



Rédaction

120, rue de Bercy - Télédock 797
75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68
Fax : 01 53 18 52 72
<http://www.annales.org>

François Valérian, rédacteur en chef

Danièle Barbier, secrétaire générale
de la rédaction de *Réalités industrielles*

Danielle Degorce, Martine Huet,
assistantes de la rédaction

Comité de rédaction de la série
Réalités industrielles :
Michel Matheu, président,
Pierre Amouyel,
Grégoire Postel-Vinay,
Claude Trink,
François Valérian

Maquette conçue par
Tribord Amure

Iconographe
Christine de Coninck - CLAM !

Fabrication : **AGPA Editions**
4, rue Camélinat
42000 Saint-Étienne
Tél. : 04 77 43 26 70
Fax : 04 77 41 85 04
e-mail : agpaedit@yahoo.com

Abonnements et ventes

Editions ESKA
12, rue du Quatre-Septembre
75002 Paris
Tél. : 01 42 86 55 73
Fax : 01 42 60 45 35
<http://www.eska.fr>

Directeur de la publication :

Serge Kebabitchieff
Editions ESKA SA
au capital de 40 000 €
Immatriculée au RC Paris
325 600 751 000 26

Un bulletin d'abonnement est encarté
dans ce numéro entre les pages 112 et 115.

Vente au numéro par correspondance
et disponible dans les librairies suivantes :
Presses Universitaires de France - PARIS ;
Guillaume - ROUEN ; Petit - LIMOGES ;
Marque-page - LE CREUSOT ;
Privat, Rive-gauche - PERPIGNAN ;
Transparence Ginestet - ALBI ;
Forum - RENNES ;
Mollat, Itaque - BORDEAUX.

Publicité

J.-C. Michalon
directeur de la publicité
Espace Conseil et Communication
44-46, boulevard G. Clemenceau
78200 Mantes-la-Jolie
Tél. : 01 30 33 93 57
Fax : 01 30 33 93 58

Table des annonceurs

Annales des Mines : 2^e, 3^e et 4^e de couverture,
pages 4 et 108.

Illustration de couverture :
École des Mines, centre des matériaux
Pierre-Marie Fourt. Torche à plasma montée
sur robot 6 axes à l'intérieur de l'enceinte.
Photo © Jean-Claude Thuillier / REA.

S o m m a i r e

3 Éditorial

François Valérian

INGÉNIEURS À LA FRANÇAISE, ÉCONOMIE MONDIALISÉE

5 Avant-propos

Jean-Luc Delpeuch

Ingénieurs à la française

7 Devenir ingénieur : la crise des vocations n'est pas inéluctable

Jean-Luc Delpeuch

13 La naissance de l'ingénieur généraliste. L'exemple de l'école des mines de Paris

Armand Hatchuel

25 ParisTech et la formation d'ingénieurs « à la française »

Cyrille van Effenterre

29 Le Groupe des écoles des mines à l'international

Alain Dorison et Marc Caffet

36 Polytechnique : une école engagée dans une profonde mutation pour répondre aux défis du XXI^e siècle

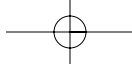
Yannick d'Escatha

40 Parabole des talents et balayage dans les coins : la formation des ingénieurs du corps des Mines

Entretien avec Marie-Solange Tissier

46 L'École Hubert Curien : une formation supérieure en apprentissage pour un management des risques industriels

Jean-Michel Giardina



Les nouveaux défis

- 54 Les ingénieurs de demain : quelle formation et quelle nationalité pour la demande industrielle ?**

François Soulmagnon

- 61 La construction du Viaduc de Millau : les défis techniques, les enjeux humains**

Marc Buonomo

- 68 Parcours d'un ingénieur : entre rêve étudiantin et réalité industrielle**

Christian Père

- 76 Quels ingénieurs pour la société de l'information et de la connaissance de demain ?**

Jean-Claude Jeanneret

- 82 Quels ingénieurs pour demain ? Esquisse d'un cahier des charges**

Jean-Michel Yolin

- 89 Formation des élites mondiales et écoles d'ingénieurs françaises**

Bernard Bobe

- 94 L'enseignement supérieur et l'innovation technologique : les enjeux pour l'Europe**

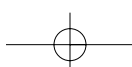
Ján Figel'

Hors dossier

- 101 Expertise et déontologie : la pratique de l'INERIS**

Christian Tauziède

- 109 Résumés étrangers**



Éditorial

François Valérian

Le modèle français de l'ingénieur généraliste peut être daté du milieu du XIX^e siècle, avec la multiplication des disciplines enseignées dans les principales écoles. Ce modèle, qui a dominé l'économie française du XX^e siècle avec quelques écoles prestigieuses et de nombreux établissements de très bon niveau, est aujourd'hui confronté à une crise, qui se traduit par un recul des vocations.

Comme la plupart des mutations actuelles, celle-ci peut être rattachée à la mondialisation de l'économie. Dans des entreprises de plus en plus internationales, les ingénieurs français sont désormais confrontés à la concurrence d'ingénieurs étrangers, et d'étrangers qui n'ont pas de formation d'ingénieurs mais se révèlent tout à fait aptes à exercer les postes de responsabilité.

On peut envisager ces conditions nouvelles comme porteuses d'enrichissement à la fois pour les ingénieurs et pour les entreprises : les équipes plurinationales et pluridisciplinaires sont souvent les mieux à même de résoudre des problèmes complexes. Cependant, les écoles françaises doivent s'adapter et vite évoluer, si elles ne veulent pas perdre de terrain par rapport à d'autres formations.

L'enjeu, tel qu'il est perçu par elles, est souvent l'internationalisation des études : envoyer les élèves à l'étranger, de manière à ce qu'ils soient capables de réussir dans un milieu très éloigné de leurs propres attaches. Il s'agit aussi de renforcer la visibilité internationale de nos écoles : c'est ce à quoi s'efforcent les participants au regroupement de ParisTech. Enfin, un accent particulier est mis sur la recherche, avec des formations doctorales plus nombreuses, non sans quelques interrogations sur la véritable demande des entreprises en la matière.

Le discours des entreprises, en effet, n'est pas toujours le même que celui des écoles : celles qui ont réussi leur internationalisation ne se posent pas nécessairement la question de l'internationalisation de leurs cadres. Qu'ils possèdent un métier précis pour l'exercer dans leur pays, et pour ce qui est des autres pays le recrutement sera de plus en plus local. La transformation actuelle ne ferait-elle que creuser l'écart entre quelques grandes écoles d'ingénieurs internationaux et gestionnaires, et toutes les autres qui formeraient des spécialistes d'un seul métier ?

G É R E R & COMPRENDRE

SOMMAIRE

- DÉBAT PUBLIC ET EXPERTISE : ENTRE RATIONALITÉ ET LÉGITIMITÉ
Par Sébastien DAMART et Bernard ROY
- GLOBALISATION ET EMPLOI
Les nouvelles stratégies organisationnelles des multinationales agro-alimentaires en Europe
Par Amélie SEIGNOUR et Florence PALPACUER
- LES SYNERGIES ILLUSOIRES DANS LES FUSIONS ET ACQUISITIONS
Autopsie du Théranostique chez BioMérieux - Pierre Fabre
Par Philippe MONIN et Eero VAARA
- QUELS DISPOSITIFS INSTITUTIONNELS POUR LA MAINTENANCE DES MATÉRIELS AÉRONAUTIQUES DE LA DÉFENSE ?
Par Denis BAYON et Thierry KIRAT
- FRANÇOIS LE FATALISTE
Par Arnaud TONNELÉ
- DÉBAT AVEC FRANÇOIS DUPUY
- LA SOCIÉTÉ DE L'AUDIT
Par Carlos RAMIREZ
- MAIS QUE FAIT LA POLICE ?
Par Frédérique PALLEZ
- UN OBJET DE MANAGEMENT EN VOIE D'ÉMERGENCE : LE DÉVELOPPEMENT DURABLE
Par Michel VILLETTE
- LA CLÉ USB
Question à Christian MOREL
- EDISON CONTRE WESTINGHOUSE : LA PREMIÈRE BATAILLE MODERNE POUR UN STANDARD INDUSTRIEL ?
Par Pascal CORBEL
- QUAND LA FRANCE DÉCOUVRE L'AUDIT
Entretien avec Édouard SALUSTRO
Mené par Bernard COLASSE et Francis PAVÉ



DÉCEMBRE 2005
ISSN 0295.4397
ISBN 2-7472-0974-1

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de Gérer & Comprendre décembre 2005 - numéro 82 (ISBN 2-7472-0974-1) au prix unitaire de 23 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA

un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

A v a n t - p r o p o s

Jean-Luc Delpuch

Ingénieur général des Mines

Directeur de l'École nationale supérieure d'Arts et Métiers de Cluny

Comment s'ingénieur ?

Il y a deux façons de comprendre le mot « ingénieur ».

La première renvoie à sa forme archaïque « engeigneur », littéralement « celui qui conçoit des engins (de guerre) ». C'est une vision technicienne telle que la véhicule sa traduction anglaise « engineer », celui qui s'occupe des moteurs (« engine »). En Angleterre ou aux Etats-Unis, on appelle l'ingénieur pour réparer la machine à laver tombée en panne.

La deuxième conception du mot « ingénieur » le rapproche du verbe « s'ingénieur », qui signifie, selon le Petit Robert, « mettre en œuvre toutes les ressources de son esprit ». Le même dictionnaire définit « l'ingénierie » comme « l'étude globale d'un projet sous tous ses aspects (techniques, économiques, financiers, sociaux), coordonnant les études particulières de plusieurs équipes de spécialistes ».

Dans cette deuxième acception, le concept central est celui de génie (du mot latin « genius » : divinité tutélaire), esprit qui inspire chaque individu, chaque communauté, chaque lieu et le guide dans sa créativité. Si l'on recherche les racines grecques, génie est apparenté à « genèse », création.

Etre ingénieur, c'est introduire de l'esprit dans un projet. Léonard de Vinci est figure de référence : ingénieur inspiré, qui s'évertue à transformer le monde, qui innove et crée pour le rendre plus beau, plus convivial, plus harmonieux, mieux adapté à l'homme, tout en respectant la création et les lois de la nature.

Former des ingénieurs, c'est donner vocation à écouter la demande sociale et à la traduire, par intégration de toutes les dimensions du projet, en un cahier des charges puis en un produit ou un service qui contribue au « développement durable ». Outre l'aptitude technique et scientifique, la maîtrise organisationnelle, économique, financière, environnementale, sociale et même artistique doit être au cœur du savoir-faire et de l'état d'esprit transmis aux futurs ingénieurs.

Devenir ingénieur, c'est cultiver l'aptitude à transformer les rêves et les projets en réalités faites pour l'homme et pour la société, virtuelles ou tangibles, en équipe, en réseaux collaboratifs.

Un monde à court d'utopies ou une société qui n'a plus l'énergie de concrétiser ses rêves n'a plus besoin de ces passeurs, de ces interprètes que sont les ingénieurs.

Pour comprendre l'évolution du profil et des vocations d'ingénieurs, il suffit d'analyser l'évolution des utopies sociales. Dis moi de quel monde tu rêves et je te dirai de quels ingénieurs tu as besoin. Du positivisme béat du XIX^e siècle aux défis sociétaux du XXI^e siècle, l'évolution ressemble à une révolution, nous y reviendrons plus loin.

Le rôle de l'ingénieur et sa formation sont également affectés par la vitesse croissante des innovations technologiques : plus l'évolution est rapide et moins il est imaginable de disposer une fois pour toute du bagage nécessaire. Le diplôme obtenu à 25 ans ne peut plus constituer un passeport pour la vie, tant les connaissances acquises se révèlent rapidement caduques ou insuffisantes. La formation tout au long de la vie devient une impérieuse nécessité.

Sous l'effet de cette évolution, l'industrie de la formation évolue : elle doit conjuguer une approche de type « service public » (donner au plus grand nombre les fondamentaux nécessaires) à une mission personnalisée : répondre au cas par cas aux besoins de la personne et de l'entreprise.

On passe, en matière de formation d'ingénieurs, de la production en grande série de « modèles » standardisés, à l'élaboration de profils et de parcours *ad hoc*, adaptés aux infinies variations des besoins particuliers. Cette formation « à façon » ajoute davantage de valeur ; elle demande aux entreprises de formation que sont écoles et universités de réformer profondément leurs « processus de production ». La connaissance et la compétence ne se « fabriquent » plus aujourd'hui comme hier. Nous sommes en pleine révolution post-industrielle.

C'est ce mouvement extrêmement rapide et déterminant pour l'avenir de nos sociétés que le présent numéro des Annales des Mines voudrait documenter. Les articles qui suivent contribueront, à travers témoignages d'ingénieurs et analyses de responsables d'entreprises et d'institutions publiques à décrypter les enjeux d'une mutation en cours.

Devenir ingénieur : la crise des vocations n'est pas inéluctable

La crise des vocations que connaît aujourd'hui le métier d'ingénieur est inquiétante. La réhabilitation de son image dépend des projets collectifs que l'Europe saura gérer au XXI^e siècle. Or les valeurs affirmées par le Vieux Continent sont empreintes d'un souci particulier pour le développement durable, l'aménagement du territoire, la préservation du patrimoine, la qualité des infrastructures... autant de valeurs communes qui appellent des projets et un développement économique particuliers, et par conséquent des profils d'ingénieurs adaptés à cette demande. La formation d'ingénieurs à l'Ecole nationale supérieure d'Arts et Métiers, en particulier dans son Centre de Cluny, lieu d'innovation et d'expérimentation pédagogique, peut servir d'exemple pour illustrer ces évolutions.

Par **Jean-Luc DELPEUCH**, Directeur de l'Ecole nationale supérieure d'Arts et Métiers de Cluny

INGÉNIEURS À LA FRANÇAISE

Le phénomène est constaté dans tous les pays industrialisés : les formations scientifiques attirent de moins en moins, les facultés des sciences des universités affichent des taux de remplissage en chute libre. De la même façon, souvent à un degré un peu moindre, les formations à la technologie ou à l'ingénierie ne tiennent plus le haut du pavé. Les jeunes sont attirés par la finance, le *consulting*, les métiers juridiques, la communication, le commerce, l'art, les sciences de la vie, la culture, qui font davantage rêver que la technologie. Si l'on part de l'étymologie du mot ingénieur (celui qui s'ingénie, celui qui introduit du génie dans un projet), la crise des vocations que connaît ce métier est inquiétante : correspond-elle à une diminution de l'appétence à innover, à rêver, ou à une incapacité à mettre les rêves en œuvre ?

C'est sans doute ailleurs qu'il faut chercher la cause de ce mouvement de fond.

LA CRISE DES VOCATIONS

L'image que les jeunes se font du métier de l'ingénieur correspond à leur perception du rôle de la science et de la technologie. Après avoir été auréolée par la vision positiviste du XIX^e siècle où science et technique étaient associées au progrès, le XX^e siècle a profondément ébranlé cet optimisme et cette confiance : crise du capitalisme à partir de 1929, folie de la domination et de l'extermination par la puissance militaire et technologique, absurdité des régimes totalitaires planificateurs, conflit entre l'objectif de rentabilité immédiate et les préoccupations relatives à la survie de l'espèce face aux pollutions et aux atteintes à l'environnement.

À l'Est comme à l'Ouest, l'ingénieur a participé aux complexes militaro-industriels et à leur surenchère. L'ingénieur est perçu, à la lumière de cette dérive de la



D.R.

Figure 1 – Enraciné dans une histoire d'enseignement longue de onze siècles, le Centre d'enseignement et de recherche de l'ENSAM de Cluny est, au cœur du réseau ENSAM, un lieu d'innovation et d'expérimentation pédagogique.

logique quantitative et rationalisatrice, comme le complice de la déshumanisation de la société, l'acteur de la taylorisation, de la production en grande série, de l'uniformisation. Il est vu comme le responsable des atteintes à l'environnement.

Si l'ingénieur est perçu comme un responsable de l'évolution du monde, il en est également souvent la victime. Comme l'ouvrier ou le technicien, l'ingénieur fait régulièrement les frais de la rapidité des évolutions technologiques et de la fuite en avant du productivisme. Dans beaucoup d'entreprises, les ressources humaines sont avant tout une charge financière qui prive l'actionnaire de ses revenus : la « restructuration », c'est avant tout la réduction des coûts humains, le licenciement, le chômage. Les ingénieurs en ont été, plus qu'à leur tour, victimes.

Lorsque l'on discute avec des collégiens, des lycéens ou même des élèves-ingénieurs, on comprend que la conception des rapports entre vie personnelle, vie familiale et vie professionnelle est également en jeu dans la désaffection pour l'entreprise et ses métiers. L'ingénieur est perçu comme un rouage de son entreprise, totalement au service de celle-ci, taillable et corvéable à merci. Son activité professionnelle se fait souvent au détriment des autres dimensions de sa vie. Souvent, les enfants d'ingénieurs ne veulent pas revivre ce que leurs

parents leur ont fait subir. Ils ne veulent pas « vivre pour travailler », mais « travailler pour vivre ».

En France, le métier d'ingénieur est de surcroît victime de ses modes de formation. Les classes préparatoires découragent beaucoup de vocations et pas seulement parce qu'il faut beaucoup y travailler, mais surtout parce que ce que l'on y étudie n'a pas un rapport clair avec l'ingénierie au sens de l'aptitude à entreprendre, à innover, à concevoir, à réaliser : beaucoup de théorie ardue, peu de fantaisie, beaucoup d'individualisme et de compétition, peu de convivialité.

Certes, les écoles d'ingénieurs évoluent, elles introduisent dans leurs programmes le développement durable, le travail en équipe, les méthodes par projet, la mobilité internationale, l'enseignement par capacité : mais ces évolutions touchent encore insuffisamment les classes préparatoires, qui constituent ainsi en France un obstacle dont l'aridité masque les évolutions et les progrès réalisés au-delà.

Cette crise annonce-t-elle un déclin inéluctable de l'activité industrielle et de la sphère de l'économie d'entreprise dans les sociétés « avancées » ? Est-elle le signe d'un transfert rapide de la fonction de production puis de conception vers les pays à bas coût de main d'œuvre ? Les ingénieurs de demain seront-ils majoritairement indiens, chinois et coréens et les financiers américains ?

Quelle est la place de l'Europe dans cette évolution ? Comment redonner du sens au métier d'ingénieur ? Comme nous le suggère l'analyse de la crise des vocations esquissée plus haut, l'image de l'ingénieur, parce qu'il est, par essence, réalisateur d'utopie, dépend de la réussite ou de l'échec des utopies qu'il sert. Sa réhabilitation en tant qu'acteur social en Europe dépend de la réhabilitation des projets collectifs que l'Europe saura générer et gérer au XXI^e siècle.

Des médiateurs entre la science et la société

Avec la chute du Mur de Berlin, la vision collectiviste de la société s'est effondrée, or celle-ci était intimement liée avec une perception rationaliste du monde. Les économies soviétiques étaient structurées autour du *Gossplan*, l'Etat et le Parti fixaient les quantités à produire. Les ingénieurs étaient au service de cette immense machinerie, c'est eux qui faisaient fonctionner l'industrie lourde. Ils étaient aussi les héros de la compétition avec l'Amérique pour la conquête des étoiles.

Dans le monde nouveau qui suit la fin de la Guerre froide, alors que l'économie de marché semble être devenue un référentiel universel, la construction européenne pourrait être le creuset d'une nouvelle vision du monde, qui se démarque de plus en plus nettement de celle des Etats-Unis et des autres acteurs mondiaux. Les valeurs affirmées par le Vieux Continent sont empreintes d'un souci particulier pour le développement durable, l'aménagement du territoire, la préservation du patrimoine, la qualité des infrastructures, la santé, la solidarité, la qualité de la vie, la sécurité, la fiabilité, l'importance de la sphère des loisirs. Autant de valeurs qui appellent des projets, un développement économique particulier et par conséquent, des profils d'ingénieurs adaptés à cette demande et à sa concrétisation en services, en produits et en organisations.

Une occasion est donnée aux ingénieurs de devenir des médiateurs entre la science et la société, capables de mettre la technologie au service de valeurs communes. Pour illustrer cette évolution sur un exemple concret, je voudrais faire état des évolutions de la formation d'ingénieurs à l'Ecole nationale supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM), en particulier dans son Centre d'enseignement et de recherche de Cluny que je dirige.

L'ENSAM, HÉRITIÈRE DE L'ÉCOLE D'ARTS ET MÉTIERS DE CLUNY

«Arts et Métiers», ces deux mots pleins de noblesse et d'humanité renvoient à une conception de l'ingénieur du XVIII^e siècle, issue de la vision de son fondateur, François de La Rochefoucauld-Liancourt, esprit curieux et innovant, inventeur de la Caisse d'Épargne et

importateur en France de la vaccine, expert du système pénitentiaire américain, soucieux du développement économique de la France et de la formation d'esprit capable d'y apporter leur contribution.

Son Ecole d'Arts et Métiers fondée à Liancourt, puis à Châlons-en-Champagne, à Angers, à Aix-en-Provence, s'installe en 1901 à l'Abbaye de Cluny, prenant la suite du Collège de Moines, devenu Collège de Cluny après la Révolution, puis de l'Ecole normale de l'Enseignement supérieur spécial, fondée par Victor Duruy en 1866. Victor Duruy, Ministre de l'Education nationale de Napoleon III, était lui aussi un visionnaire, qui avait choisi Cluny «lieu de grandes choses», pour y fonder une école innovante apte à former les professeurs dont la France avait besoin pour sa modernisation et son essor économique. L'Ecole de Cluny était un lieu unique, où l'on dispensait, en plus des humanités et des sciences, une formation professionnalisante à l'économie, aux sciences naturelles, à la technique, aux langues vivantes. Une centaine de futurs professeurs y étaient formés, disposant sur place d'une école annexe où les maîtres en formation faisaient leur apprentissage de pédagogie.

Héritier de ces esprits innovants, enraciné dans une histoire d'enseignement longue de onze siècles, le Centre d'enseignement et de recherche de l'ENSAM de Cluny est, au cœur du réseau ENSAM, un lieu d'innovation et d'expérimentation pédagogique.

Une formation transversale, des parcours thématiques

La formation «Arts et Métiers» consiste en un aller et retour permanent entre théorie et expérimentation, enseignement disciplinaire et formation aux capacités, travail individuel et travail en équipe, recherche et application. L'école dispose, dans le parc de l'Abbaye de Cluny, d'une véritable «usine-école», aux infrastructures technologiques de pointe, souvent mises à disposition de l'école par des constructeurs d'équipements industriels et de machines outils. Les équipes de recherche de l'école sont fortement reconnues par le milieu industriel au niveau international. Elles travaillent en partenariat étroit avec le campus lyonnais, quelques dizaines de kilomètres plus au sud et le campus dijonnais, une centaine de kilomètres plus au nord. A l'école de Cluny, les disciplines centrales sont la conception et les processus de production ; la thématique fédérative est l'innovation technologique pour le développement durable : procédés propres, filière bois, ingénierie numérique et collaborative. La formation y est conçue pour donner aux futurs ingénieurs les capacités en termes de conception, production, gestion et organisation qui pourront s'appliquer dans tous les secteurs de l'industrie et des services. Cette formation transversale se décline en parcours thématiques, permettant la découverte des enjeux d'un ou plusieurs sec-



D.R.

Figure 2 – Le rapport au site, à son histoire, à son environnement est un ingrédient essentiel de l'alchimie de la formation. Les étudiants bénéficient d'une introduction à l'histoire du lieu. Ils découvrent que Cluny a été, depuis 910, un des creusets de l'identité européenne.

teurs d'activité économique : filière bois et matériaux nouveaux, ingénierie des transports, imagerie virtuelle, bâtiment et patrimoine, énergie non émettrices de CO₂, ingénierie de projets et d'affaires, innovation technologique pour le sport, la santé et le handicap. Les étudiants (élèves-ingénieurs, mastériens spécialisés, doctorants, auditeurs de la formation continue) disposent à Cluny d'une qualité de vie extraordinaire sur un campus d'une beauté à couper le souffle. Ils sont, en majorité, logés dans les bâtiments conventuels où ils occupent les anciennes cellules des moines. Dans le parc de 7 hectares, ils disposent de toutes les installations sportives et leur environnement leur permet la pratique de sports de pleine nature ainsi que la participation à l'activité culturelle intense de la Bourgogne-Sud.

Une formation technologique dans un cadre privilégié, creuset de l'identité européenne

Dans ce cadre privilégié, la formation technologique prend un sens particulier. Le rapport au site, à son his-

toire, à son environnement est un ingrédient essentiel de l'alchimie de la formation. Les étudiants bénéficient d'une introduction à l'histoire du lieu. Ils découvrent que Cluny a été, depuis 910, un des creusets de l'identité européenne. Ils comprennent que la science des nombres (arithmétique, géométrie, astronomie, musique), constituant le *quadrivium* médiéval, était au cœur de la formation dispensée par l'école monastique. Ils apprennent que Gunzo, le moine concepteur de la grande église abbatiale de Cluny, la plus vaste église de la chrétienté, était à la fois compositeur, mathématicien et architecte. Dès leur arrivée à l'école, les élèves-ingénieurs reçoivent une formation aux techniques à l'ancienne pour les crépis et les enduits à la chaux, afin de pouvoir participer, dans le cadre de leurs activités d'intégration, aux chantiers de rénovation et de maintenance du cloître, etc. Pour permettre à ceux d'entre eux qui souhaitent poursuivre, au-delà du diplôme, l'alliance de la formation technologique et de la culture, l'ENSAM-Cluny a créé un mastère spécialisé « Technologie, Culture et Patrimoine », qui forme des chefs de projets pour la rénovation et la transformation de lieux de patrimoine : réhabilitation de sites classés, éclairage, acoustique, structure, réglementation pour

l'accès du public, connaissance des acteurs de la culture, etc. La perspective du 1 100^e anniversaire de la fondation de Cluny en 2010 permet la montée en puissance de partenariats forts avec le ministère de la Culture et le Centre des Monuments nationaux dans le domaine de l'imagerie virtuelle : Cluny, abbaye européenne de la connaissance, devient un centre de recherche et d'expérimentation sur l'utilisation des technologies de l'image pour la valorisation du patrimoine. Les élèves-ingénieurs participent à ces projets.

Au sein du cursus initial, des sections à horaires aménagés, avec trois demi-journées totalement ou partiellement libérées permettant de conjuguer les études d'ingénieur avec une pratique sportive ou artistique, seront proposées aux étudiants à partir de la rentrée de septembre 2007. De plus, les étudiants sont encouragés à prendre un semestre ou une année de convenance personnelle pour mener à bien un projet qui leur tient à cœur. Une pépinière d'entreprises est gérée par l'école et mise au service des étudiants et des diplômés.

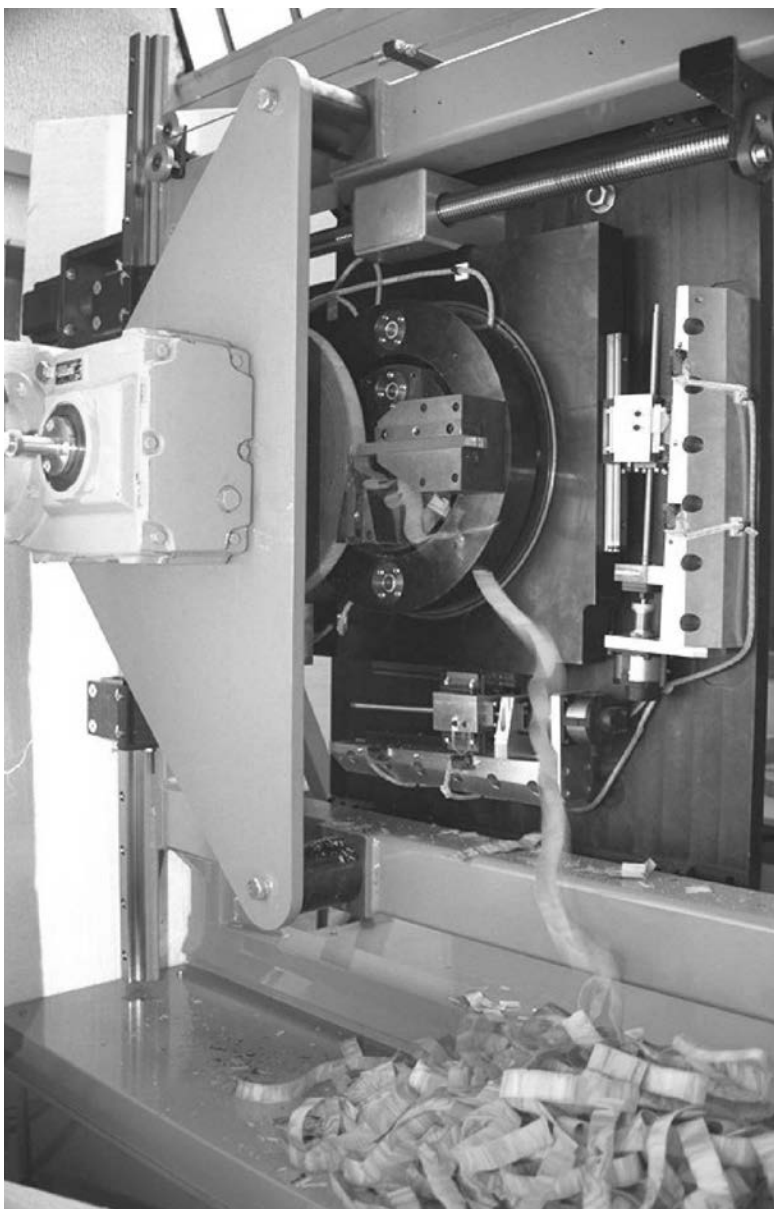
DE NOMBREUX PARTENARIATS UNIVERSITAIRES, INDUSTRIELS ET CULTURELS

L'Europe centrale est devenue en quelques années la région privilégiée de partenariat du Centre ENSAM de Cluny, et des cursus double-diplômants ont été créés

avec les universités polytechniques de Budapest, Prague, Lodz, Brno, Bucarest, Timisoara et Zvolen. Pour ceux qui souhaitent approfondir leurs aptitudes à la gestion de projets industriels multiculturels, l'ENSAM-Cluny a créé un mastère spécialisé en management de projets industriels Est-Ouest, où beaucoup d'entreprises de toutes tailles et de tous secteurs viennent recruter leurs chefs de projets pour le développement de leurs investissements en Europe centrale et orientale, région qui devient très rapidement le creuset du développement de l'industrie automobile et manufacturière en Europe. En plus de l'anglais, de l'allemand, de l'espagnol et du chinois, le Centre de Cluny propose à ses étudiants l'apprentissage du tchèque, du slovaque, du roumain, du hongrois et du polonais.

Le recrutement se fait bien sûr à partir des classes préparatoires, mais une proportion croissante d'élèves-ingénieurs est recrutée à partir des IUT ou dans le monde professionnel. La formation continue et en séminaires pour les cadres est d'ailleurs très active à Cluny, dans le cadre de partenariats industriels avec des entreprises comme Schneider Electric, Areva, Seb, Mikron, Gaz de France, qui apportent également leur participation à la rénovation du site conventuel.

En amont de la formation que l'ENSAM-Cluny donne à ses étudiants, la diffusion de la culture technologique, de l'esprit d'innovation et de conception dans les lycées, les collèges et les écoles primaires et maternelles est une activité importante du centre de Cluny. Un partenariat pilote a été noué avec l'IUFM de Mâcon.



D.R.

Figure 3 – A l'école de Cluny, les disciplines centrales sont la conception et les processus de production ; la thématique fédérative est l'innovation technologique pour le développement durable : procédés propres, filière bois, ingénierie numérique et collaborative.

Dans le cadre de leur formation, les élèves-ingénieurs interviennent, en soutien des maîtres des écoles, pour la réalisation de projets d'initiation technologique, consistant à définir le cahier des charges d'un objet rêvé par les enfants d'une classe, à réaliser cet objet en association avec les enfants et les maîtres, et à l'utiliser pour acquérir, par le jeu, des notions simples de physique. Les étudiants de l'ENSAM sont également sollicités pour intervenir dans les lycées, en tutorat, pour soutenir des élèves en difficulté scolaire et pour leur donner l'envie de poursuivre des études supérieures technologiques.

Sur le site conventuel, l'École et ses partenaires organisent de nombreux colloques internationaux, tant sur des thématiques technologiques que dans le domaine culturel et artistique : colloque sur l'imagerie numérique au service du patrimoine, conférence sur l'usinage à grande vitesse des aciers à hautes caractéristiques, assemblée générale du réseau des sites clunisiens, colloque sur le philosophe Emmanuel Levinas, universités européennes d'été sur des thématiques touchant à la citoyenneté européenne, festival de jazz, festival de musique classique, séminaire de formation pour la gestion de sites patrimoniaux, semaines de la Chine, etc.

Un port d'attache pour un nombre croissant d'entreprises

Le Centre ENSAM de Cluny est une illustration des évolutions en cours pour rénover une formation d'ingénieurs longtemps perçue comme archaïque et sclérosée, et la transformer en une offre attractive et ouverte, pluridisciplinaire et en adéquation avec les évolutions de la société et des entreprises. Au cours des six dernières années, les effectifs du centre sont passés de 260 étudiants à plus de 400, l'attractivité internationale a

considérablement progressé, de nouvelles formations ont été ouvertes. Aujourd'hui, le Centre ENSAM de Cluny est financé à 60 % sur ressources propres (hors subventions publiques). Les principales ressources sont la formation continue, le transfert de technologie, l'organisation et l'accueil de séminaires et d'événements culturels, la gestion de la résidence et du restaurant universitaires, les opérations de mécénat et de partenariat industriel.

C'est grâce à la valeur ajoutée de son personnel que l'école peut dégager les ressources permettant la qualité de l'équipement et de l'accueil de ses étudiants. Souvent les étudiants contribuent eux-mêmes à la production de richesse au bénéfice de l'école, dont ils sont des acteurs importants et des partenaires centraux, acteurs de leur formation et de la vie du campus.

Ainsi, le Centre d'enseignement et de recherche de l'ENSAM de Cluny est-il devenu un port d'attache pour un nombre croissant d'entreprises, qui viennent y chercher de nouveaux équipages, de nouvelles compétences, de nouveaux équipements, de nouvelles connaissances, un lieu de ressourcement et de rencontres pour parler de l'avenir de la technologie en Europe.

REPENSER LES TERMES DU CONTRAT SOCIAL

Non, la crise des vocations scientifiques et technologiques n'est pas inéluctable ! L'inversion de la tendance est possible, pour autant que l'on redonne un sens à la formation, qu'on l'ancre dans des valeurs et dans un projet de société. La société européenne de la connaissance est là, défi passionnant, occasion de repenser les termes du contrat social, moteur de nouveaux projets susceptibles de donner sens à de nouvelles vocations d'entrepreneurs et d'innovateurs.

La naissance de l'ingénieur généraliste

L'exemple de l'École des Mines de Paris

L'exemple de l'histoire de l'École des Mines de Paris permet de retracer les origines de la notion d'Ingénieur généraliste. La conception de l'Ingénieur « généraliste » s'est d'abord inscrite dans les faits bien avant d'être formulée en ces termes et, en 1847-49, les graines du modèle sont déjà semées. Elle s'est ensuite constituée par étapes : le tournant de 1849 rompt le modèle mono-professionnel ; celui de 1949 (invention et multiplication des options qui ne « déterminent pas impérativement le placement ultérieur de l'optionnaire ») explicite véritablement le modèle généraliste universel dont la logique est portée à maturation avec la réforme de 1966 et sans lequel le développement de la recherche n'aurait probablement pas été possible, du moins dans son étendue actuelle. Le modèle généraliste universel doit pouvoir être revisité en fonction des données et des problèmes qu'imposent les transitions scientifiques et sociales d'une époque.

Par **Armand HATCHUEL**, Professeur à l'École des Mines de Paris (1)

L'Ingénieur issu des Grandes écoles françaises est « un généraliste de haut niveau ». Cette notion renvoie à la variété des activités qui attendent un ingénieur dans une économie moderne et complexe, et à laquelle il doit être préparé. Mais l'expression reste mal comprise et doit être souvent explicitée. Or, dire ce qu'est un « ingénieur généraliste » n'est pas chose facile et l'on mesure vite cette difficulté lors des débats internationaux sur la formation des ingénieurs. Certes, on pourrait détailler le contenu des enseignements d'une école, mais il resterait encore à expliquer ce qui a conduit à de tels choix.

Ce modèle pédagogique place aussi les responsables des écoles face à des questions délicates. Quels enseignements retenir pour être suffisamment généraliste ?

Quelles parts accorder aux contenus scientifiques ou professionnels dans l'enseignement d'une discipline ? Quelle ampleur accorder aux sciences économiques et sociales ? À ces questions, les réponses ne peuvent être que complexes et transitoires, car les frontières d'un « savoir généraliste » dépendent de l'état d'ensemble des techniques et des formes de l'activité économique. D'où viennent un modèle de formation aussi exigeant et une appellation aussi abstraite ?

(1) Remerciements : ce texte a bénéficié des remarques de Jacques Lévy, directeur de l'École des Mines de Paris, ainsi que des commentaires d'Hélène Vérin au cours d'un séminaire de recherches organisé par Robert Salais et Dominique Foray. Enfin, la présentation qui en a été faite au séminaire de l'école à Dourdan nous a permis de recueillir d'utiles compléments.

Ce sont de telles interrogations qui nous ont amenés, sur l'exemple de l'École des Mines de Paris, à retracer à grands traits les origines de la notion d'ingénieur généraliste.

Nous verrons que la conception de l'ingénieur « généraliste » s'est d'abord inscrite dans les faits bien avant d'être formulée en ces termes. Elle s'est constituée par étapes, en s'élargissant progressivement et en s'imposant parfois à des pédagogues qui, craignant ses dangers, croyaient pouvoir assigner des bornes à cet élargissement. A chacune de ces étapes, les débats ont d'abord porté sur le contenu scientifique et technologique des enseignements. Ils ont ensuite suscité l'invention de structures pédagogiques de plus en plus flexibles, qui permettaient à leur tour l'introduction de nouveaux contenus. C'est cet apprentissage que nous allons tenter de suivre dans une école qui ne partage qu'avec un très petit nombre d'institutions la particularité d'être née à l'aube de deux révolutions.

UNE RECHERCHE LIMITÉE

Auparavant, il nous faut marquer les limites de ce travail. Il ne s'agit pas ici d'une histoire « totale » de l'école, de ses crises, de ses professeurs ou de ses élèves. Un ouvrage, même fort épais, n'y suffirait pas. Nous avons simplement cherché à suivre les évolutions et les ruptures du contenu des cours et des modalités pédagogiques. Pour cela nous avons utilisé, en premier lieu, les notices de présentation de l'école, notices régulièrement publiées par l'école depuis deux siècles. Elles livrent trois sortes de documents : les textes de présentation de la mission de l'école, la description des structures d'enseignement et des résumés plus ou moins précis de chaque cours. Ce matériau ne restitue pas la vie intime de l'école, mais pris sur deux siècles, il livre déjà plus d'indications et d'hypothèses que nous ne pouvions en examiner dans ce court essai (2).

Mention particulière doit être faite de la notice historique fort utile de Louis Aguillon. Professeur de Législation, il a rédigé en 1889, à la demande du Conseil de l'école, une histoire de celle-ci encore sans équivalent pour les époques suivantes. La commande faite à Aguillon intervenait après une réforme importante de l'enseignement et résultait déjà du besoin de retrouver à travers l'itinéraire fort riche de l'institution un sens quelque peu brouillé ; besoin qu'Aguillon ne cache d'ailleurs pas : « *On s'explique mieux la raison d'être des choses actuelles lorsque l'on sait à la suite de quelles circonstances elles ont été établies* ».

De ces divers éléments, nous avons dégagé, du moins en première approximation, quatre « modèles pédagogiques » dont la succession permet de comprendre la genèse du modèle actuel. Mais avant de les analyser,

(2) Par ailleurs, certaines de ces notices s'accompagnent de rapports plus détaillés sur l'École.

examinons l'évolution des termes avec lesquels l'école a défini sa mission durant deux siècles.

QUAND L'INSTITUTION DOIT DIRE CE QU'ELLE FAIT...

Toutes les notices commencent par définir la mission de l'école. On y trouve une philosophie d'ensemble de l'enseignement et des références aux textes réglementaires. Ces formules sont souvent reprises d'une année à l'autre et certaines survivent pendant des décennies. Mais, le caractère routinier de ces textes a son avantage. Il renforce la signification de la formule nouvelle et ce sont ces grands glissements du discours que nous allons rapidement évoquer.

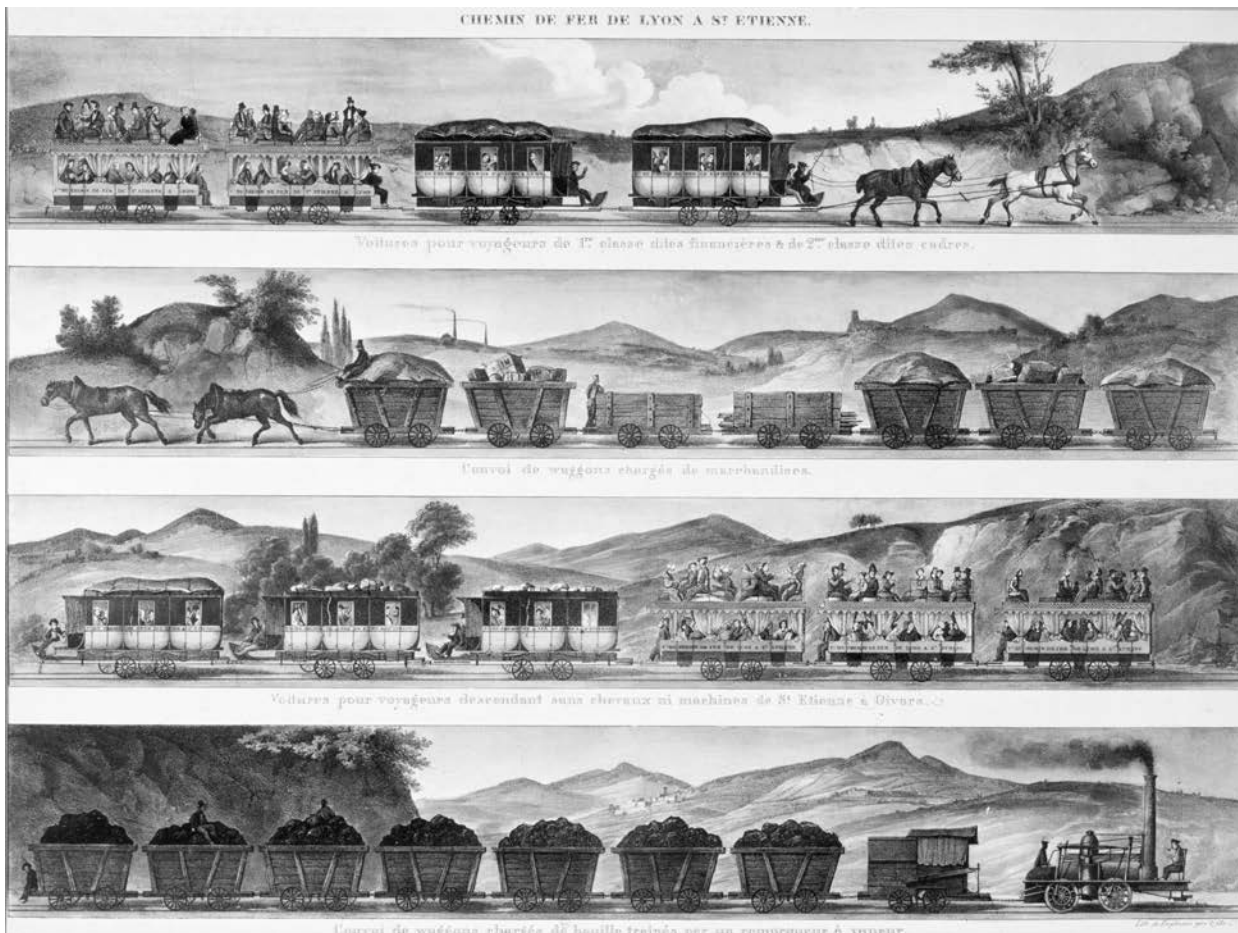
L'arrêt fondateur du 19 mars 1783 adopte une méthode d'exposition dont les particularités ont souvent été signalées. L'école est définie par une liste d'enseignements précis et par un règlement intérieur stipulant clairement certaines méthodes pédagogiques. Le destin des élèves est tout tracé et l'objet de l'école en découle naturellement. Il s'agit de former des « *inspecteurs et sous-inspecteurs des Mines* » capables de conduire ou de contrôler les concessions minières du Royaume. La tourmente révolutionnaire qui vient ensuite n'épargnera pas l'école et, après plusieurs péripéties, s'élabore une organisation appelée à durer.

En 1816, l'Ordonnance Impériale institue désormais deux catégories d'élèves bien distinctes : aux élèves-ingénieurs destinés au recrutement du corps de Mines viennent s'adjoindre ceux que l'on appelle alors des « *élèves externes envoyés soit par les préfets soit par les concessionnaires de mines ou propriétaires d'établissements métallurgiques afin de former des directeurs d'établissements ou d'usines* ». Le projet relatif à la première catégorie d'élèves sera toujours laconique et ne variera plus. En revanche, le modèle de formation des « élèves externes » ne cessera plus d'évoluer. C'est à ce modèle que nous nous intéresserons et, pendant plus de 170 ans, les deux catégories d'élèves suivront des cursus identiques.

Des directeurs de mines et d'usines... aux cadres supérieurs...

Tout au long du XIX^e siècle, ce modèle variera peu : en 1867, les élèves sont toujours préparés à être « *des directeurs de mines et d'usines* ».

En 1900, la formulation s'élargit. Elle perd de sa simplicité et l'on sent poindre des débats difficiles. Il s'agit désormais de « *donner l'instruction technique aux jeunes gens qui pourvus d'une solide instruction scientifique veulent se préparer aux diverses carrières de l'industrie* ». Le champ ainsi défini semblant un peu trop vaste, le rédacteur précisera plus loin qu'il s'agit « *essentiellement d'industrie minérale* ».



© BRIDGEMAN-GIRAUDON

Le chemin de fer Lyon Saint-Etienne, 1829. Dès 1846, un cours de chemin de fer est créé à l'Ecole des Mines. Mais on ne peut manquer de se demander ce qui se serait passé si l'Etat avait alors créé un corps spécial des chemins de fer, comme il le fit plus tard dans d'autres domaines. Quoi qu'il en soit, avec ce nouveau cours sur les chemins de fer, on quitte définitivement le modèle mono professionnel. Et on voit bien comment, sur l'exemple des chemins de fer, l'école perd sa clôture initiale sur l'activité minière, mais tente malgré tout de conserver sa visée professionnelle.

En 1912, la restriction précédente est définitivement abandonnée. La présentation s'attache à replacer l'Industrie minérale dans un grand secteur industriel aux contours un peu flous. L'école doit former des « ingénieurs ou directeurs d'exploitation de mines, d'usines métallurgiques ou électriques, de chemins de fer, de fabriques de produits chimiques, etc.

En 1949, on découvre une légère variante de la formule précédente. Le « etc. » qui suit « produits chimiques » fait place à l'évocation d'un espace additionnel de référence : « ...et de toutes industries exigeant les mêmes connaissances ». La périphrase est intéressante, car l'élève est cette fois défini par ses connaissances et non plus par son activité future. Si cet ajout n'apporte pas grand chose, il a valeur de signal : c'est le monde industriel dans toute sa variété qui peut bénéficier des talents des élèves de l'école.

En 1954, un nouveau pas est franchi, car dans la liste des débouchés mention est aussi faite des « banques », mais cela ne dure pas.

En 1958, les industries d'accueil font encore l'objet d'une tentative de définition. Il s'agit des « industries de production et de première transformation de l'Energie, des matières premières minérales, notamment les industries

extractives, les industries du groupe métallurgie, sidérurgie et les industries gravitant autour de ces dernières ». L'expression n'est guère meilleure; en revanche, on voit apparaître une nouvelle désignation du statut des ingénieurs dans les entreprises : ils sont considérés comme « aptes à servir de cadres supérieurs ». L'école adopte ainsi le vocabulaire socio-professionnel qui se développe depuis 1945 (Arrêtés Parodi) et abandonne l'ancienne appellation de « chef d'établissements ou de directeur d'usine ». Le terme de « cadres supérieurs » est aussi bien utile pour résumer la multiplicité des postes de responsabilité que peuvent occuper les futurs ingénieurs.

...puis à l'ingénieur généraliste

Depuis, le Rubicon a été franchi. Aujourd'hui, on ne donne plus de liste de débouchés, et la notion de « cadres supérieurs » est trop restrictive. Le raisonnement qui part des débouchés futurs pour en déduire la formation requise est désormais inversé. On insiste d'abord sur les connaissances acquises car elles ouvrent le plus large potentiel d'activités possible. Ainsi, le

récent décret du 8 octobre 1991 précise que l'école doit former des ingénieurs « *possédant des compétences scientifiques, techniques et générales de haut niveau les rendant aptes à exercer des fonctions de responsabilité dans l'industrie et l'Administration* ».

