

séance du lundi 1^{er} mars 1999

HISTOIRE ET AVENIR DES INGENIEURS EN EUROPE

Daniel Gourisse

Forte de sa diversité culturelle, l'Europe occupe une place de premier plan en matière d'éducation. Notre histoire témoigne de la remarquable faculté d'anticipation de notre continent, appuyée sur les valeurs fondamentales de la civilisation judéochétienne.

En effet, dès le Moyen Age, l'Université forme les cadres de la société organisée en corporations. Cette tradition se perpétuera à travers les siècles : aujourd'hui encore les juristes, les médecins, les maîtres, les théologiens sont formés à l'Université.

La Renaissance constitue dans l'inconscient collectif des ingénieurs une référence précieuse. Certes les « ingénieurs » (concepteurs d'engins) ont déjà un passé, notamment dans le domaine militaire, mais cette époque, marquée par la libération, l'ouverture et l'explosion culturelles que chacun connaît, est décisive. En effet, le « Cinquecento » symbolise le premier âge d'or des ingénieurs, incarné par des personnalités exceptionnelles tel Léonard de Vinci.

L'ingénieur de la Renaissance est un expert dans tous les domaines techniques connus. Homme de science, il s'intéresse à toutes les disciplines : il est non seulement scientifique mais aussi artiste, sculpteur, peintre, architecte, conseiller et ami des princes.

C'est un homme résolument moderne: il n'est pas homme de corporations. Il forme avec les autres ingénieurs une communauté d'esprit internationale. Savant humaniste universel, il ne connaît pas de frontières et parcourt l'Europe. Enfin, et peut-être surtout, il n'a pas suivi de formation académique spécifique : il va de chantier en chantier et se forme au contact d'autres collègues.

Cette période exceptionnelle fut de courte durée. Au milieu du XVIII^e siècle apparaissent en Europe deux grands modèles d'ingénieurs: le modèle anglais et le modèle continental.

Chacun sait le rôle précurseur de l'Angleterre dans le long processus de la première révolution industrielle. Dans cette atmosphère d'activité industrielle fébrile et d'inventivité technique des chefs d'entreprise, des constructeurs de machines, des inventeurs se réunissaient dans un club. Ils se baptisèrent ingénieurs civils. Pour être reconnu comme ingénieur il fallait être parrainé par des membres du club. Ce club donnera naissance à *The Institution of Civil Engineers*, qui sera suivie d'autres grandes sociétés. Ce modèle anglais installe de fait l'accréditation professionnelle par les pairs, aujourd'hui encore en vigueur: l'ingénieur anglais n'est pas passé par une formation académique spécialisée (celle-ci n'existe d'ailleurs pas au XVIII^e siècle). Il appuie ses compétences sur des connaissances empiriques qui privilégient la pratique d'entreprise et la culture d'atelier. Ce sont ces ingénieurs anglais qui seront les protagonistes de la première industrialisation: ils traverseront par milliers le *Channel* pour exporter la révolution industrielle sur le continent.

A la même époque, sur le continent, le mot « ingénieur » est associé à l'ingénieur d'État : les ingénieurs itinérants se sont progressivement fixés dans des corps techniques créés par les gouvernements pour disposer d'une administration technique moderne. Ils se voient confier soit des fonctions de type militaire (protection des frontières, création de ports

1755), en Saxe (*Bergakademie* de Freiberg en 1765) et en Espagne (École des mines de Madrid en 1777).

Ces écoles techniques forment les ingénieurs d'État qui vont fonder le rôle technique des États continentaux alors que, à la même époque en Angleterre, la haute administration continue à recevoir une éducation classique, notamment à Oxford et Cambridge.

La nécessité de former sur notre continent des ingénieurs pour les entreprises (ingénieurs d'usines), afin de prendre le relais des premiers ingénieurs anglais qui ont franchi le Channel, apparaît rapidement. Des initiatives sont prises très tôt pour former ces techniciens d'usines. Ce sont, notamment, en France, l'École professionnelle créée par le duc de La Rochefoucauld à Liancourt en 1780 qui donnera naissance en 1803 à la première École des arts et métiers et, en Prusse, une École d'arts et métiers en 1799.

