathematical Society (IMS) and its activities, as well as the education system as it relates to mathematics and recent developments in support of research in mathematics in the Republic of Ireland.

The IMS

The Irish Mathematical Society (or Cumann Matamaitice na hÉireann, in Irish) had its origins in the late 1960's adopting its constitution, based on that of the Edinburgh Mathematical Society, in 1976. From the beginning, the IMS drew its membership from the whole island, both the Republic and Northern Ireland. The neutral ground of Royal Irish Academy (RIA) became the cradle of the IMS, facilitating support from all the universities. Moreover, the National Committee for Mathematics of the RIA was the Irish body recognised by the International Mathematical Union. Thus, a framework was in place both nationally and internationally. Between 1969 and 1975, in its formative years, the emerging society (as a subcommittee of the RIA) organised eight conferences in areas such as group representations, quantum mechanics, numerical analysis and complex function theory.

¹ Maurice O'Reilly is a lecturer in mathematics at St Patrick's College, Drumcondra, Dublin, a College of Dublin City University and President of the Irish Mathematical Society.