L'espace d'intervention n'a plus de limites. Cet espace n'est d'ailleurs pas revendiqué, il est simplement constaté. L'Ingénieur civil des Mines est un généraliste par la formation qu'il a reçue, mais aussi par l'activité éclectique et couronnée de succès de ses anciens. L'universalité extrême de la formule n'échappe pas à ses auteurs, et certaines notices en nuancent la portée en rappelant l'existence d'une « *vocation normale* » des élèves : « *l'Industrie reste leur vocation normale même si la haute administration de l'Etat, l'enseignement ou la recherche peut avantageusement les accueillir* ».

En deux siècles, l'école a ainsi construit des formulations de plus en plus abstraites de son objet. L'arrêt fondateur stipulait une activité industrielle (la mine), une responsabilité (inspecteur ou directeur), et une liste restreinte d'enseignements. Chacun de ces termes s'est aujourd'hui considérablement complexifié, au point que les mots manquent. Comparé à son « ancien » du début du XIX^e, l'Ingénieur civil des Mines a donc largement gagné en capacité de métamorphose ce qu'il a perdu en identité.

Quoique importantes pour l'image de l'école, ces formules reflètent-elles son activité réelle ? Pour s'en rendre compte, il faut aller à l'essentiel. Autrement dit, examiner les enseignements dispensés et les structures pédagogiques. Un premier constat s'impose : *les définitions de l'Ecole ont souvent été en retard par rapport au contenu des enseignements*. Ainsi, n'est-ce pas 1900 comme le suggèrent les notices introductives que le modèle « généraliste » commence à poindre mais bien plus tôt, avant même le milieu du XIX^e siècle.

A suivre les enseignements, « l'histoire pédagogique » de l'école nous semble présenter quatre grandes phases qui sont autant d'extension du modèle initial : le modèle mono professionnel 1783-1849, le modèle professionnel élargi 1849-1887, le modèle généraliste sectoriel 1887-1949, le modèle généraliste universel de 1949 à nos jours. Ce sont ces quatre modèles pédagogiques que nous allons maintenant étudier.

LE MODÈLE MONO PROFESSIONNEL : 1783-1849

L'arrêt du 19 mars 1783 laisse, on l'a vu, peu de marges de manœuvres. Il s'agit de former des « Inspecteurs et sous-inspecteurs des mines » et les enseignements à pourvoir sont directement reliés à l'exercice supposé de ces responsabilités.

Quatre chaires principales constituent, durant toute cette période, l'enseignement de l'école : *Exploitation des mines et machines, Métallurgie, Minéralogie docimastique, Minéralogie et Géologie*. Ces grandes chaires vont connaître une longévité d'autant plus étonnante que les

premières décennies de l'école sont marquées par de nombreux bouleversements. A peine née, l'école est suspendue en 1790 ; elle sera reconstituée en 1794 au moment où le corps des inspecteurs des Mines reçoit ses nouveaux statuts administratifs (arrêté du 6 juillet 1794). Le calme n'est pas encore au rendez-vous. La création de L'Ecole polytechnique (22 octobre 1795) inaugure un nouveau paysage scientifique et institutionnel qui brouille la vocation de l'école. Désignée comme le haut lieu de la « théorie », la nouvelle « X » semble reléguer l'école des mines dans une mission essentiellement « pratique ». Cette logique trouvera avec l'Aigle napoléonien sa mise en application radicale : l'école de Paris est démantelée en février 1802, pour être installée à Pesey en Savoie près d'un petit bassin minier qui sera exploité par les élèves et les professeurs de l'école (3). Il faudra attendre la fin de l'Empire et l'occupation de la Tarentaise pour que soit mis fin à cette « Ecole pratique du Mont-blanc ».

Avec le retour en 1815 et l'installation de l'école à l'Hôtel de Vendôme, s'ouvre enfin une histoire apaisée. L'épisode savoyard ne faisait cependant que pousser à son extrême limite l'orientation professionnelle de l'école, orientation qui sera réaffirmée dans les nouveaux statuts de 1816-17. Ceux-ci distinguent, on l'a vu, « *les élèves-ingénieurs destinés au corps des mines* » et « *les élèves externes* » dont on veut faire « *des directeurs d'établissements ou d'usines* ». Le souci d'un enseignement directement adapté au métier futur est tel, que les élèves externes sont invités à « *indiquer l'espèce de mines ou d'usine à la conduite de laquelle ils se destinent, afin que les études de chacun puissent être dirigées vers la partie qu'il aura préférée* » (Arrêté du 3 juin 1817). Selon Aguillon, de telles dispositions n'ont jamais été vraiment mises en œuvre, et l'on s'en tiendra à l'enseignement commun à tous les élèves, aux quatre grandes matières fondamentales qui ne connaîtront aucune modification ou aucun ajout avant le milieu du siècle. Il faut dire que de 1794 à 1832, l'école aura été conduite par un conseil de trois inspecteurs, dont les membres varieront peu.

En 1834, avec l'élargissement de ce conseil, et le développement des pouvoirs de l'Inspecteur (directeur), l'école est munie d'un cadre administratif et d'installations rénovées. Elle reste attachée à un objectif mono professionnel sans ambiguïté, mais elle va devoir affronter les vagues d'innovation techniques et sociales qui avaient, depuis sa naissance, pris leur essor.

LE MODÈLE PROFESSIONNEL ÉLARGI (1849-1887) : LA RUPTURE DE 1849

Pendant les premières décennies du siècle, les professeurs de l'école donnent à la minéralogie ses lettres de

(3) On avait aussi envisagé une autre implantation à Geislautern, où une mine sédimentaire aurait fait le pendant de la mine métallique de Pesey. Mais cette implantation n'a jamais fonctionné.

noblesse, et font de la géologie une discipline autonome. Mais, autour d'eux, un monde industriel nouveau s'installe à grands pas. En 1814, Stephenson construit la première locomotive à vapeur ; en 1823, la ligne St-Etienne-Andrézieux pour l'évacuation du charbon de la Loire est construite par l'Ingénieur des Mines Deaumur ; en 1825, le premier train de voyageurs relie Manchester à Liverpool ; en 1837, Les Perreire ouvrent la ligne Paris – Saint-Germain. Derrière les chemins de fer, c'est une cohorte de nouveaux êtres techniques et de machines qui s'avance; ce sont aussi des questions inédites d'organisation, de tarification, et de sécurité ;

mins de fer, une telle école n'aurait jamais manqué de débouchés – en 1870, les compagnies de chemin de fer occupent en France des dizaines de milliers de personnes dont environ 2 % occupent des postes de responsabilité supérieure (4). Mais, en 1840, qui peut prédire cette expansion ? Qu'est-ce qui pouvait justifier un enseignement de « Chemins de fer » à l'École des Mines en dehors des applications de cette technique dans l'industrie minière où elle avait vu le jour ? Ecoutez Aguilon : « *Dès le début des chemins de fer, on avait attiré sur eux l'attention des élèves... , mais à mesure que les chemins de fer prenaient plus de développe-*



© École des Mines de Paris

C'est à la fin des années 60 que commence l'aventure de la recherche à l'École des Mines de Paris, avec la création de nouveaux établissements (Fontainebleau, Corbeil, Sophia-antipolis) et le développement de centres de recherche et passation des premiers contrats avec l'industrie.

c'est, enfin, la mécanique et la thermodynamique qui entrent au rang des « nouvelles merveilles des arts et des sciences ».

L'affaire des chemins de fer

Quelle attitude adopter face à ce déferlement de nouvelles connaissances et de nouveaux problèmes ? Fallait-il renvoyer ces questions à une nouvelle « école des chemins de fer », comme on avait jadis créé une École des Mines ? La logique du modèle mono professionnel aurait dû plaider en faveur d'une telle solution. Et si l'on considère l'ampleur de l'industrie des che-

ment... , le besoin d'un enseignement se faisait d'autant plus sentir que les ingénieurs des mines étaient appelés au contrôle des voies ferrées... ».

Ainsi deux logiques interagissent ici sans que l'on puisse savoir laquelle prévaut véritablement. S'agissait-il de fournir aux élèves externes la connaissance d'une activité industrielle nouvelle, et l'on penserait à une première recherche de polyvalence (5) ? Ou s'agissait-il de tirer les conséquences des nouvelles attributions admi-

(4) Cf. l'article « Chemins de Fer » du dictionnaire des Arts et Manufactures de Charles Laboulaye.

(5) La toute jeune École Centrale introduit un Cours de Chemin de Fer dès 1838, alors qu'elle ne forme pas d'Ingénieurs de l'État (cf. K. Chatzis, 1992).

nistratives du Corps des mines à savoir le contrôle des concessions des Compagnies de chemins de fer ? Ces deux logiques allaient ici dans le même sens et, dès 1846, un cours de chemin de fer est créé. Mais on ne peut manquer de se demander ce qui se serait passé si l'Etat avait alors créé un corps spécial des chemins de fer, comme il le fit plus tard dans d'autres domaines.

Quoi qu'il en soit, avec ce nouveau cours sur les chemins de fer, on quitte définitivement le modèle mono professionnel. Mais que fallait-il y enseigner ? Les techniques liées au chemin de fer sont multiples et les nouvelles compagnies innovent sur bien des points. Aussi, le premier enseignement de chemin de fer comporte-t-il deux grands volets : l'un touchant à l'exploitation, l'autre à la construction (voies, ouvrages d'art...). Mais la doctrine pédagogique de cet enseignement n'est pas facile à définir, et l'attachement au modèle professionnel reste encore vif : « *Le conseil de l'Ecole avait tout d'abord insisté pour que ces conférences [sur les chemins de fer] n'eussent pas une forme théorique, mais consistassent exclusivement en un exposé des faits pratiques et des détails de construction* ». L'examen de la notice de 1869 nous semble confirmer qu'un tel parti a été respecté. La 43^e leçon (le cours dure toute l'année) traite parmi bien d'autres questions : « *les stations de rebroussements, les gares de bifurcation, les gares de voyageurs, les gares de la rive droite à Versailles, la gare de Saumur, les gares du chemin d'Auteuil..., les grues Armstrong dans les gares anglaises...* ». On voit bien comment, sur l'exemple des chemins de fer, l'école perd sa clôture initiale sur l'activité minière, mais tente malgré tout de conserver sa visée professionnelle.

Simultanément, d'autres inquiétudes lui viennent de ses propres disciplines traditionnelles. Celles-ci se développent et s'approfondissent au-delà, semble-t-il, des besoins de l'art de l'Ingénieur. C'est le cas du cours de paléontologie dont l'introduction, un an avant celle des chemins de fer, soulève les protestations au sein du conseil : « *On craignait qu'on ne détournât l'Ecole de sa destination en faisant des naturalistes plutôt que des ingénieurs* ».

D'autres sollicitations s'imposent aussi. Les premières grandes lois sur le travail ouvrier (1841), la complexification des règlements miniers et les débats virulents de l'époque autour de la question sociale ne pouvaient passer inaperçus. L'école ouvre alors un troisième front avec la création, en 1848, d'un cours de droit administratif sur les mines qui s'intitulera ensuite « *Cours de législation et d'économie industrielle* ». Là encore, l'ouverture se veut prudente et l'on cherche à éviter toute dérive en s'en remettant cette fois à des enseignants particuliers : « *Le conseil considérant qu'il s'agissait de l'application de l'économie politique aux mines et aux usines avait été d'avis qu'il convenait de confier ces leçons à un ingénieur qui seul pourrait saisir les relations existant entre le droit des Mines et les questions d'art* ».

Elargissement du référent industriel, échappées vers un certain fondamentalisme, introduction de l'économie

Les enseignements de l'Ecole impériale des Mines en 1869

- Exploitation des Mines
- Métallurgie
- Docimasie
- Minéralogie
- Paléontologie
- Géologie
- Exploitation des chemins de fer et construction
- Agriculture, drainage, et irrigation
- Droit Administratif, législation des mines et
- Economie industrielle
- Leçons de Topographie

- Cours préparatoires (élèves externes)

et du droit, toutes ces modifications devaient être confirmées par l'arrêté du 17 avril 1849 qui réforme l'école, après avis d'une commission spéciale.

L'embryon du modèle généraliste

En dehors des nouveaux enseignements que nous avons évoqués, deux mesures sont d'une grande importance : la scolarité est portée de deux à trois ans, et une année de « cours préparatoires » (mathématiques, physique...) fondamentaux est organisée pour les élèves externes (6). Ces cours consacraient la place de plus en plus importante des élèves externes dans l'institution. On échappait ainsi progressivement à l'idée, encore présente en 1849, que ceux-ci n'étaient que le complément d'auditoire nécessaire à la rentabilisation de l'appareil de l'école, appareil trop coûteux s'il n'était destiné qu'aux seuls élèves-ingénieurs du Corps.

Ainsi, au milieu du siècle, l'école a-t-elle ouvert trois grandes brèches qui rompent son destin mono professionnel mais préparent une aventure renouvelée. Avec les chemins de fer, elle découvre la question récurrente du champ d'activité potentiel de ses élèves. La paléontologie lui fait mesurer la tentation stimulante de l'académisme scientifique. Enfin, elle découvre, avec l'économie politique, le besoin de forger ses propres doctrines de l'efficacité ou du social ; et donc, la nécessité de susciter parmi ses propres élèves des vocations dans ces domaines. Il serait exagéré de penser qu'avec le tournant de 1849 les grands axiomes de l'Ecole des Mines « moderne » sont en place. Mais des problématiques nouvelles ont été rodées, et les débats ont permis de situer les grandes alternatives et leurs dangers. S'il fallait

(6) Madame Touret, Conservateur du Musée de l'Ecole, nous a signalé que ces cours étaient aussi rendus nécessaires par le développement, dû à Haüy, d'une cristallographie scientifique.

cependant dater la «conception» du modèle généraliste de l'Ingénieur plutôt que sa «naissance», nous n'hésitions pas : c'est en 1847-49 que les graines du modèle sont semées ; il restait à mener sa gestation (7).

Essais et dérives d'un modèle

Gestation délicate, car le nouveau modèle n'est pas exempt du risque de dérives. Le souci de prendre en compte les transformations industrielles et scientifiques du temps se mêle encore trop au souci de répondre aux missions du corps des mines. Certes, ces missions suivent les transformations techniques ; mais elles évoluent aussi au gré des découpages de l'Administration, ne serait-ce que par la composition des ministères de rattachement. Le modèle d'action qui avait notamment conduit à l'introduction du cours de chemin de fer n'était donc pas sans dangers. Ainsi, en 1848, on insiste soudain sur l'importance des «Eaux minérales», car elles entrent à l'époque dans les attributions des ingénieurs des mines. En 1853, on crée même un cours d'agriculture et de drainage (voir l'encadré sur les enseignements de l'Ecole en 1869) : «*la mode, paraît-il, était au drainage et plusieurs ingénieurs des Mines s'en étaient occupés volontairement avec succès dans leurs services...*». Ce cours persistera jusqu'en 1873 où l'on s'avisera alors, après examen des écoles allemandes, qu'il vaut mieux s'en tenir «*au côté plus théorique des relations du sol et des eaux avec la géologie*».

Il y avait donc un problème de doctrine pour l'élargissement du modèle pédagogique, et les élèves de l'Ecole ont ainsi étudié l'agriculture pendant deux décennies ! De même, si la défaite de 1870 ou la Commune de Paris, ne modifient pas l'orientation de l'école, on leur devra cependant un cours de fortifications et d'artillerie qui dureront une décennie.

LE MODÈLE GÉNÉRALISTE SECTORIEL (1887-1949)

En dehors de ces essais discutables, la stabilité relative des enseignements après 1850 ne signifie pas pour autant absence de projets novateurs. Mais il semble que leur réalisation nécessitât l'accumulation de petites évolutions avant qu'une réforme globale ne s'impose. Ce processus trahit-il une certaine rigidité de l'Ecole ? Probablement, mais il faut aussi rappeler que la plupart des cours sont assurés par des professeurs titulaires de chaires et qu'il fallait rien moins qu'un décret pour en créer de nouvelles. Aussi voit-on une nouvelle vague de

réformes, et une refonte de l'enseignement mise en chantier entre 1880 et 1900.

La réforme de 1887

Comment s'en étonner ? Une révolution technologique et industrielle aussi forte que son homologue anglaise de 1780 caractérise cette fin de siècle. Les nouveaux enseignements constituent donc à la fois un élargissement à des disciplines récentes, et l'éclatement en spécialités des enseignements plus anciens. Cette fois, la question des activités du corps des Mines est peu prégnante : domine au contraire le souci des carrières propres aux ingénieurs civils (dont la dénomination est officielle en 1890).

Deux créations marquantes : le cours de chimie industrielle (créé par Henri le Châtelier) en 1887, et le cours d'applications de l'électricité, en 1889. Il s'agit là de domaines où depuis deux décennies les percées sont spectaculaires (pour la chimie, synthèse de l'alcool en 1860, procédé Solvay pour la fabrication de la soude en 1866, et pour l'électricité, machine magnéto-électrique de Gramme et théorie de Maxwell en 1869).

Parallèlement, on spécialise. Le cours de géologie devient le cours de géologie générale tandis que se crée un cours de géologie appliquée (1887), suivi plus tard en 1900 d'un cours de pétrographie. Le cours d'exploitation des mines donne naissance à un cours de machines, et celui de chemins de fer à un cours de construction mécanique. Enfin, en 1885, le cours de législation se scinde en législation, d'une part, et économie industrielle, d'autre part. Ce dernier cours existait déjà à l'Ecole des Ponts. Il est créé par Emile Cheysson, l'un des grands avocats, à la suite de Le Play, de l'économie sociale et de la méthode monographique dans les sciences sociales. Nous avons là le premier enseignement purement économique de l'histoire de l'Ecole.

Pour autant, on s'efforce toujours de limiter les développements nouveaux, et l'on s'attache essentiellement à leurs retombées sur le secteur industriel de référence pour l'école. Ainsi le cours de chimie industrielle est vu seulement comme «*l'occasion d'étudier le traitement des substances minérales autres que métallurgiques*», quant au cours d'électricité, on s'efforce de n'y voir officiellement que «*l'embryon d'un cours de mécanique appliquée où les machines électriques prennent leur place au côté de leurs homologues hydrauliques ou thermiques*».

Un nouveau champ d'action

En 1890, L'école à nouveau réformée croit avoir maîtrisé cette seconde évolution. Elle pense avoir pu conserver l'orientation professionnelle et pratique qui était la sienne, tout en ayant adapté son enseignement.

(7) L'Ecole des Mines n'est pas la première à opérer cet élargissement. En effet, l'Ecole Centrale est aussi créée, en 1829, sur un projet de nature «généraliste». Mais il est frappant de constater qu'au milieu du siècle l'Ecole qui avait le projet initial le plus étroit offre une palette d'enseignement aussi variée que celle de Centrale (cf. Chatzis, op. cit.).

Aguillon reconnaît que les tensions centrifuges sont fortes mais il croit que l'on peut les contenir. Il peut donc conclure son « histoire » par un optimisme serein : « *Le conseil de l'école et l'administration sont tenus à rester dans les spécialités qui expliquent et justifient l'existence des Ecoles des Mines, ils n'ont pas cédé à la tentation, en étendant par ailleurs les programmes, de paraître tout enseigner au risque de ne rien apprendre aux élèves* ».

En 1900, Adolphe Carnot, Inspecteur de l'école, insiste à son tour sur la nécessité de résister à un élargissement excessif : « *les réformes ont eu pour principal but l'accroissement de cours, répondant à des branches nouvelles ou récemment développées de l'Industrie... On a évité de trop élargir le cadre des études pour ne pas faire une préparation générale et forcément insuffisante à toutes les carrières de l'industrie ; on s'est attaché au contraire à approfondir le plus possible toutes les connaissances qui se rattachent à l'industrie minière...* ». On ne saurait mieux définir le modèle que nous avons appelé « *généraliste sectoriel* ». Ce modèle impliquait un abandon et une reconstruction :

- abandon du modèle professionnel, même élargi, au profit d'un concept plus ouvert, celui d'une formation préparant aux diverses carrières d'un « *secteur d'industries fortement interdépendantes : mines, usines métallurgiques ou électriques, fabriques de produits chimiques, etc.* » ;
- reconstruction d'un parti pédagogique à partir de deux grands principes ; d'une part, la transmission d'un ensemble de connaissances générales constituant « *une solide instruction scientifique* » ; d'autre part, le maintien et l'amplification de méthodes pédagogiques actives héritées du modèle professionnel (« *Voyages, travaux de laboratoires, projets détaillés* »).

L'Histoire ne s'arrêtant pas, il ne fallut pas beaucoup attendre pour que ces principes soient à nouveau mis à l'épreuve.

Nouvelles prudences dans l'adaptation

Depuis 1890, un flux d'industries nouvelles, et non des moindres, envahit le monde économique. Avec l'automobile et l'aéronautique, c'est le monde manufacturier, celui des horloges et des instruments, celui des machines-outils et du montage qui occupe un poids nouveau dans la dynamique industrielle. Que faire ? Fallait-il initier des enseignements substantiels, comme on l'avait fait jadis avec les chemins de fer ? La formule retenue est, cette fois, plus prudente.

En 1910, des conférences d'automobilisme et d'aviation sont instituées, mais on jugera qu'elles sont facultatives pour les ingénieurs externes. Leur contenu est-il devenu trop inutile ? Elles disparaîtront une dizaine d'années plus tard. En revanche, les tendances à la spécialisation continuent à agir : vers 1912, le cours de métallurgie se scinde en sidérurgie et métallurgie des

métaux non ferreux (voir l'encadré sur les enseignements de l'école en 1912).

De 1912 à 1945, le modèle semble stable : a-t-il permis d'absorber les bouleversements économiques et industriels profonds du temps ? Il n'y aura pas, hélas, beaucoup de temps pour tirer des bilans approfondis : deux guerres mondiales et une grave crise économique ne favorisent certainement pas la réflexion pédagogique. Signalons cependant deux innovations institutionnelles touchant directement l'école : la création du titre d'Ingénieur en 1934 et l'attribution de ce titre aux élèves de l'École polytechnique (décret du 10 octobre 1937). Cette seconde réforme a pour effet immédiat de transformer les élèves-ingénieurs du corps des Mines en « *ingénieurs-élèves* ». Ce changement ouvrait probablement la voie à une formation spécifique pour ceux qui étaient désormais des ingénieurs-élèves. Jusqu'alors, la séparation des deux populations semble n'avoir jamais été envisagée favorablement. En 1900, Adolphe Carnot la repoussait encore (peut-être contre certains projets...) non sans fermeté : « *On a eu soin de maintenir la communauté des études et du régime intérieur entre les élèves-ingénieurs, futurs ingénieurs de l'Etat, et les élèves externes, futurs ingénieurs de l'industrie active, malgré leur différence d'origine. Cette communauté d'instruction, au point de vue moral comme au point de vue technique, exerce assurément une très heureuse influence sur l'esprit des uns et des autres* ». Il faudra d'ailleurs attendre les années soixante pour que cette séparation entre dans les faits.

LE MODÈLE GÉNÉRALISTE UNIVERSEL : 1945 À NOS JOURS

La période qui s'ouvre dans l'immédiat après-guerre est indiscutablement celle d'une prise de conscience lucide préparant le mouvement. Les derniers efforts réels ou affichés pour maintenir un modèle de formation en stricte correspondance avec un secteur industriel de référence apparaissent désormais illusoires.

1949 : l'invention des options

Dès 1949, une nouvelle conception pédagogique se développe, s'exprime, et va influencer la structure même des enseignements de l'école. Une formule lapidaire résume cette philosophie : « *On peut définir l'enseignement de l'école par un enseignement technique général* ». Les attendus de cette orientation se résument à un constat négatif : « *l'évolution et le développement extrêmement rapides de l'industrie – particulièrement des industries minières et métallurgiques – n'autorisent plus l'espoir d'approfondir l'ensemble des grandes techniques et des sciences qui pourraient être nécessaires aux élèves* ». D'ailleurs, sur le terrain, « *l'ingénieur est confronté à une spécialisation beaucoup plus poussée qu'autrefois...* ».

Face à ce constat, l'école aurait pu suivre le mouvement de spécialisation, mais cette réponse est refusée. Un autre raisonnement est esquissé : l'ingénieur est inévitablement un spécialiste dans l'exercice d'une activité particulière, mais il y a trop de spécialités pour qu'on puisse les enseigner en détail même si on se limitait à un seul secteur industriel. On en déduit alors une stratégie pédagogique nouvelle : « *on préparera donc les élèves à la gamme des spécialisations... on ne sacrifiera pas la formation au profit de la technologie... on n'évitera pas un difficile compromis... et l'essentiel sera dans la méthode de travail... et dans la prise de conscience de sa mission de réalisateur par le futur ingénieur* ». Ces visées générales auront une traduction opératoire par la structuration en trois stades de la formation :

- « *une formation générale* » faite de compléments théoriques (mathématiques, physique et chimie) et d'une initiation aux sciences naturelles (minéralogie et géologie) dont il est dit « *qu'elles visent à éveiller chez les élèves les facultés d'observation trop souvent atrophiées par l'intense formation antérieure* » ;
- « *l'enseignement de techniques générales* », techniques dont « *la possession est nécessaire quelle que soit la spécialisation ultérieure* » ; dans cette catégorie on range la résistance des matériaux, les cours de machines et d'électricité, mais aussi et c'est à noter, les cours de législation, d'économie générale (ce cours inauguré par Maurice Allais succède en 1945 au cours d'économie industrielle) et de comptabilité (créé aussi en 1945) ;
- *un enseignement « spécialisé »* pour lequel deux spécialités sont créées, que l'on dénommera « *options* » (exploitation des mines et sidérurgie).

Ce triptyque constitue une théorie sophistiquée et flexible des savoirs à transmettre. Sophistiquée, parce qu'une large part de l'enseignement assoit le modèle généraliste sur un socle solide et universaliste. Sophistiquée, aussi, parce que l'option permet de conserver certains avantages du modèle professionnel des débuts : « *Dans chaque option, outre un complément d'enseignement spécialisé, les élèves se consacrent sous la direction personnelle du professeur (...) à l'étude approfondie d'une question précise. Le but de ces options est de donner aux élèves l'occasion d'exécuter un travail concret sur un sujet limité, travail dépouillé de tout caractère scolaire et qu'on lui apprend à traiter dans l'esprit qui doit être celui de l'ingénieur d'usine* ».

Ce sont donc les options qui introduisent la première forme de flexibilité de l'enseignement. Car, en offrant deux cursus distincts, elles innovent radicalement. Après cent cinquante ans de tronc commun intégral, exception faite des conférences facultatives, tous les élèves titulaires ne suivront plus le même enseignement.

Un irrésistible foisonnement

Toujours en 1949, l'école intègre progressivement les mutations industrielles de l'entre-deux-guerres. Un

cours de « projetage » initié au dessin industriel et aux machines-outils ; il s'arrêtera en 1958 (peut-être est-il renvoyé en option). Un cours de « transports » introduit les diverses activités de cette branche. Naissent aussi des conférences de statistique et d'organisation du travail (l'école avait introduit le taylorisme vers 1936 dans le cours d'économie industrielle). Les premières deviendront progressivement un enseignement de tronc commun ; les secondes rejoindront les conférences de sciences sociales nouvellement introduites au tout but des années soixante. Enfin, des séances d'initiation aux marchés internationaux des matières premières sont proposées aux élèves.

La nouvelle brèche ouverte en 1949 est de taille. Elle ne cessera plus de s'élargir avec la multiplication des options et l'évolution de ce concept. En 1954, on veut encore contenir cette variété : « *certains élèves sont exceptionnellement autorisés à remplacer les options mines ou sidérurgie par une option machines, chimie, électricité industrielle, ou géologie* » qui sont dites options « *accessoires* ». Mais, bientôt, les options « accessoires » ne seront plus vraiment exceptionnelles : en 1958, elles sont ouvertes à 25 des élèves.

La définition de l'option s'infléchit aussi. On s'y efforce toujours « *d'apprendre aux futurs ingénieurs à résoudre un problème... analogue à ceux qui se présenteront à lui dans sa carrière d'ingénieur* ». On admet encore que « *les options orientent vers une spécialité* », mais on se refuse dorénavant à y voir une professionnalisation précoce : « *elles (les options) ne déterminent pas impérativement le*

Les enseignements de l'École en 1912

- Exploitation des Mines
- Métallurgie
- Analyse Minérale
- Métallurgie générale
- Chimie Industrielle
- Electricité industrielle
- Machines et construction de machines
- Chemins de fer
- Minéralogie
- Pétrographie
- Paléontologie animale
- Paléontologie végétale
- Géologie
- Géologie Appliquée
- Construction et Résistance des Matériaux
- Législation des Mines
- Economie industrielle
- Topographie
- Hygiène
- Automobilisme et Aviation

- Cours préparatoires

placement ultérieur de l'optionnaire». Une réforme permet en 1955 l'introduction du « semestre » comme période d'organisation des enseignements, ce qui accroît la flexibilité de l'enseignement et une plus grande diversification des cours.

La réforme de 1966 et l'arrivée de la recherche

De 1955 à 1966, la France connaît une croissance exceptionnelle. Mais c'est aussi le temps de plusieurs révolutions scientifiques et sociales. Citons, pêle-mêle, l'explosion des mathématiques appliquées et de la recherche opérationnelle, l'arrivée du génie nucléaire, de l'informatique, de la microscopie électronique, du transistor et des circuits intégrés, le développement des matières synthétiques, l'émergence de l'aéronautique à réaction ou de la conquête spatiale sans oublier la consolidation progressive des sciences économiques et sociales, ou la diffusion du *marketing*.

Le choc est rude. Mais les éléments mis en place depuis le début des années cinquante vont permettre de s'y adapter. Quant à la perspective d'ensemble, elle sera résolument universaliste. C'est elle qui inspire la réforme de 1966 (8). Cette réforme comporte principalement :

- l'introduction des « enseignements spécialisés » qui sont des enseignements offerts au libre choix des élèves, à charge pour chacun d'obtenir par semestre un certain nombre d'unités de valeur ;
- la structuration des enseignements en six départements (mathématiques, physique, mécanique, science de la terre, exploitation des mines et organisation, métallurgie, chimie, électricité, sciences humaines) ;
- la constitution d'un cursus d'option étalé sur deux ans, les options se construisant aussi bien par un secteur d'activité industriel, par un champ disciplinaire, que par une orientation thématique ; en 1967, on compte déjà dix options qui sont mathématiques appliquées (géostatistique), physique, machines, géologie, mines-organisation, mines-mécanique des roches, métallurgie physique, métallurgie extractive, chimie, électrotechnique.

Le modèle mis en place porte à maturation la logique de ce que nous appelons un « modèle généraliste universel ». L'école conserve des spécificités indéniables (le département sciences de la terre, les options mines...), mais sa structure lui permet de couvrir la quasi-totalité des grands champs scientifiques et techniques, sciences sociales et humaines comprises. De plus, la flexibilité du modèle joue à plein. Les évolutions incessantes des savoirs et des problématiques peuvent être désormais absorbées de différentes manières : par l'introduction

d'enseignements spécialisés courts intervenant sur un seul semestre, par une modification des contenus des options, par la restructuration des départements. Autant de leviers utiles pour re-concevoir « incrémentalement » les contenus sans toucher au modèle d'ensemble. A vrai dire, dès 1967, la liste des enseignements dispensés devient considérable : on en compte alors une cinquantaine et ce nombre, autant que celui des options, connaîtront ensuite une forte croissance (aujourd'hui on compte 16 options).

L'entrée en scène de la recherche

C'est aussi à la fin des années 60 que commence l'aventure de la recherche : création de nouveaux établissements (Fontainebleau, Corbeil, Sophia-antipolis), développement de centres de recherche et passation des premiers contrats avec l'industrie. Le développement de l'activité de recherche suivra l'étendue et la souplesse du spectre disciplinaire de l'école. On y retrouve aussi bien des recherches relevant des secteurs industriels traditionnels de l'école, des travaux portant sur des techniques générales (mathématiques appliquées par exemple), ou des centres dédiés aux sciences économiques et sociales (incluant les problèmes de gestion et d'organisation des entreprises). Mais, avec la recherche, c'est aussi une extension sans précédent et une modification profonde du personnel enseignant de l'école qui s'effectue. Cette nouvelle aventure est trop récente et trop complexe pour que nous puissions même tenter d'en dégager les grandes lignes. Elle mériterait à elle seule une étude. Nous nous contenterons d'insister ici sur le fait qu'un développement de la recherche n'aurait probablement pas été possible, du moins dans son étendue actuelle, sans la maturation du modèle généraliste universel qui s'amorce en 1949.

GÉNÉALOGIES D'UN MODÈLE

Quels enseignements tirer d'un tel essai d'histoire ? Chacun peut à sa guise accorder une importance relative aux différents faits que nous venons de rapporter. Pour notre part, nous voudrions insister sur trois points qui nous semblent susceptibles de nuancer certaines idées reçues ou d'éclairer les débats à venir.

Tout d'abord, l'ingénieur généraliste tel qu'il s'élabore à l'école des Mines n'est ni la mise en application d'un modèle national de l'ingénieur, ni l'enfant d'une vision des sciences et des techniques proche de l'Encyclopédie, ni la conséquence du déclin des activités minières comme on le croit trop souvent. Il est le produit d'une histoire longue et d'un ensemble de tensions que l'on peut spécifier. Ainsi, l'École des Mines de Paris n'est pas généraliste à sa naissance ni même pendant ses cinquante premières années d'existence. Or, bien avant la

(8) A laquelle on ne saurait manquer d'associer Raymond Fischesser et Pierre Laffite, alors directeur et directeur adjoint, le second étant aussi l'initiateur des premières leçons de sciences sociales.

naissance de l'école, les ingénieurs les plus marquants du 17^e et du 18^e siècles, sont d'authentiques généralistes : Vauban, Belidor, Smeaton s'intéresseront aussi bien au génie civil, qu'à l'hydraulique, où à la science des machines. L'école (à l'instar des Ponts) innove donc, à rebours du modèle généraliste, en inventant un modèle mono professionnel parfaitement délimité à l'exercice d'une responsabilité administrative. Or, ce modèle ne sera pas tenable, on l'a vu, précisément parce que deux logiques contradictoires sont à l'œuvre :

- des tensions centrifuges provenant soit de l'évolution des techniques; soit, surtout au XIX^e siècle, de l'élargissement parfois surprenant des missions des ingénieurs du corps de mines ; paradoxalement, le lien organique à une activité professionnelle aura contribué à l'élargissement des contenus ; mais le modèle généraliste universel ne concerne aujourd'hui que la formation des ingénieurs civils (la formation spéciale des élèves du corps créée au début des années soixante relève d'autres principes non étudiés ici) ;
- un souci constant d'unité et de cohésion de l'école qui poussera notamment à maintenir pendant cent cinquante ans un contenu d'enseignement uniforme pour tous les élèves et, donc, à ne pas éclater l'école en départements autonomes par spécialité.

Soumise à ces deux logiques, l'école inventera à chaque fois des modèles pédagogiques adaptés, mais chaque grande transformation du monde économique et technique a été et sera une épreuve pour l'ensemble de l'édifice.

Deuxième point, l'école prend vite conscience de la difficulté qu'il y a à penser un enseignement soumis en permanence à des poussées centrifuges. Mais la rigidité initiale de ses structures l'oblige à évoluer que par à-coups. Des adaptations partielles s'accumulent au fil des ans, constituant autant de poussées qui brutalement imposeront une réforme d'envergure venant à la fois donner un statut aux innovations et reconstruire l'ensemble des enseignements dans une perspective plus novatrice. 1849, 1887, 1949, 1966 sont autant de mouvements actuels de ce type. Ces dates correspondent évidemment à quelques années près aux grandes révolutions industrielles traditionnellement reconnues. Mais, les tournants de 1849 et de 1949 méritent d'être considérés comme des points d'inflexion particuliers. Le premier parce qu'il rompt le modèle mono professionnel, le second car il explicite véritablement le modèle généraliste universel.

Quant à la réforme de 1966, elle va bien plus loin que la consolidation d'un modèle pédagogique. Certes, l'école est dotée d'une structure flexible permettant une innovation continue et foisonnante. Mais, elle s'ancre désormais dans un milieu de chercheurs qui organise sa relation au monde extérieur d'une manière nouvelle et

originale. Aussi le modèle généraliste universel de l'enseignement a-t-il été le point de départ d'une mue plus radicale : l'école s'est métamorphosée en ce que l'on pourrait appeler un « institut des sciences pour l'ingénieur » (9).

Mais, et c'est le troisième point, toutes ces réformes témoignent aussi d'une vérité à appeler à durer : l'évolution de l'école exige un haut niveau de réflexion et d'invention pédagogique. Le modèle généraliste universel n'a pas de substance, pas de repères simples ou durables, il doit être revisité et reconstruit en fonction des données et des problèmes qu'imposent les transitions scientifiques et sociales d'une époque. Le modèle actuel n'achève donc pas l'histoire de l'école. Il ne constitue que la première forme du modèle généraliste universel. Si sa flexibilité lui permet de s'adapter au nouveau, encore faut-il que ce nouveau puisse être introduit en conservant l'unité d'ensemble.

Tout au long de son histoire, l'école s'est attachée à n'introduire de nouveaux enseignements qu'à condition de disposer d'enseignants capables de réorganiser le contenu de leur discipline en fonction d'une logique spécifique et d'une perspective d'ensemble commune. Les premiers grands cours innovateurs : chemins de fer, paléontologie, économie industrielle ont tous adopté un parti original. On peut penser que le lien étroit entre recherche et enseignement, formé dès le début des années 70, a jusqu'ici permis la genèse de tels enseignements. Il a donc contribué directement à maîtriser le foisonnement et les dérives inévitables du modèle généraliste. Ce lien constitue donc un dispositif fondamental du modèle, dispositif qui jouera certainement un rôle essentiel dans les inévitables dépassements du modèle des années soixante qu'il faudra encore conduire. Nous savons tous à quel point le monde a changé depuis cette époque.

RÉFÉRENCES

Sur l'Ecole des Mines de Paris

- Arrêt fondateur 1783.
- Programme des cours de l'Ecole Impériale des Mines 1869.
- L'Ecole des Mines de Paris. Notice Historique par Louis Aguillon, Dunod Paris 1889.
- Notice sur l'enseignement de l'Ecole nationale supérieure des Mines par M. Adolphe Carnot, 1900.
- Notice de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, 1912.
- Notice de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, 1924.
- Notice sur l'organisation de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, 1936.
- Notice sur l'organisation de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, 1945.
- Notice sur l'organisation de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, 1949.

(9) En 1969, le rapport Gaudin pour la Commission Dejou évoque « Les Ecoles des Mines : le MIT français ? ».

- La formation des ingénieurs des Mines en France. Rapport spécial pour l'Unesco, 1954.
- Notice sur l'organisation de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, 1958.
- Programme des enseignements de l'Ecole des Mines de Paris, 1967.

Sur l'histoire des ingénieurs

- Konstantinos Chatzis, «La naissance d'une nouvelle figure : l'ingénieur civil et l'Ecole centrale», note de recherche Latts Ecole des Ponts des Chaussées, 1992.
- André Grelon, «Les ingénieurs de La crise», Editions de l'EHESS, Paris, 1986.
- Annick Ternier, André Grelon, «Chronologie des Ingénieurs (1744-1985)» in André Grelon, «Les ingénieurs de La crise», Editions de l'EHESS, Paris, 1986.
- Antoine Picon, «L'invention de l'Ingénieur moderne», Presses de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.
- Hélène Vérin, «La gloire des ingénieurs», Albin Michel, Paris, 1993.

ParisTech et la formation d'ingénieurs « à la française »

Les grandes écoles d'ingénieurs de Paris, regroupées au sein de l'association ParisTech, ont décidé de s'unir selon un mode fédératif, afin d'améliorer leur visibilité à l'international et la lisibilité de leurs diplômes. Mais comment concilier cette nouvelle structure, générant une nouvelle politique de marque autour du label ParisTech, et de véritables délégations de responsabilité de la part des écoles, avec l'image traditionnelle de chacune des écoles et leur culture fondée sur la différenciation et la spécificité ? Quelle conduite du changement est à adopter, dans la mesure où il ne peut pas s'agir d'un processus « top-down », ni fusion-acquisition de type privé, ni mécano institutionnel de type administratif ? Comment également promouvoir une dynamique propre en matière d'enseignement supérieur scientifique et technologique, avec son indispensable dimension de recherche, sans revisiter les liens avec les grands organismes de recherche, et renforcer le partenariat avec les universités de proximité ?

Par **Cyrille van EFFENTERRE**, Directeur de l'Engref, Secrétaire de l'association ParisTech

Les processus en cours de mondialisation des échanges économiques et intellectuels, la compétition internationale en matière de recherche, la mobilité croissante des compétences impactent évidemment les dispositifs d'enseignement supérieur et de recherche qui, même s'ils se trouvent encore pour la plupart dans la sphère publique, doivent affronter de plein fouet la concurrence internationale, qu'il s'agisse du marché des diplômes, des étudiants, des chercheurs ou des professeurs.

Dans cette sphère concurrentielle, le marché génère des critères de comparaison plus ou moins discutables, des palmarès plus ou moins sérieux, mais exige des normes, des accréditations, des processus d'assurances qualité... Cet effet est général et n'épargne évidemment pas la France. Il a été d'abord ressenti dans le domaine de la recherche, universelle par nature, puis par les entreprises, par les écoles de management et de commerce, et il percute avec retard depuis une dizaine d'années les écoles d'ingénieurs, et en particulier les plus grandes,

INGÉNIEURS À LA FRANÇAISE

qui avaient pu se sentir plus protégées par leur réputation dans le contexte national, et l'excellence de leur recrutement traditionnel. Mais les temps ont changé, et la nécessité de l'exportation des compétences et des diplômés oblige les écoles à se positionner à l'international.

Elles sont d'autant plus touchées par ce mouvement que les critères dominants sont l'excellence de la recherche académique (traditionnellement assurée en France par l'Université et les instituts de recherche fondamentale), la visibilité internationale (en partie proportionnelle à la taille de l'établissement et à l'éventail des domaines couverts, alors qu'en France, les écoles d'ingénieurs ont plutôt cultivé la spécificité et l'adéquation à un secteur d'emploi), et la lisibilité des diplômes, c'est-à-dire le respect des standards internationaux d'origine anglo-saxone.

FORCES ET FAIBLESSES DES PRODUITS PÉDAGOGIQUES DES GRANDES ÉCOLES D'INGÉNIEURS À LA FRANÇAISE

Le modèle des grandes écoles d'ingénieurs à la française dispose pourtant d'atouts considérables, qui ne se limitent pas à la seule différenciation par rapport à la norme, et qu'il convient de ne pas minimiser si l'on veut le défendre et assurer son avenir :

- tout d'abord, une très grande sélectivité initiale, qui permet d'appuyer l'enseignement sur une très forte culture scientifique et technique de base et sur une capacité de travail élevée, de rentabiliser les moyens mobilisés en évitant des échecs tardifs et donc coûteux, et de focaliser efficacement la formation sur la professionnalisation des élèves et sur des acquisitions de comportement ;
- ensuite un projet pédagogique particulier, visant à une forme d'intégration des connaissances et à l'acquisition de capacités d'ensemblier et de manager, la formation d'ingénieur « généraliste » s'opposant ainsi à une formation de spécialité étroite et se caractérisant aussi par une place significative laissée aux économie et sciences sociales, communication et management... ;
- une ingénierie pédagogique très développée et exigeante, rendue possible par la concentration des moyens sur des petits nombres d'élèves, et tournant autour de travaux en équipe, d'exercices de mise en situation, d'études de cas, de stages en entreprise, etc. ;
- un lien très fort avec les secteurs d'emploi des diplômés, avec une prise en compte spécifique dans la formation des attentes du monde industriel, des entreprises et des services.

Mais une réflexion stratégique doit aussi comprendre une identification sans concession des points faibles de l'état actuel.

Il y a d'abord des faiblesses intrinsèques aux formations délivrées :

- l'ouverture internationale insuffisante des formations, avec encore trop peu d'enseignants étrangers, un manque de contacts avec d'autres cultures, la faiblesse de la pratique des langues étrangères ;
- les difficultés à organiser des formations à l'interface entre des disciplines couvertes par des établissements d'enseignement différents, comme par exemple le domaine de l'environnement, qui doit mobiliser des ressources pédagogiques en chimie, sciences de l'eau et de la terre, écologie, économie, ou celui de la gestion des risques industriels (physique chimie, droit, économie et sciences de gestion) ;
- le manque de confrontation avec la recherche (lien faible avec les labos, culture insuffisante dans le domaine de l'innovation, peu de doctorants issus des cursus d'ingénieurs).

Cette faiblesse de l'articulation avec la recherche réside également dans le fait qu'en France la recherche est assurée essentiellement par de grands organismes de recherche, mobilisant l'essentiel des moyens et des grands équipements, et dont le lien avec les structures d'enseignement est faible. Or les critères de *ranking* internationaux reposent en bonne partie, on l'a déjà dit, sur les résultats (brevets, publications) et la réputation des chercheurs. Par ailleurs, la recherche conduite en propre dans les écoles souffre également d'une dispersion préjudiciable. C'est souvent le cas des mathématiques appliquées, des sciences de gestion, de l'économie : sait-on par exemple que le rassemblement des économistes des écoles de ParisTech représenterait, en nombre, une force comparable à celle de la *London school of economics* ?

Il y a aussi la « faiblesse » extérieure des diplômés :

- les grandes écoles françaises, même les plus prestigieuses, sont mal connues à l'étranger, car de trop petite taille ;
- l'intitulé du diplôme lui-même, qui peut être à tort assimilé à un diplôme basique d'ingénierie, et la non-reconnaissance de la spécificité de la formation reçue ;
- la mise en place du standard européen LMD (*licence-master-doctorat*), inspiré du standard international (*bachelor-master-phD*) ne change théoriquement rien pour le diplôme d'ingénieur, qui vaut grade de master, mais complique encore un peu sa promotion.

Le nombre et la valeur des étudiants étrangers sont de bons indicateurs de la reconnaissance du diplôme à l'échelle internationale, en particulier par les grandes entreprises multinationales. Or les écoles rencontrent des difficultés à recruter d'excellents étudiants, hors du champ des anciennes colonies françaises, voire de la francophonie.

Enfin, il y a l'aspect financier : les écoles d'ingénieurs françaises, *a fortiori* les « très grandes », disposent certes de moyens financiers, par élève, très favorables par rapport aux autres formations supérieures françaises, ce qui ne leur permet pas facilement de revendiquer des moyens supplémentaires, mais elles souffrent d'une faiblesse relative, notamment en matière de recherche, par

rapport aux universités technologiques concurrentes ou comparables au niveau mondial.

QUELLE SOLUTION CHOISIE PAR PARISTECH ?

Devant un tel challenge, onze grandes écoles d'ingénieur de Paris (1), regroupées au sein de l'association ParisTech, ont fait le choix d'une coopération renforcée entre des établissements qui conservent leur autonomie, mais construite autour :

- d'une politique de marque commune, et d'une promotion collective, notamment à l'international ;
- d'une mutualisation de moyens propres ;
- d'une articulation des formations d'ingénieur ;
- d'une construction en commun de nouvelles formations de niveau master ;
- de la promotion d'un doctorat labellisé ParisTech, à destination du monde de l'entreprise et des services.

La politique de marque se fonde d'abord sur un label reconnaissable (ParisTech), associant Paris, image de luxe et d'excellence, à une connotation technologique revendiquée, à l'instar de grandes références comme le MIT ou CalTech. Le conglomerat qui s'en réclame compte environ 12 000 étudiants, et 3 000 enseignants ou chercheurs, et présente donc une taille comparable aux institutions du même type (Cambridge, MIT...). La promotion d'une telle enseigne est évidemment une tâche collective et génère au passage des économies d'échelle en matière de communication et, partant, de recrutement à l'international. D'ores et déjà, le recrutement des écoles en Chine est organisé collectivement, les élèves étant ensuite ventilés selon les spécialités recherchées.

Ce label ParisTech recouvre un large éventail de domaines de spécialisation dans le domaine des sciences et des technologies, allant des mathématiques appliquées aux sciences du vivant, en passant par la mécanique ou la chimie. ParisTech, en s'appuyant sur la qualité de ses formations existantes, reconnues par l'Etat, prévoit d'offrir dans ces différents domaines la panoplie de diplômes : diplôme d'ingénieur en trois ans, diplôme national de master professionnel ou de recherche, en deux ans, doctorat, compréhensibles à l'étranger : *master of engineering*, *master of science*, *phD*. Des gains en matière de pédagogie sont évidents, qu'il s'agisse de modules communs, de langues rares, de spécialités à l'interface entre disciplines... Un gros travail

de normalisation des spécificités de chacune des écoles doit cependant être mené, afin d'aboutir à une certaine typicité des différents faisceaux de formation, fondée d'une part sur la filière de recrutement (mathématiques-physique, physique-chimie, sciences biologiques) et, d'autre part, sur des domaines d'emploi.

Par ailleurs, en mobilisant des ressources pédagogiques de plusieurs écoles, ParisTech a construit une quinzaine de masters nouveaux, répondant à des besoins de formation exprimés notamment par des entreprises françaises souhaitant recruter des diplômés étrangers ayant acquis une culture française et une spécialité particulière.