Toutefois l'absence de véritables ingénieurs civils continentaux, comparables aux ingénieurs anglais, se fait cruellement sentir sur le continent à la chute de l'Empire napoléonien. En France, les besoins de l'administration, en pleine expansion, et ceux de l'armée, sans cesse en campagne, sont devenus tels que la quasi-totalité des cadres formés par l'École polytechnique rejoignent la fonction publique.

La création de l'École centrale des arts et manufactures marque alors une étape déterminante. Elle résulte de l'initiative privée par un homme d'affaires (A. Lavallée) et trois savants (J.-B. Dumas, E. Pécelet et Th. Olivier). Ces quatre hommes jeunes (le plus âgé avait 36 ans), qui fréquentaient le club saint-simonien de l'Athénée, décident de créer, en 1829, avec la fortune de A. Lavallée, une école purement privée dont l'organisation et les programmes seront repris dans plusieurs pays d'Europe et ailleurs dans le monde.

Deux concepts fondamentaux sont à la base de cette création. Le premier concept est l'affirmation d'une science autonome de l'ingénierie: « la science industrielle ». L'acte de création précise : « La science industrielle est une et tout industriel doit la connaître dans son ensemble sous peine de rester inférieur à sa tâche. » Ce concept de science industrielle marque une double rupture. D'une part, il rompt avec la vision académique de la formation de l'« honnête homme » du XVIII^e siècle, revenue en force avec la Restauration. D'autre part, il affirme que, les sciences appliquées étant en plein développement, la formation technique d'atelier ne suffit plus : les ingénieurs doivent se doter d'outils mathématiques et apprendre ces sciences appliquées. Le second concept est l'affirmation d'une éthique de l'ingénieur fondée sur une idéologie positive. Les progrès de l'humanité passant par le progrès technique, l'organisation rationnelle de l'entreprise doit permettre un développement social harmonieux: au-delà des conflits de classe, l'ingénieur doit être un médiateur social. L'École a pour mission de former des « médecins des usines et des fabriques ».

Le caractère prémonitoire de ces concepts est évident. Sur cette base, de nombreuses « écoles polytechniques » de formation d'ingénieurs se créent notamment à Prague, Vienne, Karlsruhe, Darmstadt, Lausanne, Zurich, Barcelone, Séville, Mons, Lyon, Milan, etc.

Avec la seconde vague d'industrialisation la demande et l'offre vont considérablement se diversifier.

Progressivement les entreprises demandent des spécialistes en effet si l'ingénieur de la première industrialisation est un généraliste, capable de suivre l'ensemble du processus industriel, les besoins spécifiques de différents grands domaines d'application conduisent à la mise en œuvre de formations plus spécialisées. Ces formations vont se multiplier avec l'apparition de spécialités nouvelles, combinant l'application de plusieurs disciplines scientifiques.

Par ailleurs, en Europe continentale, deux catégories d'ingénieurs vont se mettre en

A l'exemple de la distinction entre les *Technische Hochschulen* et les *Fach-Hochschulen* en Allemagne, ces deux types de formation vont se mettre en place dans toute l'Europe continentale (à l'exception de la France, malgré plusieurs tentatives au cours des dernières décennies, tentatives avortées par alignement progressif sur les écoles d'ingénieurs civils traditionnelles). Il est à noter qu'elles correspondent à des cursus nettement différenciés au plus tard à la fin des enseignements secondaires.

On rappellera, à titre anecdotique, que l'existence de ces deux standards induira, dans certains pays, des querelles sur « qui a le droit de porter le titre d'ingénieur », querelles qui ne sont pas totalement apaisées aujourd'hui...