Le projet « ParisTech Libres Savoirs » articule d'une part la mise à disposition gratuite de ressources pédagogiques ou supports de cours et d'autre part la présentation institutionnelle homogène de l'ensemble des Unités d'enseignement et des Programmes « gradués » (niveau master) proposés dans les onze écoles de ParisTech. Cette organisation originale permet d'articuler les trois objectifs forts que nous avons assignés à ce projet : contribuer au partage des savoirs et à l'ouverture sociale, construire une dynamique autour de l'usage des TICE (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement), renforcer la visibilité internationale de ParisTech. La volonté institutionnelle de ParisTech, le travail des enseignants volontaires et des cellules TICE des écoles ont permis en deux ans (novembre 2003 – décembre 2005) de mettre à disposition (en anglais ou en français) à partir du site internet « ParisTech Graduate school » :

- les descriptifs de l'ensemble des Programmes « gradués » proposés par les onze Ecoles (master, master of science, mastère spécialisé, MBA et diplôme d'ingénieur) ;
- les descriptifs homogènes de presque 2 000 Unités d'enseignement de ParisTech ;
- plus de 1 000 ressources pédagogiques contenues dans 130 unités d'enseignement, dans tous les domaines scientifiques et techniques couverts par les onze écoles. Enfin, au niveau doctoral, ParisTech a engagé une action de longue haleine, afin de promouvoir, voire de réhabiliter cette formation aux yeux du monde de l'entreprise et des services, mais aussi d'un public d'élèves ingénieurs qui s'en détournent. Le label ParisTech pour le doctorat viendrait reconnaître, à l'issue d'une thèse délivrée dans le cadre d'écoles doctorales souvent en partenariat avec les universités, une coloration particulièrement professionnalisante obtenue notamment par des modules de formation spécifiques délivrés au sein des écoles. Une première session de formation en 2006 a confirmé la pertinence de cet axe de différenciation. Cette construction commune est aussi conçue comme un moyen de mobiliser davantage le financement par le monde de l'entreprise. Ce partenariat, qu'il prenne la forme d'un mécénat, d'un *sponsoring* ou d'une relation contractuelle, est considéré comme normal dans le monde anglo-saxon, mais il reste très limité dans l'hexagone. Les grandes entreprises françaises, qui aident un

(1) ParisTech regroupe à ce jour l'Engref (Ecole nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts), l'ENPC (Ecole nationale des Ponts et Chaussées), l'Ensam (Ecole nationale supérieure d'Arts et Métiers), l'ENSCP (Ecole nationale supérieure de Chimie de Paris), l'ENSMP (Ecole nationale supérieure des Mines de Paris), l'ENST (Ecole nationale supérieure des Télécommunications), l'Ensta (Ecole nationale supérieure des Techniques avancées), l'ENSPCI (Ecole supérieure de Physique et de Chimie de la Ville de Paris), l'Ecole polytechnique, l'INA P-G (Institut national agronomique Paris-Grignon), et l'Ensaie (Ecole nationale de la Statistique et de l'Administration économique).

peu chacune des écoles de ParisTech, ont exprimé clairement leur préférence pour un partenariat à ce niveau d'intégration. ParisTech met donc en place à leur intention une panoplie de moyens d'intervention : bourses de scolarité, chaires ParisTech, fondation ParisTech, recherche partenariale et bourses de thèse finalisées.

Enfin, la structuration en cours se veut également un moyen de renforcer les liens avec les universités de site ou de proximité : au lieu d'être dans une logique d'affrontement idéologique entre formations d'élite et formations de masse, ou d'être dans une dynamique d'attraction gravitationnelle conduisant à la fusion-absorption des formations technologiques d'excellence par une nébuleuse universitaire, ParisTech propose aux universités un partenariat gagnant-gagnant, fondé en particulier sur un adossement dans le domaine de la formation par la recherche.

DES PRINCIPES AU PROJET ET DU PROJET À L'ACTION

A son origine, en 1991, ParisTech était un club de directeurs d'écoles, puis une simple association loi de 1901, dont les membres sont ensuite devenus les écoles elles-mêmes en 2005. En 2006, l'association a modifié ses statuts de manière à améliorer sa gouvernance sur le plan fonctionnel, avec un pilotage opérationnel par actions, et au plan stratégique, avec un conseil d'orientation stratégique regroupant les présidents de conseil d'administration des écoles membres, des associations d'élèves et les principaux partenaires universitaires et de recherche de ParisTech. En 2006, après l'adoption de la loi de programme pour la recherche, ParisTech a décidé d'être candidat au label de « pôle d'enseignement supérieur et de recherche » (PRES) créé par la loi, afin d'évoluer vers une structure encore plus efficiente, du type établissement public de coopération scientifique (EPCS), ou fondation de coopération scientifique (FCS).

En parallèle de cette évolution statutaire, les actions mutualisées se sont progressivement développées : semaines de formation et échanges d'élèves européens, plaquettes de communication et recrutement commun à l'international... En 2006, ParisTech a adhéré au réseau d'excellence IDEAleague, qui regroupe les meilleures universités technologiques européennes, et a fait le choix dans ce cadre d'engager une démarche qualité collective.

Une telle politique de « petits pas », réversibles, crée des habitudes de travail et des réflexes de solidarité, mais nécessite une vision stratégique à long terme. Après avoir rédigé en 2004 un « livre blanc » qui constituait

un document d'intention, ParisTech a engagé en 2005, avec l'aide bénévole du cabinet Mc Kinsey, la rédaction d'un plan stratégique, décliné en programmes d'actions à deux et cinq ans après un travail au sein de trois commissions inter écoles : internationale, enseignement, recherche.

Ce travail en commission permet une appropriation de la démarche de rapprochement, d'origine clairement *top-down*. L'analyse du contexte et la recherche de solutions en commun sont maintenant tout à fait partagées au niveau des équipes de direction. Mais la conduite du changement nécessite l'adhésion des forces vives des écoles, chercheurs et enseignants, et des associations d'anciens. Un séminaire regroupant la plupart des responsables des laboratoires de recherche de ParisTech, tenu en début de cette année, a montré à la fois leur adhésion de principe à la démarche, mais aussi leur forte attente de conséquences concrètes. Ce projet nécessite également le soutien inconditionnel des tutelles, nombreuses, puisque les écoles de ParisTech dépendent en fait de six ministères différents. Enfin, les grands corps techniques de l'Etat, dont les écoles sont traditionnellement le creuset, et qui constituaient leur raison d'être initiale, conduisent eux aussi en ce moment et ensemble une réflexion stratégique sur leur avenir, et semblent soutenir sans hésitation la démarche conduite par ParisTech.

UNE ÉVOLUTION IRRÉVERSIBLE ?

Les modèles étrangers, dont ParisTech s'inspire, proposent l'alternative suivante : soit une structure intégrée, de type institut, comme le MIT, soit le regroupement de collèges autonomes, voire concurrents comme Cambridge. Le choix fait par ParisTech d'une démarche fédérative, à l'image de la construction européenne, et fondée sur la subsidiarité et la délégation progressive de responsabilités, préserve la gouvernance propre des écoles, leur histoire, leurs spécificités. Mais, dans le contexte actuel, où les tensions sont fortes, peut-on continuer à avancer à petits pas, ou ne doit-on pas envisager une évolution irréversible ? Deux idées sont sur la table : d'une part les écoles membres viennent de décider d'intégrer le nom de ParisTech à leur nom de marque, et d'engager chacune un changement du nom officiel, à l'instar de l'INA-PG et de l'Engref, qui dans un proche avenir deviendront AgroParisTech ; d'autre part, ParisTech, devenu établissement public, sera en mesure de délivrer en propre des diplômes de master, et peut-être de doctorat ; mais sommes-nous prêts à une délivrance commune de nos diplômes d'ingénieur ?

Le Groupe des Écoles des Mines à l'international

INGÉNIEURS À LA FRANÇAISE

Face à la concurrence croissante entre établissements d'enseignement supérieur sur la scène internationale, les écoles des mines ont fixé une priorité ambitieuse d'internationalisation de leur enseignement. Les prolongements de cette réflexion ont conduit à une démarche de groupe visant à refondre la pédagogie et à développer de nouveaux « outils », dont les accords de doubles diplômes. Une telle démarche représente des investissements conséquents, humains et financiers et suppose de la part des enseignants chercheurs un effort accru d'adaptation. Le partage des charges par mutualisation des actions est donc, désormais, incontournable et déborde d'ailleurs du cadre du groupe des écoles des Mines (GEM) puisque des collaborations avec ParisTech sont en cours.

Par **Marc CAFFET**, Conseil général des Mines, chargé de la direction de la stratégie des écoles des Mines et **Alain DORISON**, Directeur de l'École des Mines d'Alès, animateur du groupe « International » du Groupe des écoles des Mines

Les échanges internationaux constituent une des traditions les plus anciennes et les plus profondément enracinées du monde de l'enseignement supérieur. Le Moyen Âge a ainsi vu les plus illustres professeurs sillonner l'Europe, passant d'une université à une autre, accompagnés souvent par le cortège de leurs élèves les plus fidèles ; il est vrai que les systèmes d'enseignement supérieur n'avaient pas encore subi l'empreinte des États nations et que la pratique commune du latin facilitait grandement cette fluidité du savoir. Cette tradition de coopération est directement issue du caractère universel de la connaissance, et donc de la production de celle-ci (la recherche) et de sa transmission (la formation), telles que les conçoit la communauté de l'enseignement supérieur. Tout chercheur se doit d'appartenir au réseau des meilleurs acteurs de sa discipline, de travailler au sein d'équipes venant d'horizons très divers, de pratiquer de manière intense l'échange d'informations et la confrontation des points de vue. La science fut ainsi sans doute la première activité humaine

véritablement « mondialisée », bien avant l'économie.

DE LA COOPÉRATION À LA COMPÉTITION DES ÉTABLISSEMENTS SUR LA SCÈNE INTERNATIONALE

Une telle pratique de coopération a bien entendu évolué au fil du temps. À l'origine bâtie sur un faisceau de relations personnelles entre enseignants et chercheurs, de rencontres à l'occasion de colloques ou de travaux menés en commun, elle s'est progressivement structurée autour d'accords ou de conventions entre établissements. Son champ, également, s'est peu à peu élargi, passant du terrain de la recherche à celui de l'enseignement, des échanges d'étudiants et de professeurs, du développement en commun de formes nouvelles de pédagogie, ou encore du partage de cursus de forma-

tion. L'action des Etats, ainsi que tout particulièrement de l'Union européenne a puissamment catalysé ce mouvement de décloisonnement et d'interpénétration des systèmes de formation supérieure, conduisant à une grande diversité de formes et d'outils de collaboration. Le monde universitaire vit actuellement, depuis quelques années, une nouvelle approche de son ancrage dans les réalités internationales : à la pratique des coopérations, toujours présente, est venue se superposer une intense compétition entre établissements sur la scène internationale. Les mots clés de toute stratégie d'un établissement d'enseignement supérieur sont à présent «excellence au regard des critères internationaux», «visibilité et reconnaissance sur la scène mondiale», «attractivité des meilleurs étudiants et des meilleurs professeurs»... La généralisation du recours à de multiples grilles de classement des meilleures institutions mondiales, à l'initiative de publications spécialisées ou de la communauté universitaire elle-même, entretient bien évidemment la volonté de tout responsable d'établissement de se comparer, de progresser, de s'affirmer à l'international. On ne saurait à ce titre passer sous silence le choc causé par la publication du désormais célèbre classement de Shanghai.

Cette compétition apparaît à beaucoup d'égards comme un reflet de celle qui oppose les entreprises ou plus généralement comme un effet de la mondialisation de l'économie.

Ainsi les entreprises multinationales internationalisent l'ensemble de leurs fonctions, y compris la recherche-développement. Elles gèrent au niveau mondial leurs cadres supérieurs, en veillant à y entretenir la pluralité de leurs origines et la mobilité internationale au cours de leurs carrières. Elles conduisent leurs développements dans une logique de projet, au sein d'équipes formées de collègues dont, non seulement les nationalités et les langues, mais aussi et surtout les cultures et les modes de pensée peuvent être profondément différents. Les PME n'échappent pas à ce mouvement d'internationalisation, qu'elles disposent de produits en propre, pour lesquels le seul marché national n'est désormais plus pertinent, ou qu'elles y soient entraînées par le jeu de la sous-traitance ou des relations interindustrielles. S'est ainsi imposée la conviction que l'enjeu principal de toute formation professionnalisante, notamment celle des ingénieurs, était de préparer les étudiants à une plongée dans une activité fortement internationalisée. Former les meilleurs cadres scientifiques et techniques, les meilleurs *managers* en contexte mondialisé est devenu pour tous les établissements l'ambition première ; établir de solides coopérations avec les partenaires étrangers les plus prestigieux en est devenu le moyen. Dernier élément enfin de cette évolution : un mouvement vers un rapprochement, une homogénéisation des systèmes de formation supérieure des diverses zones géographiques. Se comparer, coopérer, échanger étudiants, professeurs, diplômés, suppose en effet que l'on soit suffisamment proche. C'est ainsi que la déclaration commune des ministres européens de l'Education

(Bologne-Juin 1999) a posé les bases d'un système européen de l'enseignement supérieur en insistant sur la compatibilité et la comparabilité des cursus de l'ensemble des établissements. L'organisation de la formation supérieure selon le standard dit LMD (Licence, Maîtrise, Doctorat) en est la principale traduction.

LES OBJECTIFS DU PROCESSUS D'INTERNATIONALISATION DES ÉCOLES

Les écoles des Mines (1) ont vécu cette évolution. Elles disposaient en effet d'un portefeuille copieux de conventions de coopération avec un vaste éventail d'universités ou écoles étrangères. Ces accords étaient toutefois engagés de manière strictement bilatérale et bon nombre d'entre eux, signés au gré des circonstances, n'avaient pas été marqués de suites effectives. C'est au début de la présente décennie que s'est cristallisée leur prise de conscience des enjeux internationaux à l'occasion d'une réflexion menée sur la stratégie qu'elles devraient désormais privilégier. Cette réflexion a mis l'accent sur ce contexte de concurrence croissante entre établissements, dans un cadre non plus mondial, mais européen, si ce n'est mondial ; elle a donc fixé une priorité ambitieuse d'internationalisation de leur enseignement. Les prolongements de cette réflexion, tournés vers la traduction opérationnelle de cette orientation centrale, ont conduit à une démarche de groupe pour assurer la présence de ces écoles à l'international ; cette démarche de groupe n'est bien évidemment pas exclusive d'alliances avec d'autres réseaux d'établissements, tout particulièrement avec Paris Tech. Enfin, il faut souligner que ce projet ne prétend pas à l'originalité puisque la plupart des écoles et universités françaises ont suivi un chemin fort comparable sur la même période.

Dans un premier temps il convient de clarifier les objectifs de ce processus d'internationalisation des écoles. Une telle démarche représente en effet un investissement conséquent, qui conduit à refondre la pédagogie et à développer de nouveaux «outils» ; elle suppose de la part des enseignants chercheurs un effort accru d'adaptation. Il importe donc de cerner soigneusement et sans ambiguïté le pourquoi et le comment de l'action. En outre, former des étudiants étrangers grâce à des ressources provenant quasi exclusivement du contribuable national ne peut se concevoir que si cette action comporte une utilité économique ou sociale, même indirecte pour notre pays.

(1) Le groupe des Ecoles des Mines est constitué de deux Ecoles nationales supérieures des Mines (Paris et Saint Etienne), de quatre Ecoles nationales supérieures des Techniques industrielles et des Mines (Albi, Alès, Douai et Nantes), auxquelles est associée l'Ecole nationale supérieure des Mines de Nancy, composante de l'Institut national polytechnique de Lorraine.

Le premier objectif est de préparer les futurs ingénieurs à une carrière en milieu international, dans des cultures diverses et des modes de raisonnement différents, en les mettant au cours de leurs études en contact durable avec des camarades venus d'autres horizons. Ceci passe, d'une part, par l'accueil d'un nombre croissant d'étudiants étrangers dans nos écoles, d'autre part, par la généralisation d'un passage des élèves français dans une université étrangère. Une cible a ainsi été définie pour l'accueil d'étudiants étrangers : 25 à 30 % d'une promotion environ. Quant aux expériences en milieu universitaire étranger, les formules de stages et plus encore de séjours académiques, en particulier dans un cursus

étrangers ; il convient d'ailleurs de souligner que cette logique doit conduire un certain nombre de ces élèves étrangers à pouvoir mener une première expérience professionnelle sur notre sol. Cet objectif suppose un courant d'échanges réguliers avec des représentants du monde de l'entreprise, afin de déterminer les principales « cibles » géographiques des coopérations à engager, le profil des formations à dispenser et les perspectives d'embauches des étudiants, une fois leur diplôme obtenu. On peut également penser que les étudiants étrangers, une fois diplômés et de retour dans leur pays, constituent d'excellents vecteurs de promotion ou d'implantation des entreprises françaises.



© Lou Linwei / SINOPIX-REA

Les accords de groupe ont vocation à devenir progressivement les principaux supports de l'action internationale du GEM – dont les efforts se concentrent en Chine sur Pékin (Université Tsing-Hua) et Shanghai (Université Jiao-Tong). Ces accords recouvrent des contenus adaptés aux attentes des partenaires : échanges d'étudiants ou d'enseignants, partage de formations et doubles diplômes, thèses de doctorats, programmes de recherche.

de double diplôme, ont été privilégiées. Enfin cette immersion dans un cursus internationalisé doit être consolidée par la présence significative d'enseignants chercheurs étrangers (une cible de 5 % du corps enseignant a été ainsi fixée, en première étape) et, de manière symétrique, par un flux de mobilité des enseignants nationaux au sein d'universités partenaires.

Le second objectif est de fournir à nos entreprises un vivier de cadres aptes à s'insérer dans leurs activités dans les principales zones géographiques où elles sont présentes, et à s'intégrer harmonieusement dans des équipes pluriculturelles. Peu importe à ce stade l'origine de ces cadres, qu'ils soient ressortissants français ou

Un troisième objectif, parfois peu explicité, tient à la volonté de promouvoir le modèle de « l'école d'ingénieurs à la française », qui est souvent méconnu sur la scène mondiale et y apparaît comme une bizarrerie. Le pari ainsi pris est que ces étudiants étrangers formés dans nos écoles deviendront les témoins de l'excellence de ce modèle d'enseignement. Par ailleurs, les échanges internationaux d'étudiants permettent de faire aisément un *benchmarking* des formations tant en matière de contenu et de pratique pédagogique que de niveau atteint par les élèves des écoles.

Une dernière raison doit enfin être mentionnée même si elle ne semble pas encore à l'ordre du jour : élargir la

base des recrutements. Certes, la désaffection des jeunes envers les études scientifiques et techniques, constatée dans de nombreux pays occidentaux dont le nôtre, n'a pas encore affecté de manière significative les entrées dans les écoles d'ingénieurs ; il n'en reste pas moins important de pouvoir disposer d'une base élargie pour leurs recrutements.

LES QUATRE COMPOSANTES DU PROGRAMME D'INTERNATIONALISATION

Quelles actions sont nécessaires à une telle ambition ?

Une lisibilité

La toute première est d'assurer la lisibilité des filières de formation des écoles d'ingénieur, qui ne se prêtent pas spontanément au standard LMD. Elles conduisent en effet à un diplôme d'ingénieur correspondant au degré Master (soit un niveau Bac+5) mais recrutent des étudiants une ou deux années après le baccalauréat, donc en discordance avec le niveau L de la licence. Le cycle doctoral, lui, est davantage en concordance avec la logique dominante sur la scène internationale. Outre le fait qu'il laisse perplexe bon nombre des correspondants de nos écoles, ce système ne facilite pas l'échange d'étudiants avec des établissements étrangers, ni la reconnaissance mutuelle des acquis de formation (par exemple par le mécanisme des crédits ECTS) ou des diplômes délivrés.

Les écoles des Mines se sont donc engagées dans un exercice de recomposition de leurs cursus de formation d'ingénieurs afin de les rendre compatibles avec l'architecture de formation de leurs principaux partenaires. En résumé, il s'agit d'identifier un cycle de niveau Master, correspondant aux dernières années de formation d'ingénieurs, cycle baptisé « Graduate School ». Les options d'approfondissement et les enrichissements thématiques sont concentrés au sein de ce cycle, tandis que les disciplines de base, souvent désignées par la formule de « sciences génériques de l'ingénieur » sont regroupées en amont, à une phase identifiable au cycle de la licence. Si le principe de ce « reformatage » des enseignements semble simple, par contre sa mise en œuvre fut fort astreignante et se déroula sur plus de deux années. Il fallut en effet réaliser une cartographie fine des modules de formation, bâtir la cohérence de leur articulation dans le temps, et redistribuer ces « briques élémentaires » dans le cursus. Le corps enseignant fut l'artisan de cette transition vers la logique du système LMD, véritable socle sans lequel les partenariats établis depuis lors auraient été fort handicapés, et il doit en être remercié.

Parallèlement a été soutenu un effort de présentation de l'offre de formation « consolidée » des écoles des Mines,

sous la forme d'un catalogue décrivant les spécificités de chacune des écoles, mais également les complémentarités entre leurs dominantes thématiques respectives. Ce catalogue, indispensable, est un outil à la fois de dialogue avec les universités partenaires et de promotion auprès des étudiants étrangers.

Des cibles prioritaires

La seconde action est de définir un certain nombre de cibles prioritaires. Cet exercice fut conduit au sein d'une équipe projet constitué de responsables des écoles, en relation avec un ensemble de chefs d'entreprise et les institutions spécialisées (DREE, AFII notamment). Le choix du profil des partenaires, universités « technologiques » ne provoqua bien entendu guère de débats. Le choix des pays cibles, pour sa part, convergea vers l'Asie (Chine et Inde), l'Amérique latine (Brésil et Chili) ainsi que vers la Russie et les pays d'Europe orientale (Pologne). Un tel choix est principalement dicté par un souci de rééquilibrage vers des zones économiques en forte expansion, l'Europe occidentale et l'Amérique du Nord restant fortement présentes dans un portefeuille d'accords établis de longue date.

Cette première analyse est périodiquement affinée pour identifier au sein d'ensembles aussi vastes des bassins favorables au recrutement d'excellents étudiants étrangers, à l'accueil de nos propres élèves et au développement d'entreprises occidentales. A titre d'illustration, les efforts du groupe des écoles des Mines se concentrent en Chine sur Pékin et Shanghai.

A l'évidence, ces choix ne sont pas d'une grande originalité, puisqu'ils sont partagés par la plupart des organismes d'enseignement supérieur ; on y retrouve ainsi le quadripôle BRIC bien connu (Brésil, Russie, Inde, Chine).

Une approche de groupe

Troisième démarche : la volonté d'une approche de groupe. Une école isolée, quelle que soit son aura dans notre pays, a bien peu de chances d'être visible à l'international et d'établir des relations équilibrées avec des ensembles universitaires qui représentent des milliers ou dizaines de milliers d'étudiants ; c'est la conséquence du morcellement du système français des écoles d'ingénieur. Les observateurs s'accordent à estimer qu'un potentiel de 5 000 à 6 000 étudiants, tous cycles confondus, suffit à donner un poids satisfaisant dans des coopérations structurées et durables : or, c'est précisément là la taille du groupe des écoles des Mines (GEM). Première raison, donc, pour que chaque école ne soit pas tentée par l'aventure internationale sous sa seule bannière. Par ailleurs, une action de longue halei-

ne à l'étranger mobilise des investissements, humains et financiers, très importants : voyages, accueil de partenaires, jurys de recrutement, ajustements de la pédagogie, bourses pour élèves étrangers... Le partage des charges par mutualisation des actions est désormais incontournable ; il déborde d'ailleurs du cadre du GEM puisque des collaborations avec ParisTech sont en cours.

S'est donc constituée progressivement une communauté des responsables des relations internationales des écoles des Mines qui conduit de façon coordonnée l'ensemble des opérations pour le compte de l'ensemble du GEM, par un partage des missions exploratoires avec de nouveaux partenaires pressentis ou des campagnes de recrutement à l'étranger. Chacune des écoles, selon l'historique de ses relations, est chargée de piloter l'action vers une institution étrangère ou une zone géographique.

Dans un esprit comparable, a été entreprise l'extension à l'ensemble du GEM des principaux accords bilatéraux réussis. Depuis 2003 cette extension est proposée aux partenaires avec lesquels telle ou telle école avait développé des relations de coopération durables. De tels accords de groupe sont ainsi établis avec des institutions aussi diverses que Georgia Tech (USA), l'École polytechnique de Montréal (Canada), l'EPUSP (Brésil-Sao Paulo), l'USACH et l'UCC (Chili-Santiago) ; en Chine, les universités Jiao-Tong (Shanghai), NUST (Nankin) et Tsing-Hua (Pékin) ; en Inde, les IIT de Delhi, Kânpur, Bombay, Roorkee et l'université de Pune ; en Europe, l'UPC à Barcelone, l'université Strathclyde à Glasgow, Chalmers à Goteborg et l'institut Baumann à Moscou. Ces accords de groupe ont vocation à devenir progressivement les principaux supports de l'action internationale du GEM. Ils recouvrent des contenus adaptés aux attentes des partenaires : échanges d'étudiants ou d'enseignants, partage de formations et doubles diplômes, thèses de doctorats, programmes de recherche.

Précisons que ces partenariats dits « de groupe » ne sont nullement exclusifs d'autres accords que telle ou telle école pourrait développer sur une base bilatérale dès lors que les autres membres du GEM ne trouvent pas d'intérêt à s'y associer.

L'une des priorités de tels accords de groupe est de pousser les feux sur le recours aux doubles diplômes, considérés comme l'une des formes le plus abouties du partenariat entre institutions d'enseignement supérieur : ces doubles diplômes assurent une reconnaissance mutuelle de la qualité des formations et la réputation d'une école s'apprécie en bonne part sur la densité de son réseau de diplômes partagés. Ils apportent également aux étudiants de nombreux avantages au prix d'un allongement des études de seulement quelques mois : fort enrichissement de la formation, immersion durable en milieu universitaire étranger et donc gage pour le futur d'une réelle double culture, participation ultérieure aux communautés et associations d'anciens élèves des deux établissements associés. De manière

complémentaire s'amorcent des projets de co-formation, où plusieurs établissements associent leurs complémentarités pour créer un nouveau cursus sanctionné par un diplôme commun. Ce sont de telles formes d'interpénétration des activités de formation que le GEM tient à développer.

Des campagnes de recrutement

Quatrième composante du programme : mener des campagnes de recrutement d'élèves auprès des institutions partenaires. Le but en est d'accroître la présence d'élèves étrangers et, plus encore, d'en diversifier les origines, au-delà du flux des « admis sur titre » qui rejoignait traditionnellement les écoles des Mines.

La première étape consiste en missions exploratoires avec des universités « cibles » conduisant au principe d'échanges d'élèves. Ces missions, appuyées par les conseils des représentations diplomatiques, par la participation à des salons, par les interventions d'EduFrance ont été conduites dès 2003 en Chine, 2004 en Inde et 2005 au Brésil et au Chili ; elles ont permis la signature de bon nombre des conventions signalées ci-dessus.

Dans le cadre de ces conventions s'est formée une méthodologie, à présent bien rodée, de campagnes de recrutement de candidats sensibilisés à l'avance par l'institution partenaire, sur la base d'épreuves écrites dans les disciplines scientifiques. Ces campagnes se déroulent environ une année avant la date de rentrée prévue afin de permettre aux candidats retenus de se déterminer (ils sont fréquemment sollicités par plusieurs institutions de renom) et, le cas échéant, d'acquiescer les bases de la maîtrise de la langue française. Le recrutement d'étudiants chinois est à présent en plein développement, celui d'étudiants indiens est engagé et celui d'étudiants latino américains s'annonce.

Davantage que le mode de recrutement, c'est en fait toute la fonction d'accueil d'étudiants étrangers qui requiert un investissement important et un professionnalisme accru. Quel niveau de maîtrise du français faut-il exiger pour garantir le suivi de la formation et plus encore l'intégration du jeune étranger dans la promotion ? Comment préparer cette acquisition lors des mois qui précèdent l'entrée en école ? Quelles formes de tutorat personnalisé faut-il mettre en place pour accompagner ces étudiants ? Comment faciliter leur adaptation aux codes culturels et sociaux français, ainsi qu'aux méthodes pédagogiques des écoles ? Quelle place les techniques d'éducation à distance (dans le cadre de la « Grande école Virtuelle ») peuvent-elles tenir dans une pédagogie au service de cette communauté d'étudiants étrangers ? Comment peut-on favoriser la « mixité culturelle » lors des études ? Quel environnement culturel, social, sportif... faut-il ménager à leur profit ? Comment assurer des conditions de vie et de travail décentes à des jeunes souvent issus de pays à

plus bas niveau de vie ? Quelle politique de bourses ? Comment préparer le suivi de ces futurs diplômés tout au long de leur carrière, garder le contact avec eux, les intégrer dans les associations d'anciens élèves ? Autant de questions de fond que les équipes des écoles découvrent peu à peu en s'efforçant d'y apporter des réponses pragmatiques, en échangeant également leurs expériences avec d'autres réseaux confrontés aux mêmes interrogations. Autant de questions également, qui soulignent la difficulté et l'ampleur de cette tâche.

UN POTENTIEL DE PROGRÈS À EXPLOITER

Quatre ans sensiblement après le lancement de ce programme, quel bilan d'étape pouvons-nous en dresser ? Le premier enseignement est le caractère touffu du paysage des relations académiques entretenues par les écoles des Mines. On y recense en effet 346 conventions établies avec 254 institutions partenaires de 43 pays, soit un portefeuille à un niveau quasi identique à celui de 2003. Il est clair que les écoles sont dans l'incapacité de faire vivre de manière active un tel ensemble d'accords et que bon nombre d'entre eux sont restés inactifs ou sont dépassés. En fait près de 56 % de ces conventions sont de type Socrates, de portée ponctuelle, ce qui relativise l'importance numérique de ces partenariats académiques. L'Europe représente près de 70 % des ces conventions, l'Amérique du Nord 14 %, l'Amérique latine 6 % et l'Asie 8 % : ceci souligne que l'effort de rééquilibrage vers les pays émergents doit être poursuivi.

Parmi les 116 conventions dites « institutionnelles » qui fixent un protocole de coopération, une quinzaine sont signées au nom du groupe et engagent donc l'ensemble des écoles. L'évolution la plus sensible est cependant la croissance rapide des accords de doubles diplômes : une cinquantaine à présent contre une quinzaine en 2003 ; c'est le principal motif de satisfaction de la réorientation de la politique de partenariats internationaux.

De même, la place des étudiants étrangers est en croissance. Elle atteint plus de 30 % en cycle doctoral et un niveau proche de 12 % en cycle Master (soit un gain de trois points par rapport à 2003), toutes écoles confondues. L'Europe et l'Afrique (Maghreb) sont largement représentées, l'Amérique latine et l'Asie sont en augmentation sensible, l'Amérique du Nord stagne à un faible niveau. La relative faiblesse de la présence d'étudiants étrangers en cycle d'ingénieur conduit donc à poursuivre la politique de recrutement et d'accueil.

S'agissant de l'exposition internationale des étudiants français, il faut souligner que la moitié des promotions réalise un passage d'au moins 4 mois à l'étranger sous forme de stages ou de séjours académiques, pour l'essentiel en Europe et en Amérique du Nord. Là également, le facteur encourageant est le progrès du recours à la formule des doubles diplômes : c'est le cas de 10 % des étudiants étrangers et de plus de 15 % des élèves

français qui partent à l'étranger ; niveaux fort honorables compte tenu de l'investissement que suppose cette formule.

Par contre, en matière d'internationalisation du corps enseignant, les progrès ne sont pas significatifs ; chaque école ne comporte que quelques enseignants étrangers et les enseignants chercheurs français restent peu nombreux pour une expérience dans une université étrangère.

Tel peut être dressé à grands traits un premier bilan des actions entreprises par les écoles des Mines, avec ses points forts, ses faiblesses et surtout un potentiel de progrès à exploiter.

VERS UNE MUTUALISATION DES EFFORTS

Quelles sont les perspectives et les interrogations pour l'avenir ?

En premier lieu, il apparaît que les conventions en cours ne se réfèrent que rarement, ou de manière seulement allusive, à des coopérations en matière de recherche. Or la réputation internationale de tout établissement d'enseignement supérieur tient principalement à l'excellence de ses travaux de recherche. Par ailleurs, le fort taux de doctorants étrangers, plus de 30 %, est là pour attester de l'attractivité des laboratoires des écoles des Mines. L'enrichissement de la formation des ingénieurs par la découverte des activités et des méthodes de la recherche est également un enjeu d'avenir. L'ensemble de ces facteurs converge donc pour qu'une part significative des engagements de coopération soit réservée à la recherche, tout au moins dans les partenariats le plus structurants pour les écoles des Mines.

En second lieu, il est manifeste que la pratique du recrutement direct d'étudiants auprès d'institutions étrangères ne peut perdurer si les relations avec celles-ci demeurent déséquilibrées, c'est-à-dire si trop peu de nos étudiants y suivent une partie de leur parcours. Une telle pratique « d'écémage » des meilleurs éléments du partenaire apparaîtrait vite comme un comportement de prédation. Aussi faut-il explorer d'autres voies d'échanges, notamment en matière de transfert de savoir faire pédagogique. Un large éventail de possibilités est ouvert, allant de la création *ex nihilo* d'une école sur le modèle français en terre étrangère, à des plateformes d'enseignement partagées ou encore à la mise au point de formations communes. De telles initiatives mobilisent toutefois des moyens qui peuvent s'avérer considérables, et ne peuvent donc se concevoir qu'avec un nombre limité de partenaires. C'est dans cette logique que se déroulent des échanges avec l'université Jiao-Tong de Shanghai conduisant à un double diplôme et à un projet de *Masters of Science* consacrés au développement durable et aux technologies énergétiques à mener en commun. S'il est prématuré d'affirmer que ce mode de coopération se développera rapi-

dement au cours des prochaines années, il convient néanmoins de rester attentifs aux attentes de nos partenaires.

Enfin, toute politique de présence à l'international suppose une stratégie d'alliances avec d'autres acteurs français, voire européens, confrontés aux mêmes enjeux. Pour les écoles des Mines une première étape dans la mutualisation des efforts est en place d'être franchie avec la démarche du GEM et avec la prise de conscience d'un intérêt partagé avec les projets de ParisTech. Au-delà sera-t-il nécessaire d'élargir le cercle des établissements français associés à cette volonté de présence à l'international, et dans l'affirmative auxquels faut-il

s'ouvrir ? Ne serait-il pas pertinent de sortir du milieu exclusif des écoles d'ingénieur et monter des opérations conjointes avec des écoles de management et de gestion ? Comment garantir la visibilité des écoles des Mines dans des concerts de plus en plus vastes, où peut surgir le risque d'une dilution de leur identité ? Comment, plus généralement, entretenir la « marque » Mines bâtie sur un réseau d'écoles dispersées sur le territoire, alors que les marques les plus notables sont généralement associées à de prestigieux campus clairement localisés ? Telles sont, parmi bien d'autres, quelques unes des principales réflexions qui nous attendent.

Polytechnique : une école engagée dans une profonde mutation pour répondre aux défis du XXI^e siècle

L'Ecole polytechnique, dans sa mission d'enseignement supérieur, de recherche et de diffusion des connaissances scientifiques, doit désormais s'imposer au niveau international. La mise en place des deux cycles master et doctorat, en complément de son cycle ingénieur, ainsi que le développement de son campus sont des enjeux majeurs de son évolution. Les partenariats de proximité et au sein de ParisTech, en assurant une base de coopération élargie permettront en outre d'accroître et d'enrichir les liens existants avec les établissements académiques internationaux et français.

Par **Yannick d'ESCATHA**, Président du Conseil d'administration de l'Ecole polytechnique

Héritière d'une longue tradition d'excellence au service de la France et de la science, l'Ecole polytechnique a pour vocation de former de futurs responsables de haut niveau, à forte culture scientifique et humaine, destinés à jouer un rôle moteur dans le progrès de la société, par leurs fonctions dans les entreprises, les services de l'Etat et la recherche. Appui indispensable à cette mission de formation, son centre de recherche associé est aussi un acteur direct de l'effort de recherche français et du développement des connaissances scientifiques.

Le cadre de cette action connaît cependant une profonde évolution. Conséquence de la mondialisation, la compétition internationale gagne désormais les domaines longtemps préservés de l'enseignement

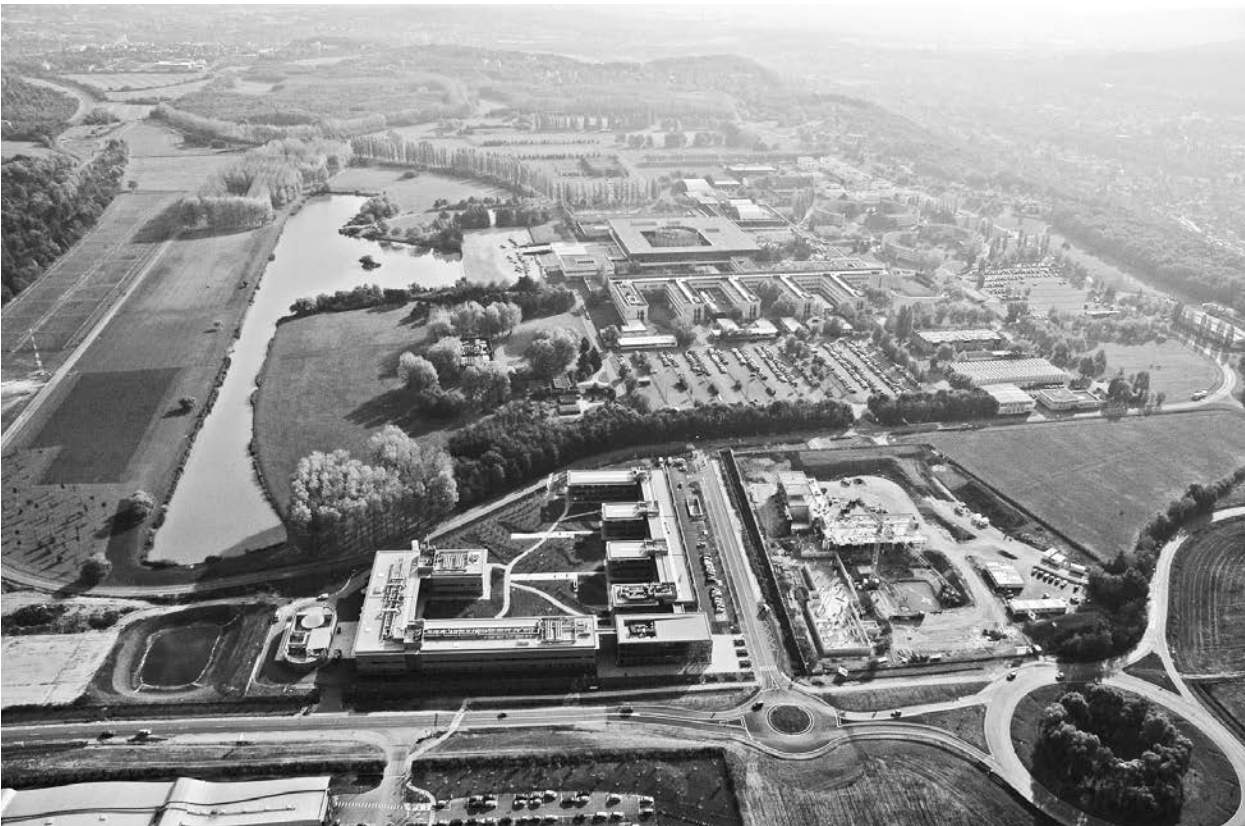
supérieur et de la recherche. L'enjeu ne se limite plus au rayonnement national. L'économie mondiale change de modèle. Celui-ci est encore largement articulé autour d'une logique d'économies d'échelle, où les stratégies technologiques reposent essentiellement sur l'intégration d'innovations incrémentales et la diffusion des meilleures pratiques. Se dessine un nouveau modèle où l'innovation technologique tient à une exploitation accélérée des progrès scientifiques, en parallèle d'une utilisation intense d'information. Anticiper et accompagner cette mutation constitue un enjeu majeur pour tous les secteurs de notre pays. Etroitement dépendante des domaines de haute technologie, la défense en est un exemple significatif.

UNE COMPÉTITION ACCRUE FACE À LA CONCURRENCE INTERNATIONALE

La mondialisation de l'économie de la connaissance induit une compétition accrue pour attirer les meilleurs étudiants (les décideurs de demain) et chercheurs (les acteurs clefs du développement et de l'innovation). Les entreprises internationalisées encouragent la mobilité des étudiants et la convergence des formats d'étude. Ceci induit une mondialisation du marché de l'enseignement supérieur et de la recherche et un accroissement des échanges que révèle le développement des classements internationaux entre les établissements. La compétition se renforce ainsi au niveau mondial entre les institutions d'enseignement supérieur pour attirer les étudiants de talent et offrir des conditions de vie et de

concurrence internationale et ces établissements à la taille et aux moyens considérables. Il s'agit d'un véritable défi qui ne peut être relevé que par une action persévérante et de grande ampleur.

L'École polytechnique doit ainsi, dans sa mission d'enseignement supérieur, de recherche et de diffusion des connaissances scientifiques, se faire reconnaître sur le plan international comme un établissement universitaire de premier plan, comparable aux plus prestigieuses universités européennes et américaines, en maintenant et en faisant connaître ses exigences élitistes sur le plan académique : la sélection des meilleurs étudiants en sciences, un recrutement de son corps enseignant parmi les scientifiques les plus brillants de son campus de recherche, mais également d'autres institutions françaises ou étrangères, de façon à assurer le meilleur niveau d'enseignement dans



© École polytechnique

Le développement du campus de l'École polytechnique et de son environnement proche reste un enjeu majeur et s'appuiera sur son potentiel d'accueil important. Son exploitation améliorera l'attractivité et les possibilités de synergie, internes et de proximité, pour les étudiants, l'enseignement comme la recherche.

travail avantageuses à leurs enseignants et chercheurs. Principalement grâce à une recherche fondamentale de haut niveau et à une taille critique en termes d'étudiants, de chercheurs et de moyens, les grands établissements anglo-saxons dominent aujourd'hui le paysage de l'enseignement supérieur scientifique et technologique, au sens des classements internationaux de référence. Incontestablement reconnue en France pour la qualité de ses étudiants, de ses enseignants et de sa recherche, l'École polytechnique fait désormais face à cette

toutes les disciplines scientifiques fondamentales et appliquées, une exigence de grande qualité pédagogique des enseignants, des laboratoires performants ayant une place reconnue parmi les scientifiques de leur domaine de recherche, la qualité de la formation de ses étudiants résultant de la réunion de ces pratiques, afin de :

- s'imposer au niveau international comme un établissement de premier plan, pour être un outil de rayonnement de l'excellence scientifique française ;

- être un point d'appui de la compétitivité française dans l'économie mondialisée du savoir.

Le projet X2000 a engagé l'Ecole dans cette évolution, en faisant porter l'effort sur le cycle ingénieur. Le précédent contrat pluriannuel entre l'Ecole et l'Etat pour la période 2002-2006 en a montré la pertinence. Il aura permis notamment la mise en place d'un cycle polytechnicien entièrement rénové, en partenariat avec les établissements où s'effectue la 4^e année du cycle. Cette période aura vu une forte internationalisation, tant au niveau des étudiants que des partenariats avec les établissements étrangers, le développement des liens entre enseignement et recherche par la création de départements uniques par discipline, la mise en place de structures favorisant la valorisation de la recherche, l'ouverture sur des partenaires extérieurs, du plateau de Saclay, de ParisTech, et du monde de l'entreprise, ainsi que le développement de son campus dans le cadre de ces partenariats. L'Ecole polytechnique poursuit pour les années à venir la même ambition de jouer pleinement son rôle, par l'excellence dans son domaine, dans le développement de la compétitivité et du rayonnement français dans le monde.

DÉVELOPPER LE CAMPUS : UN ENJEU MAJEUR

Le développement du campus de l'Ecole polytechnique et de son environnement proche reste un enjeu majeur et s'appuiera sur son potentiel d'accueil important. Son exploitation améliorera l'attractivité et les possibilités de synergie, internes et de proximité, pour les étudiants, l'enseignement comme la recherche. Il s'agit aujourd'hui :

- d'accueillir des établissements de haut niveau dont les complémentarités avec l'Ecole permettront d'étendre le spectre de formation et de recherche, dans le prolongement des opérations en cours (centre de recherche de Thales, IOTA, Ensta, Onera, Digiteo Labs, Insefi...);
- de construire des partenariats efficaces avec les organismes d'enseignement supérieur et de recherche proches (université Paris Sud XI, avec laquelle un accord de partenariat stratégique a été signé en 2002; le futur pôle de recherche et d'enseignement supérieur, PRES UniverSud, CEA, INRIA, IOTA, CNRS, Inserm, Supelec, Insefi X-HEC, Synchrotron Soleil...); les réseaux thématiques de recherche avancée décrits dans la LOPR offrent un cadre prometteur;
- en parallèle, d'élargir encore ces partenariats et de les ouvrir au monde de l'entreprise, en participant notamment aux pôles de compétitivité SYSTEM@TIC, Méditech Santé et, à sa création, Aéronautique et Espace, ainsi qu'en développant les chaires d'enseignement et de recherche avec les entreprises;
- d'accroître le potentiel de recherche en ouvrant de nouveaux partenariats dans des domaines scientifiques et technologiques clés pour l'avenir, en parti-

culier les sciences du vivant, l'optique, les nanosciences, les STIC et l'économie, dans le droit fil de la stratégie scientifique du premier contrat pluriannuel;

- d'attirer des enseignants-chercheurs parmi les meilleurs mondiaux, en créant des plates-formes d'enseignement et de recherche compétitives au niveau international par des conditions matérielles, mais aussi intellectuelles et humaines propres à un travail de qualité; ces créations seront favorisées par le développement des ressources du campus et contribueront en retour à son rayonnement.

Le développement des deux cycles master et doctorat et le rôle de ParisTech

Indispensable pour s'insérer dans l'espace européen d'enseignement supérieur, le développement des deux cycles master et doctorat, en complément de son cycle ingénieur, est le moyen quasi unique d'accès aux meilleurs étudiants européens.

L'Ecole veut ainsi renforcer sa « *Graduate School* » et étendre son rayonnement, dans la logique d'excellence qui caractérise son cycle ingénieur, en s'appuyant sur le potentiel de son centre de recherche et de son corps enseignant. Il lui faut en particulier donner à ses masters une vraie dimension européenne, en formant des diplômés aux compétences clairement ciblées et identifiées, tournés vers le monde économique et industriel autant que vers la recherche fondamentale, en développant d'étroites collaborations au sein de réseaux européens sélectifs, en offrant aux étudiants un suivi personnalisé et un système de bourses attractif. La première année des masters s'appuyant fortement sur la 3^e année du cycle d'ingénieur, les masters sont l'un des moyens d'enrichir l'offre de formation aux élèves polytechniciens, dans le cadre de leurs 3^e et 4^e années, avec des parcours continus de spécialisation professionnelle, pouvant déboucher sur des formations par la recherche. Élément essentiel de son apport à l'innovation et de son rayonnement, le cycle doctoral de l'école anticipe le besoin des entreprises de disposer d'experts aux échelons décisionnels pour faire face aux enjeux de l'innovation technologique, et le besoin amont de développement de la connaissance.

ParisTech, confédération de 11 grandes écoles d'ingénieurs de la région parisienne, est, pour l'école, un outil de rayonnement international et d'insertion dans les meilleurs réseaux européens.

Lieu de complémentarité avec les autres écoles pour les années de spécialisation du cycle ingénieur (3^e et 4^e années), les masters, les écoles doctorales, la recherche, et le développement à l'international, ParisTech permet une visibilité et une capacité de partenariat, européennes et internationales, tant vis-à-vis des établissements d'enseignement supérieur et de recherche que pour le monde de l'entreprise. S'appuyant sur sa spéci-

ficité, l'excellence reconnue de son cycle d'ingénieur et de son centre de recherche ainsi que sur les potentialités de son campus, l'École est naturellement appelée à y jouer un rôle moteur.

Objectif majeur, l'insertion dans les réseaux académiques internationaux qui constituent le socle de l'enseignement supérieur européen du XXI^e siècle suppose que soit conduit en parallèle un important travail d'approfondissement, interne à ParisTech, pour mieux asseoir les complémentarités et assurer leur synergie, la priorité étant donnée au développement des masters, des écoles doctorales et à la coopération pour les échanges internationaux.

Loin d'être exclusifs, les partenariats de proximité et au sein de ParisTech, en assurant une base de coopération élargie, accroîtront et enrichiront les liens existants avec les établissements académiques internationaux, français, notamment l'université Paris 11 Orsay, avec laquelle un

accord de partenariat stratégique a été signé en 2002, le futur PRES UniverSud et les autres universités de la région parisienne, ainsi qu'avec les entreprises.

UNE AMBITION RAISONNABLE

Les évolutions à conduire sont conséquentes. Elles marquent une ambition délibérée mais raisonnable au regard du défi à relever. Leur réussite tiendra pour beaucoup à la mobilisation de toutes les forces de l'école autour de ses valeurs profondes et de son identité, fortement orientées par sa mission d'enseignement. C'est pour et autour des élèves et étudiants que se construit ce projet. C'est leur réussite qui est l'objectif de l'école, la qualité de l'enseignement et de la recherche en étant les corollaires indispensables.

Parabole des talents et balayage dans les coins : la formation des ingénieurs du corps des Mines

Les ingénieurs élèves du corps des mines, pour la plupart sortis parmi les premiers de l'X, sont au départ des champions des sciences exactes et des sciences déductives : leur formation ne sera donc pas principalement orientée vers le savoir, mais surtout vers le savoir-faire et vers le faire savoir. Dans un monde où l'entreprise a tendance à privilégier la spécialisation, cette formation d'ingénieurs généralistes « à la française » ne risque-t-elle pas de déboucher sur une impasse ? L'expérience montre qu'elle est nécessaire et très appréciée pour pouvoir gérer de grands projets ou maîtriser des sujets techniques complexes, mais elle ne peut concerner qu'un nombre restreint d'ingénieurs.

Par **Marie-Solange TISSIER** dans un entretien avec **François VALÉRIAN** (*)

ADM : Pouvez-vous nous dire en quoi consiste aujourd'hui la formation des ingénieurs élèves du corps des Mines ?

MST : La formation des ingénieurs élèves des Mines est fortement dépendante de deux éléments : leur origine, et ce à quoi on les destine.

Pour ce qui concerne leur origine, d'abord, ces élèves sont des matheux physiciens qui, dans l'ensemble, sont formés par les sciences exactes, et plus encore, des sciences déductives. Ils ont un QI remarquable et sont

sortis parmi les premiers de l'X (1). Ils possèdent, dans ces domaines, des capacités assez exceptionnelles ; pourtant, ces capacités ne sont pas forcément celles qu'on va leur demander d'utiliser par la suite. Certes, elles seront utiles : ils ont appris à balayer sous les meubles, et il ne faut pas mépriser ces connaissances ! Mais je dis qu'il faut inventer une formation qui se base sur ces caractéristiques particulières, et ce, pour les conduire là où ils doivent aller, c'est-à-dire dans l'Administration, d'abord, et dans les entreprises, ensuite, pour un grand nombre d'entre eux. Dans un milieu technique ou

(*) Marie-Solange Tissier est Ingénieur général des Mines, Directrice adjointe de l'Ecole nationale supérieure des Mines de Paris, chargée de la formation des corps techniques de l'Etat. François Valérian est rédacteur en chef des *Annales des Mines*.

(1) Le recrutement des ingénieurs – élèves des Mines se fait chaque année parmi les élèves les mieux classés de l'école polytechnique, ainsi qu'à l'école normale supérieure et à l'école des Mines de Paris. Le recrutement pour ces deux dernières écoles se fait sur dossier et entretien avec un jury.

scientifique, ils doivent avoir des compétences de gestionnaires. Il est donc clair qu'il y a une grande différence entre la situation du « cheptel » initial, et celle à laquelle ils seront confrontés par la suite. Leur formation repose donc sur ces deux analyses. Si je devais recruter des gens possédant d'autres capacités, je leur donnerais, bien sûr, une formation complètement différente. Là, je pars du principe qu'ils en savent déjà pas mal dans les domaines purement scientifiques, et qu'en tout état de cause, ils ont les capacités intellectuelles de se mettre à niveau s'ils en ont besoin. Donc, la formation ne va pas être orientée vers le savoir, mais surtout vers le savoir-faire et vers le faire savoir.

APPRENDRE QUE LES FAITS SONT TÊTUS

Voilà pour la philosophie générale. Maintenant, en quoi consiste concrètement la formation ?

Les élèves suivent deux mois de formation théorique à l'Ecole des Mines de Paris, puis deux fois un an de stage et, enfin, une année plus traditionnelle à l'Ecole. Sur les deux ans, il y a systématiquement une année passée à l'étranger.

Les deux années se passent donc plutôt dans le monde technique et scientifique, ou est-il possible de faire une année dans d'autres secteurs d'activité, comme la banque ou l'assurance ?

Il y a d'abord, d'un côté, ceux qui vont faire de la recherche, et qui vont, pendant une de ces deux années, évoluer dans le monde académique. Mais, d'une façon générale, les stages se passent dans le monde des entreprises. Nous appliquons là un principe strict : la première année doit se faire dans le monde de l'industrie. Quant au choix afférant à la seconde année, il est beaucoup plus large et peut effectivement concerner la banque ou les services.

Et pourquoi ce principe strict les obligeant à une première année en industrie ?

Parce que les faits sont têtus et que, dans l'industrie, on se rend compte assez vite des conséquences de ses actes. Et encore, pas dans toutes les fonctions ! Quant vous êtes dans une banque, vous prêtez de l'argent et vous ne saurez, en fait, que dix ans plus tard, si votre créancier vous a remboursé. Alors que, dans une entreprise manufacturière, si vous essayez de changer la place d'une machine, vous voyez tout de suite s'il y a ou s'il n'y a pas de grève dans votre atelier et si la machine, à sa nouvelle place, marche mieux qu'avant ou pas !

Nous avons besoin d'expliquer à ces jeunes que le monde des idées abstraites ne suffit pas pour se sortir d'un problème et que les meilleures idées, si on n'arrive pas à les mettre en application, sont de mauvaises idées dans le monde des entreprises.

Mais cela suppose donc, si je vous suis bien, de confier à ces jeunes, dans l'industrie, des fonctions assez techniques ou proches de la technique, à l'exclusion de fonctions marketing ou commerciales. En effet, on peut imaginer des fonctions dans lesquelles on ne voit pas forcément les conséquences de ses actes, y compris dans une entreprise industrielle ?

Etre en première année, cela veut dire exclure la stratégie, le commercial ou le marketing ; et cela veut dire faire de la logistique ou améliorer le fonctionnement d'un atelier. Car il s'agit, pour l'élève, de s'apercevoir que, face à un problème donné, il existe une phase qui consiste à essayer de trouver la ou les solution(s) au problème, et une autre phase, non moins importante, qui est de la mettre en œuvre. Or si nos élèves, de par leur origine, sont très bien armés pour effectuer la première phase, ils n'ont jamais eu l'occasion de s'essayer sur la seconde. Et l'accomplissement de cette seconde phase – je ne cesse de le leur dire – nécessite un pouvoir de conviction, une capacité à entraîner les gens, une capacité à faire de l'humour au bon moment, à séduire, ce que les élèves n'ont jamais exercé dans le monde sérieux de leurs études.

Pour ce qui est de cette capacité à faire de l'humour, à séduire, pensez-vous que la formation initiale est neutre, ou que le fait d'avoir toujours été un élève brillant, loué par ses professeurs, ayant la réponse à tout, ou presque, constitue plutôt un handicap empêchant d'avoir un comportement social aimable en entreprise avec des gens qui n'ont pas tous un niveau d'études équivalent ?

Il n'est pas facile de vous répondre, parce que cela dépend des cas particuliers ; j'ose espérer que c'est presque neutre. Mais, surtout, ce qui compte, c'est qu'on arrive à leur faire comprendre l'existence de ces qualités et l'intérêt qu'il y a à pouvoir en user. Je ne suis pas sûre qu'il faille que chacun d'entre eux utilise l'humour, car certains peuvent en être incapables et il ne s'agit pas de faire des blagues à contretemps. Ce que je dis, c'est qu'il me paraît indispensable de leur expliquer que l'humour peut marcher. Il faut qu'ils essaient... Il s'agit, en fait, de les aider à savoir développer les qualités qui leur sont personnelles et qui sont, plus ou moins, en jachère.

Après les deux années de stage, comment est organisée la troisième année ?

La troisième année est une année beaucoup plus traditionnelle, un peu bâtie sur le schéma des études américaines dans lesquelles on a une expérience professionnelle et l'on revient s'asseoir sur les bancs de l'école pour essayer d'acquérir la théorie de ce qu'on a déjà pratiqué. On essaie d'y acquérir un certain nombre de connaissances sur l'économie, le droit, la marche des entreprises, et puis, naturellement, des connaissances sur l'administration et ses relations avec les entreprises.

L'élève a-t-il un travail personnel à réaliser ?

Oui, il y a un travail personnel à réaliser par groupe de deux sur un sujet d'actualité et qui, la plupart du temps, est à l'interface entre le monde de la recherche, le monde des entreprises et l'administration ; nous l'appelons mémoire.

D'une manière générale, l'idée dominante de notre formation est que chacun puisse faire en sorte que ses propres expériences vécues dans des domaines les plus variés soient relatées pour être utiles aux autres, de façon, par exemple, que celui qui a travaillé dans le pétrole au Nigeria puisse apprendre des choses d'un autre élève ayant, lui, vécu dans le monde des télécoms en Chine, et réciproquement. Nous essayons donc de faire en sorte, en troisième année, que les élèves traitent des sujets les plus variés possible, et qu'ils exposent l'avancée de leur travail devant une commission trois ou quatre fois dans l'année, en présence de l'ensemble de la promotion et d'une sorte de jury. Ceci, de manière à ce que celui qui travaille, par exemple, sur les économies d'énergies dans le bâtiment puisse bénéficier

de l'ensemble de ses camarades de ses travaux sur le sujet.

Quel est le partage du temps entre le travail de mémoire et l'enseignement ?

On peut dire à peu près moitié-moitié, peut-être une petite moitié pour le mémoire. Variable, cependant, au cours du temps, parce qu'on commence par faire des recherches bibliographiques, ou autres, qui ne prennent pas beaucoup de temps, et il faut mûrir sur le sujet. Il y a donc beaucoup de cours et de conférences et peu de travail sur le mémoire en 1^{er} trimestre, et puis la proportion est inversée en 3^e trimestre.



KEYSTONE

Face à une question complexe, on a intérêt à réunir des gens qui raisonnent différemment. Lorsqu'à la Commission européenne, par exemple, des ingénieurs des mines doivent collaborer essentiellement avec des juristes ou des économistes, leurs avis sont extrêmement appréciés, parce que, justement, ils apportent une autre dimension à la réflexion : ils savent balayer dans les coins. Les juristes aussi savent balayer sous les meubles, mais les ingénieurs bénéficient, en plus, d'une connaissance technique du sujet ou, du moins, ont la capacité de l'acquérir. Et puis, ils apportent aussi leurs connaissances des entreprises.

Voit-on dans ces mémoires la remise en cause d'idées reçues, ou communément acceptées, sous la forme d'une thèse dérangement, ou s'agit-il plutôt de faire le point sur un sujet, une sorte d'état des lieux ?

L'idée, c'est qu'ils essaient de bousculer les idées sur un sujet, et les sujets choisis sont un peu épineux, souvent des sujets pour lesquels notre pays est confronté à des difficultés. L'idéal serait que, *in fine*, des propositions soient exposées à ceux qui s'occupent de la problématique pour les aider à y voir plus clair.

De ce point de vue, il est donc nécessaire d'être créatif, mais c'est quelque chose qu'il est assez difficile de prévoir en début d'année. Un sujet se révèle ainsi plus ou moins susceptible de donner lieu à ce genre de création, et puis les groupes d'élèves sont plus ou moins à même de pouvoir le traiter : autrement dit l'idéal n'est pas toujours atteint. Il faut parfois savoir s'arrêter à un travail qui

donne une présentation claire, nette et très propre d'un sujet.

FORMATION D'INGÉNIEUR, FORMATION DE DOCTEUR OU MBA ?

Ces jeunes gens et jeunes femmes ont donc fait l'Ecole polytechnique ou l'Ecole normale supérieure et, pour certains d'entre eux, l'Ecole des mines de Paris. Voilà leurs trois origines. Ceux qui sont allés à l'Ecole polytechnique ou à l'Ecole normale supérieure n'ont guère eu de formation technique ou technologique, et quand ils arrivent à l'Ecole des mines, on les envoie pendant deux années en entreprise, dont une année en entreprise industrielle ; puis il y a une 3^e année qui apparaît plus théorique. Où est la formation d'ingénieur dans tout ce cursus ?

Tout d'abord, il est clair que la question en filigrane est : « qu'est-ce qu'est un ingénieur ? » Or le mot ingénieur a des significations variables selon les pays. Quand on dit ingénieur en Angleterre, on ne dit pas la même chose qu'ingénieur en Allemagne, ou ingénieur en France, ou ingénieur aux Etats-Unis. L'*ingineer* anglais est souvent un super technicien ; l'ingénieur allemand est un spécialiste pointu dans son domaine, et l'ingénieur français est plutôt un ingénieur généraliste capable de se débrouiller pour résoudre des questions techniques : c'est plutôt quelqu'un qui sait dialoguer avec des experts techniques qu'un expert technique lui-même.

Est-ce que l'ingénieur français n'est pas simplement quelqu'un qui a réussi des concours de mathématiques ?

Oui, mais qui, souvent, a quand même une connaissance d'un petit peu de physique, d'un petit peu de mécanique et d'un petit peu de ce que c'est qu'une entreprise. Mais il ne ressemble certes pas à l'ingénieur allemand avec lequel j'ai un jour travaillé, qui était un spécialiste des matériaux, ne s'occupant que des matériaux, mais qui, par contre, ne savait pas ce que c'était que Na Cl (2). Je pense que les élèves que nous formons méritent le titre d'ingénieur. Compte tenu de ce qu'ils sont quand ils arrivent avec leur *background* scientifique et compte tenu de l'apport technique qu'ils ont acquis pendant les stages, je pense que ce sont des ingénieurs « à la française » ; ce qui ne signifie donc pas ingénieur dans le sens allemand du terme.

(2) Na Cl : chlorure de sodium.

Nous avons donc une définition de l'ingénieur à la française : un mathématicien honnête homme, comprenant un certain nombre de matières scientifiques ou sachant discuter d'un certain nombre de sujets scientifiques, sachant ce qu'est le chlorure de sodium, et un peu aussi ce qu'est une entreprise. Est-ce que cet ingénieur à la française n'est pas en porte-à-faux dans un monde où l'entreprise a tendance à privilégier la spécialisation ?

Je ne le crois pas, du moins pour un petit nombre d'entre eux. Les grandes universités américaines redécouvrent des *masters en business engineering* : c'est ainsi qu'elles les appellent ; on ne sait pas le traduire, mais on voit bien que cela correspond à cette idée d'ensemblier qui vise à rassembler et faire coexister de réels spécialistes. Autrement dit, je ne pense pas qu'une telle formation soit une voie fermée, je crois vraiment qu'on en a besoin pour gérer les grands projets ainsi que pour maîtriser des sujets techniques très complexes. Je pense même que c'est une formation fort appréciée. D'ailleurs, l'expérience montre – pas tellement pour ce qui concerne les corpsards, mais pour les ingénieurs civils des mines, dont la formation relève de la même philosophie – que les entreprises étrangères au sein desquelles ils effectuent leur stage, sont ravies de constater la faculté qu'ils ont de leur apporter des réponses à leur problèmes. Ainsi, je ne pense pas que cette formation ne puisse déboucher que sur une impasse. Par contre, je pense que cette voie ne peut pas être suivie par tous les ingénieurs, et peut-être sont-ils d'ailleurs trop nombreux en France.

Cela signifie-t-il qu'il y aurait trop d'élèves dans les dix ou quinze grandes écoles françaises qui forment des ingénieurs généralistes ?

Non, peut-être pas parmi ces dix ou quinze, mais je ne suis pas sûre que les autres écoles, à la vue du succès de ces dernières, aient intérêt à basculer dans ce type de formation d'ingénieurs généralistes.

Est-ce qu'il est arrivé que des universités américaines aient envoyé des émissaires à l'Ecole des mines de Paris pour s'informer sur la manière dont les élèves étaient formés ?

Cela ne se passe pas comme cela : les universités américaines s'estiment bien meilleures que les universités françaises, elles ne vont donc pas venir à la source prendre les bonnes idées ! Je pense qu'elles ne feront pas une telle démarche institutionnelle. Toutefois, il arrive que, confrontés à un certain nombre d'élèves qui les bluffent,

certaines professeurs réfléchissent et s'interrogent sur l'originalité du modèle de leur formation ; mais, à ma connaissance, il n'existe pas de mouvement institutionnel.

En quoi l'évolution en cours vers le système de doctorat à l'américaine, avec la mise aux normes des cursus de l'Université française, concerne-t-elle l'Ecole des mines de Paris ou, même le corps des mines ? Est-ce pénalisant pour certains ingénieurs des mines de n'être pas docteurs là où ils évoluent ?

On peut dire qu'aujourd'hui ils ne sont pas gênés de ne pas avoir de doctorat. Sera-ce la même situation dans vingt ans ? Je l'ignore. Mais ce problème ne concerne pas que les ingénieurs des mines, mais les ingénieurs français, d'une façon générale.

Notre système économique actuel est fait de telle sorte – je vais forcer le trait, même si ce système est peut-être en train d'évoluer à la marge – qu'un ingénieur sorti d'une grande école française et qui fait ensuite une thèse est moins bien payé que s'il était rentré dans l'entreprise directement à sa sortie de l'école.

Il y a en ce moment un gros effort fait par les entreprises, du moins par certaines d'entre elles, pour essayer de revaloriser les thèses et faire en sorte qu'un ingénieur venant d'une grande école et qui a fait sa thèse de doctorat ne soit pas défavorisé par rapport à ses camarades. Dans ce cas, le docteur qui arrive trois ans plus tard que les autres sur le marché du travail obtient comme rémunération à peu près celle de ceux que l'on a recrutés trois ans plus tôt. Ceci montre donc bien que, globalement, notre système économique n'incite pas nos ingénieurs à faire des thèses ; or tant que ce phénomène existera, je ne vois pas comment on pourrait, sauf à les faire rêver, pousser un pourcentage important de nos meilleurs élèves dans cette voie. On peut, certes, faire rêver quelqu'un sur la biologie ou sur la mécanique mais statistiquement, comment voulez-vous engager toute une tranche d'âge d'ingénieurs des grandes écoles en leur disant : « venez faire une thèse, mais sachez que vous serez défavorisés par rapport à ceux qui n'en n'ont pas fait ! ». Cela ne peut pas marcher !

En fait, ma question concernait davantage le contexte international et aussi le nombre d'années d'études qu'ont fait les ingénieurs du corps des mines, qui, globalement, s'élève à sept ou huit ans, ce qui correspond au niveau d'une thèse mais ne leur donne pas le droit au titre de docteur, alors que finalement ils ont un bagage supplémentaire par rapport aux autres ingénieurs qui n'ont fait généralement que cinq ans d'études après le bac.

Ceci est clair, d'où l'idée (sera-t-elle mise en œuvre ?) de considérer que la formation reçue à l'Ecole des mines

relève davantage du style MBA que du style deuxième diplôme d'ingénieur. Mais veut-on assumer le fait que cette formation ressemble à un MBA dans le contexte actuel où les MBA et les MPA sont eux-mêmes très sévèrement remis en cause ? Par contre, je ne pense pas que l'on puisse y voir une équivalence avec un travail de thèse. Une thèse, c'est un travail de recherche long et précis sur un sujet bien délimité que l'on traite jusqu'au bout. Travail dans lequel se lancent d'ailleurs quelques uns de nos élèves à la fin de leur formation.

Mais vous parlez de remises en causes des MBA et des MPA : par qui sont-ils remis en cause ?

Par les journaux, par exemple, qui prétendent que ces diplômes contiennent tout et n'importe quoi, que n'importe qui peut obtenir un MBA, et que mettre MBA sur sa carte de visite, ce n'est pas extrêmement valorisant. Mais, si on revient au doctorat, il s'agit là d'un problème général qui n'est assurément pas facile à résoudre, ni pour les ingénieurs français, ni pour le système éducatif français. Parce que, si l'on s'interroge sur la stratégie de l'Ecole des mines de Paris, on s'aperçoit qu'elle forme déjà beaucoup de thésards. Rappelons qu'il n'y a pas de 1^{er} cycle à l'Ecole des mines de Paris et qu'il y a un 2^e cycle, numériquement faible, et un 3^e cycle qui est très développé. Il est clair qu'il faudrait développer davantage le 3^e cycle mais, en même temps, on constate que les entreprises ne s'y intéressent pas, du moins pas autant qu'à notre 2^e cycle. En tout état de cause, je pense que le positionnement de la thèse dans les cursus constitue un vrai problème général en France.

INGÉNIEURS À LA FRANÇAISE ET ORGANISATIONS INTERNATIONALES

Ne peut-on pas craindre que les élites françaises ne se détournent de formations perçues comme trop françaises ou, peut-être, trop scientifiques ? Ne vaut-il pas mieux, pour un élève brillant qui vient de passer son bac et veut travailler plus tard en entreprise, d'aller étudier aux Etats-Unis, à Harvard par exemple, que d'essayer de présenter le concours de Polytechnique, d'entrer ensuite au corps des mines et de passer quelques années dans l'administration française ?

Il m'est difficile de répondre à cette question : la seule chose que je puisse dire aujourd'hui, c'est qu'on ne constate pas cette tendance. La situation est très complexe, car il existe tout un tas de paramètres qui rentrent en ligne de compte et qui sont complètement différents de part et d'autre de l'Atlantique : le prix des études n'est pas le même en France et aux Etats-Unis,

les disciplines phares ne sont pas les mêmes non plus en France et aux Etats-Unis. Les différents éléments qu'il faudrait prendre en compte pour pouvoir faire une réelle comparaison sont, en fait, beaucoup trop nombreux. Cependant, la mondialisation est un phénomène de fond, et on ne peut donc présager ce qui se passera dans dix, vingt ou trente ans.

Quelle place occupent donc les ingénieurs français dans les organisations internationales publiques ou privées, comme la Commission européenne, par exemple, ou les grandes entreprises ?

Personnellement, je suis persuadée que les bonnes équipes sont des équipes pluridisciplinaires. Je ne crois pas à l'efficacité d'équipes composées de cent pour cent d'ingénieurs ou de cent pour cent de juristes pour traiter de sujets extraordinairement compliqués. J'ai réellement le sentiment que, face à une question complexe, on a intérêt à réunir des gens qui raisonnent différemment. Face à une situation de crise, par exemple, chacun apportera sa pierre, et il sera sans doute plus aisé de trouver des solutions. Certes, c'est plus difficile à manager, car il est plus délicat d'arriver à obtenir un consensus, mais je crois que c'est la clef de la bonne marche des entreprises. Or j'ai pu constater, par exemple, que lorsque nos ingénieurs des mines vont à la Commission européenne et qu'ils se retrouvent à devoir collaborer essentiellement avec des juristes ou des économistes, leurs avis sont extrêmement appréciés, parce que, justement, ils apportent une autre dimension à la réflexion. Les expériences ont vraiment été très positives à ce sujet. Cela provient peut-être du fait qu'ils sont, je dirais, un peu « orthogonaux » !

Que peuvent-ils apporter de différent dans leur façon d'aborder les problèmes ?

Toujours la même chose : balayer sous les meubles ! Cependant, les juristes aussi savent balayer sous les meubles. Donc je pense qu'ils bénéficient, en plus, d'une connaissance technique du sujet ou, du moins, qu'ils ont la capacité de l'acquérir. Et puis, ils apportent aussi leurs connaissances des entreprises.

Je vais vous citer un exemple. Quand un de nos élèves est arrivé à la Commission, on lui a confié un dossier relatif à la concurrence concernant la société Microsoft, dossier géré depuis trois ans par des juristes. Il constate alors que, techniquement, le dossier est dans une impasse. Il propose donc de reprendre entièrement le dossier en fonction du problème technique qu'il avait découvert. Il a eu la capacité à se faire entendre, entre autres, sans doute parce qu'il parle anglais, et la Direction générale à la concurrence de la Commission a décidé de reprendre tout le dossier. Avec les juristes, certes, mais en suivant son idée.

Tout ceci débouche trois ans plus tard sur l'attribution d'une amende de plusieurs centaines de millions d'euros à la société Microsoft.

Cet exemple montre bien que c'est parce qu'il n'était pas juriste qu'il s'est penché sur la question du problème technique qui se posait aux adversaires de la société Microsoft et à cette société. Son intervention a été suffisamment appréciée pour qu'il soit devenu aujourd'hui un des bras droits du Directeur général à la concurrence.

La formation de nos ingénieurs leur permettrait donc d'acquérir une capacité à analyser des problèmes complexes même si ces problèmes n'ont pas de composante scientifique ?

Sans doute, et je crois que l'idée même de savoir qu'on va s'en sortir face à un sujet technique est très importante. Personnellement, j'ai été, par exemple, très frappée par une de mes expériences antérieures, dans le secteur du nucléaire. Quand on parle de nucléaire, les gens se mettent à penser qu'ils ne vont pas comprendre, que c'est vraiment trop compliqué. Et immédiatement, « ils ferment les écoutilles » et se persuadent que de toute façon ils ne pourront pas comprendre.

Il y a une dizaine d'années, j'avais été amenée à commenter, au sein d'un groupe, un incident dans lequel un assemblage de combustibles était coincé dans une piscine. Il y avait quinze personnes autour de moi, qui, immédiatement, furent complètement paniquées par l'idée qu'elles ne comprendraient pas. Au moment où je me suis mise à dire que c'était la même chose qu'une bouteille coincée dans un casier à bouteilles, qu'on arrive plus à faire sortir, et que pour la sortir faut la remettre droit, il y a eu un grand soulagement dans la salle, parce que les gens voyaient qu'ils avaient quand même compris. Je pense qu'un ingénieur, dans bien des cas, doit être capable de faire ce boulot-là. Alors, est-ce que c'est un travail d'ingénieur ou simplement de vulgarisateur ? En tout cas, il s'agit de chercher à faire en sorte qu'il n'y ait pas, autour de lui, de crispation sur le thème : « c'est trop compliqué... je n'arriverai pas à comprendre ! ».

En fait, l'ingénieur à la française sait balayer dans les coins et décoincer les casiers à bouteilles, y compris quand tout cela est très compliqué...

Ce n'est pas très sérieux de dire les choses comme cela... même si c'est imagé ! En conclusion, je dirais que, pour ma part, j'ai la chance de pouvoir travailler avec un petit nombre d'ingénieurs. Je me dis que j'ai en face de moi des jeunes de 20, 22 ou 23 ans : que puis-je faire de plus utile pour qu'ils réussissent leur vie professionnelle ? C'est la parabole des talents : il s'agit d'aider chacun à développer au maximum les talents qu'il possède.

L'école Hubert Curien : une formation supérieure en apprentissage pour un management des risques industriels

Les professionnels de la sécurité sont confrontés désormais à des situations mêlant différents éclairages (techniques, humains, organisationnels, financiers) et différentes disciplines (stratégie de l'entreprise, production, performance, gestion des ressources humaines). C'est dans ce contexte exigeant et en constante évolution que l'Ecole Hubert Curien, créée depuis plus de 16 ans, a développé des formations prenant en compte le retour d'expérience, le management stratégique, l'expertise sécurité et le système de management de la sécurité. Elle participe activement au mouvement de revalorisation de l'apprentissage et place l'entreprise au centre de ses démarches.

Par **Jean-Michel GIARDINA**, Ecole Hubert Curien (*)

Notre société exprime des besoins de sécurité accrus et tolère de plus en plus mal les risques subis. Dans ce contexte, les métiers de la prévention se développent et le souci des entreprises de répondre à ces évolutions ouvre de nombreuses perspectives.

Créée en 1990 par la Chambre de Commerce et d'Industrie du Cher, l'Ecole Hubert Curien forme, sur ces thématiques, des promotions de 70 étudiants de filières scientifiques ou technologiques, venus de toute la France, dans deux formations supérieures en apprentissage «Management des risques industriels» et «Management de la qualité», ainsi qu'en master pro-

fessionnel «Ingénierie du retour d'expérience», en partenariat avec l'université d'Orléans.

Cette école s'est concentrée sur les notions d'analyse du risque dans chacun de ses aspects. Aujourd'hui, aux côtés de la technique, les éléments juridiques et financiers pèsent de tout leur poids et une évaluation bien conduite correspond à un véritable besoin. Nos futurs ingénieurs doivent être ouverts à ces réalités.

SÉCURITÉ INDUSTRIELLE ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : DES ENJEUX STRATÉGIQUES

La sécurité des installations industrielles et des processus qui renvoie tout particulièrement aux risques de type technique, c'est-à-dire ceux qui engendrent une

(*) Ecole Hubert Curien, 25 rue Louis Mallet, BP 54 - 18001 Bourges Cedex, <http://www.cher.cci.fr>

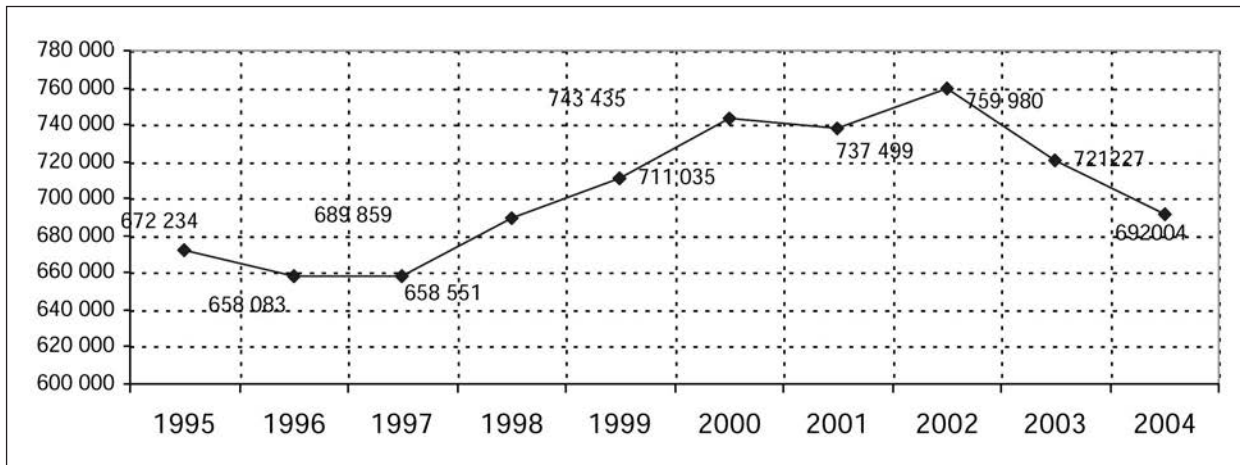


Figure 1 – Évolution du nombre d'accidents du travail avec arrêt.
(Sources CNAM, Conseil Supérieur de la Prévention des risques professionnels)

rupture de l'installation ou provoquent des effets à forte potentialité (pollution, radiation...) concerne désormais l'ensemble des entreprises où la menace technique est moins spectaculaire et se résume à des pannes ou des dysfonctionnements.

Les évolutions récentes des systèmes de production et d'exploitation concourent aujourd'hui à donner à ces risques « ordinaires » à la fois plus de poids et d'impact. Plus de poids, parce que les progrès réalisés en termes de fiabilisation des systèmes, grâce notamment aux évolutions des techniques et aux actions de maintenance préventive des installations, ont tendance à raréfier ce type d'incident récurrent mais imprévisible (ou, pour reprendre des termes de terrain, « ça arrive beaucoup moins, mais quand ça arrive, c'est beaucoup plus compliqué et destructeur »).

Plus d'impact ensuite parce que les évolutions des organisations vont vers des systèmes plus intégrés : l'attention ne se fixe plus sur les opérations une à une, ni sur leur vitesse unitaire, elle se concentre sur le fonctionnement d'ensemble du processus. La performance du système technique intégré s'appréhende économiquement de manière globale ; en conséquence, elle se révèle très

sensible à toute perturbation locale. La contrepartie du mouvement d'intégration est donc un mouvement de propagation de l'incident : le local est en relation directe et quasi immédiate avec le global.

La santé/sécurité des hommes, tout comme la protection de l'environnement, sont actuellement des exigences sociales essentielles de notre société moderne.

En effet, on compte dans notre pays :

- 759 180 accidents du travail en 2002 (en l'espace de neuf ans, la hausse a été de 13 %) dont près de 47 000 considérés comme graves ayant entraîné 730 décès (voir la figure 1) ; les entreprises employant moins de 50 travailleurs connaissent un risque d'accident mortel quasiment deux fois plus élevé que les grandes entreprises ; or, elles représentent 99 % de l'ensemble des entreprises dans l'Union européenne ;
- 32 000 maladies professionnelles reconnues aujourd'hui contre 5 000 en 1990 (voir la figure 2) ;
- 21 126 troubles musculo-squelettiques (TMS) déclarés en 2002 en hausse de 33 % par rapport à 2001 ; en dix ans, leur nombre a été multiplié par huit (2 602 cas reconnus en 1992) ;

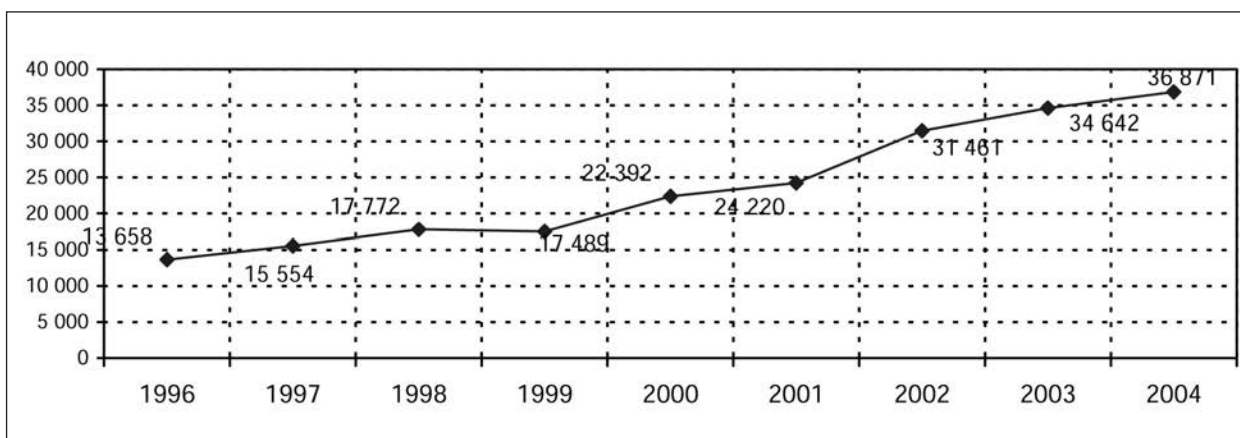
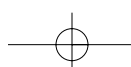


Figure 2 – Évolution du nombre de maladies professionnelles déclarées, constatées, reconnues.
(Sources CNAM, Conseil Supérieur de la Prévention des risques professionnels)



Le ministère du Travail a inscrit quatre grands axes dans les orientations stratégiques 2003-2006 :

- mise en place des outils de connaissances des risques ;
- amélioration de la réglementation et de son application ;
- renforcement de la coordination des actions de prévention ;
- adaptation de l'indemnisation des victimes.

En outre, le ministère du Travail a fixé un objectif ambitieux dans le cadre de son plan santé au travail : réduire les TMS de 20 % d'ici à 2009.

Le ministère de l'Ecologie et du Développement durable a identifié des objectifs majeurs :

- prévoir les épidémies de légionellose en divisant par deux le nombre de cas d'ici à 2008 ;
- renforcer la sécurité des sites Seveso ;
- diminuer les émissions de COV en réduisant de 40 % l'émission annuelle d'ici à 2008 ;
- réduire les émissions toxiques à l'horizon 2010 (diminution de 85 % pour les dioxines, 50 % pour le cadmium et 65 % pour le plomb).

La sécurité industrielle, la sécurité des hommes et la protection de l'environnement auxquelles il faut ajouter la sécurité d'emploi ou de consommation des produits fabriqués, sont devenus depuis quelques années des enjeux stratégiques majeurs au même titre que la performance économique et sociale.

Les évolutions des besoins dans le management des risques industriels sont à mettre en perspective des évolutions multiples de la société :

- évolution de l'environnement économique et financier vers une exigence accrue de compétitivité et de rentabilité ;
- évolution de la perception des risques par le public, se traduisant par des exigences fortes d'excellence en matière de sûreté, de protection des personnes et de l'environnement, de prise en compte du principe de précaution ;
- évolutions juridiques et réglementaires accompagnées d'une responsabilité (civile ou pénale) accrue des décideurs ;
- évolution dans la prise de décision et les modes de management, se traduisant par la prise en compte des effets externes, des attentes des parties prenantes et par l'émergence de la notion de gouvernance ;
- évolution des préoccupations sociales en matière de risques professionnels.

Pour répondre à ces différentes problématiques, des « principes » fondamentaux structurent les différents enseignements de l'Ecole Hubert Curien relatifs à la gestion des risques.

LA SÉCURITÉ INDUSTRIELLE : LES PRINCIPES, LES BESOINS

« Il incombe aux autorités publiques de se tenir informées des dangers et d'arrêter, en l'état des connaissances scienti-

ifiques et, au besoin, à l'aide d'études ou d'enquêtes complémentaires, les mesures les plus appropriées pour limiter et si possible éliminer ces dangers » : ainsi s'est exprimé, dans un arrêt du 4 mars 2004, le Conseil d'Etat qui condamne l'Etat pour ses carences dans l'affaire de l'amiante. Mais ce message vaut pour tous les dangers en rapport avec des catastrophes accidentelles, sanitaires ou relevant de malveillances et d'actes de terrorisme. L'Etat n'a donc pas simplement pour mission de faire des textes, mais également de se renseigner sur les dangers. Il doit donc disposer des moyens nécessaires, aussi bien au plan de l'analyse des données et de l'évaluation des risques, qu'à celui des politiques et des stratégies qu'il doit mettre en œuvre.

Les entreprises et les collectivités, qui ont pour mission d'appliquer les règles conçues et imposées par la puissance publique et qui ont conscience de leurs responsabilités, savent qu'elles doivent aussi posséder des capacités d'analyse et d'évaluation. La judiciarisation de la société, le principe de précaution, la médiatisation des affaires devraient leur donner la dimension de cette exigence.

Mais l'expertise qui est nécessaire à la démarche est délicate à mettre en œuvre en raison, d'une part, de la complexité de certains sujets et, d'autre part, des conflits des logiques de l'administration, des collectivités, des entreprises, des syndicats, des associations, des experts, etc., qui ont le droit d'intervenir dans les dossiers. L'expert qui pouvait, il y a encore peu de temps, boucler seul une affaire doit désormais pouvoir s'appuyer sur des données qui dépassent celles qui relèvent de sa compétence spécifique. Ainsi, l'ingénieur conseil doit-il faire appel à l'appui de juristes ou de spécialistes en sciences humaines. De même, un avocat doit-il aller vers des ingénieurs, des médecins ou encore des psychologues... Aujourd'hui, la sécurité se trouve également dans le champ du politique (parlement, élus locaux...) et n'est plus seulement l'affaire d'experts.

Aux évolutions de ces exigences s'ajoute une complexité croissante des obligations de l'entreprise (voir, en annexe, les textes récents relatifs à ce sujet). On peut distinguer :

- les obligations internationales (directives européennes, normes dans les domaines de l'environnement et de la sécurité) ;
- les obligations nationales, en particulier la loi du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages ;
- les attentes sociétales, matérialisées par les différentes politiques (de santé publique, d'environnement...).

Ces contraintes réglementaires nouvelles s'ajoutent aux « anciennes » : études de dangers, études d'impacts, plans d'opérations internes en cas de sinistres, participation aux « Plans particuliers d'interventions » sous l'égide de la Sécurité civile, etc.

La sécurité est un domaine réglementé sous des angles multiples : elle fait l'objet d'un nombre considérable de textes regorgeant de précisions (décrets, arrêtés, circulaires, normes ayant valeur réglementaire, normes ayant

valeur de règles de l'art). En tout état de cause, la lecture des textes suppose aujourd'hui une réelle expertise et reste très difficile aussi bien aux juristes qu'aux ingénieurs.

Enfin, une entreprise responsable souhaite bénéficier de labels et certifications comme signes de reconnaissance de ses bonnes pratiques en matière de sécurité et de protection de l'environnement, en particulier, les certifications ISO 14 000 (environnement) ou EMAS, BS 8 800 (OHSAS 18 000...). Ces certifications ont souvent un enjeu dans le cadre du développement durable.

La mise en œuvre dans l'entreprise de ces différentes obligations repose sur l'application de cinq principes : prévision, prévention, protection, réparation, représentation.

Premier principe : la prévision

La prévision consiste à identifier, évaluer, quantifier au travers d'analyses, hiérarchiser, maîtriser et récupérer les risques et leurs conséquences au travers des modèles dits déterministes et probabilistes.

La prévision impose de bien identifier l'ensemble des phénomènes susceptibles d'engendrer le risque. On peut citer :

- la connaissance des phénomènes physiques impliqués en situation accidentelle (incendie, explosion, BLEVE...);
- l'identification et l'analyse des risques, que leurs causes soient d'origine interne ou externe à l'installation concernée par des simulations et méthodes de sûreté de fonctionnement (APR, AMDEC, AdF, études de dangers...);
- la détermination des scénarios d'accident (application à la prévision opérationnelle chez les sapeurs pompiers). Les analyses doivent différencier les facteurs techniques, facteurs organisateurs et facteurs humains.

Différents cas du couple « probabilités/conséquences » peuvent être rencontrés, des risques chroniques engendrés par le fonctionnement normal, jusqu'aux événements de caractère accidentel plus ou moins vraisemblables et plus ou moins porteurs de risques.

La bibliographie, les sources des organisations professionnelles ainsi que l'expérience apportent des connaissances phénoménologiques nécessaires. Dans les cas complexes ou très spécifiques, cette connaissance pourra nécessiter un travail expérimental, aussi représentatif que possible, accompagné d'une modélisation permettant une transposition validée au cas particulier.

Mais il importe que les études phénoménologiques soient proportionnées à l'ampleur des risques. Une fois les phénomènes identifiés, une analyse de risque devra examiner les scénarios d'accident depuis l'événement initiateur jusqu'aux impacts possibles, en retenant les conditions de fonctionnement de l'installation y compris celles anormales. Le retour d'expérience sur les

accidents est alors particulièrement utile pour l'exploitant et l'inspection (confrontation avec la réalité au-delà des études et modèles).

A cet effet, les scénarios prévisionnels, éléments clé des études de dangers, peuvent être confirmés par des données de retour d'expérience : recueil des incidents, surtout des mineurs, « presque accidents », accidents sur des installations ou produits en exploitation. Ce sont les analyses des accidents mineurs qui permettent d'éviter l'accident majeur (triangle de BIRD).

En France, la base de données ARIA qui gère le BARPI (Bureau d'analyse des risques et pollutions industrielles) recense près de 14 000 accidents entre le 1^{er} janvier 1992 et le 31 décembre 2001.

Il convient, à ce stade, de bien identifier les différents événements initiateurs possibles de chaque phénomène potentiel. Cela peut être simple ou plus complexe si les événements initiateurs sont multi facteurs. Cette identification doit être faite avec d'autant plus de soin et de motivation qu'elle constitue la source de la plupart des moyens de prévention.

Pour prévenir, il faut, soit supprimer le potentiel de risque (produit, énergie...), opération parfois impossible dans un process industriel, soit faire disparaître les événements initiateurs qui pour certains sont plus accessibles. A ce stade le « partage des bonnes pratiques » peut se révéler utile. Il nécessite la constitution de réseaux de compétences internes et externes à l'entreprise.

Dans le cadre de la prévision, il convient également que le manager des risques industriels dans l'entreprise, anticipe les nouveaux risques : maladie du légionnaire, les plombémies élevées, les dioxines, les métaux toxiques sont autant de problématiques au centre des préoccupations du public aujourd'hui.

Deuxième principe : la prévention

Dans une première phase, la prévention des risques s'est surtout traduite par la mise en place de prescriptions (procédures techniques) ou de dispositifs techniques (matériel de détection...).

Le perfectionnement continu des règles pour la gestion des risques industriels, notamment par les réflexions scientifiques, la généralisation des expériences, la recherche d'une meilleure harmonisation dans la mise en œuvre, la prise en compte des impératifs sociaux et environnementaux, nécessite désormais, de tous les acteurs, un travail pluridisciplinaire et la construction de réseaux d'échanges où l'entreprise est le point nodal, le lieu de convergence. Progresser dans ce domaine exige aujourd'hui de développer des systèmes de gestion des risques en considérant l'intervention humaine comme centrale dans le développement des stratégies de prévention des risques. L'interdépendance des risques professionnels et des risques technologiques et industriels est aujourd'hui flagrante.

L'entreprise (incitée par le législateur) doit veiller à introduire des dispositions pour améliorer la transparence des démarches et la participation de l'ensemble des parties concernées.

De nombreux partenaires internes et externes à l'entreprise concourent à la prévention et constituent un réseau complexe d'acteurs. Citons principalement :

- l'exploitant de sites industriels ;
- les salariés (CHSCT, syndicat, encadrement) ;
- l'Union européenne ;
- l'Etat (préfet, inspecteur des installations classées, inspecteur du travail, médecine du travail, DASS, CNAM...) ;
- les élus (maire, conseil général...) ;
- les organismes qui réalisent de la recherche appliquée comme les organisations professionnelles, groupes de travail, consultants spécialisés et institutions qualifiées (Anact, Ineris, INRS, OPPBTP, IRSN, TNO, Gesip) ;
- le public, les associations collectives et territoriales destinées à assurer une animation, une responsabilité dans la gestion des risques ;
- l'assurance (l'inspecteur de compagnie d'assurance) ;
- les journalistes ou les personnes chargées de la communication.

Troisième principe : la protection

La protection ou la réduction de la vulnérabilité implique la limitation des impacts (ou des effets) en vue de protéger les hommes, les infrastructures vitales et d'autres biens essentiels.

Quels que soient le caractère et la fiabilité des moyens de prévention, une analyse des risques doit faire l'hypothèse que le phénomène se produit, malgré tout, afin d'en apprécier les conséquences et de définir d'éventuels moyens de limitation. Elle doit donc permettre de définir les scénarios envisageables et d'y associer un « terme source » quantifiant les caractéristiques de l'agression de son départ : quantité de produit nocif rejeté, énergie dégagée, onde de surpression... Elle

« Mais à quoi servirait de progresser dans la découverte et l'invention si nos contemporains ressentent une montée d'angoisse et de vertige devant un avenir dont ils pourraient penser qu'il est incontrôlé ? Une analyse systématique et rationnelle des risques réels est la condition d'un progrès significatif des activités humaines. Créer des risques réels ne se conjugue pas qu'au futur. Au présent aussi, la vigilance est nécessaire. Le rapport de l'homme au travail a changé : tant mieux, mais les règles de sécurité méritent souvent des adaptations, voire une redéfinition.

La démarche que l'on désigne souvent sous le nom de « retour d'expérience » ou encore de progression par « essai et retouche » est maintenant de règle. La perfection sera peut-être un jour de ce monde. Elle ne s'atteindra, en tout cas, que par étapes jalonnées de réflexions salutaires.

Voilà le programme de l'Ecole de Bourges. Sécurité et qualité, modestie devant les faits et fermeté dans les objectifs. C'est un monde plus sûr et plus convivial que nous voulons préparer. Les précautions bien pesées font bon ménage avec les ambitions bien pensées. »

Hubert Curien, Ancien Président du CNES, Ancien Ministre de la Recherche, Ancien Président de l'Académie des sciences.

prend également en compte les aspects sanitaires de l'impact potentiel des activités industrielles (cf. les récentes catastrophes sanitaires, le sang contaminé, l'amiante, l'ESB).

Des modèles permettront alors d'évaluer la dispersion de ce terme source dans l'espace et le temps et de connaître ainsi l'évaluation de l'agression en tout point où les personnes, les biens ou les milieux peuvent être atteints.

La phase suivante consiste à évaluer l'impact en terme de dégâts pour ces différents récepteurs et notamment les effets sur la santé à court ou long termes. Si certaines de ces conséquences ne sont pas acceptables, il devra y avoir un retour, soit sur les mesures de prévention, soit sur des mesures de protection.

La protection intègre l'intervention et ses moyens (la détection, l'organisa-

tion de l'intervention qui prend en compte les intervenants extérieurs, le matériel de défense contre l'incendie, la formation et l'entraînement). Elle est organisée à partir de la mise en œuvre des différents plans d'urgence : POI, PPI, PCS, Orsec, Colmar, de façon à permettre de gérer les conséquences du risque et d'accélérer la récupération des systèmes techniques, financiers, légaux et sociaux.

Quatrième principe : la réparation ou l'indemnisation des dommages

A ce titre, on peut retenir désormais la tendance vers la réparation intégrale et non plus forfaitaire (depuis 1998) des préjudices subis par les travailleurs et les mécanismes d'assurance dommages : responsabilité civile produit, responsabilité civile professionnelle, responsabilité civile pollution.

Combien coûte, par exemple, la pollution dégagée par une centrale de fioul ? La réponse se trouve chez les ingénieurs qui calculent les émissions de polluants, chez les météorologues qui étudient les vents, chez les urbanistes qui recensent la population exposée, chez les médecins qui reçoivent les malades, à la Sécurité socia-

le qui suit leurs dépenses médicales. Sans oublier les pollutions intervenant dans la construction ou le démantèlement des installations.

Cinquième principe : la répression

En une dizaine d'années, 1 442 condamnations inscrites au casier judiciaire ont été prononcées à l'encontre de personnes morales, le plus souvent des entreprises.