Si l'on se limite à la formation des ingénieurs civils, deux grands modèles s'affirment au cours du XX^e siècle en Europe continentale ;

- dans les pays ayant une longue tradition d'unité nationale, le modèle des grandes écoles techniques, à taille humaine, formant des ingénieurs relativement généralistes par un projet intégré et professionnel, en collaboration étroite et organique avec les milieux économiques, est conforté : c'est le modèle des grandes écoles en France, en Espagne, au Portugal... et pour partie en Suède. Ces grandes écoles vont progressivement, au cours des dernières décennies, intégrer la recherche à leur projet ;

- dans les autres pays, l'influence allemande sera déterminante. Les *Technische Hochschulen* revendiquent le modèle prestigieux de l'Université humboldtienne et celui-ci leur est appliqué en 1899. Ce modèle affirme le droit de tout enseignant du supérieur à exercer des activités de recherche et prône le rôle déterminant de la recherche scientifique et technologique pour la formation. Il va progressivement s'imposer dans le reste de l'Europe continentale avec des grandes facultés polytechniques riches de départements puissants d'enseignement et de recherche. Il est à noter qu'il inspirera la re-fondation des universités en France à la fin du XIX^e siècle.

La Grande-Bretagne est restée fidèle à sa tradition de formation qui privilégie l'expérience concrète sur le terrain. La formation des *Polytechnics* reste relativement courte (3 à 4 ans) et l'accès au titre de *Chartered Engineer* reste le privilège du *Council of Engineering*, par cooptation après quelques années d'expérience professionnelle. La transformation récente des *Polytechnics* en *Universities* devrait conduire à des évolutions. Des formations de *Master of Engineering*, réservées aux meilleurs étudiants ayant obtenu un *Bachelor's degree*, à l'exemple du modèle nord-américain, se mettent en place. D'autres établissements envisagent des formations se rapprochant du modèle continental, par un nouveau cursus de formation conceptuelle en quatre ans, conduisant directement à l'attribution d'un *Master of Engineering*.

Ces modèles sont très complémentaires. Il est d'ailleurs intéressant d'observer, comme l'ont fait de nombreux historiens outre Atlantique, que les créateurs des premiers *Institutes Of Technology* aux Etats-Unis se sont inspirés de l'ensemble de ces formations, en analysant leurs mérites et leurs insuffisances respectifs.

Cette fin de millénaire se caractérise par la mondialisation des échanges et par une compétition scientifique, technologique, industrielle et commerciale sans concession. Notre vieux continent européen, dont les ressources naturelles vont rapidement atteindre leurs limites, doit, pour maintenir son rang, cultiver sa capacité d'innovation et de développement technologique.

Dans leur recherche continue de gains de productivité et d'une réactivité accrue aux évolutions des marchés, nos entreprises modifient profondément leurs organisations. Elles réduisent les effectifs de leurs états majors et le nombre des niveaux hiérarchiques. Elles généralisent le travail en équipes multimétiers et pluriculturelles, à durée limitée, au contact direct du client. Elles favorisent l'émergence de centres de profit à taille humaine dans le

- être un professionnel, fort de sa culture scientifique et technique, capable de maîtriser la complexité des nouvelles réalisations technologiques, mais aussi la complexité des organisations industrielles, sociales et économiques ;

- être un entrepreneur créatif, voire non conformiste, conscient de sa responsabilité sociétale, décidé à promouvoir une évolution qui combatte les rigidités sociales et culturelles qui freinent le progrès ;

- être un « communicant », « un pédagogue » qui, par ses capacités d'écoute, de dialogue, de conviction, soit capable de promouvoir le travail en équipe et de « faire la différence » ;

- être ouvert aux réalités internationales, prêt à affronter la concurrence (moteur essentiel de la croissance), mais aussi capable, sans renoncer à sa propre culture, d'intégrer ce qu'il découvre de meilleur chez ses partenaires étrangers ;

- être soucieux de s'adapter, de développer son « employabilité », de se perfectionner sans cesse par la formation continuée ;

- être *in fine* à la fois modeste et fort de son éthique.

Le défi est considérable. L'Europe est riche de la diversité et de la vitalité des traditions historiques qui la nourrissent. Il faut en profiter.

Les métiers de l'ingénieur évoluent très vite. Nul ne sait si les métiers que nous connaissons aujourd'hui existeront encore dans trente ans. Ces métiers s'installent de plus en plus dans les activités de services, au-delà des activités industrielles traditionnelles, suite à l'externalisation de certaines fonctions par les entreprises industrielles, à la pénétration de la technologie dans les services et au besoin de rationalisation méthodologique et économique de ces activités. Ceci plaide pour un renforcement de la maîtrise des méthodologies scientifiques qui appliquent les savoirs, par des apprentissages appropriés. La description encyclopédique de l'état de l'art technologique, par essence très évolutif, n'est plus adaptée.