«*Le champ de la responsabilité pénale des personnes morales s'élargit au fur et à mesure de la production législative*» note une étude du ministère de la Justice, portant sur la période allant de 1994 (date de la création de la responsabilité pénale des personnes morales) à 2002 (derniers chiffres connus). Cela concerne les accidents du travail : près d'un quart des personnes morales ont été jugées responsables de blessures ou homicides involontaires. Les atteintes à l'environnement concernent un peu moins de 8 % des condamnations.

La société moderne ne se satisfait plus d'une responsabilité sans faute qui permet l'indemnisation. La responsabilité pénale pour mise en danger d'autrui (article 223.1 du nouveau Code pénal) a introduit de profonds changements pour tous les responsables d'entreprise, mais aussi pour les maires des communes, les administrations, voire... les ministères. A retenir dans ce sens :

- les arrêts amiantes du 28 février 2002 mettant à la charge de l'employeur une obligation contractuelle de résultats ;
- un arrêt du même jour faisant référence pour la première fois à l'article L 230-3 du Code du travail pour établir la faute grave d'un salarié.

LES NOUVELLES APPROCHES DU MÉTIER

La mise en œuvre de ces cinq principes dans l'entreprise a bouleversé l'approche traditionnelle du métier.

A l'origine, le métier était fondé sur l'utilisation de compétences à dominantes techniques et réglementaires (au premier rang desquelles les dispositions édictées par le Code du travail) pour concevoir et mettre en œuvre les dispositions en matière de sécurité dans un contexte technologique économique et social donné. L'évolution constante des sciences et des techniques a entraîné l'élévation du niveau de vie matériel de la société, l'augmentation des exigences des utilisateurs des équipements et produits, l'accroissement de la complexité des systèmes (technologique, humaine, organisationnelle, environnementale).

Sans chercher à opposer une conception exclusivement scientifique et technique à une conception exclusivement sociologique en termes de perceptions et de représentations, le risque ne peut se réduire à un dysfonctionnement touchant exclusivement l'architecture

technique du système productif, tout simplement parce que l'exploitation de celui-ci passe par des agencements composites qui lient «les hommes et les machines» (Didier, 1995) selon des interdépendances complexes. En effet, l'analyse des accidents majeurs survenus dans un passé proche a souvent mis en relief la place des dysfonctionnements de nature organisationnelle dans l'origine et le déroulement des accidents.

Dans ce cadre, au cours des dernières années, et avec un curieux parallélisme entre risque industriel et environnement, une idée s'est développée selon laquelle une voie de progrès résidait dans une approche managériale rigoureuse, inspirée des pratiques de la qualité et mise en œuvre dans un système de management intégré qualité, hygiène, sécurité et environnement – QHSE. Toutefois, il faut écarter toute tentation de plaquer une approche managériale sur un état technique des lieux incertain, voire quasiment inexistant. Le résultat serait totalement illusoire.

Tous ces facteurs conduisent à l'aube du XXI^e siècle à faire évoluer le métier pour mieux prendre en compte :

- un élargissement des systèmes industriels (nature et nombre des équipements, des produits, des processus et des procédés de plus en plus interdépendants et ouverts sur l'environnement sur lesquels ils interviennent) ;
 - l'apparition en nombre croissant de domaines immatériels pris en compte, parmi lesquels se trouvent la conception, la réalisation et l'exploitation de services comme le conseil ou l'information technique, la maîtrise de systèmes logiques abstraits ou les sciences de l'organisation ;
 - une ouverture de l'éventail des méthodes et outils utilisés pour la gestion de la sécurité de l'installation industrielle dans les processus de conception, de production, d'exploitation ou de maintenance de l'installation industrielle, des équipements, des produits, des services et des systèmes logiques ;
 - un approfondissement des spécialités scientifiques et techniques utilisées dans ces différents processus ;
 - une prise en compte des problèmes économiques, sociaux, et humains en rapport avec ces activités.
- On aboutit ainsi à un accroissement continu de :
- la diversification des activités confiées ;
 - la complexité des articulations de leurs interventions respectives (interaction entre les différentes activités et disciplines impliquées).

Les professionnels de la sécurité sont confrontés désormais à des situations mêlant différents éclairages (techniques, humains, organisationnels, financiers) et différentes disciplines (stratégie de l'entreprise, production, performance, gestion des ressources humaines).

On ne s'étonnera pas que la «réussite» de ces démarches au niveau stratégique de l'entreprise repose sur l'identification des menaces et la gestion des risques, l'organisation des rôles et des responsabilités organisationnelles, la prise de décisions sur les objectifs et les ressources pour le renforcement des dispositifs en vigueur.

Ces démarches doivent être mises en œuvre désormais par un responsable sécurité qui dispose de nouvelles compétences dans les domaines du management stratégique de l'entreprise et de l'expertise sécurité.

Ces démarches n'ont de sens que si elles se traduisent en dispositions internes que l'entreprise aura prises de son propre chef dans un système management de la sécurité.

Il est donc clair que le chef d'entreprise ne peut réaliser ces objectifs que s'il dispose de cadres de haut niveau, compétents, attentifs aux développements et aux changements, car les problèmes de sécurité doivent être partagés par tous, et en particulier par la hiérarchie.

Sur des sites importants ces tâches justifient l'existence d'une équipe. Sur des sites moins importants le responsable doit être un homme orchestre qui reçoit souvent, en outre, les responsabilités de protection de l'environnement.

C'est dans ce contexte exigeant et en constante évolution que l'Ecole Hubert Curien a développé des formations prenant en compte les dimensions suivantes : retour d'expérience, management stratégique, expertise sécurité, système de management de la sécurité.

LES ENSEIGNEMENTS À L'ECOLE HUBERT CURIEN ET L'APPRENTISSAGE EN ENTREPRISE

Les démarches de gestion des risques sont au cœur des préoccupations des formations de l'Ecole Hubert Curien depuis maintenant plus de 16 ans. L'Ecole place l'entreprise au centre de ces démarches.

La formation « Management des risques industriels » de l'Ecole Hubert Curien se positionne prioritairement dans le domaine de la gestion de la sécurité de l'installation industrielle, en particulier lors de sa phase d'exploitation. Ceci n'exclut pas la prise en compte par l'école du domaine de la conception, en particulier au travers de ses formations « Management de la qualité » et du Master professionnel 2^e année « Ingénierie du retour d'expérience ».

L'objet de notre démarche de formation dans ce domaine est aussi de favoriser les rapprochements entre exploitant et concepteur dont l'insuffisance est la cause de nombreuses catastrophes.

Le dispositif général de maîtrise des risques ne peut, sous peine de graves déconvenues, ignorer les enseigne-

ments tirés de l'expérience souvent douloureuse des accidents antérieurs. Il en découle qu'une formation au management des risques industriels ne doit pas céder à la tentation de traiter des problèmes aux contours plutôt bien définis alors que les situations professionnelles présentent rarement des problèmes mono disciplinaires.

Les professionnels de la sécurité sont confrontés à des situations mêlant différents éclairages (humains, techniques, organisationnels, financiers) et différentes disciplines (stratégie de l'entreprise, production, performance, gestion des ressources humaines).

Il en résulte une réelle difficulté à appréhender ces situations dans leur complexité. D'où l'intérêt d'une formation qui permette la possibilité d'une intégration. Pour mener à bien ce type de formation l'entreprise est centrale. Elle est à la fois le lieu de production du risque et lieu d'application des moyens de sa maîtrise. Des entreprises aussi réputées que Areva, Arkema, EDF, Michelin... ont choisi avec l'Ecole Hubert Curien de développer cette formation supérieure en apprentissage. C'est en effet au sein de l'entreprise que doivent s'établir les conditions d'une gestion dynamique et efficace des risques surtout dans un contexte marqué par la complexité des techniques, des processus de production, des produits élaborés et des organisations du travail. Le programme de nos formations à l'Ecole Hubert Curien aborde tous les aspects essentiels de ces métiers. De fait, la connaissance des difficultés rencontrées sur le terrain est essentielle pour le futur chargé de sécurité.

L'apprentissage qui mêle savoir scientifique et technique, pratiques professionnelles et initiation des comportements professionnels, en donnant une expérience industrielle à l'étudiant/apprenti, répond aux demandes fréquentes du futur employeur d'engager une personne ayant une certaine expérience (acquise souvent dans la même entreprise). Volontairement longues, les alternances sont trimestrielles et permettent aux étudiants de travailler en entreprise sur des projets en adéquation avec le niveau du titre et de suivre à l'école un enseignement exigeant.

Véritable précurseur, l'Ecole Hubert Curien a participé activement par cette initiative réussie au mouvement de revalorisation de l'apprentissage. Ses modes d'enseignement sont sans conteste une des raisons du succès des formations de notre école. Ce succès est attesté par les parcours individuels des titulaires du titre.

*Annexe***Les textes récents relatifs aux obligations des entreprises**

- L'arrêté du 10 mai 2000 transposant en droit français la directive dite Seveso, instituant en particulier un système de management de la sécurité.
- L'accord du 18 décembre 2000 entre les syndicats employeurs et salariés sur la santé au travail qui reconnaît que « la préservation et l'amélioration de la santé au travail sont une priorité (...) La protection de la santé au travail relève de la responsabilité de l'employeur et doit être prise en compte dans l'organisation même de l'entreprise. Cela suppose une mobilisation des entreprises de toutes tailles ».
- L'article 116 de la loi 2001-420 du 15 mai 2001 relative aux nouvelles régulations économiques (NRE), impose aux sociétés cotées en Bourse de mentionner dans leur rapport annuel des informations sur la manière dont la société prend en compte les conséquences sociales et environnementales de son activité.
- Le décret du 5 novembre 2001 demandant une évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs aux postes de travail. « L'employeur s'assure de la rédaction d'un rapport reprenant l'ensemble des éléments constitutifs de l'évaluation des risques (...). Le rapport servira notamment à renseigner le document unique prévu par la réglementation » (article 230-1 du Code du travail).
- Les dispositions de la loi de modernisation sociale 2002-73 du 12 janvier 2002 en matière de lutte contre le harcèlement moral au travail.
- Le décret 2003-546 du 24 juin 2003 introduit la notion de pluridisciplinarité dans les services de santé au travail, en particulier par la création « d'intervenants en prévention des risques professionnels » aux côtés des médecins du travail.
- La loi dite Bachelot du 30 juillet 2003 qui vise, en particulier, à mieux informer les riverains et à une meilleure indemnisation des victimes introduit une approche probabiliste avec une forte pression pour réduire le risque à la source.
- Le décret 2005-1130 relatif aux plans de prévention des risques technologiques.
- L'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées.
- L'arrêté du 29 septembre 2005 modifiant l'arrêté du 10 mai 2000 modifié relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées.
- La circulaire du 29 septembre 2005 définissant les critères d'appréciation de la démarche de maîtrise des risques d'accidents susceptibles de survenir dans des établissements dit « Seveso », visés par l'arrêté du 10 mai 2000 modifié.
- Le décret 2005-3 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles.
- L'arrêté du 25 janvier 2006 fixant le guide national de référence relatif à la prévention.

Les ingénieurs de demain : quelle formation et quelle nationalité pour la demande industrielle ?

PSA Peugeot Citroën a engagé, en 2005, une refonte des processus de ressources humaines afin de placer davantage les compétences au centre des choix de recrutement, d'évolution professionnelle et de formation. Cette démarche engagée par le groupe est exemplaire d'une tendance importante dans les entreprises à privilégier les compétences techniques par rapport aux valeurs de management pour le plus grand nombre des cadres. Ce n'est pas la fin du manager généraliste, mais celui-ci doit d'abord avoir fait ses preuves dans un métier. Cette approche conduit à s'interroger sur la vision de la vie professionnelle et des véritables débouchés qui est donnée aux étudiants dans les écoles et les universités.

Quant à la recherche de profils internationaux basés sur des formations françaises, elle ne concerne finalement qu'un petit nombre de personnes et il est souvent plus intéressant de recruter un cadre localement, quitte à compléter sa formation.

Par **François SOULMAGNON**, PSA Peugeot Citroën (1)

Les pouvoirs publics et les différents acteurs de la formation initiale reprochent souvent aux entreprises de ne pas avoir une vision précise et stable de leurs besoins de compétences. Celles-ci restent en effet souvent très prudentes quant à leurs besoins qualitatifs et quantitatifs de recrutement à moyen terme. Et pourtant la plupart des grandes entreprises et des fédé-

rations professionnelles développent des réflexions en matière de gestion prévisionnelle des emplois et des compétences.

« JE CHERCHE UN SPÉCIALISTE EN MÉCATRONIQUE ; JE NE LE TROUVE PAS ! »

Pour leur part, les responsables politiques, les personnes en charge des études dans les grandes écoles, les hauts

(1) Directeur de la formation et des conditions de travail, Direction des relations et des ressources humaines.

fonctionnaires du ministère de l'Education nationale font en sorte que les écoles, les universités, les lycées... « collent au mieux » aux besoins du marché de l'emploi malgré des perspectives plutôt incertaines. Malgré cela, les entreprises disent ne pas trouver certains profils à la sortie des grandes écoles et des universités.

Malgré la bonne volonté de chacun, la situation actuelle est contrastée avec une certaine satisfaction sur la formation des personnels en France mais aussi des critiques répétées sur l'absence de certaines compétences. Les formations se transforment parfois trop lentement pour le goût des entreprises en raison de la lourdeur des institutions. Cependant, les entreprises d'une certaine taille déclarent trouver en général en France des jeunes diplômés bien formés et répondant à leurs besoins.

Les études des ministères de l'Emploi ou de l'Education nationale montrent que des déséquilibres forts existent et perdurent entre les évolutions prévisibles de l'emploi et les qualifications des jeunes arrivant du système éducatif. Des difficultés importantes gênent la prise en compte des évolutions majeures comme la tertiarisation de l'économie et les tensions persistent sur le marché de l'emploi des métiers les moins attractifs. La dernière étude de la Dares (Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques) et du Commissariat général du Plan sur les métiers en 2015 pointe l'impact du départ des générations du *baby-boom* et montre que ce renouvellement des effectifs et les modifications de la structure des emplois ne mènent pas au plein emploi mais, au contraire, laissent perdurer des difficultés de recrutement et un maintien du chômage à un niveau élevé.

La France entre dans une période cruciale sur le plan du renouvellement des générations puisque 80 % des postes à pourvoir d'ici dix ans résulteront de départs de fin de carrière. Le défi de maintenir des compétences au meilleur niveau face à la concurrence des autres pays est majeur pour les entreprises européennes comme pour les pouvoirs publics.

PSA Peugeot Citroën se trouve dans ce cas, comme d'autres entreprises, mais doit également faire face aux besoins de personnes qualifiées liés à son développement international et aux évolutions technologiques. Les attentes d'un grand groupe industriel comme PSA Peugeot Citroën vis-à-vis du système éducatif sont liées aux choix faits dans sa politique de gestion des ressources humaines pour répondre à la stratégie de développement de l'entreprise. Elles comprennent à la fois des tendances de fond résultant des enjeux de long terme de l'entreprise et des besoins de réactivité pour faire face à des évolutions brusques. Ces attentes peuvent probablement être assez largement généralisées.

POLITIQUE DE CROISSANCE ET INTERNATIONALISATION DES EFFECTIFS

PSA Peugeot Citroën est le 2^e constructeur automobile européen avec un chiffre d'affaires consolidé en 2005

de 56,3 milliards d'euros. Le groupe aura vendu 3 390 000 véhicules dans le monde en 2005. L'une des spécificités du groupe est qu'il réunit deux marques généralistes fortes et bien différenciées : Peugeot et Citroën. Il recherche le maximum de synergies au service de ces deux marques dans les activités de recherche et développement, dans la fabrication et dans les services communs... Il a aussi poussé largement une stratégie de développement des véhicules à partir d'un nombre limité de plates-formes : trois plates-formes pour les véhicules propres au groupe et trois plates-formes en coopération avec d'autres constructeurs (FIAT, Toyota, Mitsubishi).

La stratégie du groupe PSA Peugeot Citroën est basée sur quelques principes simples. Elle prévoit de renouveler rapidement le cœur de son offre de véhicules avec des styles forts et de nouveaux concepts automobiles, de pousser le développement sur tous les segments de marché choisis par le groupe et d'effectuer des lancements alternés entre les deux marques avec un développement homogène de chacune des deux marques.

En matière d'innovation, deux axes sont privilégiés : d'une part l'environnement avec des solutions directement applicables comme le diesel avec filtre à particules, le *Stop & Start*, la boîte de vitesses pilotée, l'utilisation de biocarburants et des solutions pour demain comme les hybrides diesel ou la pile à combustible et, d'autre part, la sécurité, que celle-ci concerne le véhicule, le comportement du conducteur ou les suites des accidents.

Le groupe PSA Peugeot Citroën développe une politique de coopérations très active dans le domaine des véhicules, des moteurs et des boîtes de vitesse. Les apports de ces coopérations sont évidemment de bénéficier d'avantages compétitifs sur le plan du partage des coûts, sur les effets d'échelle par augmentation des volumes mais aussi par l'apprentissage de méthodes ou de cultures différentes. Les principales coopérations du groupe concernent les véhicules utilitaires avec Fiat, les petits véhicules C1 et 107 avec Toyota, les moteurs diesel avec Ford, les petits moteurs essence avec BMW et bientôt les 4x4 avec Mitsubishi.

La croissance des volumes de véhicules vendus se fait dans des zones stratégiques importantes par leurs marchés potentiels comme l'Europe de l'Est, la Chine et le Mercosur.

La croissance du groupe est sous-tendue par une politique sociale. Celle-ci, de dimension internationale, constitue un atout pour sa stratégie et son développement, dans le monde. Fondée sur quatre axes stratégiques, elle s'inscrit dans la durée et est poursuivie depuis plusieurs années.

Le groupe PSA Peugeot Citroën emploie aujourd'hui près de 210 000 salariés dans le monde dont 140 000 dans la branche automobile, 55 000 dans l'équipement automobile avec Faurecia, plus de 9 000 dans la logistique avec Gefco et 2 400 pour la banque PSA Finance. La politique de croissance et d'innovation menée par l'entreprise a nécessité la mise en œuvre de nombreux



© TPCA / AP / SIPA

La formation initiale des personnels locaux au niveau cadre et ingénieur n'est pas un obstacle dans les pays où le groupe est fortement implanté (Europe centrale, Mercosur, Chine). Les formations de haut niveau existent généralement, même si elles présentent souvent le défaut d'être davantage théoriques que pratiques. Les difficultés les plus importantes concernent le recrutement de techniciens. Il a été, par exemple, nécessaire de prévoir des formations spécifiques conçues avec l'Education nationale française et assurées dans les lycées et les universités slovaques pour les techniciens de l'usine implantée à Trnava en Slovaquie.

recrutements. Elle s'est accompagnée, en six ans, de près de 100 000 recrutements en contrats à durée indéterminée, dont près de 50 000 en France. Au regard de cette évolution, près de 40 % des salariés du groupe ont moins de six ans d'ancienneté. En effet, à la croissance des effectifs viennent s'ajouter le remplacement des départs naturels. En 2005, le groupe PSA Peugeot Citroën a recruté près de 15 700 salariés.

Il est souvent méconnu que l'industrie automobile puisse être créatrice d'emploi. Ainsi, à structure comparable, hors cessions et acquisitions, le groupe a créé sur les six dernières années près de 30 000 emplois, dont environ 15 500 dans la division automobile.

L'internationalisation des effectifs a fortement progressé : environ 83 000 salariés – soit 40 % des effectifs – travaillent hors de France en 2005. Ils n'étaient que 28 400 en 1998. Le groupe compte des salariés appartenant à 100 nationalités différentes.

L'importance des recrutements réalisés par le secteur automobile dans les années 70 provoquera, entre 2008 et 2015, une augmentation significative du nombre de départs en retraite. Chaque année, près de 500 cadres, 700 Etam et 2 000 ouvriers atteindront l'âge d'une possible liquidation de leur retraite, soit un total de 3 000 à 3 200 départs annuels.

Le groupe anticipe ce choc démographique et prépare le renouvellement des générations. Les recrutements des dernières années permettent de préparer les remplacements nécessaires, de rééquilibrer et de rajeunir la pyramide des âges, tout en intégrant des salariés expérimentés, et d'organiser les transitions et transferts de compétences.

UNE PROFONDE ÉVOLUTION DE LA STRUCTURE DES EMPLOIS

Depuis l'an 2000, la structure des emplois du groupe a connu une profonde évolution. En six ans, la croissance du groupe s'est accompagnée d'une modification des méthodes de développement et de fabrication des véhicules et de fortes évolutions technologiques. Celle-ci s'est traduite par une transformation de la structure des emplois du groupe.

Si le nombre d'ouvriers est resté stable en valeur absolue, le poids relatif du personnel ouvrier dans l'effectif global est passé de 61,2 % en 1999 à 56,7 % en 2005. Le groupe est l'une des plus importantes sociétés à offrir des possibilités d'emploi à des personnes peu ou non

diplômées. En 2005, plus de 3 100 personnes sans diplôme ont été recrutées en contrat à durée indéterminée dans le monde, soit plus de 21 % des 15 700 recrutements en CDI.

Sur la même période, la part des cadres est passée de 11,3 % à 16,5 %. Quant au pourcentage des techniciens et administratifs, il est resté stable, à hauteur de 27 %. En termes absolus, le nombre de cadres est passé de 18 800 en 1999 à 34 335 en 2005

PSA Peugeot Citroën recrute des personnes diplômées et hautement qualifiées, issues d'un choix toujours plus large de cursus de formation ou d'expérience initiale : ingénieurs, techniciens, diplômés des écoles de commerce ou de gestion. La palette des profils de recrutement s'est très largement diversifiée en une dizaine d'année. Cette bascule progressive entre les parts relatives des cadres et des ouvriers recouvre des modifications très importantes pour certains métiers. C'est le cas notamment pour certaines techniques qui ont disparu du groupe comme la câblerie ou la sellerie et certains métiers ont fortement évolué comme l'électricité – électronique, la qualité ou la maintenance.

Depuis plusieurs années, PSA Peugeot Citroën figure parmi les entreprises les plus attractives pour les jeunes diplômés, ingénieurs en particulier. Au cours de l'année 2005, 190 000 candidatures ont été reçues par les différentes entités du groupe. 34 % d'entre elles étaient des candidatures féminines, tous secteurs d'activité confondus. Plus de 51 % ont été reçues via le site Internet du groupe.

Les évolutions qu'a connues PSA Peugeot Citroën sont celles de beaucoup d'entreprises. Celles-ci doivent faire face à un nombre important de départs de cadres expérimentés qui constituaient leur compétence technique ainsi qu'à des évolutions très fortes de beaucoup de métiers par l'effet de la concurrence mondiale et des progrès technologiques. Le renouvellement des générations a été engagé depuis quelques années. Il est en train de s'accélérer. Il se fait dans un contexte particulier de mutation rapide des technologies connu dans certains secteurs comme les technologies de l'information et qui s'est généralisé à la plupart des branches. L'internationalisation des entreprises et la globalisation des marchés exacerbent les besoins de nouvelles compétences et de reconversion des spécialistes.

Les politiques de développement des ressources humaines ont dû prendre en compte l'internationalisation rapide de l'économie et les modifications structurelles des compétences nécessaires. Des évolutions fortes en matière de gestion des compétences et de recrutement ont dû être impulsées. Les grandes entreprises ont souvent approfondi leurs réflexions sur leurs besoins de compétence et sur leurs méthodes de gestion. Elles en ont tiré des conséquences sur les politiques de recrutement, mais aussi de développement interne par la formation continue et par la promotion, les différents aspects étant inséparables.

LES COMPÉTENCES AU CŒUR DE LA GESTION DES CADRES

La mobilité et la reconversion sont les premières réponses à la bonne adéquation des besoins de l'entreprise et de ses ressources humaines.

Si nous prenons l'exemple de PSA Peugeot Citroën, l'éventail des métiers du groupe offre aux salariés de réelles possibilités d'évolution professionnelle. Ainsi près d'un cadre sur quatre dans les métiers de l'automobile ont bénéficié d'une mobilité professionnelle en 2005. Les offres d'emploi sont publiées et rendues accessibles à l'ensemble des salariés. Cette diffusion de l'information concourt à l'égalité des chances face à la mobilité et à la promotion sociale. Les promotions et les changements de qualification concernent chaque année environ 17 % des effectifs. 30 % des cadres sont issus de la promotion interne. Cette mobilité doit être prise en compte lors du recrutement à la fois parce que les compétences techniques sont d'abord recherchées en interne et parce que le recrutement d'un collaborateur est fait dans une perspective de long terme.

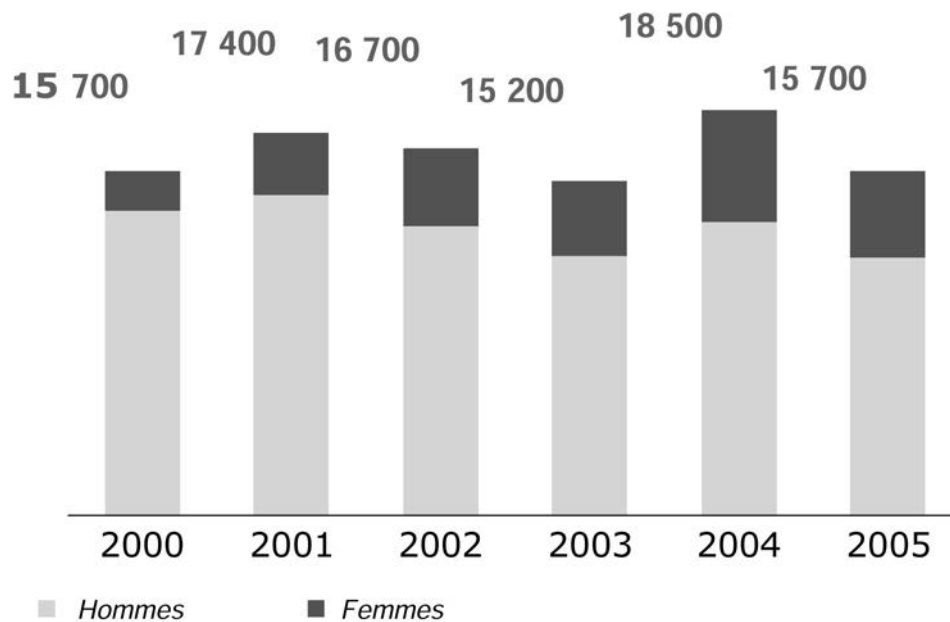
Même si les compétences recherchées à l'embauche sont importantes afin de répondre à un besoin immédiat, le profil personnel des candidats à l'embauche peut être aussi important que le bagage technique ou scientifique. En effet les entreprises investissent sur des collaborateurs dont elles espèrent des aptitudes à évoluer. Les capacités à savoir travailler en équipe, à utiliser les compétences des collaborateurs, à vivre dans un groupe, sont des qualités aussi importantes que la maîtrise de certaines techniques. Malgré les stages, les écoles françaises ne préparent pas toujours suffisamment au travail collectif et à la vie en entreprise.

Pour renforcer l'avantage concurrentiel du groupe, PSA Peugeot Citroën a engagé, en 2005, une refonte des processus de ressources humaines afin de placer davantage les compétences au centre des choix de recrutement, d'évolution professionnelle et de formation. Ce nouveau mode de gestion des compétences permettra de clarifier les perspectives de carrière des salariés et de mieux anticiper les besoins du groupe, tant en termes d'expertises que d'évolutions d'emploi.

Les filières sont des communautés de compétences qui se caractérisent par des méthodes, des outils et des langages communs aux métiers qui les constituent. Elles présentent un triple avantage : pour le groupe, de se prémunir contre les ruptures d'expertise à terme et de garantir la meilleure adéquation homme/poste, pour le manager, d'offrir des perspectives d'évolution claires à ses collaborateurs et de prévoir ses besoins d'emplois à terme, pour le collaborateur, de devenir acteur de sa carrière en ayant une meilleure visibilité des postes dont l'entreprise a besoin et de ceux auxquels il peut prétendre.

Cette démarche engagée par le groupe est exemplaire d'une tendance importante dans les entreprises à privilégier les compétences techniques par rapport aux

Recrutements (proportion hommes/femmes).



valeurs de management pour le plus grand nombre des cadres. Avant de devenir un manager reconnu, le cadre doit avoir une réelle capacité professionnelle à faire valoir. Dans un grand groupe, cette primauté de la compétence professionnelle se retrouve dans des démarches spécifiques du type de celle de PSA Peugeot Citroën. Dans des structures plus petites, elle est une évidence. Ce n'est pas la fin du manager généraliste, mais celui-ci doit d'abord avoir fait ses preuves dans un métier et par des réussites.

Les enquêtes menées en interne auprès des jeunes cadres montrent qu'une part significative d'entre eux s'envisage avant tout dans une carrière de stratège et à l'international. Ceci ne correspond pas à la réalité de ce que sera leur évolution professionnelle du moins dans la première partie de leur carrière. En effet, l'approche par métier au sein de PSA Peugeot Citroën a conduit notamment à s'interroger sur les profils de recrutement et sur les écoles cibles par métier. Que les premiers postes soient en fabrication, en développement ou dans des fonctions tertiaires, le souhait des hiérarchies est d'accueillir des jeunes ayant le sens du concret et disposant des connaissances nécessaires. Les écoles qui sont évoquées pour chaque métier ne sont pas toujours les grandes écoles généralistes.

Il est dès lors possible de s'interroger sur la vision de la vie professionnelle et des véritables débouchés qui est donnée aux étudiants dans les écoles et les universités. Une certaine tendance à cibler des profils généralistes sur le plan scientifique et technique et à préparer les compétences de management existe dans beaucoup d'écoles d'ingénieurs.

L'offre pléthorique qui se développe de doubles diplômes, de masters spécialisés, de cycles complémentaires complique la lisibilité des formations initiales. Elle n'apporte pas toujours un plus significatif au moment de l'embauche. Elle contribue peut être à trop accréditer l'idée que tous ces futurs cadres seront orientés vers des carrières de très haut niveau en oubliant qu'il est nécessaire de faire quelques gammes avant d'être un grand artiste. A partir d'une formation initiale correspondant aux besoins d'un début de carrière, chacun construira son évolution professionnelle en fonction de ses capacités, des opportunités, de ses expériences acquises et de ses réussites. L'entreprise cible ses recrutements, mais la suite de la carrière est dans la main de chaque collaborateur.

CARRIÈRES INTERNATIONALES ET INTERNATIONALISATION DES ÉQUIPES

L'internationalisation d'un grand groupe comme PSA Peugeot Citroën a différents aspects. Elle comprend le développement de coopérations avec des groupes de culture et de nationalité différente, l'implantation d'équipes nouvelles que ce soit dans le domaine du commerce, de la fabrication, de la recherche développement ou des achats dans des pays divers et mais aussi la transformation des habitudes qui obligent à travailler avec des partenaires partout dans le monde. Il existe un fort besoin de développer la culture internationale des personnels. Mais cette évolution ne correspond pas

avec le développement de carrières internationales avec une forte mobilité qui restent limitées en nombre.

Le groupe PSA Peugeot Citroën donne la priorité au développement des compétences locales lors d'une implantation industrielle ou commerciale. L'objectif est de rendre autonomes et pérennes les équipes locales tout en assurant une unité de politique, de méthodes, de normes... La constitution des équipes se fait en priorité par appel à des personnels locaux et par des transferts de compétences organisés à partir des équipes centrales. Le rôle des expatriés est, à terme, limité à contrôler certaines fonctions.

Les détachements internationaux répondent aux besoins d'apport d'expertises ou concernent des fonctions de management. En 2005, 695 salariés ont été détachés hors de leur pays d'origine et 3 000 missions de longue durée ont été réalisées à l'étranger. Il s'agit donc d'un effort très important conçu comme un investissement local. Ces chiffres traduisent une activité marquée par le développement des projets, des implantations et des coopérations à l'international. Mais ils montrent également la limite de l'internationalisation géographique des carrières.

La formation initiale des personnels locaux au niveau cadre et ingénieur n'est pas un obstacle dans les pays où le groupe est fortement implanté (Slovaquie, Mercosur, Chine). Les formations de haut niveau existent généralement, même si elles présentent souvent le défaut d'être davantage théoriques que pratiques. Les difficultés les plus importantes concernent le recrutement de techniciens. Il a été, par exemple, nécessaire de prévoir des formations spécifiques conçues avec l'Education nationale française et assurées dans les lycées et les universités slovaques pour les techniciens de l'usine implantée à Trnava en Slovaquie.

Les grandes entreprises françaises développent des partenariats avec les grandes écoles et universités étrangères comme elles le font en France. A titre d'exemple, pour le groupe PSA Peugeot Citroën, en Pologne, sa filiale de transport Gefco a signé de nombreuses conventions avec des écoles supérieures telles que les Académies techniques de Varsovie et de Wrocław, les Universités de Varsovie et de Poznan, ou encore l'Ecole internationale de transport et de logistique de Wrocław. En Allemagne, PSA Peugeot Citroën organise, en partenariat avec les Ecoles de commerce de Mannheim et de Bergisch-Gladbach, des formations supérieures de commerce par alternance. Une convention a également été signée avec l'Université de Sarrebruck, pour l'organisation de stages pour des étudiants ingénieurs. En Italie, des conventions ont été signées avec de nombreuses universités et grandes écoles, notamment l'Université et l'Ecole polytechnique de Milan. En Russie, la marque Peugeot s'est rapprochée de l'Université qui accueille le master franco-russe de management, afin de favoriser l'emploi des jeunes diplômés. En Hongrie, la Banque PSA Finance travaille dans le cadre d'une convention de stage avec l'Ecole internationale de commerce de Budapest.

La recherche de profils internationaux basés sur des formations françaises ne concerne finalement qu'un petit nombre de personnes. Il n'existe pas d'avantage particulier à recruter en France un cadre non français pour l'envoyer à terme travailler dans son pays d'origine. Il est plus intéressant de le recruter localement quitte à compléter sa formation post recrutement soit localement, soit en France.

Il existe pourtant un avantage décisif à recruter des cadres étrangers en France : celui de mieux comprendre les enjeux du groupe dans leur région d'origine et de pouvoir dialoguer avec des partenaires de culture différente. En règle générale, les entreprises recherchent des étudiants originaires de pays où elles sont implantées.

Les écoles font des efforts très importants pour attirer des étudiants venant des pays non européens où les entreprises françaises sont implantées. Par contre les étudiants originaires des pays d'Europe de l'Ouest ou des Etats-Unis sont trop rares. Il est alors nécessaire de rechercher des jeunes diplômés des universités de ces pays. Les écoles françaises seront de plus en plus en concurrence avec les universités étrangères et elles doivent se structurer entre elles pour rester compétitives.

Les entreprises recherchent, par ailleurs, des profils de cadres capables de prendre des responsabilités dans différents pays, de créer des implantations nouvelles ou de diriger des business unités. Les formations de type MBA peuvent être utiles dans cette optique, mais la personnalité prime alors sur les compétences qui peuvent s'acquérir dans les différents cursus.

De façon plus large, le groupe PSA Peugeot Citroën considère que ses collaborateurs doivent être à l'image de ses clients et de ses partenaires. La diversité est une richesse pour l'entreprise. Il a signé plusieurs accords dans ce sens, sur les femmes et les hommes, sur la diversité, sur les handicapés. Les résultats sont conformes aux objectifs et aux engagements souscrits : en France, parmi les 932 ingénieurs et cadres recrutés en 2005, 232 sont des femmes, 61 sont de nationalité étrangère, 63 sont issus des minorités visibles et 15 sont originaires d'une zone urbaine sensible.

Le taux de féminisation des effectifs est en constante augmentation. Les 41 000 femmes du groupe représentent aujourd'hui 19,8 % des effectifs, contre 17,6 % en 2002. Ce pourcentage traduit une politique volontaire de féminisation des recrutements : au niveau mondial, le groupe recrute aujourd'hui 25 % de femmes. En France en 2005, le taux de féminisation des recrutements s'élève à environ 28% pour les cadres. Beaucoup d'entreprises déplorent le manque d'attractivité des formations scientifiques supérieures pour les filles. Les politiques de renforcement de la féminisation trouvent leurs limites dans l'insuffisance des candidatures féminines d'ingénieur.

Les politiques de renforcement de la diversité et de lutte contre les discriminations se renforcent dans de nombreuses grandes entreprises. C'est une chance à saisir pour tous les étudiants concernés qui hésitent à se lancer dans des études supérieures.

L'APPRENTISSAGE : UN ENJEU DE SOCIÉTÉ PARTICULIER

Comme d'autres grandes entreprises, PSA Peugeot Citroën s'est engagé en faveur du développement de l'apprentissage. Le groupe a conclu un accord d'entreprise en 2005 qui prévoit un doublement du nombre d'apprentis d'ici 2009. En France, après la ratification de la charte de l'apprentissage pour les grandes entreprises, PSA Peugeot Citroën a signé le 29 septembre 2005, avec l'Agence nationale pour l'Emploi et le ministère de l'Emploi, un accord cadre national pour l'insertion professionnelle des jeunes par le contrat de professionnalisation. PSA Peugeot Citroën a accueilli en 2005 près de 2 300 jeunes en formation en alternance, auxquels s'ajoutent 3 000 apprentis des réseaux de distribution et d'après-vente des marques. En 2005, environ 30 % des apprentis préparaient un diplôme de niveau bac+5.

L'apprentissage permet de satisfaire des besoins de recrutements futurs sur des postes où le recours à l'embauche directe est difficile et de diversifier les recrutements pour certains postes à caractère technique.

Depuis de nombreuses années les filières professionnelles subissent un déficit d'image tant au niveau des jeunes que des familles alors qu'elles correspondent souvent à un réel besoin des entreprises, et donc, offrent de vraies opportunités d'embauche pour les jeunes. Les entreprises déplorent un manque de candidats dans des métiers aux débouchés importants.

Par ailleurs, ce phénomène rejaillit sur l'apprentissage qui, par assimilation, n'est pas une voie de formation plébiscitée par les jeunes et leur famille alors que ces dispositifs ont fait leur preuve depuis de nombreuses années. L'apprentissage est trop souvent considéré comme une formation de «second rang» alors qu'il peut mener jusqu'aux meilleures qualifications. Les for-

mations en alternance constituent, pour les apprentis, un accélérateur de compétences et permet d'acquérir à la fois des connaissances théoriques et des savoir-faire indispensables à la maîtrise d'un métier.

Les ingénieurs formés en alternance présentent des qualités spécifiques qui sont reconnues dans les entreprises. Issus de la filière professionnelle, ils ont souvent un bagage technique directement opérationnel et ils bénéficient d'une première expérience professionnelle riche.

POUR UNE COOPÉRATION ACCRUE ENTRE ÉCOLES ET ENTREPRISES

La formation des ingénieurs est reconnue comme d'excellente qualité en France. Les jeunes issues des grandes écoles font partie des atouts des entreprises françaises. Ils y acquièrent des compétences professionnelles qui peuvent sans doute être toujours mieux adaptées aux demandes des employeurs. Ils sont également façonnés par des traditions pédagogiques particulières qui les différencient souvent des jeunes formés dans d'autres pays.

Les spécificités des formations à la française constituent un avantage pour les entreprises françaises ; elles peuvent aussi être une difficulté pour les étudiants français qui cherchent à intégrer des entreprises étrangères. La particularité des grandes écoles mérite d'être défendue dans la concurrence qui s'accroît entre les systèmes de formation. Cette défense suppose une solidarité et une coopération entre les entreprises et les écoles, ce qui n'est pas toujours le cas, mais aussi que les écoles arrivent à surmonter certaines difficultés comme le manque d'attractivité des filières scientifiques et techniques ou leur taille trop réduite par rapport à leurs concurrents étrangers.

La construction du Viaduc de Millau : les défis techniques, les enjeux humains

LES NOUVEAUX DÉFIS

Le viaduc de Millau est un chaînon vital de l'A75 entre Paris et l'Espagne. Franchissant la large et profonde vallée du Tarn, cette autoroute est la plus haute de France. Le viaduc représente un exploit technique avec ses 6 travées principales de 342 m suspendues à sept pylônes et une avancée considérable dans la conception des ponts haubanés. Sa désormais célèbre silhouette offre à la ville de Millau un nouvel attrait touristique. En effet, le grand public perçoit que, par cet ouvrage hors du commun, l'histoire de sa construction est peut être la plus formidable épopée de l'ingénieur moderne.

Par **Marc BUONOMO**, Directeur de la Division Ponts et Ouvrages d'Art, Eiffel

Le Viaduc de Millau était un défi pour les ingénieurs et pour les entreprises qui se présentaient pour répondre à l'appel d'offre. A l'époque, beaucoup de monde trouvait ce projet pharaonique et était dubitatif devant la construction d'un tel ouvrage.

Ce dernier se situe dans un milieu montagneux et le tablier se trouve à 300 m au-dessus du Tarn avec des piles de 245 m de haut. Rappelons que la Tour Eiffel mesure 300 m. Toutes les dimensions de l'ouvrage étaient inhabituelles

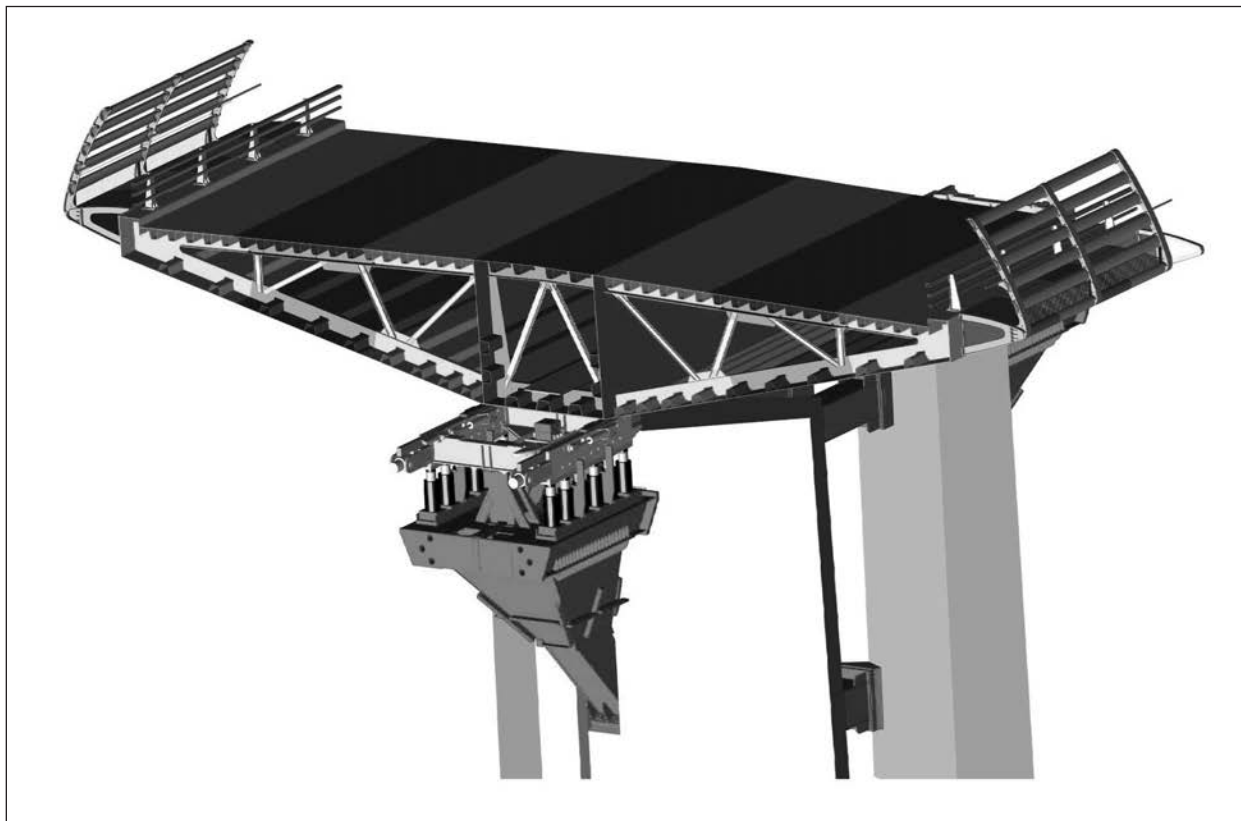
CRÉER DES TECHNIQUES ADAPTÉES À LA GRANDEUR DE L'OUVRAGE

Pour un ingénieur, il y a deux voies pour construire : l'une consiste à faire comme d'habitude en gardant des techniques éprouvées, l'autre consiste à créer des techniques adaptées à la grandeur de l'ouvrage. C'est cette

dernière voie qui a été choisie. Car prendre des méthodes de construction traditionnelles en construisant par encorbellement comportaient beaucoup d'inconvénients pour les hommes qui allaient y travailler et aussi pour la nature environnante.

Le chantier se situe à 700 m d'altitude dans un site de 2 400 m de large, ouvert à tous les vents. Il neige régulièrement en hiver sur le Causse du Larzac et le Causse rouge, les vents soufflent très souvent avec violence, sans compter les orages bien connus dans les Cévennes. Des météorologues m'ont dit un jour que l'endroit était fait pour les brebis mais que ce n'était certainement pas le lieu idéal pour y faire travailler des hommes.

Dans de telles conditions, nous avons cherché des méthodes qui permettent aux hommes d'être le moins exposés aux intempéries et aux risques dus à la hauteur. Les solutions traditionnelles auraient conduit à détruire le paysage à l'aplomb du viaduc. Ces destructions auraient été faites par l'implantation d'ancrages gigantesques pour maintenir le tablier à 300 m au-dessus du



D.R.

Figure 1 – La méthode de poussage traditionnelle était inadaptée aux grandes hauteurs et aussi aux faibles raideurs des piles et des palées. C'est pourquoi les ingénieurs d'Eiffel ont choisi une méthode audacieuse et novatrice afin de mettre en place, en moins de 18 mois, les 38 000 tonnes du tablier. Dès son projet, Eiffel avait imaginé un système de lancement avec un asservissement en « en boucle fermée » entièrement informatisé et doté d'un bus de communication de 2000 mètres. Ce système permet de refermer les efforts en tête de pile ou de palée et ainsi de ne pas induire d'effort de frottement parasite comme ferait une masse qui glisse sur une surface téflonisée. Après avoir reçu la commande pour la construction de l'ouvrage métallique, Eiffel a dessiné et fait fabriquer les « translateurs ». C'est Enerpac qui a remporté l'appel d'offre et a été chargé de motoriser et de piloter les 64 appareils selon le cahier des charges d'Eiffel.

Tarn par vents ou tempêtes. L'hypothèse de tant de destruction nous a encore davantage motivés à trouver une autre solution.

C'est pour toutes ces raisons que l'acier nous est apparu comme le matériau le plus approprié par sa légèreté et sa flexibilité.

Nous avons imaginé la construction du tablier du pont sur les plateformes en arrière des culées et un poussage sur palées provisoires. Cette option nous conduisait à avoir sur le chantier 96 % des heures travaillées à 5 m de hauteur maximum au lieu d'exposer le personnel à la hauteur et aux vents. Tout s'est passé comme en usine avec des ponts roulants de 10 m de hauteur et des abris pour travailler à l'abri des intempéries.

Pour les palées provisoires, il en a été de même.

La plus haute palée mesure 180 m. Pendant la construction de ces ouvrages de 1 300 T, personne n'est monté à plus de 12 m de hauteur au dessus du sol. Nous avons utilisé un système de télescopage qui consiste en une cage dotée de vérins qui permet de hisser la tour depuis le sol : les palées ont été construites ainsi 12 m après 12 m.

L'idée principale de pousser le tablier sur des palées provisoires et sur les piles, dont la plus haute mesurait 245 m de haut, n'aurait pas été possible sans l'invention des

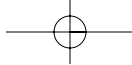
translateurs. Quand on pousse un objet sur une surface il se crée une force de frottement qui agit sur la surface. Dans notre cas, le tablier allait reposer sur 64 appuis glissants, les efforts verticaux mis en jeu étaient de 7 000 T sur une palée ou une pile soit l'équivalent du poids de la Tour Eiffel sur un seul point.

Il paraissait évident que le poussage de telles charges allait provoquer le renversement des piles. Pour contrer cet inconvénient, les translateurs qui ont des efforts refermés sur eux-mêmes ont permis de pousser un tablier de 1 700 m de long et un poids de 30 000 T sans introduire d'effort horizontal dus aux frottements sur la tête des piles et des palées.

Les 64 translateurs constituaient une seule machine de 1 700 m numérisée. C'est certainement la plus grande machine hydraulique numérisée au monde.

Pour se faire une idée de cette machine il faut se représenter un mille-pattes qui avance. Dans notre cas, le mille-pattes avait 1 700 m de long et pesait 30 000 T. Il est intéressant de penser que le principe de la machine de translation n'a pas de limite en longueur et en poids. Un principe qui laisse aux architectes des perspectives intéressantes.

Le tablier mis en place, il fallait construire les pylônes : chaque pylône mesure 90 m de haut.



MARC BUONOMO

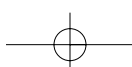
Figure 2 – Le tablier a commencé son dernier parcours de 171 m.

D.R.



D.R.

Figure 3 – Le chantier a été alimenté en flux tendu par une noria de camions. 2 000 transports ont été nécessaires pour amener à pied d'œuvre les 45 000 tonnes d'aciers pour la construction.





D.R.

Figure 4 – L'acier, c'est flexible !

Là aussi, une méthode innovante permet d'économiser force et temps. Nous avons choisi de fabriquer les pylônes en usine, de les assembler au sol et après les avoir amenés à pied d'œuvre, de les mettre à la verticale comme des obélisques. Le relevage de chaque pylône a pris cinq heures et tous les pylônes ont été relevés en cinq semaines après avoir terminé la mise en place du tablier.

Une chaîne de fabrication entièrement assistée par ordinateur

La construction ne se limite pas aux choix du chantier. Quand il s'agit d'acier, la construction commence par une fabrication en usine. Compte tenu de la longueur du tablier et de son tonnage, les méthodes habituelles n'auraient pas permis de sortir l'ouvrage dans un délai acceptable. Pour aller vite et bien, il fallait innover et se doter de machines de fabrication les plus performantes. Ainsi, nous avons organisé une chaîne de fabrication entièrement assistée par ordinateur.

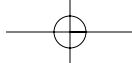
Notre chaîne comportait à chaque étape un outil flexible. Le découpage était robotisé, les soudages les plus complexes étaient exécutés par des robots et le contrôle était exécuté par un appareil optique automa-

tisé. Ce ne sont que trois exemples parmi beaucoup d'autres.

Cette révolution dans les ateliers a été possible grâce à la flexibilité des équipements et à leur simplicité d'utilisation. Les hommes s'habituent facilement aux nouvelles technologies si elles leur simplifient le travail et on a l'habitude de dire qu'un bon ouvrier a toujours de bons outils.

Pour nous, dans les ateliers, cette mise en route a été facile car elle a été faite par des ouvriers qualifiés. Il a été remarquable de voir que très rapidement toutes les machines, dont les plus complexes à 16 axes de commande numériques, ont été prises en main par des gens qui n'avaient jamais eu de console en main de leur vie. *A posteriori* nous pouvons dire qu'après l'appréhension d'être mis sur une grosse machine, chaque opérateur a rapidement été fier d'avoir à commander une belle machine qui fait du beau travail. On peut dire aussi que les machines ont gagné en capacité et que le dialogue homme – machine est devenu considérablement plus simple.

Au début du projet, il était de notoriété publique que le délai que nous affichions de 42 mois était irréaliste. Au fil des mois, les hommes d'usine et du chantier ont montré que 39 mois était un objectif réalisable. Mais, porté par une foi inébranlable, l'ouvrage a été construit en 38 mois. Ce délai a beaucoup étonné les professionnels.



Le gouverneur de Californie, Arnold Schwarzeneger, a envoyé une délégation visiter le chantier et elle a été très intéressée par les mesures constructives et organisationnelles qui ont conduit à la maîtrise technique et à la maîtrise du délai.

UNE CULTURE GÉNÉRALISTE ET ENCYCLOPÉDIQUE EST INDISPENSABLE POUR L'INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR

Créer, innover, c'est souvent du travail personnel ou celui d'une petite équipe. Dans notre cas, l'équipe décisionnelle comportait cinq personnes dont les expériences étaient très diverses. Mais si l'ingénieur imagine ce qu'il va faire faire par ses équipes, ce sont toutes les équipes qui lui donnent des centaines de mains et des centaines de réflexions. Ce sont ces équipes qui font avancer le travail et quoi de plus gratifiant de s'entendre dire : « On sait que vous êtes sur le chantier et que s'il y a un problème, il n'y a qu'à vous appeler sur la radio de chantier ».

L'ingénieur constructeur d'ouvrages d'art est certainement un des métiers pour lequel il faut avoir une vocation. Je pense qu'on naît programmé pour faire ce métier. J'ai rencontré beaucoup d'ingénieurs dans le métier et tous avaient en commun cette passion de construire depuis la plus tendre enfance.

Construire un ouvrage d'art, c'est innover à tout instant. L'ingénieur constructeur doit avoir la culture scientifique la plus généraliste possible, la plus encyclopédique. Ce n'est pas lui qui réalise les choses de ses mains, ce sont des équipes, celles de son entreprise ou celles de ses fournisseurs.

Dans un projet d'ouvrage d'art, de la nature du Viaduc de Millau, les techniques utilisées sont nombreuses : des choix des techniques, aux calculs, aux essais en

soufflerie, au soudage, à l'hydraulique et, enfin, à toutes les technologies numériques... la liste est longue. Et c'est grâce à une grande connaissance des différents métiers que le dialogue avec des ingénieurs spécialisés pourra être fructueux.



Figure 5 – Le pylône est mis debout.

D.R.

Si on examine les grandes constructions humaines, on peut en tirer une conclusion : les hommes qui construisent emploient toutes les technologies connues du moment. Mais toutes ces technologies ont toujours été employées avec une dose d'ingéniosité et une grosse dose de bon sens paysan. On découvrera bientôt que la construction des grandes pyramides a été un chef d'œuvre d'ingéniosité d'un ingénieur et d'une équipe qui avaient un bon niveau de connaissances des matériaux et de la mécanique.

Au XIX^e siècle, Gustave Eiffel découvrait l'art de construire en fer. Il a construit avec le matériau et les outils de son époque qui, en les résumant rapidement, sont la maçonnerie pour les fondations, le fer puddlé pour la structure et la machine à vapeur pour les manutentions. C'est aussi Gustave Eiffel qui a fait faire les premiers pas aux essais en soufflerie pour connaître le comportement dynamique des ouvrages métalliques qui y sont si sensibles.

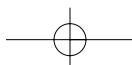
En 2000, nous avons la chance d'avoir à notre disposition des matériaux plus fiables, et beaucoup plus résistants. Et nous avons aussi aujourd'hui pour construire des techniques beaucoup plus performantes :

- le calcul numérique qui permet dans des temps record de faire tourner des modèles qui vont dans le détail et qui permettent de visualiser ce qu'Eiffel et les ingénieurs qui nous ont précédé ne pouvaient constater qu'in situ ;
- l'électricité et sa puissance ;
- l'hydraulique haute pression ;

Si on examine les grandes constructions humaines, on peut en tirer une conclusion : les hommes qui construisent emploient toutes les technologies connues du moment. Mais toutes ces technologies ont toujours été employées avec une dose d'ingéniosité et une grosse dose de bon sens paysan.

On découvrera bientôt que la construction des grandes pyramides a été un chef d'œuvre d'ingéniosité d'un ingénieur et d'une équipe qui avaient un bon niveau de connaissances des matériaux et de la mécanique.

Au XIX^e siècle, Gustave Eiffel découvrait l'art de construire en fer. Il a construit avec le matériau et les ou-





D.R.

Figure 6 – Le viaduc avec ses haubans.



D.R.

Figure 7 – Il aura fallu 38 mois pour construire le grand viaduc de Millau. Peu y croyaient ! Il a été le premier ouvrage d'art à utiliser toutes les ressources du microprocesseur. Il se révèle comme une référence pour ses méthodes de construction. Du calcul à la construction sur site, les ingénieurs ont utilisé tous les systèmes informatisés, les ordinateurs pour contrôler, le GPS pour assurer le déplacement, les bus informatiques sur chantier dans le froid ou les orages.

- les asservissements et la simplicité d'utilisation de l'ordinateur qui, en quelques années, s'est glissé dans toutes les machines et à chaque étape de la construction ;
- le GPS différentiel qui permet de mesurer avec tant de précision sur de grandes distances (sur le chantier la distance entre les culées est de 2 460 m et la précision de mesure est de 3 mm.

PRÉSERVER LES FORMATIONS GÉNÉRALISTES À DOMINANTE MÉCANIQUE

Alors on peut se demander quelle est la meilleure formation pour diriger ce type de projet. C'est pour moi, celle d'une école où l'on approche tous les types de métiers. En effet, les Arts et Métiers m'ont enseigné une bonne partie de ce que je sais aujourd'hui. Mais je sais aujourd'hui que bon nombre d'ingénieurs ont commencé leur formation avec le mécano, les boîtes du

petit chimiste et celles du petit électronicien. Beaucoup ont suivi des études techniques avec à la clef le bac technique.

Aujourd'hui, je regrette la disparition de ces études techniques dans le cycle seconde – première – terminale technique, qui avaient le mérite de préparer des praticiens de la mécanique.

La mécanique n'est pas morte comme certains veulent le faire croire et les besoins de l'industrie ne se résument pas qu'aux ingénieurs en informatique. Il faut donc garder ces formations généralistes à dominante mécanique.

Pour conclure, l'équipe d'ingénieurs du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre, des entreprises et du collège d'experts qui a travaillé sur cet ouvrage a été unanime pour dire que s'il fallait le refaire il faudrait reprendre les mêmes méthodes.

Dans un siècle, ceux qui nous succéderont emploieront d'autres méthodes plus évoluées, mais je suis sûr que les ingénieurs du futur regarderont en détail ce que nous avons fait.

Parcours d'un ingénieur : entre rêve étudiantin et réalité industrielle

La reconstruction virtuelle de la grande église de l'abbaye de Cluny, dont il ne subsiste aujourd'hui qu'à peine 8 %, fut le point de départ d'une activité de transfert de technologie, puis de recherche en simulation et réalité virtuelle, au Centre de Cluny de l'Ecole nationale supérieure d'Arts et Métiers. Ce fut aussi, pour l'auteur, la naissance d'une vocation d'ingénieur créateur et chercheur. Cette double compétence d'ingénieur et chercheur est la plus à même de répondre aux besoins du monde industriel pour rester compétitif dans la course à la concurrence : pourvu d'une formation technique de terrain, qui lui permet de bien appréhender le contexte des entreprises, l'ingénieur chercheur aura aussi acquis les règles à la fois élémentaires et fondamentales de la démarche scientifique.

Par **Christian PÈRE**, Maître de conférence, Le2i UMR CNRS 5158, Institut Image, Ensam-Cluny

La légende de l'abbaye bénédictine de Cluny, fondée en 910, veut que le moine Gunzo, ancien abbé de Baumes-les-Messieurs ait eu un songe vers l'année 1088. Alors que l'abbaye disposait déjà d'une belle église construite sous l'abbatiat de Mayeul à la fin du X^e siècle, Gunzo vit dans ses rêves le plan d'une église extraordinaire par ses dimensions, sa beauté et sa clarté. Il fit part de sa vision à l'abbé Hugues (voir la figure 1), traça sur le terrain le plan qui lui était apparu et convainquit l'abbé d'entreprendre la construction de ce qui devait devenir la plus vaste église de la chrétienté jusqu'à la construction de Saint Pierre de Rome, cinq siècles plus tard. C'est l'architecte Hézelon de Liège qui fut chargé d'assurer la maîtrise d'ouvrage.

Très rapidement, ce chef d'œuvre de l'architecture médiévale vit le jour, innovant au plan des techniques de construction par bien des aspects : voûte en berceau

semi brisé, construction sur des pieux fichés dans le terrain alluvial, caractère porteur de la structure plus que des murs, importance des percements permettant un jeu extraordinaire avec la lumière.

Le financement de l'église fut assuré par des donations en provenance du roi d'Espagne, du roi d'Angleterre et profita des excellentes relations que Cluny entretenait avec l'empereur germanique. Ainsi, Cluny put s'affirmer comme le chef d'ordre de *l'Ecclesia Cluniacensis*, puissant réseau de plus de mille filiales réunissant 10 000 moines dans l'Europe entière.

LE RÊVE DE L'ÉLÈVE INGÉNIEUR EN 1988

Mon admission au Centre de Cluny à l'Ecole nationale supérieure d'Arts et Métiers en 1988 me donna le pri-

vilège de vivre près de trois ans dans l'abbaye même : la résidence des étudiants est établie dans les anciennes cellules des moines. Imprégné de l'esprit des lieux et passionné par le développement de la conception assistée par ordinateur (CAO), je fis moi-même un songe : 900 ans après Gunzo, je rêvais de reconstruire virtuellement la *Maior Ecclesia*, prodige de l'architecture médiévale, dont il ne subsiste au-

jourd'hui qu'à peine 8 %, suite à la destruction de l'église à partir de 1798 pour en faire une carrière de pierres utilisées à la construction du haras national. Encadré par des professeurs de bureaux d'études de Cluny et des professeurs de mathématiques et d'informatique de Paris, j'entrepris de saisir sur le logiciel Catia de l'époque, toutes les données archéologiques disponibles. Je passai de longues heures au musée d'Art et d'Archéologie de Cluny pour retrouver les schémas, plans et coupes de l'archéologue américain Kenneth John Conant, qui avait redécouvert l'abbaye au début du XX^e siècle.

Mémoire de pierres

De ce travail quasiment « bénédictin » tant il exigea de patience et de minutie dans l'étude de la documentation ancienne, naquit progressivement un modèle en trois dimensions de la *Maior Ecclesia*, mobilisant des moyens informatiques lourds de la société IBM à La Défense, dans laquelle j'effectuais mon stage ; le résultat convainquit les dirigeants de l'Agence d'ingénierie graphique, qui décidèrent de produire un document grand public, reprenant le résultat de mes travaux. Ce film « Mémoires de Pierres », connu une très forte notoriété, à travers sa diffusion sur les chaînes nationales de la télévision et sa présentation sur le circuit de visite auprès des 100 000 visiteurs annuels pendant plusieurs années (voir la figure 2).

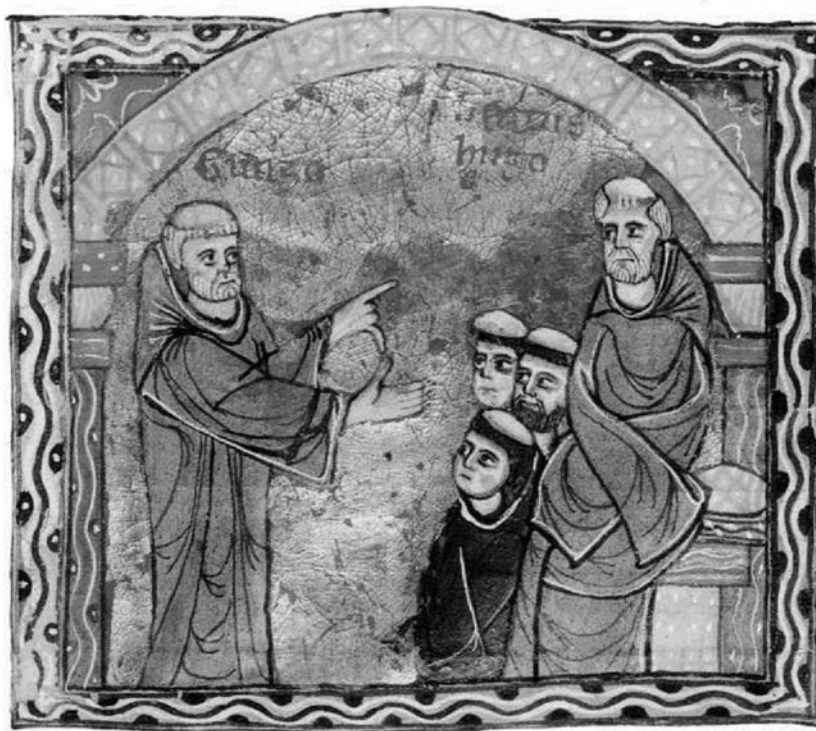


Figure 1 – Parchemin enluminé : Gunzo communiquant sa vision à l'abbé Hugues de Semur.

Naissance d'une passion

C'est ainsi que naquit ma vocation d'ingénieur, qui combina d'emblée une passion pour la conception et une attirance pour l'architecture et le patrimoine. Mon premier emploi se concrétisa donc naturellement en architecture contemporaine : j'eus l'occasion de collaborer pendant deux ans avec un architecte de renom, Francis Soler, pour lequel j'eus l'opportunité de modéliser en

trois dimensions le grand stade de France ainsi que le viaduc de Millau, développant ainsi ma culture et mes compétences dans ce domaine (voir la figure 3).

Dans ce contexte professionnel riche, je compris que l'homme a inexorablement cette âme de bâtisseur, poussant dans ses retranchements les lois de la physique, en jouant d'un savant équilibre entre esthétisme et pragmatisme. Je découvris également la puissance de l'outil informatique comme vecteur extraordinaire de la connaissance, permettant aux grands bâtisseurs d'aujourd'hui de concevoir virtuellement une œuvre architecturale bien avant d'apposer la première pierre, avec la possibilité de recommencer plusieurs fois, de confirmer ou d'infirmer telle ou telle hypothèse de construction ; c'est également le média qui permet aux acteurs de tous domaines de confronter leurs choix en engageant des revues de projets pluridisciplinaires.

La reconstruction virtuelle de la grande église fut le point de départ d'une activité de transfert de technologie, puis de recherche en simulation et réalité virtuelle au Centre ENSAM de Cluny, qui se développa en synergie avec le Pôle Image de Chalon-sur-Saône, berceau de la photographie, siège du Musée Niepce.

L'INGÉNIEUR CRÉATEUR

Après avoir collaboré quelques années avec l'équipe de recherche émergente de l'Institut Image de l'ENSAM Cluny, à Chalon-sur-Saône, je décidai de partir travailler dans l'aéronautique pour y bâtir de nouvelles maquettes virtuelles d'autres types de vaisseaux.

Entrepreneur dans l'âme, l'occasion me fut donnée de fonder ma propre société dans le domaine de la réalité virtuelle, qui devint rapidement sous-traitant d'Airbus. Je compris combien le développement d'une PME *ex-nihilo* était consommatrice en temps de gestion et de recherche de clientèle, et d'efforts liés à la rude concurrence sur ces marchés porteurs. C'est pourquoi, je saisis l'opportunité de me faire embaucher par EADS dans la filière militaire espagnole avant de revenir à Airbus comme chef de

projet pour le programme A 400M (voir la figure 4). Ma volonté était néanmoins de rester maître de mon destin tout en assouissant ma passion de créateur. L'ingénieur par définition se doit d'innover, ce qui nécessite parfois d'être en opposition avec le milieu dans lequel il évolue. L'innovation est souvent synonyme de rupture avec les idées préconçues, elle force à repenser les fondements mêmes de sa propre connaissance. Créer n'est pas simple, il faut rompre avec les habitudes et proposer, voire imposer, son point de vue. Ma propre expérience m'a permis de me rendre compte de ce phénomène. Alors qu'on demande à un ingénieur (homme ou femme) d'être productif ou de faire gagner en productivité son équipe, on ne lui demande que d'optimiser des procédés existants. Dans notre société guidée par le rendement, tout changement bouscule l'ordre établi et impose des modifications parfois radicales dans les manières de procéder, ce qui induit des périodes latentes de changement.

Généralement, l'ingénieur porte cette fibre innovatrice en lui, il a cette volonté de créer de la nouveauté. Dans le monde industriel d'aujourd'hui, la difficulté majeure réside dans la quantité abyssale de savoirs qu'il est nécessaire d'ingurgiter avant de pouvoir proposer de nouvelles idées. Cette masse d'informations, même si les

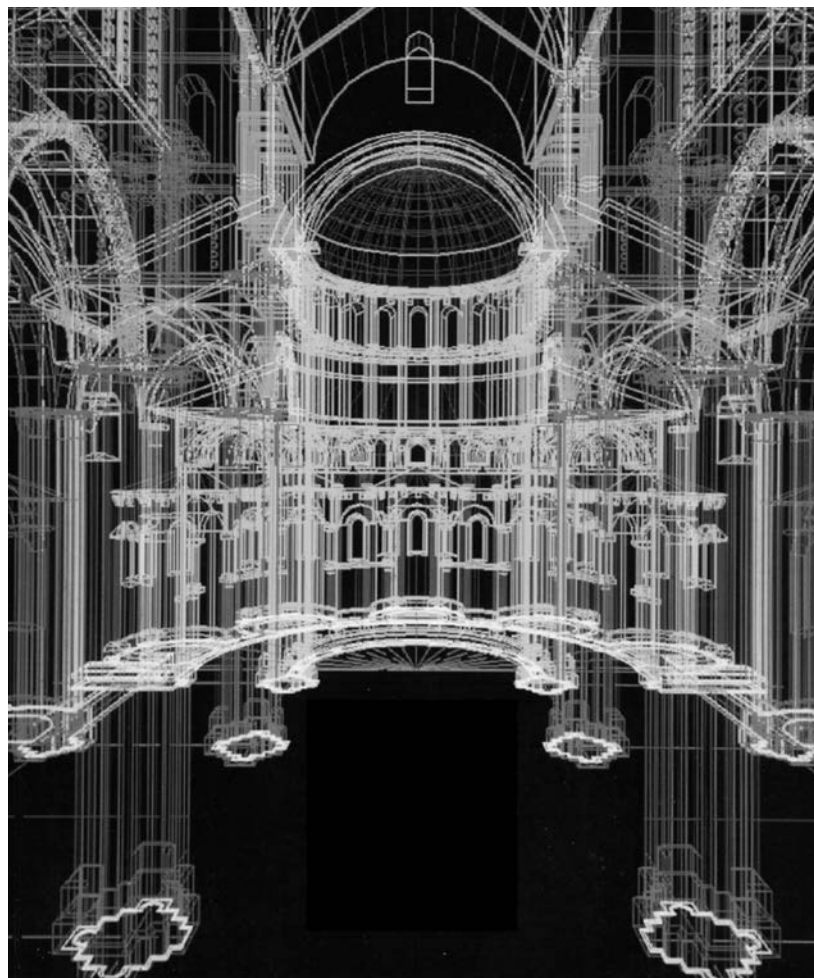


Figure 2 – Extrait du film «Mémoires de pierres».

nouvelles technologies comme Internet, les encyclopédies numériques, les moteurs de recherche en facilitent l'accès, doit être analysée, assimilée et synthétisée. C'est le rôle de l'ingénieur de confronter ses idées avec le champ de connaissances de son domaine. Etre ingénieur nécessite d'avoir cette curiosité de chercher, de partager son expérience, d'accepter l'autre et ses critiques, mais aussi de comprendre qu'un projet réussi est souvent le fruit du travail d'une équipe.

Je suis convaincu que beaucoup d'ingénieurs ont les compétences

et l'envie d'innover, mais paradoxalement, les freins viennent souvent de l'entreprise qui les héberge. Alors que l'innovation permet de rester dans la course à la concurrence, les entreprises françaises ont souvent peur de développer leur recherche ou, en tout cas, cantonnent la recherche et développement à une cellule cloisonnée au sein de l'entreprise. C'est là où la rationalisation des moyens et des ressources dessert l'entreprise, car la créativité peut jaillir de tout employé parfois plus proche des véritables métiers de la société qu'un département R&D. Dans ce contexte de mondialisation où la compétition est rude, la nation qui saura canaliser l'innovation de ses employés sans brider leur volonté aura inexorablement une valeur ajoutée sur le marché.

Retour à Cluny

Lorsque l'ENSAM Cluny lança en septembre 2000 son cursus d'option de dernière année «maquette numérique», je fus sollicité pour assurer des cours dans ce domaine. Le directeur, Jean-Luc Delpeuch, me proposa un poste de Professeur associé (statut PAST) qui me permit de poursuivre mon activité industrielle et

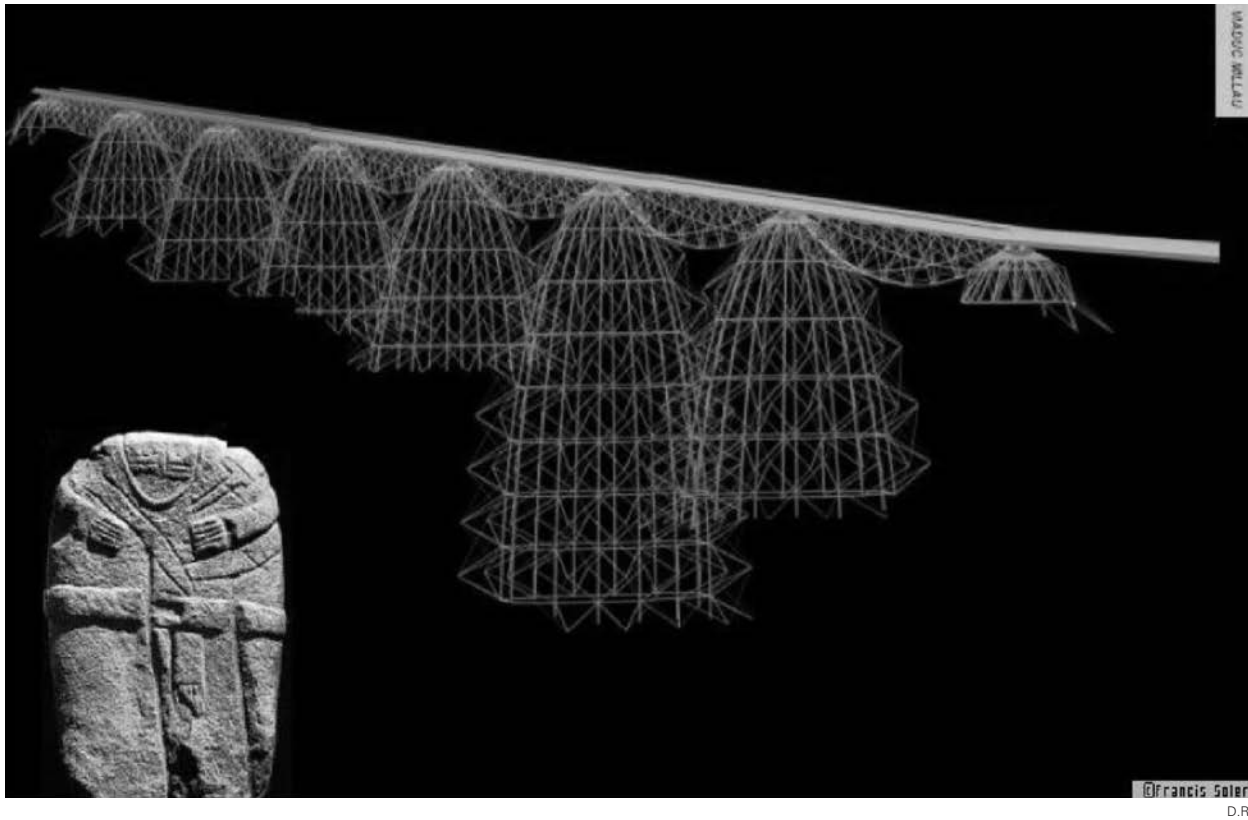
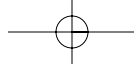


Figure 3 – Image de synthèse du projet de viaduc de Millau (F. Soler).

d'intervenir sur un demi service d'enseignement à l'ENSAM de Cluny.

L'École me proposa alors une intégration dans le corps des enseignants-chercheurs comme maître de conférences. Ceci constituait bien entendu une modification assez

importante de ma trajectoire, mais je choisis de tenter l'aventure, bien que je ne sois pas titulaire d'une thèse, mais d'un simple DEA. La qualification ne fut pas chose facile, la première commission de spécialistes estimant que mon profil était trop atypique. La deuxième tentative fut la bonne et j'exerce à temps plein depuis le 1^{er} janvier 2006 mes fonctions de maître de conférence à

l'ENSAM Cluny. Ma recherche a lieu dans le cadre de l'UMR CNRS 5158, qui associe l'Université de Bourgogne, l'ENSAM et le CNRS dans le domaine de l'image et de la réalité virtuelle.

Une des originalités du travail de cette équipe, est

d'appliquer les méthodes et les technologies de la réalité virtuelle à des domaines aussi variés que le design automobile, la conception d'avions, les jeux vidéo, la muséographie où la représentation du patrimoine. L'équipe permet une fertilisation croisée : les innovations développées pour lever les verrous technologiques dans un domaine d'appli-

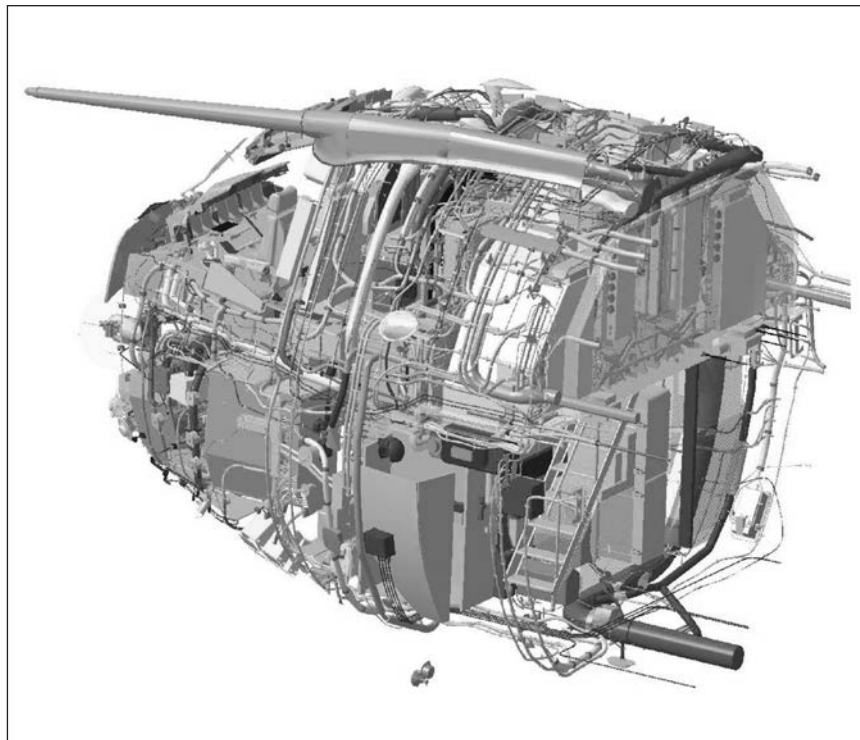
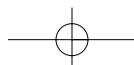


Figure 4 – Maquette numérique de la pointe avant A 400M.



cation sont ensuite mobilisables pour faire progresser les applications dans d'autres domaines.

L'INGÉNIEUR CHERCHEUR

Le diplôme d'ingénieur reste un sésame efficace pour entrer dans la vie professionnelle en France. En revanche, un cursus en école d'ingénieur n'est pas facilement vendable à l'étranger, la formation bac+5 ne rentrant pas dans les schémas classiques de type LMD, c'est-à-dire *Licence Master Doctorat*, schéma universellement reconnu dorénavant par 40 pays européens. Le niveau bac+5 correspond au master, mais l'équivalence diplôme d'ingénieur – Master n'est pas acquise de fait.

Un autre point important à relever réside dans la reconnaissance du label ingénieur à l'étranger : le terme *engineer* dans les pays anglo-saxons est un peu connoté, sans être péjoratif, l'ingénieur est le technicien par excellence, celui qui sait régler des problèmes techniques, voire technologiques. Cette perception au-delà de nos frontières ne correspond pas tout à fait à l'image qu'on donne à l'ingénieur en France où ce dernier est considéré comme faisant partie de l'élite de la société et reflétant une compétence et, surtout, un niveau d'étude avancé.

Prenons l'exemple de l'Allemagne où, sur une carte de visite, un industriel responsable de département n'hésitera pas à mettre Dr pour *Doctor* ou Pr pour *Professor*, référence à son niveau d'études mais surtout symbole de l'appartenance au milieu universitaire.

Alors qu'en France, un industriel sera plus réservé quant à l'embauche d'un jeune diplômé titulaire d'un DEA ou d'une thèse vis-à-vis d'un ingénieur (avec pourtant un nombre d'années d'études après le bac supérieur), l'industriel étranger, lui, n'hésitera pas une seconde.

On comprend bien, qu'au-delà l'uniformisation des cursus de type LMD, il y a un changement culturel à opérer. Ce changement doit être bilatéral, dans un sens, affirmer le diplôme d'ingénieur français à l'étranger au même niveau que le master et faire sortir nos ingénieurs du carcan technique, dans l'autre sens, faire comprendre à nos industriels français les atouts d'un master ou d'un docteur en comparaison avec un ingénieur et faire entrer nos chercheurs dans des considérations parfois plus pragmatiques. Il y a là une mutation sociale qui se déroulera avec le temps.

Même si nos universités créent de bons chercheurs, propres à travailler dans des laboratoires de recherche, ces derniers sont parfois un peu déconnectés des besoins souvent concrets et précis du tissu industriel. Ce phénomène n'est pas à imputer aux profils des jeunes docteurs diplômés mais plutôt à l'enseignement de la recherche académique et à l'atmosphère du laboratoire dont ils sont issus. Même si ce principe n'est pas généralisable, certains labora-

toires n'ont pas ou peu de contacts avec le monde des entreprises, ce qui influe indéniablement sur le profil des docteurs émanant de ce genre de laboratoires. Il ne s'agit pas de renier la recherche plus fondamentale qui demande des esprits enclins à retrouver l'essence même de l'innovation et à provoquer la découverte sans *a priori*. Mais la recherche, dite technologique, celle qui cherche les clefs des verrous scientifiques et techniques existants dans le milieu socioprofessionnel, est plus rapidement génératrice d'emplois, de retombées économiques et de valeur ajoutée par rapport à la concurrence. Cette recherche technologique et pragmatique est plus proche du métier de l'ingénieur.

La recherche est relativement récente dans les écoles d'ingénieurs en comparaison du monde universitaire qui en fait son leitmotiv. C'est le cas à l'ENSAM où l'école doctorale est née en 2000. Les docteurs formés à l'ENSAM sont de deux familles : les ingénieurs, qui ont décidé de poursuivre par des études en recherche, et les autres, issus de l'université, qui viennent passer leur thèse à l'école doctorale de l'ENSAM. Pour les premiers, cette double compétence ingénieur chercheur est à mon sens la plus à même de répondre aux besoins du monde industriel. A la fois, pourvu d'une formation technique de terrain qui lui permet de bien appréhender le contexte des entreprises, cet ingénieur chercheur aura acquis les règles à la fois élémentaires et fondamentales de la démarche scientifique. Il est le mieux armé pour affronter le marché de l'emploi en Europe et apte à faire face au tsunami de la mondialisation.

Bien entendu, il n'est pas viable de ne former des docteurs que par le biais des écoles d'ingénieurs ni de transformer nos universités en écoles d'ingénieurs. On remarquera néanmoins la consonance des facultés à l'étranger, et leur lien fort avec le tissu industriel, preuve en est la manne de mécénat accordée par les entreprises aux universités américaines, anglaises et maintenant scandinaves.

Soucieux de concilier recherche académique et recherche technologique, et conscient des difficultés de connexion, voire de communication du monde universitaire et du monde socioéconomique, l'Etat a lancé en 2005 une labellisation visant à promouvoir la recherche partenariale : il s'agit du label Carnot qui s'inscrit dans le « Pacte pour la recherche ». Une vingtaine d'institutions (sur un total de 67) dont le couple ENSAM / SERAM, mais également les écoles des Mines, ont été ainsi labellisées en 2006. Pour inciter les laboratoires à effectuer leur recherche en partenariat avec des entreprises, le gouvernement participe sous forme d'un abondement financier proportionnel au volume et à l'accroissement des contrats conclus avec les partenaires socio-économiques. Ce dispositif s'inspire d'expériences réussies dans plusieurs pays européens : le réseau des instituts Fraunhofer en Allemagne est un exemple révélateur, poussé à l'extrême, de ce type de structure parapublique, dont le



D.R.

Figure 5 – Image réelle et image augmentée du grand transept de Cluny III.

financement est en majeure partie réalisé par les entreprises, à côté de la participation de l'État (ou des Länder). Dans la cartographie de la recherche européenne, il est incontournable de se fédérer pour exister et atteindre une masse critique en réponse à la concurrence exacerbée au sein même de la recherche. C'est la mission du label Carnot de rassembler les différents instituts Carnot labellisés en fédération à dimension européenne.

Pour adhérer au label Carnot, les universités, *via* leurs laboratoires de recherche, devront prouver leur implication dans la vie économique et leurs relations étroites avec le tissu industriel.

QUAND GUNZO RENCONTRE HÉZELON

Soucieux de la conservation du « patrimoine numérique » que représentait le modèle 3D que j'avais créé en 1991, j'avais eu à cœur de procéder au rafraîchissement de la maquette numérique de la grande église de Cluny au fur et à mesure de la sortie des nouvelles versions du logiciel Catia. Ceci permit à l'ENSAM et à son Institut Image de réaliser, en 2002, une nouvelle présentation de cette reconstruction, en utilisant une salle d'immersion virtuelle reconfigurable (MoVE) que l'ENSAM avait acquise pour mener une coopération avec le groupe PSA. Dans ce cube à géométrie variable de trois mètres d'arête, les faces sont des écrans sur lesquels des images doubles sont calculées en temps réel en fonction de la position de l'observateur. Celui-ci voit ainsi, à travers des lunettes stéréoscopiques, la représentation en trois dimensions de l'objet ou de l'espace intérieur qu'il observe. Autour de cet équipement, une équipe d'une dizaine d'ingénieurs chercheurs a mis au point, en un an, une nouvelle représentation 3D de la *Maior Ecclesia*. La recherche a porté en particulier sur la reconstitution des jeux de la lumière à l'intérieur de l'église, en fonction des heures, des

jours et des saisons. A partir de ces résultats, une visite virtuelle accessible au grand public a été développée pour le compte du Centre des Monuments nationaux (CMN). Sur un grand écran de six mètres de large installé sur le parcours de visite de l'abbaye, les visiteurs équipés de lunettes peuvent visiter la grande église à différentes heures et être témoins du jeu de la lumière et de l'architecture.

Depuis le début de l'année 2006, le laboratoire a donné naissance à une jeune entreprise, essaimage de l'Institut Image de l'ENSAM Cluny : la société On-Situ qui développe et conçoit des dispositifs innovants en réalité virtuelle.

Projet pédagogique, projet de valorisation et de développement, projet de recherche

Inaugurée en octobre 2005, cette nouvelle présentation virtuelle de la *Maior Ecclesia* est le point de départ d'un ambitieux programme prévu par l'ENSAM et le Centre des Monuments nationaux, qui consiste à faire de Cluny un centre de recherche et d'innovation en matière de vision virtuelle du patrimoine et de réalité augmentée. La réalité augmentée consiste à montrer sur une même image interactive des vestiges d'une époque donnée, encore visibles à l'œil nu et des éléments de la même époque qui ont disparu. Une telle approche, permet, dans le cas de monuments amputés ou recomposés, de faciliter la compréhension de la configuration à une époque donnée (voir la figure 5).

Un tel dispositif *in situ* a été mis au point et testé à Cluny par l'équipe de l'Institut Image. Un écran pivote sur deux axes autour d'un pied fixe. L'observateur oriente cet écran à sa convenance et observe les vestiges du transept de la *Maior Ecclesia* resitués dans la grande église telle qu'elle était au XII^e siècle. La lumière ambiante éclaire à la fois les parties réelles et les parties virtuelles, grâce à une capture en



D.R.

Figure 6 – Le dispositif de «réalité augmentée Areavision».

temps réel de la voûte céleste et de sa luminosité (voir la figure 6).

L'étape suivante du dispositif consiste à mettre au point un écran nomade, qui n'aura plus de point fixe. Le visiteur sera localisé par un système type GPS, l'orientation de l'écran qu'il tiendra à la main sera mesurée grâce à un gyroscope électronique, et l'image sera calculée en temps réel pour prendre en compte ces paramètres et permettre au visiteur de voir ce qu'il aurait vu à une autre époque. Ce système de réalité augmentée mobile, baptisé Visioguide, est ainsi une fenêtre vers le passé qui est donnée à chaque observateur, apte à choisir le siècle de son observation (voir la figure 7).

Pour l'ENSAM Cluny, le développement de ces dispositifs issus d'une fertilisation croisée avec les techniques disponibles en revue de projet pour l'industrie aéronautique est à la fois un projet de recherche et un projet de formation. Plusieurs sujets de projets pluridisciplinaires proposés aux élèves ingénieurs en formation diplômante contribue d'ores et déjà à la réalisation de ce grand projet. L'ambition de la direction et de l'équipe pédagogique du Centre ENSAM de Cluny est de donner un sens à la formation d'ingénieurs, de façon à ce que ceux-ci comprennent, dans le cadre de ce projet, que les applications de leur savoir-faire vont bien au-delà de l'industrie manufacturière. C'est aussi une occasion d'ancrer l'Ecole et sa formation dans son histoire.

DONNER UN SENS À LA TECHNOLOGIE : MILLE ANS D'INNOVATION... ET ÇA CONTINUE

L'Ecole monastique de Cluny dispensait au Moyen-Âge les sciences de la parole (*trivium*) ainsi que les sciences des nombres (*quadrivium*) qui comprenaient l'arithmétique, la géométrie, la musique et l'astronomie. Cette pratique des nombres comprenait aussi une réflexion sur leur symbolique. Le terrain intellectuel ainsi fertilisé a permis le développement de véritables prouesses technologiques, au nombre desquelles figurent la conception et la construction de la grande église abbatiale, mais aussi celle de la charpente du Farinier, en carène de bateau renversée, le système hydraulique de l'abbaye, l'invention de la pendule à balancier, etc. Au XXI^e siècle, les technologies de l'image mobilisées au service de la restitution du patrimoine s'inscrivent ainsi dans une longue tradition de haute technologie à Cluny.

Maior ecclesia : airbus du XI^e siècle

Comme dans l'organisation et la gestion d'un programme Airbus où les différentes parties de l'avion sont conçues et construites en différents lieux de l'Europe, la construction de la grande église a fait appel à des artistes et artisans venus de l'Europe entière. Certaines techniques ont été importées d'Italie (architecture lombarde), d'Espagne (voûte en berceau brisé). Le chef d'œuvre conjugue ces innovations en un système com-



D.R.

Figure 7 – Le visioguide : projet en cours de développement.

plexe où le savoir-faire principal réside dans la coordination d'une équipe de spécialistes travaillant en réseau. Dans l'aventure personnelle et collective qui m'a amené successivement du rôle d'élève ingénieur à celui de créateur d'entreprise, de chef de projet chez Airbus et d'enseignant chercheur, responsable du projet Gunzo à l'ENSAM de Cluny, ma formation d'ingénieur Arts et Métiers m'aura été très utile. Mes diverses expériences m'ont permis de bien comprendre l'intérêt du travail par équipe, la nécessité de créer des réseaux de connaissances pluridisciplinaires et l'obligation de mettre en place des outils et des méthodes de travail collaboratif. Ce qui m'a également le plus marqué est la performance et la volonté des hommes, dès lors qu'ils ont décidé de travailler ensemble pour un but commun. Le rôle du manager ou du meneur d'hommes est alors prépondérant, c'est le pivot qui fera tourner le projet vers la réussite.

La composante humaine dans la gestion de projet est essentielle, un simple grain de sable dans les engrenages

de cette machine à produire en perturbera le fonctionnement et handicapera son rendement. C'est là que la mission de l'ingénieur est capitale, à la charnière entre les techniciens du projet et les grands décideurs, il saura analyser, synthétiser et reporter toutes les informations nécessaires à la bonne lecture de l'avancement du projet.

L'ingénieur saura également s'entourer des compétences qui font défaut au projet en utilisant les réseaux qu'il aura su consolider.

En s'appuyant sur sa vocation à innover et grâce à une formation technique, pragmatique, l'ingénieur qui aura suivi une formation à la recherche permettra au milieu socio-économique de progresser, de rester compétitif dans la course à la concurrence.

Quel que soit son plan de carrière, l'ingénieur devra toujours faire preuve de persévérance, mais également de persuasion. Tout comme le moine Gunzo qui aura su convaincre l'abbé Hugues de construire ce chef d'œuvre de l'Art Roman que fut Cluny III.

Quels ingénieurs pour la société de l'information et de la connaissance de demain ?

Un ingénieur, c'est d'abord un cadre, donc un minimum de culture managériale et de gestion. C'est aussi une compétence technique et, surtout, une manière d'aborder les problèmes qui lui permette d'apporter une valeur ajoutée dans un environnement pluridisciplinaire. Ce seront, de plus en plus, des postures plus nouvelles, liées davantage à l'évolution des modes de travail et des grands courants de la société qu'à l'évolution technologique. Ce doit être, enfin, un citoyen. Et c'est tout cet ensemble que cherchent à promouvoir les formations du GET pour former l'ingénieur de demain. Un ingénieur qui devra s'imposer comme le stratège et l'acteur d'une société de l'information et de la connaissance où la compétitivité de la recherche et de l'enseignement supérieur dans le développement économique ne fera que s'affirmer davantage.

Par **Jean-Claude JEANNERET**, Ingénieur général des télécommunications, Administrateur général du Groupe des écoles des télécommunications (GET)

Quels ingénieurs pour demain ? Cette question est bien évidemment au cœur des préoccupations des plus grandes écoles d'ingénieurs, qui ont l'ambition de former des jeunes gens, hommes et femmes, dont le potentiel d'évolution soit autant reconnu que leur performance immédiate.

Avant d'y répondre pour le Groupe des écoles des télécommunications (GET) et de présenter la stratégie mise en œuvre actuellement par ses écoles pour, dans cette logique, bien former leurs élèves-ingénieurs, il semble nécessaire de présenter brièvement la relativement jeune institution qu'est le GET, la démarche stratégique que le groupe a adoptée et, en premier lieu, la vision de la société de demain dans laquelle les ingé-

nieurs que nous formons actuellement vivront et agiront.

DEMAIN, LA SOCIÉTÉ DE L'INFORMATION

Société de l'information, économie de la connaissance, société des savoirs et de l'immatériel, autant de concepts voisins (1) proposés pour éclairer l'évolution de notre société. Cette évolution s'avère peut-être moins rapide et, dans une certaine mesure, plus difficile qu'imaginé en 2000, au sommet de la bulle Internet, mais les analyses menées ces dernières années mettent toutes en évi-

dence l'importance croissante des technologies de l'information, de l'innovation, de la compétitivité de la recherche et de l'enseignement supérieur dans le développement économique (2).

L'utilisation massive des TIC à l'échelle mondiale va ainsi continuer de modifier en profondeur les comportements, représentations du monde, modes de consommation, habitudes de travail et de coopération... La mutation profonde à laquelle doit faire face la société ne sera vraisemblablement que renforcée par les impératifs d'optimisation des ressources nécessaires au développement durable.

Si tout le monde perçoit que l'usage des technologies de l'information et de la communication se diffuse largement dans la société, leur effet structurant apparaît peut-être encore sous-estimé en France en raison de l'éclatement de la bulle Internet. De même, la spécificité de la nouvelle révolution économique en cours paraît méconnue, bien que des analyses récentes l'aient encore souligné : « *Les TIC se distinguent par leur rôle catalyseur. A la différence des autres techniques incarnées dans des processus et des produits, les TIC travaillent l'immatériel. Leur matériau est constitué d'informations et de données comparables à une enzyme dans leur mode d'intervention. Par sa seule présence, l'enzyme déclenche une réaction qui n'altère pas sa substance. Il en va de même pour les données et informations qui ne se détériorent pas à l'usage. On peut même soutenir le paradoxe inverse concluant que données et informations s'enrichissent à l'usage. Cette fonction de catalyseur n'épuise pas les potentialités des TIC qui conditionnent l'accumulation de service.* » (3)

Un contexte qui constitue donc un terreau favorable au GET et à ses écoles dont l'ambition est de produire les acteurs capables de comprendre les nouveaux enjeux de cette société en mouvement.

LE GET EN 2006

Le GET est un établissement public placé sous la tutelle du Ministre délégué à l'Industrie, qui a pour missions

(1) « L'attention récente portée à l'économie de la connaissance est liée à l'importance croissante des activités de recherche et d'éducation dans l'économie mondiale. Cette augmentation de l'intensité en connaissances concerne aussi les technologies associées de l'information et de la communication (TIC). L'économie de la connaissance se définit alors comme un stade du capitalisme où se généraliserait un modèle productif particulier organisé autour des complémentarités organisationnelles et technologiques entre les TIC, le capital humain des agents susceptibles d'utiliser ces technologies et une organisation réactive de la firme qui permettrait la pleine utilisation du potentiel de productivité des deux premiers éléments. Les réseaux tendraient à se substituer aux catégories plus classiques d'organisation des marchés. » - Bruno Amable et Philippe Askenazy - *Introduction à l'économie de la connaissance* - Contribution pour le rapport Unesco *Construire des sociétés de savoir* - décembre 2003.

(2) Voir notamment *L'acte productif dans la société des savoirs et de l'immatériel*, rapport et avis adopté par le conseil économique et social (janvier 2004) et *Productivité et croissance*, rapport du Conseil d'analyse économique (juin 2004).

(3) *L'acte productif dans la société des savoirs et de l'immatériel* (janvier 2004).

l'enseignement supérieur et la recherche dans le domaine des sciences et technologies de l'information et de la communication ; créé en 1997, il regroupe trois entités, soit en fait quatre écoles : Télécom Paris, ou ENST (Ecole nationale supérieure des télécommunications), créée en 1878, située à Paris ; l'ENST Bretagne (Ecole nationale supérieure des télécommunications de Bretagne), créée en 1977, implantée à Brest et Rennes ; et, enfin, l'INT (Institut national des télécommunications), créé en 1979, situé à Evry, qui rassemble une école d'ingénieurs, Télécom INT, et une école de gestion, INT Management.

Chaque école délivre, sous son appellation propre, les diplômes et les titres pour lesquels elle est habilitée. Chacune est également habilitée à délivrer, seule ou avec l'université, le titre de docteur. A ces écoles s'ajoutent deux établissements créés en partenariat avec des universités dans le cadre de GIE auxquels ont également adhéré des industriels : Télécom Lille 1 (anciennement ENIC, Ecole nouvelle d'ingénieurs en communication), créée en 1990 à Villeneuve d'Ascq, associant l'INT et l'Université de Lille I, et qui vient de rejoindre la Conférence des grandes Ecoles ; et l'Institut Eurécom, créé en 1992 à Sophia Antipolis, associant l'ENST et l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, ainsi que d'autres institutions académiques étrangères, qui délivre le diplôme de l'école d'origine des étudiants qui y effectuent la partie terminale de leur cursus.