Les nouvelles technologies de l'information et de la communication banalisent l'accès aux informations, abolissent les distances et transforment radicalement les conditions de travail et les relations industrielles et commerciales. Il appartiendra aux ingénieurs à la fois d'en assurer la plus large diffusion et d'en maîtriser pragmatiquement le développement.

La création d'activités nouvelles à forte valeur ajoutée, notamment par la création de nouvelles entreprises, est une des clefs pour l'emploi. Il convient de renforcer l'esprit entrepreneurial, la créativité et le goût du risque chez nos étudiants, et de susciter des vocations.

Les processus d'innovation se complexifient. Aux inventeurs prestigieux qui ont illustré la profession se substituent des équipes multidisciplinaires dont la coordination exige ouverture d'esprit, modestie disciplinaire, aptitude au travail en équipe.

Les exigences de la mobilité géographique impliquent, au delà de la maîtrise d'au moins deux langues étrangères, l'ouverture sur les civilisations dont ces langues sont le véhicule et sur les différentes cultures techniques des pays.

Le rôle de médiateur social de l'ingénieur est plus que jamais d'actualité. Ceci conduit à renforcer l'apprentissage des comportements sociaux et humains dans les projets éducatifs par des processus pédagogiques innovants et adaptés aux aspirations des étudiants.

Nous assistons actuellement au développement rapide des activités de recherche sur le « génie industriel ». Ces recherches récemment importées des États-Unis illustrent

complémentaires) sont une opportunité considérable pour notre continent. Chaque modèle a ses atouts et ses handicaps qu'il convient de qualifier.

De nombreux réseaux universitaires internationaux créés au cours de la dernière décennie œuvrent dans ce sens. Ils ont choisi des voies diverses, qui ont chacune leurs vertus.

A titre d'exemple, l'École centrale de Paris a initié, dans le cadre du réseau TIME, qui regroupe 33 institutions dans 15 pays européens continentaux, des échanges réciproques d'étudiants avec doubles diplômes. Dans le cadre d'accords bilatéraux, des cursus internationaux permettent, avec un allongement de scolarité d'au maximum un an, l'attribution du diplôme de l'institution d'origine et de l'institution étrangère d'accueil. Chaque établissement donne ce qu'il a de plus précieux: son titre. Ceci garantit la formation d'ingénieurs réellement biculturels, ayant reçu ce qu'il y a de meilleur et de plus spécifique dans chaque formation. Ceci est également l'occasion, pour chaque institution, d'approfondir sa véritable identité et de l'enrichir de l'expérience de ses partenaires. Enfin le rayonnement de ce programme élitiste, financièrement supporté par des entreprises, contribue à la reconnaissance de la qualité de nos formations à l'extérieur de l'Europe, notamment outre Atlantique et en Extrême-Orient, pays dans lesquels s'est imposé le modèle anglo-saxon du continent nord-américain.

D'autres types d'échanges sont également prometteurs. L'enthousiasme avec lequel les jeunes s'engagent dans ces échanges très exigeants est source d'espérance. La mise en place progressive par les gouvernements de cadres réglementaires souples pour faciliter les échanges, la diversité des dispositifs opérationnels mis en œuvre pragmatiquement par les institutions, avec le souci d'éviter une uniformisation appauvrissante, nous permettront de mettre à profit nos complémentarités et nos richesses interculturelles pour une Europe plus forte, plus rayonnante, ouverte sur le monde. La diversité culturelle de ses ingénieurs est une chance pour l'Europe. Nous préparons nos ingénieurs à être les protagonistes d'un humanisme renouvelé au service de tous, confortant ainsi l'héritage prestigieux de la Renaissance auquel nous devons tant.

Bibliographie

André Grelon, *The European models of engineers : Origins and prospects*, Proceedings of the international symposium « The culture of engineering in a rapidly changing world », Berkeley, California, 8-10 novembre 1993.

John Hubble Weiss, *The making of technological man: The social origins of french engineering education*, MIT Press, 1982.