En 2006, les écoles du groupe devraient délivrer 1 500 diplômes environ, dont 800 diplômes d'ingénieurs, et réaliser un chiffre d'affaires en formation continue de plus de 4,5 M€.

C'est en 2000 que le GET a adopté son premier plan stratégique. Il a permis de fixer des orientations fortes pour le développement du groupe, en cohérence avec son identité originale : à la fois fédération d'écoles pour sa mission d'enseignement supérieur et organisme unique pour sa mission de recherche (4). Il convient à cet égard de souligner que cette originalité du GET au plan français est, par contre, en cohérence avec les standards internationaux qui associent couramment enseignement supérieur et recherche et spécialisent les organismes de recherche par domaine (5).

(4) Le décret fondateur du GET a instauré trois conseils d'école au niveau de Télécom Paris, de l'ENST Bretagne et de l'INT et un conseil scientifique au niveau du groupe, en sus du conseil d'administration propre à un EPA.

(5) Parmi les principaux enseignements des comparaisons internationales contenus dans son rapport sur « *L'économie de la connaissance : la recherche publique française et les entreprises* », le conseil économique et social indique fin 2003 :

- « L'enseignement supérieur et la recherche sont le plus souvent étroitement associés. Lorsque ce n'était pas le cas, des mesures récentes y ont porté remède (Finlande, Suède) ».

- « Dans la recherche publique, c'est l'université qui joue le rôle principal (Etats-Unis, Allemagne, Royaume-Uni, Suisse). Toutefois les instituts de recherche publics ne sont pas absents, et sont même relativement importants en Allemagne et en Finlande. Ils sont pourtant loin d'atteindre la taille des EPST français, et sont généralement subdivisés en instituts indépendants, organisés par domaine. Lorsque ce n'était pas le cas, ils ont réformé leurs structures pour l'être (centres Helmholtz en Allemagne) ».



© GET

L'INT, Institut national des télécommunications, créé en 1979, situé à Evry rassemble une école d'ingénieurs, Télécom INT, et une école de gestion, INT Management.

La mise en œuvre de cette stratégie, actualisée en 2004, a permis au groupe de réaliser des avancées très significatives en termes de formations initiale et continue (développement des Masters of Science, des Mastères spécialisés, augmentation du nombre d'élèves étrangers et adaptation des cursus dans une optique d'internationalisation des écoles...), de recherche (reconnaissance du GET comme organisme public de recherche, notamment dans le cadre du 6^e PCRD et des réseaux nationaux thématiques, mise en place d'une structuration en projets-programmes...), ainsi qu'en termes de soutien à la création d'entreprise.

La principale force du groupe est ainsi de permettre à la fois la mutualisation d'actions et de moyens, et la complémentarité qui permet de mieux couvrir le vaste domaine des technologies de l'information et de la communication (TIC). L'ensemble des écoles du GET travaillant sur le même domaine des TIC, les facteurs de rapprochement sont évidemment plus forts que ceux qui les différencient.

Il n'est pas apparu judicieux de spécialiser les projets pédagogiques des écoles d'ingénieurs du GET sur des champs de formation différents, car cela allait à contre courant de l'évolution actuelle du domaine des TIC, marqué par l'intégration progressive des diverses techniques de base (électronique, informatique, télécommunications, audiovisuel...), et par un caractère transverse qui les fait diffuser dans tous les secteurs d'activité.

Télécom Paris, l'ENST Bretagne et Télécom INT ont donc l'ambition commune de former à la fois des ingé-

nieurs experts capables de développer l'innovation dans les TIC et contribuer ainsi à construire notre avenir, et des ingénieurs généralistes parfaitement préparés à toutes les facettes de la société de l'information (6).

Mais quels sont donc ces ingénieurs de demain que les écoles du GET, comme les autres grandes écoles d'ingénieurs, ont à former ?

DEMAIN : QUEL INGÉNIEUR ?

Précaution liminaire : tel le Français moyen, l'ingénieur de demain n'existe pas et la multiplicité des missions et des environnements rend illusoire toute tentative d'élaboration du portrait robot de cet ingénieur type.

Un ingénieur en logiciel, un directeur de projet d'un grand système d'information, un consultant en organisation, un analyste financier, peuvent sortir d'une même école du GET. Mais avec la même formation d'ingénieur ils connaîtront des expertises, des environnements hiérarchiques, des responsabilités... et des rémunérations différentes.

(6) L'INT rassemble par ailleurs sur un même campus une école d'ingénieurs et une école de gestion. Ce rapprochement constitue son originalité et sa richesse, particulièrement mises en valeur dans la pédagogie des deux écoles. INT Management est ainsi une école de gestion généraliste intégrant les avancées de la société de l'information et, plus particulièrement, les spécificités des univers technologiques dans les disciplines du management et les approches managériales.

Les enquêtes «premier emploi» des jeunes diplômés illustrent la diversité des activités qui leur sont proposées dès leur sortie d'école, et cette diversité ne peut que s'accroître en cours de carrière.

Chaque ingénieur aura ainsi, dans ses postes successifs, à faire appel à certaines compétences, extraites d'un «bouquet» dont il doit disposer. A des capacités génériques, communes à tout cadre, il faut ajouter celles qui font traditionnellement leur spécificité, ainsi que quelques traits de comportement qui ont émergé plus récemment.

Comme tout cadre, l'ingénieur est donc supposé avoir un minimum de culture managériale et de gestion et être apte à évoluer dans un contexte international.

Gestionnaire et manager

On a beaucoup écrit sur le sujet : déjà en 1900 à la séance de clôture du Congrès international des mines et de la métallurgie, Henri Fayol soulignait l'importance qui avait été accordée au mot *technique* dans les réflexions menées pendant ce congrès. Il s'étonnait alors de n'avoir eu aucun écho des préoccupations commerciales, financières et administratives (7).

Il a fallu du temps pour que cela entre dans les mœurs. L'ingénieur n'a pas seulement le goût du bel ouvrage et du beau produit, résultat d'une solution technique élégante. Il sait désormais intégrer la dimension économique, gérer ses budgets et ses délais, valider ses choix d'investissement.

La part de management (mot qui recouvre en fait des réalités bien différentes) dans son activité sera extrêmement variable. Si une part significative des diplômés des meilleures écoles peuvent avoir assez rapidement de réelles responsabilités d'encadrement et de management d'équipes, la plupart des jeunes ingénieurs, en particulier dans les activités à haute valeur ajoutée, n'auront en fait à manager... qu'eux mêmes ! L'évolution des statuts (davantage de consultants ou d'indépendants) comme celle de l'organisation des entreprises et du travail (sous-traitance, délocalisation des activités de production...) tendent à réduire la fonction d'encadrement. Mais le management transverse, c'est-à-dire le pilotage de projets qui fait appel à des individus et des équipes dont on n'a pas la responsabilité hiérarchique, et qui est d'ailleurs moins simple, continuera à prendre de l'ampleur.

Adapté à l'international

Il faut ici utiliser les bons termes. L'expatriation proprement dite ne concerne aujourd'hui que 15 % des

(7) Henri Fayol, Administration industrielle et générale, Discours prononcés à la séance de clôture du Congrès international des mines et de la métallurgie le 23 juin 1900.

ingénieurs et il y a peu de chances qu'elle prenne beaucoup plus d'ampleur, même si la proportion d'ingénieurs concernés individuellement à un moment ou un autre de leur carrière augmentera, elle, certainement.

Mais dans le cadre d'une mondialisation de l'économie chaque jour plus patente, tout ingénieur est ou sera amené à échanger avec des interlocuteurs étrangers (clients ou fournisseurs), et faire de courts déplacements, voire quelques missions.

Il sera ainsi confronté à des cultures différentes (ce qui va de la manière d'organiser et de conduire les réunions, à la gestion des conflits ou au style de prise de parole en public, comme aux habitudes alimentaires ou vestimentaires).

Il aura donc de plus en plus à «penser international» et à être formé dans cette perspective, ce qui commence par l'approfondissement des langues et des cultures étrangères, domaine dans lequel la France a des progrès certains à accomplir.

On attend par ailleurs d'un ingénieur un certain nombre de compétences et d'aptitudes traditionnelles, ancrées sur des savoirs scientifique et technique, qui lui permettent une vision plus large (au-delà de sa formation d'origine) favorisant l'intégration d'autres domaines, et le développement de ses capacités d'innovation.

Expert à large vision

Il faut s'entendre : il n'est pas forcément le spécialiste, l'expert du domaine, ce qui le différencie du chercheur, mais il a une certaine expertise. Au cours de sa formation, puis généralement au cours de ses premières années de vie professionnelle, il aura développé une compétence technique et surtout une manière d'aborder les problèmes qui lui permettront d'apporter une valeur ajoutée dans un environnement pluridisciplinaire. Faute de cette spécificité, il se retrouvera en concurrence avec d'autres cadres diplômés qui seront eux experts en management.

Ensembleur et intégrateur

L'expertise évoquée plus haut n'est pas isolée, elle se combine à d'autres, venues d'horizons divers, qu'il convient de faire cohabiter et d'assembler (ingénieur vient bien de génie et non *d'engine* comme dans le concept anglo-saxon facteur d'incompréhension pour nos diplômés). Si dans certains domaines comme le spatial, l'ingénieur intégration est un poste clairement identifié, ce type d'activité et de compétence concerne en fait tout ingénieur et implique ouverture d'esprit, curiosité, qualités relationnelles...

Innovateur et créateur

On attend aussi de l'ingénieur qu'il ait des idées, si possibles nouvelles, qu'il réponde aux questions qui se posent mais aussi qu'il sache poser des problèmes, de plus en plus complexes, de plus en plus transverses à de multiples disciplines, souvent de plus en plus éloignés de son seul champ initial.

Il doit aussi bien sûr sortir du seul champ technologique. On a assez reproché aux ingénieurs de faire des produits sophistiqués qui ne répondaient pas aux besoins des utilisateurs finaux. L'écoute du client, qu'il soit interne et externe, la prise en compte des comportements, des méthodes et des modes d'activité nouveaux lui permettront de réaliser les produits et surtout les services adéquats.

A côté de ces qualités traditionnellement attendues d'un ingénieur-cadre, des postures plus nouvelles, liées davantage à l'évolution des modes de travail et des grands courants de la société qu'à l'évolution technologique, devraient faire partie de son bagage : être aussi un veilleur, un étudiant (à temps partiel !), un surfeur agile, un citoyen.

Veilleur et étudiant

La prévision est un art difficile et si les erreurs sont nombreuses, elles sont pardonnables. Mais négliger des courants émergents ce n'est plus une erreur, c'est une faute. La vigilance, la curiosité, sont indispensables mais pas toujours partagées. Être le meilleur dans son domaine ne suffit pas : le monde bouge autour de soi. L'ingénieur devrait ainsi pouvoir périodiquement retrouver une position d'étudiant (sinon un statut...), dans le cadre de cette formation tout au long de la vie qui est un droit affirmé pour chacun.

Si cela a bien été intégré dans les activités à forte connotation scientifique qui exigent le renouvellement ou le rafraîchissement du bagage disciplinaire, il est moins facile d'y inclure l'évolution des comportements individuels et des méthodes de travail collectif.

Agile et réactif

Le nouvel ingénieur devra probablement faire preuve de capacités d'adaptation accrues, mobilité et agilité, dans son activité mais aussi dans son statut.

Les carrières mono entreprises sont bien sûr beaucoup plus rares qu'avant. On peut néanmoins noter que certaines des plus belles entreprises mondiales sont pilotées par des dirigeants issus du rang, et que mobilité ne veut pas dire agitation ou butinage.

La mobilité interentreprises et surtout la mobilité fonctionnelle font depuis longtemps naturellement partie du cursus professionnel. Ce qui peut paraître nouveau,

ce sont les changements de statut que l'on constate plus souvent. Alors que l'essentiel de l'emploi était constitué de contrats salariés, à durée indéterminée, la situation pourrait être plus complexe et diversifiée.

Déjà, dans les périodes d'emploi difficiles, de nombreux cadres de haut niveau ayant perdu leur emploi ont adopté le statut de consultant. Mais c'était alors plus une contrainte qu'un choix délibéré. Ce ne sera plus le cas (au moins pour une partie d'entre eux).

Le recentrage sur le cœur de métier conduisant à externaliser un plus grand nombre de fonctions, il y a place pour des micro entreprises prenant en charge telle ou telle fonction. L'entreprise unipersonnelle, le portage par une société spécialisée offrent des conditions de travail répondant mieux aux souhaits de vie professionnelle de beaucoup de jeunes diplômés, qui doivent néanmoins avoir le goût du risque (comme lorsqu'il s'agit de créer une entreprise).

Mais c'est un choix raisonné. Il n'y a d'ailleurs pas de cloisons étanches ni d'étapes obligées. On peut imaginer des parcours naviguant entre ces différents statuts en fonction des besoins des entreprises et surtout des souhaits des individus.

Citoyen

Enfin, l'ingénieur se doit d'être citoyen, avec une responsabilité à la fois morale et sociétale.

Morale, car sa situation et l'honnêteté intellectuelle attachée à la démarche scientifique, l'obligent au respect d'une éthique et à l'exemplarité, exigences parfois difficiles à tenir quand le pouvoir vous grise.

Sociétale, aussi, car les choix technologiques peuvent engager le fonctionnement de la société parfois pour des dizaines d'années. La responsabilité de l'ingénieur est d'intégrer dans ses choix d'autres paramètres que le coût direct et l'efficacité immédiate, tels les coûts indirects, y compris ceux qui seront supportés par les générations futures.

La responsabilité, c'est aussi de faire connaître clairement sa démarche et les raisons de ses choix. Le goût du secret longtemps pratiqué sur certains grands programmes est contre-productif, et suscite craintes et suspicions dans notre société audiovisuelle de l'immédiateté et de l'universalité.

Mais comment le GET et ses écoles se préparent-ils à former leurs élèves ingénieurs pour les doter à la fois de toutes ces aptitudes ?

LA FORMATION DE L'INGÉNIEUR DE DEMAIN DANS LES ÉCOLES DU GET

Ayant l'ambition de former les cadres de haut niveau de la société de l'information, les écoles du GET entendent résolument conserver une démarche pédagogique

et scientifique ambitieuse en restant positionnées sur l'excellence.

Le GET forme ses élèves ingénieurs en leur donnant une forte culture scientifique orientée vers l'innovation dans le domaine des TIC et une sensibilisation à la culture managériale qui inclue des enseignements en sciences humaines, économiques et sociales.

Le GET promeut auprès de ses élèves le goût d'entreprendre avec une formation spécifique à l'entrepreneuriat et un soutien à la création d'entreprise. Les projets de création d'entreprise des élèves sont étudiés, sélectionnés et aidés par les équipes spécialisées du GET. Pour donner à ses élèves un champ d'action plus large, le GET travaille en partenariat avec ses homologues européens, notamment dans le cadre du projet *ET-Net (European Technology entrepreneurship training NETwork)* initié et porté par le GET. Ce projet vise à susciter et faciliter la création d'entreprise dans le secteur des technologies de l'information au niveau européen.

Au plan international, des partenariats solides avec des établissements homologués ont conduit à des accords de double diplôme qui alimentent maintenant régulièrement les filières principales. Les élèves des écoles du GET se trouvent ainsi confrontés à l'interculturel en côtoyant quotidiennement des élèves venant de différents pays du monde, qui représentent actuellement plus de 30 % des diplômés. Le développement de ces accords constitue actuellement un élément stratégique déterminant pour toutes les écoles du Get. Il favorise une mixité étudiante et prépare les futurs diplômés des écoles du GET à travailler dans un environnement international. Il élargit le vivier des recrutements, pour pallier la contraction des viviers nationaux, et donc privilégier les pays disposant d'étudiants de bon niveau. Enfin, il concourt indirectement au développement de l'industrie et des services français, en donnant la préférence aux pays développés ou à fort potentiel de développement.

Pour que cette internationalisation conforte l'excellence des écoles, celles-ci doivent pouvoir être comparées et rester attractives face à de «nouveaux concurrents». C'est pourquoi les écoles du GET ont élaboré une offre de formation conforme aux standards européens (référentiel *Graduate Schools* pour les programmes notam-

ment) et visent à obtenir des «labels de qualité» internationaux lorsqu'ils sont pertinents.

L'importance croissante des technologies de l'information, de l'innovation, de la compétitivité de la recherche et de l'enseignement supérieur dans le développement économique incite à développer les synergies entre l'enseignement supérieur et la recherche. En associant les étudiants aux travaux de recherche et en développant la formation par la recherche, l'école met le futur ingénieur au contact des réseaux tissés par les enseignants chercheurs. La qualité du corps professoral prend, dans ce cadre, y compris pour ce qui concerne l'enseignement, une importance accrue, puisqu'il doit à la fois disposer de compétences scientifiques ou managériales et d'une aptitude à transmettre le savoir aux élèves.

Ainsi, les enseignants-chercheurs du GET participent-ils à des projets de recherche nationaux et européens en partenariat avec des organismes de recherche de premier rang tels que le CNRS, l'Inserm, le Cnes tout en s'impliquant, aussi, dans l'innovation technologique en collaboration avec les entreprises de pointe du domaine des TIC. Ils sont par ailleurs évalués à la fois sur les activités de recherche et d'enseignement, évaluation faite en tenant compte du retour des élèves et des partenaires de recherche. Si nécessaire, le GET leur propose des formations en management d'équipes R&D, en management hiérarchique ou transversal, en communication et en pédagogie.

Le GET mène bien sûr également des réflexions prometteuses sur les nouveaux outils pédagogiques basés sur les technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement.

Enfin, pour accompagner les ingénieurs qui doivent s'adapter aux nouvelles technologies et aux nouveaux métiers et ont besoin de se former tout au long de la vie, les écoles du GET développent leur activité de formation continue. Associée à la formation initiale et à la recherche, elle permet de rendre complète la réponse du Groupe aux attentes de ses «clients».

Ainsi, le GET et ses écoles ont l'ambition de mettre à disposition de cette société de l'information et de la connaissance de demain les ingénieurs capables d'être les stratèges et les acteurs.

Quels Ingénieurs pour demain ? Esquisse d'un cahier des charges^(*)

« Officier de la guerre économique », à la tête d'un régiment d'exécutants, l'ingénieur était chargé d'assurer la production et de défendre le territoire de son département.

Dans une structure calquée sur la cour du roi, il devait être attentif à bien choisir son clan, car la fidélité était davantage récompensée que la compétence. Avec la mondialisation et le fonctionnement de l'entreprise en réseau, le profil de l'ingénieur efficace est aujourd'hui radicalement différent : il doit être un « intrapreneur » et savoir travailler efficacement avec des collègues, partenaires, clients ou fournisseurs de culture différente. La question se pose donc de savoir comment faire évoluer notre appareil de formation pour que nos ingénieurs de demain soient performants dans ce nouvel écosystème économique mondial et soient perçus comme tels afin qu'on leur confie les responsabilités qu'ils méritent.

Par **Jean-Michel YOLIN**, Conseil général des Mines

C'est une banalité de dire que l'aube du XXI^e siècle est placée sous le signe de la mondialisation, ça l'est moins d'en analyser en profondeur toutes les conséquences sur l'organisation de notre économie, sur la structure de nos entreprises et, *in fine*, sur l'évolution du rôle du cadre et, donc, sur sa formation.

(*) Salon international des microtechniques de Besançon, mercredi 2 octobre 2002.

LA MONDIALISATION : UNE PROFONDE RÉORGANISATION DES STRUCTURES DES ENTREPRISES

La mondialisation, c'est la mise en compétition de nos entreprises avec celles du monde entier pour cause de suppression ou d'abaissement des protections jusque-là assurée par les douanes, les coûts de transport, les délais de livraison mais aussi par les distances culturelles : cela se traduit par une intensification considérable de la

concurrence. Celle-ci oblige paradoxalement les entreprises à faire face à deux exigences stratégiques diamétralement opposées.

Les entreprises doivent être, d'une part, de plus en plus grosses et assez puissantes pour ne pas être dominées par les autres (c'est le cas par exemple des banques), pour être capables de conduire des efforts de recherche qui ne peuvent s'amortir que sur le marché mondial (comme pour l'industrie pharmaceutique), pour pouvoir financer des investissements publicitaires considérables permettant d'imposer une marque sur la terre entière (plusieurs milliards de dollars par an pour les très grandes marques) ou encore pour pouvoir investir dans des usines de nouvelles générations dont la production correspond aujourd'hui aux besoins d'un continent (fabrication de microprocesseurs, d'acier ou d'automobiles).

Mais, d'autre part, il est impératif qu'elles soient de plus en plus innovantes, flexibles et réactives... ce qui est le propre des petites structures disposant d'une grande autonomie.

Ceci conduit à une règle d'organisation bien connue des Européens, qui est celle de la subsidiarité : « *Ne jamais faire dans une grande structure ce qui peut être fait dans une petite* ».

Ce simple constat a des conséquences considérables que l'on peut observer tous les jours en ouvrant son journal ; rares sont les semaines où l'on y voit pas de gigantesques fusions à l'échelle mondiale... Mais, de façon moins spectaculaire et néanmoins tout aussi importante, l'observateur attentif constate également dans un second temps trois évolutions majeures « post-fusion » :

- le « recentrage sur le cœur de métier », qui se traduit par une externalisation de toutes les activités susceptibles d'être sous-traitées ; il ne s'agit pas seulement, comme c'était bien souvent le cas autrefois, « d'écrêter » des pointes de production avec des sous-traitants « d'exécution », mais de confier la conception et la réalisation de sous-ensembles à des entreprises disposant elles-mêmes d'un savoir-faire spécifique et d'une capacité d'innovation (Carlos Ghosn expliquait l'écart de performance entre Renault et Nissan par le fait que Renault n'assurait plus que 30 % de la fabrication contre 35 % pour Nissan) ; même une grande partie des fonctions dites « d'état-major » sont externalisées vers des entreprises de conseil (ce qui n'est pas sans poser de difficiles problèmes de reconversion pour de nombreux cadres de direction ayant atteint la cinquantaine quand les vastes états-majors et services fonctionnels des grands groupes sont réduits à la portion congrue) ;

- une réorganisation interne pour transformer d'anciennes structures pyramidales monolithiques, semblables à la grande armée napoléonienne, en réseaux de centres de décisions disposant d'une grande autonomie (filiales, centres de profits...) – le groupe Vivendi, par exemple, est composé aujourd'hui de plus de 3 000 filiales ;

- l'émergence de nouvelles entreprises (soit par création, soit par externalisation d'une unité ou d'une filia-

le de groupe) dans les domaines qui nécessitent peu d'investissements lourds (industrie mécanique) relativement peu de R&D (SSII) ou peu de publicité (grands crus de Bordeaux).

VERS L'ENTREPRISE VIRTUELLE EN RÉSEAU

Ces mutations structurelles se traduisent effectivement par un accroissement très significatif de la compétitivité de chacune des entreprises prise individuellement (prix, qualité, délais), mais comme tout projet nécessite désormais la collaboration de très nombreuses entreprises pour être mené à bien, la compétitivité globale dépendra pour une large part de l'efficacité des relations interentreprises.

En effet, toute cette réorganisation du tissu industriel n'a de sens que si ce qui a été gagné au niveau de chaque unité de production n'est pas reperdu, lors des ruptures de charge, dans des surcoûts, des délais et des pertes de qualité.

De même, cette nouvelle organisation doit permettre de prendre en compte la nécessité de comprimer très fortement les délais pour concevoir de nouveaux produits ou de mener à bonne fin des projets, malgré le nombre plus important d'entreprises qu'il est indispensable d'y associer pour les mener à bien (Carlos Ghosn affiche un objectif de conception d'une nouvelle voiture dans un délai de 11 mois, contre 36 aujourd'hui).

Tout ceci n'est possible qu'en organisant une « entreprise virtuelle » autour de chaque projet composé d'équipes appartenant à différentes entreprises, comme l'indiquait le CIO de Boeing au printemps 2002 : « *companies no longer compete with other companies, but supply chains to supply chains* » ; concrètement le *fire-wall*, « mur de protection » contre les agressions externes, est situé autour du projet, en traversant les entreprises, et non plus autour des entreprises (cf. <http://www.yolin.net/Chic0426.zip>).

Il s'agit là d'une évolution évidemment lourde de conséquences pour les hiérarchies traditionnelles qui avaient pour principale mission de relayer les ordres verticalement, du sommet vers la base, au sein d'une entreprise, et de faire remonter les informations dans l'autre. En effet, les structures transversales et provisoires, où les relations sont plus souvent contractuelles que hiérarchiques et horizontales que verticales, deviennent progressivement la norme imposée par la situation, laissant les anciennes chaînes de commandement largement en dehors du circuit, ce qui conduit naturellement à en réduire la longueur et les effectifs.

Si Internet connaît aujourd'hui un tel développement dans les pays les plus performants c'est parce qu'il fournit le « système nerveux » permettant à une organisation en réseau de ce type, de fonctionner efficacement (rappelez-vous qu'Internet, ce n'est pour l'essentiel ni de la technologie, ni de l'information, mais c'est un standard qui permet d'interconnecter tous les systèmes ou *process*



© Romain Degoul / REA

Nos «héritiers» historiques s'appellent Stanford ou Harvard avec des diplômés qui sont le Phd et le MBA (et non de simples masters) ; c'est eux qui aujourd'hui ont hérité de ce cercle vertueux leur permettant de recruter l'élite de l'élite mondiale et en délivrant pour la vie le label et le réseau tribal, non au niveau américain, mais, là aussi, au niveau international (dans les domaines scientifiques de pointe on voit peu de « natives » américains, ceux-ci s'orientant vers les domaines plus lucratifs et plus locaux des lawyers et médecins) ; ce sont maintenant eux les phares qui n'ont plus qu'à trier les étudiants qui sont en compétition pour rentrer chez eux.

gérant de l'information et qui permet de réaliser entre eux des transactions (systèmes comptables, systèmes de conception assistée par ordinateur, chaînes de fabrication, systèmes d'intelligence économique, système logistique, processus d'achats et de ventes, machines programmables...) (voir www.yolin.net/prediagnostic.ppt). Internet est un outil particulièrement dangereux pour les vieilles structures traditionnelles fonctionnant sur des logiques de territoire : facilitant le travail en réseau et privilégiant les relations horizontales, c'est un dynamiteur de hiérarchies intermédiaires (et c'est, sans nul doute, une des raisons qui a conduit beaucoup d'entreprises à s'efforcer de le confiner dans des fonctions marginales comme la communication institutionnelle et le commerce électronique). Cette remarque s'applique évidemment de façon encore plus forte dans les administrations qui ne bénéficient pas de l'aiguillon de la concurrence pour affronter ces dérangeantes mutations bousculant les frontières des pouvoirs petits et grands. Cette nouvelle organisation représente un bouleversement radical, et le chemin à parcourir est encore plus marqué dans des pays construits sur une économie à tradition culturelle agricole où la préoccupation principale, pour des raisons de survie, était la défense du territoire et non, comme dans les pays du Nord, le développement des réseaux (voir www.yolin.net/nord.doc). La logique des entreprises du siècle dernier, souvent dépendantes de grandes familles, était prioritairement

de survivre et de perdurer, de constituer un patrimoine pour le transmettre, plus que de créer de la valeur ajoutée (voir par exemple l'importance de l'immobilier dans les actifs des entreprises de cette époque) : aujourd'hui, l'évolution des technologies et des marchés, l'accélération de notre économie, le rôle des actionnaires et des financiers, conduisent à des restructurations permanentes et à une durée de vie des entreprises beaucoup plus courte qu'autrefois. Aux Etats-Unis, par exemple, en une quinzaine d'années, la durée de vie moyenne d'une entreprise est passé de treize ans à quatre ans : dans ces conditions, penser faire toute sa carrière dans la même entreprise ne peut plus être le projet professionnel de référence.

DANS UNE ÉCONOMIE D'ABONDANCE LE CLIENT « PREND LES COMMANDES »

Depuis le début de l'humanité, la pénurie, voire la famine, était une préoccupation permanente de nos sociétés, et la priorité était de produire : l'écoulement de la production était une tâche secondaire et le vendeur jouissait dans notre culture d'une faible considération (rappelons-nous qu'il y a peu d'années la commission du titre d'ingénieur considérait qu'un ingénieur commercial ne pouvait pas prétendre à un véritable

titre d'ingénieur !). Ne parlons même pas des intermédiaires qui étaient perçus par la plupart comme des improductifs, des profiteurs et des parasites générateurs de surcoûts, vivant aux crochets des « travailleurs ».

Aujourd'hui, avec l'économie d'abondance, ce contexte est profondément bouleversé : « le client est roi » n'est plus un slogan publicitaire, mais une profonde réalité. C'est lui qui, *in fine*, décide par ses achats des fermetures d'usines, voire de la disparition de l'entreprise si les produits ou services ne lui conviennent plus.

Dans notre pays, il y a encore peu d'années, l'archétype du bon vendeur, était celui qui était capable de « vendre un costume trois pièces à un Papou » et de « fourguer » n'importe quelle marchandise. Aujourd'hui, le technico-commercial dont notre économie a besoin, c'est celui qui est capable de faire fabriquer à son usine le pagnon dont son client a besoin ! La clé du succès repose sur la capacité à comprendre les besoins du client, à le conseiller utilement, à imaginer des solutions pour y répondre en mobilisant les compétences de l'entreprise : les organes clés deviennent l'oreille et le cerveau et non plus la bouche et la main. L'essentiel de la valeur ajoutée se situe maintenant dans la relation riche de créativité entre client et fournisseur.

D'une organisation hiérarchique commandée au jour le jour par le sommet, avec un organigramme de régiment d'infanterie, ce nouveau fonctionnement du tissu économique oblige à passer à une organisation, où toute l'entreprise a pour objectif de « supporter » (au sens anglo-saxon du terme), en privilégiant la réactivité, ceux qui sont au contact direct du client. Pour reprendre l'analogie guerrière, la transformation pourrait être comparée à l'évolution de la structure militaire des armées françaises entre 1939 (où on se préoccupait de la ligne Maginot et des « boutons de guêpe » comme en 1870 avant Sedan) et 1944, avec un recentrage sur les grandes orientations politiques et stratégiques, une vision largement partagée des objectifs d'avenir, assortie d'une très large autonomie au niveau du terrain pour l'action quotidienne et l'innovation dans les méthodes.

DES CONSÉQUENCES SUR LES QUALITÉS ATTENDUES DE L'INGÉNIEUR DE DEMAIN

Jusqu'à présent l'entreprise avait besoin de cadres qui soient des rouages usinés avec précision dans un matériau résistant, pour s'intégrer dans une horlogerie complexe et pérenne, capable de répercuter fidèlement les instructions venant du sommet à travers une cascade atteignant souvent jusqu'à sept niveaux hiérarchiques. « Officier de la guerre économique », à la tête d'un régiment d'exécutants, l'ingénieur était chargé d'assurer la production et de défendre le territoire de son département.

Dans une structure calquée sur la cour du roi – et d'ailleurs, bien souvent, les dirigeants des grandes entreprises étaient nommés par celui-ci en remercie-

ments de services rendus – et organisée en baronnies, il devait, pour faire carrière, être attentif à bien choisir son clan car la fidélité était davantage récompensée que la compétence : « je te protège, tu me sers... » était la logique de la « villa romaine ».

La rétention d'information était partie intégrante de cette gestion du pouvoir (en particulier au niveau des commerciaux qui pouvaient ainsi se rendre difficilement remplaçables, mais qui, de ce fait, perdaient leur entreprise d'une source d'intelligence économique majeure).

Ce fonctionnement « de cour » pénalise d'ailleurs aujourd'hui le télétravail : un chef n'est pas un vrai chef s'il n'a pas ses subordonnés sous la main... et un salarié prend des risques à s'éloigner des couloirs où se nouent les intrigues de palais. *Mutatis, mutandis*, le chef syndical partage la même préoccupation. De ce fait le télétravail est beaucoup moins développé que dans les pays du Nord (d'un facteur supérieur à 3).

Cette longue tradition dans le fonctionnement des entreprises a laissé des marques profondes même dans notre vocabulaire : on a conservé les mots de « directeur », « cadre » et « encadrement », « subordonnés », « collaborateurs », « usager » qui, rien que par leur étymologie, définissent une organisation statique et territoriale à l'opposé de la *task force*, du *networking* et du manager anglo-saxon, sans même parler du terme de « baronnies » et de « mafia » qui étaient souvent utilisés pour décrire l'organisation de certains groupes français.

Un profil de l'ingénieur radicalement différent

Dans le fonctionnement de l'entreprise en réseau, de l'entreprise virtuelle, organisée pour répondre aux besoins des clients, le profil de l'ingénieur efficace est radicalement différent. On attend de lui :

- qu'il ait une grande capacité d'écoute et soit capable d'analyser le besoin de ses interlocuteurs ;
- qu'il ait une capacité d'innovation pour imaginer des solutions permettant de répondre aux besoins ainsi mis en évidence ;
- qu'il allie compétence technique et qualité pédagogique pour devenir un conseiller écouté de ses partenaires ;
- qu'il ait une capacité d'animation pour mobiliser autour de lui des talents diversifiés et de haut niveau (comme dit Siéryex, il doit être « capable d'absorber les angoisses et de rayonner les enthousiasmes »). Ceci est d'autant plus important que la conduite d'un projet implique de faire travailler ensemble harmonieusement client, fournisseurs et partenaires sans que le chef de projet ait bien souvent une autorité hiérarchique sur l'ensemble, ni, en général, une compétence supérieure à chacun des membres de cette équipe ;
- qu'il sache gérer le difficile équilibre entre la « confiance » envers ses collaborateurs, ce qui implique l'acceptation du droit à l'erreur (indispensable pour qu'ils soient eux-mêmes innovateurs et motivés) et la « méfiance » liée à tout contrôle d'activité ou de sécuri-

té (ce qui fait partie intégrante de sa responsabilité, y compris pénale) ;

- qu'il produise de l'innovation, du changement plus que de la reproduction à l'identique. Il doit davantage être le capitaine d'une équipe que le supérieur hiérarchique, il doit dégager un charisme qui insuffle de l'énergie à ses coéquipiers : « *Le leadership désigne une relation entre individus qui se motivent et s'inspirent mutuellement pour accomplir des performances hors du commun* » (Gottlieb Guntern).

Quelles qualités sont alors nécessaires ?

Il doit être un « intrapreneur »... et parfois un entrepreneur en créant sa propre entreprise.

Il doit savoir travailler efficacement avec des collègues, partenaires, clients ou fournisseurs de culture différente ayant une façon de penser différente de la sienne.

Ne passant pas toute sa vie professionnelle à l'intérieur d'une seule entreprise, il bâtira sa carrière en s'appuyant davantage sur ses compétences que sur la fidélité à un clan. Devant changer fréquemment de métier ou d'organisation et maîtriser des technologies fréquemment renouvelées, il devra savoir apprendre tout au long de sa vie, le bagage initial devant être un socle technologique et culturel et lui avoir inculqué les méthodologies lui permettant de s'adapter aux évolutions.

Il devra avoir une grande force de caractère car, en cas de coup dur, il ne pourra guère compter sur la solidarité de son entreprise.

Il devra tisser un réseau professionnel personnel lui permettant de conduire sa carrière « non linéaire » à travers des aléas nombreux, des crises, des ruptures, des régressions, voire des périodes de chômage.

Il devra savoir s'épanouir dans un écosystème incertain et mouvant à forte imprégnation « dopaminergique » : le stress étant dorénavant une des composantes importante de notre environnement.

LE DÉFI POUR NOS GRANDES ÉCOLES

Notre tradition séculaire colbertiste, où l'Etat jouait un rôle directeur dans l'économie, nous a conduits à définir un concept d'ingénieurs très spécifique à notre pays : ces ingénieurs étaient destinés d'abord au service de l'Etat (mines, ponts, télécommunications, armement, génie rural...) puis des grandes entreprises dont les structures n'étaient, en fait, pas très différentes de celle de l'administration.

Le statut social très valorisant de ce métier dans notre pays attirait, et attire encore, vers lui les étudiants les plus brillants de leur génération (bien que les prémisses d'une certaine désaffection puissent être décelés...). Il s'agit de sélectionner les meilleurs et de leur offrir un enseignement de qualité : le haut niveau de l'enseignement scientifique, la dimension humaine de la formation, la part importante réservée à la culture générale et managériale les prépare aux plus hautes fonctions de l'entreprise (alors que dans les pays anglo-saxons, les

élèves les plus doués sont orientés vers des professions juridiques ou financières et que « l'ingénieur » est un technicien confiné à sa technique).

La question qui se pose aujourd'hui est de savoir comment faire évoluer notre appareil de formation pour que nos ingénieurs de demain soient performants dans ce nouvel écosystème économique mondial et soient perçus comme tels afin qu'on leur confie les responsabilités qu'ils méritent.

Devons-nous nous aligner sur les systèmes de formation dominants, comme cela a été proposé par certains, ou, bien au contraire, tirer parti du fait que nous sommes encore un des rares pays où les études scientifiques jouissent d'un grand prestige (ce qui permet d'y attirer les meilleurs) pour former des profils originaux pouvant prétendre à l'excellence dans un certain nombre de créneaux comme la conduite de grands projets complexes ou la gestion de structures nécessitant tout à la fois des compétences managériales et des connaissances scientifiques technologiques pluridisciplinaires ?

Il est clair toutefois qu'il faut donner de la lisibilité à nos diplômes : un premier pas a été fait avec l'attribution à nos élèves du grade de master, mais c'est bien entendu très insuffisant (les Italiens, mieux que nous, ont réussi à en faire un titre de noblesse « *Ingeniere* », pendant du « *Herr Doktor* » allemand).

« La situation est bonne, mais pas désespérée »

Une des premières actions qui nous est apparue nécessaire a été de lancer une enquête auprès des anciens élèves de nos grandes écoles qui ont passé l'essentiel de leur carrière en dehors de la France, des entreprises françaises ou de leurs filiales, afin d'examiner dans quel type de fonctions ils ont excellé et quelles difficultés ils ont rencontré dans la compétition qui les a opposés à des cadres issus d'autres filières de formation : les premiers retours montrent que, selon le proverbe roumain, « *la situation est bonne, mais pas désespérée* ».

Le succès de nos grandes écoles repose en France pour l'essentiel sur le fait qu'elles sont le but existentiel des plus brillants élèves d'une génération aspirant à défiler en tête des troupes françaises le jour de la fête nationale (...et de leurs managers de formation que sont leurs parents) : il nous suffit de trier pour avoir les meilleurs des meilleurs qui se battent pour rentrer chez nous et sont obligés d'acquiescer pour se faire un bagage scientifique et culturel de première qualité.

Quelle que soit la suite de leur formation, les diplômés sortent avec le label lié à la rigueur de la sélection (bien entendu la qualité de l'enseignement ne gêne rien à l'affaire, mais cela se fait tout naturellement, car une institution renommée avec des élèves brillants attire des professeurs et des managers brillants (et ce n'est pas l'inverse qui est vrai aujourd'hui !)...) encore que les 150 *never-seen* d'une promo de l'X laissent songeur (encore une « spécificité française » : l'élite de

nos élèves travaille de moins en moins en progressant dans leur scolarité alors que dans les pays anglo-saxons ils travaillent de plus en plus...).

Ce système s'auto-entretient tout naturellement de lui-même. Nous sommes les phares de la scolarité française et nous pratiquons une pêche facile et rentable : « la pêche au lamparo ».

La mondialisation change radicalement la donne :

- pour un observateur situé hors de l'hexagone nous sommes inconnus ;
- nous sommes microscopiques ;
- nous parlons un dialecte local ;
- nous délivrons un diplôme pire qu'inconnu, car son intitulé est un faux ami de « engineer » (conducteur de locomotive), or comme le rappelle Confucius « *l'ennemi de la connaissance n'est pas l'ignorance mais le fait que l'on croit savoir* » ;
- nous ne délivrons pas un passeport international ;
- nous sommes organisés de façon telle (taupe, niveau scientifique exigé à l'entrée, démarche privilégiant l'approche par la théorie...) que pour un étudiant chinois, tchèque ou indien brillant, nous sommes des ovnis situés en dehors de la zone éclairée et dans l'angle mort de leur champ de vision.

Nos « héritiers » historiques s'appellent Stanford ou Harvard avec des diplômés qui sont le Phd et le MBA (et non de simples masters) ; c'est eux qui aujourd'hui ont hérité de ce cercle vertueux leur permettant de recruter l'élite de l'élite mondiale et en délivrant pour la vie le label et le réseau tribal, non au niveau américain, mais, là aussi, au niveau international (dans les domaines scientifiques de pointe on voit peu de « natives » américains, ceux-ci s'orientant vers les domaines plus lucratifs et plus locaux des *lawyers* et médecins) ; ce sont maintenant eux les phares qui n'ont plus qu'à trier les étudiants qui sont en compétition pour rentrer chez eux.

Nous sommes doublement handicapés dans ce changement de terrain de jeu : non seulement au-delà de notre hexagone, nous ne sommes plus un « attracteur », mais nous avons atrophie notre fonctionnalité de *marketing* car nous n'en avons plus besoin depuis longtemps (au moins pour nos navires amiraux...).

« *Celui qui veut atteindre la lune et dont les efforts le font se retrouver au sommet d'un arbre doit se résoudre à remettre pied à terre avant de recourir à une technique plus efficace* » (J-P Dupuy, Ingénieur général des Mines, Professeur de Philosophie à Stanford, « Pour un catastrophisme éclairé »).

Les écoles doivent être internationales et non pas seulement « faire de l'international »

Cette mutation radicale du métier de l'ingénieur ne pourra s'accomplir qu'en réformant en profondeur nos méthodes pédagogiques pour préparer nos élèves à entrer mieux armés dans une compétition qui n'a jamais été aussi dure...

Il ne s'agit pas de rajouter quelques matières scientifiques ou managériales, ou de les mettre au goût du jour, mais de repenser complètement les méthodes d'enseignement et de formation plus encore que les matières étudiées : nous devons éduquer l'esprit d'entrepreneuriat, l'imagination, la créativité, le travail en équipe avec des personnes de culture et de formation très différentes (d'où la nécessité qu'une part notable de nos élèves proviennent de pays anglo-saxons et asiatiques), la conduite de projet associant des disciplines diverses, la capacité d'animation, la capacité d'écoute active, la compréhension de l'antagonisme « confiance/contrôle », la capacité à apprendre à apprendre (dans les deux sens du terme : apprendre pour soi-même et apprendre aux autres).

Nous devons aussi prendre davantage conscience, qu'en terme d'organisation, nos grandes écoles partagent les défauts de nos grandes entreprises et qu'elles aussi doivent maintenant affronter la concurrence internationale : elles doivent à l'avenir « être internationales » (et non pas seulement « faire de l'international »), c'est-à-dire être capables d'attirer, comme autrefois la Sorbonne et aujourd'hui Stanford, l'élite des étudiants du monde entier, notamment de pays comme la Chine, l'Inde ou les pays de l'Est qui fournissent aujourd'hui les bataillons des très grandes universités à rayonnement mondial.

Nous devons en tirer les conséquences quant à la composition de leurs équipes dirigeantes (nécessité d'une expérience internationale pour les cadres et les professeurs) et leurs méthodes de management, notamment par l'application à eux-mêmes des principes d'organisation de l'entreprise virtuelle en réseau et du principe de subsidiarité nécessitant de fonctionner à travers des équipes de projet. Il s'agit d'y associer d'autres établissements de formation, des organismes de recherche et des entreprises, pour atteindre les objectifs qui requièrent des moyens dépassant ceux d'une école seule, comme, par exemple :

- le développement du *e-learning* qui nécessitera des moyens considérables, qu'aucune école à elle seule n'est en mesure de mobiliser pour faire face à l'offensive des grandes universités nord américaines ; il y a là également un enjeu majeur tant pour notre balance commerciale que culturelle (voir www.yolin.net/e-learning.html) ;
- le recrutement en Inde et en Chine ;
- la délivrance d'un nombre de diplômes beaucoup plus diversifiés (notamment des masters) ;
- la création de MBA originaux et mondialement reconnus tirant parti de la base scientifique de nos managers ;
- la mise en place de parcours permettant de produire des « Phd » de très haut niveau à bac+6...

POUVOIR COMPTER SUR UN RÉSEAU CONSTRUIT SUR LE PARTAGE DE VALEURS COMMUNES

Il ne faut pas non plus oublier le « service après-vente » : outre la formation continue qui, grâce au *e-learning*,

qui abolit les distances, permet d'accompagner les évolutions professionnelles de nos anciens élèves à travers le monde, il est important de favoriser la constitution d'un réseau solide réunissant élèves et anciens élèves et créant des solidarités professionnelles et personnelles.

Dans un monde qui risque pour beaucoup de manquer de points de repère (notamment lors des « coups durs »), la possibilité de pouvoir compter sur un tel réseau, construit sur le partage de valeurs communes, représente un enjeu très important : là encore, Internet fournit les outils permettant à ce réseau d'être efficace. Mentionnons, parmi beaucoup d'autres outils, les « adresses de rebiroutage à vie » qui permettent de joindre un camarade en connaissant uniquement son nom et son prénom, les annuaires en ligne avec moteur

de recherche qui permettent de trouver un camarade pouvant vous apporter un concours, les extranets et les *mailing list* qui permettent le fonctionnement de groupes professionnels ou culturels... De ces initiatives sont nés, par exemple, des réseaux d'ingénieurs consultants qui peuvent ainsi associer la flexibilité de l'entreprise individuelle et la force de frappe d'un réseau, ou les réseaux d'Asie et Nord Américains, tournés vers l'action opérationnelle, qui réunissent aujourd'hui des centaines d'Ingénieurs.

Je me réjouis de voir que les anciens élèves de nos écoles ont su travailler ensemble pour développer tout cela, même si parfois les structures associatives traditionnelles ont pu laisser apparaître nos caractéristiques gauloises précédemment décrites.

Formation des élites mondiales et écoles d'ingénieurs françaises

LES NOUVEAUX DÉFIS

La spécificité du système français d'enseignement supérieur et de recherche français le rend illisible à l'échelon international. La France pourra-t-elle encore tenir son rang dans le monde si les grandes écoles – sauf exception – restent quasi absentes de la formation des élites mondiales ? A quels enjeux sont-elles confrontées face à la mondialisation de la formation des élites ?

Par **Bernard BOBE** (1)

La mondialisation qu'on évoque souvent – après avoir été celle des deux Guerres mondiales – est celle de l'économie et de la finance pour des entreprises qui ont désormais la planète pour marché, et se préoccupent de « penser global et d'agir local ». La mondialisation prend aussi d'autres visages, tels que ceux de la culture – avec son corollaire la diversité culturelle – de la communication ainsi que celui de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Si la science est mondiale depuis son fantastique essor à l'époque de la Renaissance puis au Siècle des Lumières, l'enseignement supérieur était international – au moins européen – au Moyen-Âge, du temps des premières Universités de Bologne et de la Sorbonne, avec le latin pour langue commune. Le système d'enseignement supérieur d'Amérique du Nord, notamment aux Etats-Unis, a suivi le modèle britannique dans sa conception. La création des universités est concomitante dans le temps et dans l'espace à la conquête de l'Ouest, à partir du modèle de la Nouvelle-Angleterre implanté à Cambridge (Massachusetts). En Europe, le système s'est cloisonné selon les langues et les cultures nationales avec l'émergence ou l'affirmation des nationalités, notamment aux XVIII^e et XIX^e siècles.

(1) Professeur des universités à l'Ecole nationale supérieure de Chimie de Paris. Bernard Bobe a été Délégué général de ParisTech jusqu'en octobre 2005.

MONDIALISATION ET SPÉCIFICITÉS FRANÇAISES

La France avec la Révolution française a mis en place une organisation bien spécifique. La Révolution française a commencé par fermer l'ensemble des universités, avant que Napoléon ne les ouvre à nouveau ; la Convention a créé en 1794 deux Institutions clés de sa politique scientifique et éducative : l'Ecole polytechnique – pour la patrie, la science et la gloire – et le Conservatoire national des Arts et Métiers pour « rendre le savoir accessible au plus grand nombre ». Après la défaite de 1870, la France a été tentée d'appliquer à son enseignement supérieur le modèle allemand : les universités de recherche. Mais elle y a renoncé par la loi de 1896, qui crée des facultés indépendantes les unes des autres sans universités autonomes. Cette loi a perduré jusqu'à l'explosion de 1968. Parallèlement, la formation des élites – hors médecine, droit et professeurs & chercheurs – se met en place dans les Grandes Ecoles, notamment l'Ecole polytechnique, ses écoles d'application et les écoles d'ingénieurs créées à la fin du XIX^e siècle, sans oublier l'Institut d'études politiques, l'Ecole nationale d'Administration et les Hautes études commerciales. La recherche se développe en dehors de l'université avec la création par vagues successives (la libération, puis Mendès-France et De Gaulle) des grands organismes de recherche tels que le CNRS, le CEA, l'INSERM, etc.

Si bien qu'aujourd'hui, si la France, comme chacun de tous les autres pays du monde, a su mettre en place un système de sélection et de formation de ses élites, elle est caractérisée par une grande spécificité avec une double dichotomie unique au monde : d'une part, l'enseignement supérieur et la recherche et, d'autre part, dans l'enseignement supérieur, un système fondé sur la sélection à l'entrée – les grandes écoles – et un système fondé sur la sélection en cours d'études pour la plus grande partie des formations des universités.

La question des forces et des faiblesses de ce système, pour l'économie et la société françaises du XXI^e siècle est régulièrement posée et n'est pas l'objet de ce court article (2). L'objet est de savoir si, à l'ère de la mondialisation, la France, qui tient un rang honorable dans le monde tant par sa défense, sa diplomatie, ses artistes et ses écrivains que par ses résultats scientifiques et la performance de ses entreprises, pourra continuer de le tenir par sa présence au niveau actuel dans la formation des élites mondiales.

Cet article est une première approche et n'est pas exhaustif pour l'ensemble des formations supérieures. Il ne porte que sur les écoles d'ingénieurs : les 144 écoles d'ingénieurs membres de la Conférence des grandes écoles, qu'elles soient de statut privé (34) ou public (110), qu'elles soient sous tutelle du ministère de l'Éducation nationale (63), d'un autre ministère, ou d'une collectivité territoriale. La raison tient au rôle particulier des écoles d'ingénieurs, et notamment des plus prestigieuses d'entre elles, dans la sélection et la formation des élites françaises. Nous examinerons quelques données statistiques sur l'ouverture interna-

tionale des écoles d'ingénieurs françaises, puis nous poserons la question de la mondialisation de la formation des élites. Nous nous interrogerons en conclusion sur quelques enjeux auxquels les écoles d'ingénieurs françaises sont confrontées.

L'OUVERTURE INTERNATIONALE DES ÉCOLES D'INGÉNIEURS FRANÇAISES

Pour l'année scolaire 2003-2004, dernière enquête de la Conférence des grandes écoles, les étudiants dans les écoles d'ingénieurs françaises sont 89 144 dont 72 653 français (81,5 %) et 16 491 étrangers (18,5 %). A première vue, on a le sentiment que l'ouverture internationale, bien qu'inférieure à celles de grandes universités technologiques étrangères, est satisfaisante.

En examinant les données statistiques en détail, il nous paraît nécessaire de ne pas prendre en compte les étudiants en formations non diplômantes (3) : il en reste 10 763 en formations diplômantes répartis en zones géographiques selon les données du tableau I. On remarque notamment que 2 479 étudiants étrangers préparent un doctorat, 4 683 autres préparant, par exemple, un master ou un mastère spécialisé. Les autres étudiants étrangers (6 080) sont probablement dans le cycle ingénieurs dont ils représentent au plus 8 à 9 % du total.

La répartition géographique des étudiants étrangers, est assez claire : 45 % proviennent de la zone traditionnelle d'influence de la France (Maghreb et Afrique sub-

(2) Un élément important est apporté au débat par la Conférence des grandes écoles : « Grandes écoles et enseignement supérieur », Éléments de stratégie, septembre 2004.

(3) En effet, cela va des deux ou trois semaines d'échanges mi académiques mi culturels au trimestre ou semestre d'échanges de type Erasmus, mais ne saurait être considéré comme un acte fort de formation des élites.

	Total par zones	Dont formations de troisième cycle	Dont doctorat
AFRIQUE		2 001	1 009
• Maghreb	3 686		
• Sub-saharienne	1 218		
AMÉRIQUE			
• du Nord	101	38	23
• latine et du Sud	813	478	310
ASIE-PACIFIQUE			
• Moyen-Orient	846	553	352
• Asie Orientale	1 757	751	265
EUROPE			
• centrale & orientale	765	429	269
• de l'Ouest	1 468	415	245
• du Nord	109	18	6
TOTAL	10 763	4 683	2 479

Tableau I – Étudiants étrangers en formations diplômantes dans les écoles d'ingénieurs françaises (année 2003-2004).
Source : Conférence des grandes écoles, *Les grandes écoles et l'international*, juin 2005.

saharienne) et cette contribution à la formation des élites africaines est essentielle (4). Elle reste d'ailleurs une tradition, comme on l'observe, par exemple, par l'influence qu'exerce l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées dans la formation des ingénieurs marocains. Si l'on prend la formation au doctorat, diplôme de rang le plus élevé à l'échelon international, l'observation est inquiétante : les écoles d'ingénieurs françaises ne forment au doctorat que 2 479 étudiants (ce qui doit faire environ 600 doctorats pour une année), dont 1 112 (45 %) sont des étudiants provenant d'Afrique et du Viet-Nam, et seulement 1 367 étudiants (environ 340 doctorats pour une année) pour tout le reste du monde. Il est vrai que, jusqu'à présent, la formation à la recherche et par la recherche des étudiants étrangers est souvent l'apanage des grandes universités disposants de laboratoires de recherche de visibilité mondiale (5). Ce sont d'ailleurs, très souvent, des unités mixtes avec les grands organismes de recherche, ce que certaines écoles d'ingénieurs (telle l'Ecole polytechnique ou l'Ensam) ont commencé à faire.

Avec un petit 14 % d'étudiants étrangers en formation diplômantes provenant d'Europe de l'Ouest (1,6 % du total), on peut écrire que les écoles d'ingénieurs françaises, malgré d'importants programmes d'échanges conduisant à des doubles diplômes (6) n'ont pas encore joué la carte d'un espace européen d'enseignement supérieur. Ou alors il faut se dire qu'elles n'attirent pas. L'examen rapide de ces données statistiques conduit à la conclusion – provisoire – que les écoles d'ingénieurs françaises, dans leur ensemble, sont quasi absentes de la formation des élites mondiales dès lors que l'on s'écarte de la zone historique d'influence française. Cette observation générale est à différencier selon les écoles puisque certaines ont eu clairement une politique d'ouverture à l'internationale en s'en donnant les moyens : en 2004-2005, l'Ecole polytechnique avait admis dans son cycle ingénieur plus de 20 % d'étudiants étrangers. D'ailleurs, par delà l'objet de cet article, mais sans en être indépendant, on observe que de nombreux étudiants des écoles d'ingénieurs françaises vont compléter leur formation à l'étranger, soit par une procédure d'échanges conduisant à un double diplôme soit en allant effectuer une formation complémentaire (master ou doctorat), notamment dans les universités américaines les plus prestigieuses. Ils participent, eux aussi, au mouvement de mondialisation de la formation des élites.

(4) Sur les 3 686 étudiants étrangers en formation diplômantes en provenance du Maghreb en 2003-2004, 844 sont algériens, 1864 sont marocains et 978 sont tunisiens. Sur les 1 757 étudiants en formations diplômantes provenant d'Asie orientale, 371 proviennent du Viet-Nam, 904 étudiants de Chine et 195 d'Inde.

(5) Le rôle que jouent les universités françaises dans la formation des élites mondiales par le doctorat serait en soit une étude à conduire.

(6) Tel que, par exemple, le programme *TIME (Top Industrial Managers for Europe)*.

LA MONDIALISATION DES ÉLITES : VRAIE OU FAUSSE QUESTION ?

Si le terme de mondialisation n'est pas toujours très clair, si le terme « élites » est sujet à diverses interprétations, qu'en est-il du concept de « mondialisation des élites » ? Ce bref article ne permet pas de répondre à la question. Apportons néanmoins quelques éléments de réflexion aux lecteurs (7).

Dès 1855, Victor Hugo appelait de ses vœux la création d'une monnaie européenne. Elle est devenue réalité presque 150 ans plus tard. Aujourd'hui, de nombreuses analystes considèrent que de nombreux problèmes de la planète et de l'humanité n'auront de réponses pertinentes qu'à l'échelle mondiale. Songeons, par exemple, au réchauffement climatique et au développement durable. Presque tous appellent à la construction d'une nouvelle gouvernance mondiale, même si nous sommes loin d'un gouvernement mondial que l'on peut souhaiter ! Où seront formés les acteurs, les cadres dirigeants de ces structures de la gouvernance mondiale ? Les entreprises, grandes et petites, se sont internationalisées puis mondialisées. Elles gèrent, par exemple, la recherche et développement à l'échelle de la planète et recrutent les compétences dont elles ont besoin dans les institutions d'excellence à travers le monde. Mais comment reconnaître ces institutions d'excellence ? Une entreprise française, anglaise ou allemande recrute sans difficultés dans les grandes universités américaines, celles qui se retrouvent d'ailleurs dans le « top » des classements mondiaux. Nous y voilà : les classements mondiaux, sorte d'apanage jusqu'à un passé récent du monde anglo-saxon, se développent. Afin de répondre à l'interrogation du ministre chinois de l'enseignement supérieur sur la qualité des universités chinoises comparées aux universités américaines, une équipe de l'Université de Shanghai a élaboré un classement mondial des universités qui a été, en France, un pavé dans la marre (voir le tableau II). Certains ayant critiqué « le thermomètre », on peut le comparer à un autre classement : celui du *Times Higher Education Supplement* (voir le tableau III).

On pourrait comparer avec d'autres classements, les résultats ne seraient pas sensiblement différents. Trois conclusions en découlent :

- les huit premières universités du classement de Shanghai sont dans les neuf premières du classement du *Times* ; les dix ou quinze premières universités mondiales sont clairement répertoriées ;
- les écoles polytechniques fédérales suisses apparaissent dans le classement ;
- apparaissent assez loin, les universités scientifiques françaises d'excellence (Paris 6, Paris 11 et Strasbourg) et les grandes écoles situées dans le haut de la hiérarchie

(7) Une analyse fouillée de la mondialisation se trouve dans : BECK, U. *Pouvoir et contre-pouvoir à l'heure de la mondialisation*, traduit de l'Allemand, Flammarion, Paris, 2003.

Rang	Institution	Pays
1	Harvard Univ	USA
2	Stanford Univ	USA
3	Univ. Cambridge	UK
4	Univ. California – Berkeley	USA
5	Massachusetts Inst Tech (MIT)	USA
6	California Inst Tech	USA
7	Princeton Univ	USA
8	Univ Oxford	UK
...		
27	Swiss Fed Inst Tech – Zurich	Suisse
...		
41	Univ Paris 06	France
48	Univ Paris 11	France
...		
82	Univ Strasbourg 1	France
85	Ecole normale supérieure Paris	France
...		

Tableau II – Le classement des universités mondiales dit « de Shanghai ».

Source : *Institute of Higher Education, Shanghai Jiao Tong University, 2004 (Academic Ranking of World Universities)*.

Rang	Institution	Pays
1	Harvard University	US
2	University of California, Berkeley	US
3	Massachusetts Institute of Technology	US
4	California Institute of Technology	US
5	Oxford University	UK
6	Cambridge University	UK
7	Stanford University	US
8	Yale University	US
9	Princeton University	US
10	ETH Zurich	Suisse
...		
27	Ecole polytechnique	France
...		
30	Ecole normale supérieure, Paris	France
...		
32	Ecole polytechnique fédérale de Lausanne	Suisse
...		
57	Université Pierre et Marie Curie	France

Tableau III – Le classement des Universités mondiales du *Times Higher Education*.

Source : *Times Higher Education Supplement, World University Ranking, Novembre 2004 (Top 200 Universities in the world)*.

proprement française (l'Ecole normale supérieure dans les deux classements et l'Ecole polytechnique dans le classement anglais).

Les établissements français sont loin dans les classements, bien au-delà de l'importance des publications scientifiques et de la qualité des formations, en raison de nos structures et notamment de la double dichotomie soulignée dans l'introduction : un chercheur du CNRS rattaché à une unité mixte avec l'Ecole polytechnique ou l'Ecole nationale supérieure de céramiques industrielles de Limoges n'apparaîtra pas dans les publications de ces deux écoles. Et ces deux écoles, toutes proportions gardées, sont relativement trop petites pour apparaître dans les classements mondiaux aux côtés de Caltech ou de l'EPF de Zürich.

On pourrait se poser la question de l'utilité de ces classements. Mais c'est un autre débat. Et comment refuser à l'échelon mondial les classements auxquels les écoles sont très attachées en France ?

L'important est d'en tirer des enseignements. Les étudiants des universités et écoles d'excellence sont mobiles. Ils savent qu'il leur faut aujourd'hui être au moins trilingues et bi-culturels. Les très bons étudiants cherchent à continuer leurs études dans les institutions d'excellence. Les professeurs et chercheurs sont aussi très mobiles. Ils se déplacent aussi dans les institutions d'excellence. Et les Ecoles d'ingénieurs n'ont pas internationalisé leur corps professoral, notamment parce qu'il comprend peu de chercheurs. Les entreprises mondialisées ont commencé de gérer leurs ressources humaines à l'échelon de la planète et cherchent à recruter les étudiants dans les institutions de notoriété mondiale.

Par exemple, le programme de formation de « 50 ingénieurs chinois » à ParisTech a été mis en place pour répondre aux besoins d'entreprises françaises implantées en Chine, désireuses d'embaucher d'excellent étudiants chinois connaissant la langue et à la culture française et formés « à la française ». Ce cas était « facile » : les cadres dirigeants de ces entreprises se sont adressés à leurs écoles d'origine ! Des accords de coopération avec neuf universités chinoises d'excellence ont néanmoins été nécessaires pour que les écoles d'ingénieurs françaises puissent recruter dans un vivier de très bons étudiants chinois et apprennent à recruter sur la base d'un dossier et de tests, ce qui est très différent du concours d'entrée traditionnel.

Une grande entreprise américaine a davantage de mal à recruter dans les écoles et universités françaises, même si, l'expérience nous l'a montré, elles apprennent vite. Mais le mouvement s'accélère. Comme l'a dit avec humour devant nous le PDG d'une grande entreprise multinationale française du secteur de la Défense – ingénieur du corps des Mines – « quand le directeur des ressources humaines sera espagnol ou brésilien, il dira probablement : *School of Mines ? What is it ?* » Et dans le dossier de presse publié par ParisTech à l'occasion de la mise en place du Conseil d'orientation stratégique, son Président, Bertrand Collomb, écrit : « Dans le même

temps, nous devons faire le constat que dans un monde globalisé, on commence à voir se faire jour des classements entre écoles. Il en ressort que si nos écoles d'ingénieurs sont tout à fait performantes, elles ont un problème de taille. En dehors de nos frontières, nous avons beaucoup de mal à faire comprendre ce qu'elles sont. J'ai moi-même dû expliquer que j'étais un ingénieur des Mines mais que cela n'avait rien à voir avec la School of Mines du Colorado» (8).

Les classements mondiaux deviennent incontournables, et ils ne concernent pas que les écoles d'ingénieurs auxquelles nous nous tenons dans cet article. Quels en sont alors les principaux enjeux ?

LES ENJEUX POUR LA PRÉSENCE DE LA FRANCE DANS LA FORMATION DES ÉLITES MONDIALES

Aujourd'hui les universités d'Amérique du Nord, avec les grandes universités britanniques, constituent une sorte de « modèle » pour la formation des élites mondiales. Par delà l'avantage linguistique, les universités d'excellence britanniques et américaines ont une triple caractéristique : la qualité de la recherche et du corps enseignant ; la qualité des étudiants sélectionnés selon des critères académiques d'excellence ; l'importance des ressources financières assurant la qualité des laboratoires, mais aussi celles des services d'enseignement tels que les taux d'encadrement ou bien des ressources documentaires exceptionnelles.

Les pays européens commencent de réagir, car s'insérer dans la formation des élites mondiales, c'est aussi maintenir, ou développer, une influence culturelle et aussi participer aux liens que tissent les dirigeants des entreprises et des administrations publiques à travers le monde. L'Allemagne, par exemple, a mis en place un programme de dix universités d'excellence. La Grande-Bretagne, pourtant bien placée, met en place un programme de modification des ressources financières de ses universités.

Les grandes écoles d'ingénieur françaises, si elles veulent participer pleinement à la formation des élites mondiales devront effectuer une véritable « révolution tranquille ». D'abord se donner des objectifs ambitieux, et les moyens de les atteindre, tels que 30 % d'étudiants étrangers dans les cursus. Elles devront ensuite se réorganiser le plus rapidement possible car le monde extérieur évolue vite, afin de devenir lisibles, visibles et crédibles. Lisibles, par des procédures d'entrée et des diplômes de sortie de standard international. Visibles par l'effet de taille et de marque, comme Oxford ou MIT ou EPF de Zürich. Et elles devront devenir cré-

dibles. Ce qui veut dire qu'elles devront aussi, comme certaines ont commencé à le faire, développer la recherche et la formation doctorales pour les élèves du cycle ingénieur. Cela suppose que les entreprises françaises, à l'instar de leurs homologues étrangères, attachent davantage d'importance à la thèse d'un ingénieur – et la prennent en compte dans les rémunérations – qu'au seul titre d'ingénieur. Devenir crédible, cela veut dire aussi des ressources financières bien supérieures à ce qu'elles sont, même si dans le système français d'enseignement supérieur elles ne sont pas les plus mal dotées. On peut considérer que les ressources financières des écoles d'ingénieurs, même les plus prestigieuses en France, sont dans un rapport de 1 à 4, comparé aux universités technologiques telles que le MIT, et dans un rapport de 1,5 à 2, comparé aux grandes universités technologiques européennes. Les ressources financières ne viendront probablement pas du budget de l'Etat. C'est un leurre de penser qu'il viendra des droits d'inscription massifs, car attirer de bons étudiants suppose de leur offrir de très bonnes bourses (9). Sauf à différencier, comme dans les grandes universités britanniques, le niveau des droits d'inscription entre les étudiants européens et les étudiants du reste du monde (10), ce qui pose d'autres problèmes, notamment d'égalité.

La question soulevée dans cet article dépasse les seules écoles d'ingénieurs et concerne l'ensemble des établissements d'enseignement supérieur et de recherche français. La loi du 18 avril 2006 a ouvert, avec la possibilité de constituer des pôles d'enseignement supérieur et de recherche, des espaces de liberté pour répondre à certains enjeux de la mondialisation. Ces procédures de type *bottom-up* seront-elles une occasion de réformes structurelles ou bien la n-ième couche du mille-feuilles qui caractérise les structures d'enseignement supérieur et de recherche françaises ? Quoiqu'il en soit, ce sera un vaste chantier pour la prochaine Présidence de la République car, aujourd'hui, aucune réponse n'est apportée au rôle que la France peut et doit jouer dans la mondialisation des élites. Une ambition forte, à l'égale de celle que la Convention a eue en 1794, est nécessaire, car par delà les Ecoles d'ingénieurs, c'est l'ensemble du système français d'enseignement supérieur et de recherche français qu'il faut reconstruire.

(8) Conférence de Presse ParisTech du 1^{er} mars 2006, dossier de presse. (www.paristech.org).

(9) Comme c'est encore le cas, par exemple, à l'Ecole polytechnique et à l'Ecole normale supérieure !

(10) A *Imperial College*, les droits d'inscription des étudiants étrangers représentent 10 % du budget.

L'enseignement supérieur et l'innovation technologique : les enjeux pour Europe

Le problème fondamental auquel se trouve confrontée l'Union européenne en matière d'innovation réside dans son inaptitude à exploiter et à partager pleinement les résultats de la R&D et à les traduire en valeur économique et sociétale.

C'est pourquoi il est nécessaire que les établissements d'enseignement supérieur se fixent des priorités stratégiques reposant sur trois objectifs principaux : l'intégration des éléments du triangle de la connaissance (enseignement, recherche, innovation), l'excellence et la flexibilité. Pour la période 2007 – 2013, la Commission continuera à procurer de nombreux financements en faveur de l'innovation à travers les programmes comme le 7^e programme cadre de recherche et développement, le programme pour l'apprentissage tout au long de la vie, le programme pour la compétitivité et l'emploi.

Par **Ján FIGEL**, Commissaire Européen à l'Education, Formation, Culture et Multilinguisme

Nos sociétés du troisième millénaire, leur nature, leur développement, dépendent largement de notre capacité d'innovation. Les défis sont multiples : il s'agit d'assurer à l'échelle européenne et mondiale une combinaison harmonieuse entre prospérité économique, développement durable, bien-être et solidarité entre les individus. A l'échelle européenne, cette question est aujourd'hui devenue centrale dans le cadre de la Stratégie de Lisbonne, définie comme un moyen privilégié d'évoluer harmonieusement vers une économie de la connaissance en voie de globalisation. Rappelons en effet qu'à Lisbonne, en mars 2000, le Conseil européen a fixé des objectifs très ambitieux. Il a estimé que l'Union doit devenir *« l'économie de la*

connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde, capable d'une croissance économique durable accompagnée d'une amélioration quantitative et qualitative de l'emploi et d'une plus grande cohésion sociale ».

Aussi, depuis plusieurs années, les Etats membres et la Commission européenne se mobilisent afin de mettre en œuvre les moyens nécessaires pour assurer la compétitivité économique de l'Union européenne. Récemment encore, le Conseil européen de printemps 2006 a demandé à la Commission européenne de présenter les bases d'une stratégie d'innovation pour l'Europe pour traduire en produits et services les investissements dans le domaine de la connaissance [1]. De même, en janvier 2006, le rapport « Créer une Europe

innovante» («Rapport Aho») a attiré l'attention des responsables politiques sur la nécessité d'un plan d'action urgent, avant qu'il ne soit trop tard, pour améliorer les conditions de marché en faveur de l'innovation [2].

L'enseignement et la formation, à tous les niveaux, de l'enseignement primaire à l'enseignement supérieur en passant par la formation tout au long de la vie, ont été largement reconnus comme des facteurs essentiels de la compétitivité de l'Europe : ils doivent créer les conditions pour qu'une société et une économie contribuent à l'émergence de l'innovation, y soient réceptives et soient capables de s'y adapter. Dans ce contexte, l'enseignement supérieur, en particulier, joue un rôle déterminant, étant à l'interface des mécanismes de création et de diffusion du progrès scientifique et technologique. Au-delà de l'aspect compétitivité, j'insiste aussi sur le fait que la formation et l'éducation constituent bien sûr des facteurs d'épanouissement personnel et de bien-être de l'individu.

Après avoir rappelé, dans une première partie, les principaux défis que l'enseignement supérieur doit relever, l'objectif de cet article est de préciser les éléments d'une stratégie à moyen et long terme en distinguant trois priorités :

- adapter et créer les conditions d'un environnement favorable à la modernisation de l'enseignement supérieur ;
- doter les établissements d'enseignement supérieur de stratégies ambitieuses ;
- redéfinir les objectifs de la formation, leur contenu et les méthodes pédagogiques.

Enfin, dans une dernière partie, sera précisé le rôle qu'entend jouer la Commission européenne pour accompagner cette dynamique.

INNOVER DANS UNE SOCIÉTÉ DE LA CONNAISSANCE GLOBALISÉE

Certaines sociétés ont pu vivre et survivre pendant plusieurs siècles sans réelle innovation. Aujourd'hui, notre société fonctionne sur un mode très différent. Innover est plus important que jamais. L'émergence d'une société post-industrielle à l'échelle mondiale, où l'innovation doit jouer le rôle déterminant de moteur du développement économique et social induit progressivement un changement de paradigme qui remet en cause les pratiques traditionnelles d'enseignement et de recherche.

Ce changement de paradigme s'inscrit dans un contexte général caractérisé par :

- la réduction et l'accélération du cycle de vie des technologies ;
- l'abolition des barrières entre les domaines et les secteurs d'activités ;
- la substitution massive des technologies digitales aux technologies analogiques ;

- la globalisation de la société, de l'économie et de la culture ;
- l'accroissement de la dispersion et de l'hétérogénéité des sources d'information ;
- l'évolution des comportements et des attentes du public et des usagers ;
- l'émergence des contraintes de l'environnement et du développement durable.

Par suite, la dynamique d'innovation ne se limite plus à l'innovation technologique au sens strict. Elle est aussi innovation organisationnelle et concerne également le secteur des services qui offre des synergies de plus en plus nombreuses avec le secteur industriel.

En conséquence, le processus d'innovation n'exige plus de chaque individu tant l'acquisition de connaissances et de savoir-faire que la maîtrise et le développement de compétences permettant notamment de :

- transformer une imagination créative (et celles des autres) en actions concrètes ;
- concevoir et mettre en œuvre des solutions innovantes, complexes et transdisciplinaires ;
- intervenir dans des contextes fluctuants avec des pratiques de travail qui se transforment en permanence en relation avec les évolutions des marchés ou des organisations ; ce dernier point en particulier est souvent sous-estimé alors qu'à la faveur des nombreuses restructurations industrielles (fusions, acquisitions, alliances, délocalisations), les configurations des entreprises changent rapidement ;
- savoir gérer l'accès à une information toujours plus riche, qu'il faut savoir identifier, sélectionner, évaluer et critiquer en fonction de son origine et de ses sources ;
- œuvrer dans un environnement multiculturel où l'évaluation et l'appréciation des problèmes, la mise en œuvre de solutions, les mécanismes d'incitation et de récompense deviennent relatifs à un contexte et une culture.

Cet enjeu est au cœur des réflexions actuelles menées dans des cercles très divers (1) qui prouvent qu'il n'est pas encore certain que dans tous les pays et dans tous les systèmes d'enseignement les objectifs soient en voie d'être atteints. C'est particulièrement vrai pour les établissements et les formations en lien direct avec cette problématique de l'innovation et qui représentent actuellement environ le quart des étudiants de l'enseignement supérieur en Europe (2).

Pour atteindre ces objectifs, une mobilisation générale des différents acteurs est nécessaire pour intervenir à trois niveaux : le cadre institutionnel, les stratégies des établissements et, enfin, l'activité de formation elle-même.

(1) Voir par exemple, les travaux de la SEFI, Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs, à l'occasion des ses conférences annuelles.

(2) Il s'agit du nombre d'étudiants en 2003 dans les disciplines de mathématiques, sciences et technologies, voir [3].



© Ahmet Sel / SIPA

L'enseignement et la formation, à tous les niveaux, de l'enseignement primaire à l'enseignement supérieur en passant par la formation tout au long de la vie, ont été largement reconnus comme des facteurs essentiels de la compétitivité de l'Europe : ils doivent créer les conditions pour qu'une société et une économie contribuent à l'émergence de l'innovation, y soient réceptives et soient capables de s'y adapter. Dans ce contexte, l'enseignement supérieur en particulier, joue un rôle déterminant, étant à l'interface des mécanismes de création et de diffusion du progrès scientifique et technologique.

CRÉER UN ENVIRONNEMENT FAVORABLE À LA MODERNISATION DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Le dispositif d'enseignement supérieur en Europe souffre d'une façon générale de la combinaison d'un excès de contrôle public, d'une insuffisance de financement et de l'absence de mécanismes d'incitation adaptés pour susciter son évolution et sa modernisation. Dans la plupart des Etats membres, les pouvoirs publics contrôlent et régissent les établissements d'enseignement supérieur de manière relativement étroite. Cette intervention étatique est en soi légitime et conforme à la législation communautaire. Aujourd'hui cependant, un cadre législatif et réglementaire trop strict peut constituer un frein aux évolutions nécessaires. Par ailleurs, ces dispositifs sont souvent peu compatibles entre eux à l'échelle européenne. Les cadres réglementaires et administratifs interviennent à tous les niveaux de l'organisation et du fonctionnement des établissements et représentent autant d'obstacles aux initiatives locales et à l'innovation. Ces dispositifs créent des entraves à la mobilité des personnels et des étudiants,

l'innovation pédagogique et l'interdisciplinarité, le développement de partenariats structurés avec le monde économique ou encore la diversification des sources de financement.

Dans ce domaine en particulier, les difficultés actuelles sont exacerbées par le déficit de financement qui affecte l'enseignement et la recherche. La croissance des effectifs étudiants n'a pas été accompagnée par une augmentation équivalente des financements publics et le recours aux ressources privées n'a pas été suffisamment encouragé. Par rapport à leurs homologues aux Etats-Unis, les universités européennes affichent des écarts de ressources moyens (incluant l'enseignement et la recherche) de l'ordre de 10 000 euros par étudiant et par an [4]. Dans le domaine de la recherche, les dépenses des pays de l'Union européenne atteignent 1,9 % du PIB, alors que celles des Etats-Unis, du Japon ou de la Corée du Sud sont proches de 3 %. Comme l'enseignement supérieur et la recherche de qualité coûtent de plus en plus cher, il est d'ailleurs vraisemblable qu'à l'avenir une proportion croissante des ressources nécessaires proviendra de sources non publiques. Enfin, les mécanismes incitatifs à l'échelle institutionnelle ou des individus pour encourager les initiatives

innovantes, récompenser la prise de risque et les performances, sont encore embryonnaires dans la plupart des cas. Ces mécanismes incluent notamment les dispositifs fiscaux favorisant, par exemple, le développement de partenariats durables avec l'industrie. Ils concernent également, par exemple, les systèmes de bourses et de prêts pour rendre les formations attrayantes quand on sait que dans de nombreux pays, les disciplines scientifiques souffrent d'un déficit chronique de recrutement.

C'est la raison pour laquelle les Etats membres doivent impérativement prendre des mesures en particulier dans les domaines de l'autonomie, de la responsabilité et de la gestion des établissements d'enseignement supérieur. Dans un environnement ouvert, concurrentiel et évolutif, l'autonomie est indispensable aux établissements pour répondre aux besoins changeants de la société et en assumer pleinement la responsabilité. Faire face aux défis actuels nécessite de nouvelles approches institutionnelles et organisationnelles en matière de gestion des ressources humaines (qualitative et quantitative), de capacité managériale des dirigeants des établissements (formation et recrutement), de critères d'évaluation et de financement, d'enseignement et de cursus et surtout, de recherche et de formation à la recherche. Les pouvoirs publics doivent se doter de véritables politiques pour être en mesure d'identifier les moyens nécessaires et les affecter de façon cohérente.

Plus qu'un désengagement de l'Etat, il s'agit de plaider au contraire pour un renforcement de sa responsabilité dans le domaine de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Ces réflexions concernent également le niveau européen, où les efforts en direction d'un espace européen de l'enseignement et de la recherche doivent être poursuivis. Les obstacles à la mobilité des personnes, à la reconnaissance des qualifications et des diplômes sont encore trop nombreux.

Certains Etats membres ont d'ores et déjà entrepris la réforme du statut, de l'organisation interne et du financement des établissements d'enseignement supérieur. Toutefois, la Stratégie de Lisbonne met les gouvernements devant la nécessité d'aller plus loin en mettant sur pied un nouveau partenariat avec eux.

DOTER LES ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR DE STRATÉGIES AMBITIEUSES

Dans un cadre ainsi rénové, les établissements d'enseignement supérieur doivent se fixer des priorités stratégiques, obtenir les moyens adéquats et conduire les réformes et adaptations internes nécessaires. Ces stratégies doivent reposer sur trois objectifs principaux : l'intégration des éléments du triangle de la connaissance (enseignement, recherche, innovation), l'excellence et la flexibilité.

De l'avis général des experts, le problème fondamental auquel se trouve confrontée l'Union européenne en matière d'innovation réside dans son inaptitude à exploiter et à partager pleinement les résultats de la R&D et à les traduire en valeur économique et sociale. L'Europe doit non seulement développer les trois pôles du triangle de la connaissance mais consolider les passerelles qui les relient, comme l'a souligné le « rapport Aho » [2] en 2006. La réalisation de cet objectif passe par la mobilisation directe des acteurs eux-mêmes et, en particulier, des établissements d'enseignement supérieurs. Si la dimension recherche est déjà largement intégrée dans la stratégie des établissements d'enseignement supérieur de la plupart de nos pays, il existe encore une marge de progrès considérable pour renforcer les liens avec la société et le monde de l'entreprise. Les établissements d'enseignement supérieur ont besoin d'affirmer leur rôle en tant qu'acteurs économiques tout en préservant le caractère public de leur mission ainsi que leurs responsabilités sociales et culturelles.

L'Europe dispose d'un potentiel d'établissements très important. Cependant, ils sont encore trop peu nombreux à atteindre, dans un nombre suffisant de domaines, les niveaux d'excellence leur permettant d'être attractifs à l'échelle mondiale. Cette excellence doit être recherchée à tous les niveaux, à la fois dans le domaine scientifique et technologique, mais aussi en matière d'enseignement et de développement. Mettre l'accent sur l'excellence, signifie, entre autre, de remettre en cause le principe d'uniformité qui a longtemps guidé les politiques publiques en matière d'enseignement supérieur. Cette approche a permis de relever le défi de la massification de l'enseignement supérieur dans la deuxième moitié du XX^e siècle et d'assurer un bon niveau général, mais a conduit, inversement, à une dispersion des moyens et à une fragmentation du dispositif d'enseignement supérieur qui peine à atteindre la masse critique dans de nombreux secteurs. Même si des progrès ont été réalisés au cours de la période récente, les établissements doivent intégrer dans leurs modalités d'organisation et de fonctionnement le principe de flexibilité. C'est une dimension essentielle, notamment en matière de gestion des ressources humaines, d'organisation des structures (facultés, départements), de définition des programmes de formations et de méthodes pédagogiques. Cette flexibilité est indispensable pour répondre à l'évolution rapide des problématiques de recherche et du marché de l'emploi, à la mise en œuvre de démarches interdisciplinaires, au développement des programmes de mobilité géographique et sectorielle ou disciplinaires des étudiants et du personnel. Cette notion de flexibilité dépasse le cadre des établissements et concerne également les projets pédagogiques et les objectifs de formation puisque *in fine* l'enjeu est d'assurer l'employabilité des diplômés et la formation de cadres « flexibles ». Afin d'atteindre ces différents objectifs, les responsables des établissements doivent développer et intégrer trois orientations stratégiques majeures.

La mise en œuvre de stratégies de différenciation

Ces stratégies de différenciation doivent permettre aux établissements de valoriser leurs spécificités en terme de portefeuilles d'activités, de disciplines et de services universitaires. De telles stratégies sont devenues incontournables pour concentrer les moyens limités des établissements sur leurs points forts et atteindre la masse critique, pour cultiver leur image d'excellence, pour mobiliser et valoriser leurs ressources et leurs talents. C'est aussi la condition nécessaire pour diversifier sur un plan général l'offre de formation et l'adapter à la multiplicité des publics et des demandes (3).

Une stratégie de partenariats

Le développement s'impose, à l'échelle nationale, européenne et internationale, d'une stratégie de partenariats active entre les établissements d'enseignement supérieur eux-mêmes (du même domaine ou appartenant à des domaines différents) (4), mais aussi avec les acteurs extérieurs et notamment les entreprises. La multiplication des accords de collaboration et les stratégies de réseau ne doivent cependant pas se substituer aux nécessaires restructurations des systèmes d'enseignement supérieur comme l'ont déjà compris un certain nombre de pays qui se sont engagés, depuis quelques années, dans des politiques de rapprochement et de fusion d'établissements.

Des démarches d'assurance qualité

Une systématisation des démarches d'assurance qualité comme outil crédible et permanent d'amélioration des performances des établissements est nécessaire. Même si la qualité est avant tout une question de culture, l'expérience montre que les établissements qui se sont engagés dans cette voie ont rapidement amélioré leurs performances et la pertinence de leur projet éducatif. Ces dispositifs, internes et externes, doivent s'appuyer sur des labels de qualité crédibles au niveau international et posent de nombreux problèmes méthodologiques, notamment quand il s'agit de déterminer des indicateurs de la performance ou d'évaluer les compétences.

(3) L'homogénéité des stratégies actuelles des établissements, qui poursuivent globalement tous les mêmes objectifs, rend effectivement difficile l'adaptation de l'offre de formation à la diversité des publics et des besoins (groupes sociaux moins favorisés par exemple).

(4) Par exemple, entre les écoles de commerce et les écoles ou facultés techniques et scientifiques.

REDÉFINIR LES OBJECTIFS DE LA FORMATION, LEUR CONTENU ET LES MÉTHODES PÉDAGOGIQUES

Afin de répondre aux enjeux de l'innovation, les programmes de formation du futur doivent nécessairement intégrer et trouver l'équilibre adéquat entre les trois composantes suivantes :

- l'acquisition des connaissances (les fondements disciplinaires de la formation), à la fois dans les domaines scientifiques, techniques (technologies, méthodes, savoir-faire professionnel) mais aussi des marchés et de la gestion ;
- l'acquisition de compétences clés en matière de créativité, indépendance et esprit critique ; capacité d'initiative, prise de décision ; communication, dialogue, interaction, compréhension à l'échelle interdisciplinaire, intersectorielle ou interculturelle ; intelligence sociale ; leadership, encadrement, travail en groupe ;
- l'acquisition d'une expérience et d'un savoir-faire professionnel, non seulement dans des domaines d'expertise scientifique ou technique, mais également en matière de gestion de projet, d'exercice du leadership, d'expérience interculturelle, etc. ; cela passe par des contacts étroits et une confrontation à tous les niveaux avec le monde de la recherche et de l'entreprise ; il s'agit en fait de reconnaître le rôle formateur de la recherche et de l'entreprise dans la construction des compétences (5).

Relever ce défi passe à la fois par le renouvellement, l'enrichissement et la diversification du contenu des formations, mais également par le développement de nouvelles méthodes pédagogiques.

Il est désormais acquis que la technologie intègre une dimension humaine et sociale et que le progrès technique est enraciné dans une réalité historique, économique et sociale. C'est la raison pour laquelle il faut poursuivre et systématiser les efforts pour introduire les disciplines des sciences humaines et sociales (économie, gestion, sociologie, droit, sciences politiques, histoire) dans les cursus scientifique et technique. Les formations à l'entrepreneuriat, par exemple, doivent devenir un élément important dans les établissements d'enseignement à caractère technique [5].

Par ailleurs, il faut également développer les approches et méthodes nécessaires à l'action, à la mise en œuvre et à la gestion des processus et des procédés. Les enseignements comme la gestion de projet, la gestion de l'innovation, la planification industrielle permettent de mettre davantage l'accent sur les procédures que sur le contenu, à la différence des enseignements traditionnels.

De nouvelles problématiques doivent également être introduites pour tenir compte des nouveaux défis sociaux. Par exemple, il faut encourager la mise en place

(5) Le développement de formations d'ingénieurs par apprentissage ou la valorisation des acquis de l'expérience professionnelle relève de cette approche.

d'enseignements ou de cursus complets relatifs à l'environnement (ingénierie / technologie de l'environnement), à la gestion et prévention des risques.

La question des méthodes pédagogiques et des environnements d'apprentissage est au centre des évolutions en cours. Il faut sans aucun doute intensifier l'exploration et l'expérimentation de nouveaux moyens et méthodes afin de permettre l'intégration des différents éléments rappelés ci-dessus. La diffusion des résultats et des bonnes pratiques est indispensable et doit encore être stimulée. En effet, à travers l'Europe, de nombreuses expériences sont menées qui doivent être évaluées, comparées et largement diffusées. Les méthodes d'enseignement à distance, les expériences de « *cooperative education* » qui associent étroitement universités et entreprises dans le cadre de projets intégrés, les méthodes de travail et d'enseignement en équipes (groupes d'enseignants, de praticiens, d'étudiants) semblent prometteuses, comme d'ailleurs toutes les approches qui favorisent l'ouverture d'esprit, notamment envers la société au sens large, la confrontation des approches et des disciplines, ou l'acquisition de compétences tacites.

LE RÔLE DE LA COMMISSION EUROPÉENNE

Depuis plusieurs années, la Commission européenne a consenti des efforts conséquents en matière d'éducation. L'éducation ne relevait pas traditionnellement des domaines de compétence communautaire. Cependant, le Traité de Maastricht a changé la donne et la Commission est désormais un partenaire important des pouvoirs publics et des établissements scolaires et universitaires. Lisbonne a, bien sûr, renforcé la place de l'éducation au niveau communautaire. Dans ce contexte nouveau, la Commission intervient non seulement par le biais de financements, mais aussi en favorisant la coopération politique et en donnant des impulsions. S'agissant de la problématique innovation/enseignement supérieur, les priorités de l'Union européenne sont de mobiliser le réservoir de talent et d'énergie dont elle dispose tout en capitalisant sur une longue tradition d'innovation et sur sa diversité culturelle. Il y a désormais un consensus pour reconnaître que le potentiel d'innovation de l'Europe n'est pas suffisamment exploité et que l'Europe doit renforcer les trois pôles du triangle de la connaissance : l'éducation, la recherche et l'innovation.

Certes, la Commission européenne n'est pas un acteur direct de la modernisation de l'enseignement supérieur, mais elle a néanmoins les moyens de jouer un rôle de catalyseur en apportant une impulsion politique et en mobilisant des ressources pour accompagner ce mouvement. En effet, une intervention à l'échelle européenne présente de nombreux avantages dans la mesure où elle permet de mener des opérations à une échelle plus grande (en termes d'impact et de mobilisation de moyens), d'exploiter la diversité et la richesse des res-

sources intellectuelles de l'Union et de créer des synergies et des opportunités de coopération et d'émulation entre les acteurs.

Ainsi, dans le domaine politique, la Commission a adopté récemment différents textes visant à sensibiliser et mobiliser les Etats membres sur ces questions et à définir le cadre futur de son action. Citons en particulier, la communication « *Mobiliser les cerveaux européens : permettre aux universités de contribuer pleinement à la stratégie de Lisbonne* » [6] et, plus récemment, la communication « *Faire réussir le projet de modernisation pour les universités : formation, recherche et innovation* » [7]. Grâce à la méthode ouverte de coordination qui consiste à identifier et à diffuser les bonnes pratiques, les *peer learning clusters* établis dans le cadre du programme de travail « Education, Formation 2010 » montrent leur efficacité pour identifier et diffuser des solutions innovantes. Les efforts doivent se poursuivre en particulier pour accompagner la mise en place des réformes de Bologne, du projet de cadre européen des certifications, de la Charte européenne du chercheur et du code de conduite pour le recrutement des chercheurs ou pour la construction d'un système de garantie de qualité ou d'accréditation crédible au plan européen.

Pour la période 2007 – 2013, la Commission continuera à procurer de nombreux financements en faveur de l'innovation à travers les programmes comme le 7^e programme cadre de recherche et développement, le programme pour l'apprentissage tout au long de la vie, le programme pour la compétitivité et l'emploi. De plus, les Fonds structurels contribueront de façon croissante à l'amélioration des ressources et des équipements universitaires, au renforcement des partenariats entre le monde académique et l'entreprise ainsi que les activités de recherche et d'innovation, en lien avec les objectifs de développement économique des régions et des Etats membres.

Enfin, le projet de création d'un Institut européen de technologie (IET) est l'un des projets phare pour les années à venir. Pour la première fois, la Commission envisage la création d'un acteur européen chargé d'intégrer des activités d'enseignement, de recherche et d'innovation dans un organisme unique à l'échelle européenne. Conçu pour mobiliser et fédérer les meilleures ressources des universités, des centres de recherche et des entreprises, l'IET aura les moyens de devenir un établissement leader à l'échelle mondiale capable d'attirer les meilleurs cerveaux et une référence d'excellence en matière de science et de technologie. Il devrait également devenir un modèle en matière de gouvernance et de relations avec les entreprises, capable d'inspirer et de stimuler les réformes dans les établissements existants [8].

UN ENJEU DE GOUVERNANCE

Afin de relever le défi de l'innovation technologique, une restructuration et modernisation de l'enseigne-

ment supérieur sont indispensables dans le cadre d'une action coordonnée de la part de tous les acteurs concernés. Les discussions au niveau européen montrent une détermination croissante de la plupart des Etats membres qui se sont engagés dans des politiques de réforme et tendent à accroître les moyens consacrés à ce secteur. La Commission européenne contribue également, à son niveau, dans les différents domaines de sa compétence, grâce à la mise en œuvre du programme communautaire de Lisbonne [9].

Toutefois, en dernier lieu, ce sont les acteurs (établissements et individus) eux-mêmes qui doivent se mobiliser pour relever les défis actuels et porter la dynamique de leur propre renaissance. La mobilisation des ressources internes des établissements est la condition de la réussite.

Moderniser et réformer l'enseignement supérieur en Europe est donc, avant tout, un enjeu de gouvernance, même si la question des moyens ne doit pas être occultée.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Conseil de l'Union Européenne (2006) – Conseil Européen Bruxelles des 23 – 24 mars 2006, conclusions de la Présidence, 7775/1/06 REV1 du 18 mai 2006.
- [2] Aho E. (coord.) (2006) – Créer une Europe innovante, Rapport du groupe d'experts indépendant sur la R&D et l'innovation créé à la suite du sommet de Hampton Court, janvier 2006, 25 pages.
- [3] European Commission (2006) – Commission staff working paper, Progress towards the Lisbon objectives in education and training – 2006 report, 237 pages.
- [4] Document de travail de la Commission accompagnant la Communication COM (2005) 152 final, « Mobiliser les cerveaux européens », paragraphe 42.
- [5] Commission Européenne (2006) – Communication : « Mise en œuvre du Programme communautaire de Lisbonne : stimuler l'esprit d'entreprise par l'enseignement et l'apprentissage », COM (2006) 33 final du 13.02.2006.
- [6] Commission Européenne (2005) – Communication : « Mobiliser les cerveaux européens : permettre aux universités de contribuer pleinement à la stratégie de Lisbonne », COM (2005) 152 final du 20.04.2005.
- [7] Commission Européenne (2006) – Communication : « Faire réussir le projet de modernisation pour les universités : formation, recherche et innovation », COM (2006) 208 final du 10.05.2006.
- [8] Commission Européenne (2006) – Communication : « Concrétiser le partenariat revisité pour la croissance et l'emploi, développer un pôle de la connaissance : l'Institut Européen de Technologie », COM (2006) 77 final du 22.02.2006.
- [9] Commission Européenne (2005) – Communication : « Actions communes pour la croissance et l'emploi : le programme communautaire de Lisbonne », COM (2005) 330 final du 20.07.2005.

Expertise et déontologie : la pratique de l'INERIS

HORS DOSSIER

De plus en plus d'entreprises affichent leur déontologie de responsabilité sociale vis-à-vis des grandes préoccupations actuelles : mondialisation, questions sociales, protection de l'environnement, développement durable... Il s'agit, pour la plupart, d'améliorer leur image, et par-là même, probablement, leur compétitivité.

Par ailleurs, si une charte de déontologie peut être une protection juridique pour l'entreprise, elle peut aussi constituer un risque juridique pour elle, en particulier si elle est établie sans une réflexion attentive. L'INERIS est particulièrement concerné par les problématiques de la déontologie, son statut et sa mission l'amenant à fournir des expertises à la fois aux pouvoirs publics et aux industriels. Cette situation est particulièrement propice à l'émergence de conflits d'intérêt, ce qui renforce encore la nécessité de la formalisation de principes déontologiques stricts.

Par **Christian TAUZIÈDE**, Directeur Scientifique adjoint de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)

Il est devenu courant que les entreprises formulent et affichent leur déontologie. D'une manière générale, les différentes parties prenantes (actionnaires, salariés, clients directs ou indirects, grand public, etc.) attendent des entreprises qu'elles soient socialement responsables, c'est-à-dire qu'elles possèdent des valeurs et pratiques courantes qui inspirent confiance à ces parties vis-à-vis des grandes préoccupations actuelles : mondialisation, questions sociales, protection de l'environnement et développement durable... La motivation majeure de la part de l'entreprise qui exprime clairement ces valeurs et ces pratiques est d'améliorer son image, voire sa sécurité juridique, et par-là même probablement sa compétitivité.

Les dernières années ont ainsi vu poindre de plus en plus de codes ou chartes, qualifiés, selon le cas, d'éthiques, de déontologiques ou encore de conduite. Il est à noter toutefois que cette diversité dans les dénominations, les formes et les contenus des codes peut

conduire, d'une certaine façon, à une certaine méfiance de la part des observateurs, par la confusion que cette variété crée, outre l'effet de mode que ces codes suggèrent. Cette confusion provient de définitions et contours insuffisamment déterminés, de la part des entreprises, ou même éventuellement abusivement utilisés par elles, des termes « code » et « charte », d'une part, et « déontologie », « éthique » ou encore « morale », d'autre part.

Par ailleurs, la charte de déontologie (1) se voulant être, pour une part tout au moins, une protection juridique pour l'entreprise, elle peut, d'une certaine façon, constituer aussi un risque juridique pour elle, en particulier si elle est établie sans une réflexion attentive.

(1) Nous retiendrons, dans cet article, cette appellation de « charte de déontologie » qui nous paraît être la plus appropriée même si elle recouvre des notions légèrement différentes.

Nous verrons, dans la première partie de cet article, quelles sont, en effet, les conséquences juridiques de la publication d'une charte de déontologie. Dans la suite, nous exposerons la pratique et l'expérience en matière de déontologie d'un organisme de recherche et d'expertise, l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS).

LES IMPLICATIONS JURIDIQUES D'UNE CHARTE DE DÉONTOLOGIE

Dans une récente thèse de doctorat, sans doute l'une des toutes premières consacrées à cette thématique, Gaëlle Nedelec a méticuleusement examiné la force juridique d'une charte de déontologie et ses conséquences juridiques (2). Dans ses travaux, elle a ainsi passé en revue toutes les hypothèses de qualification d'une charte de déontologie.

Ainsi, faute de mention contraire, une charte de déontologie peut être considérée par un client de l'entreprise comme un engagement contractuel de celle-ci. En effet, dans la mesure où elle est émise pour le séduire (3), elle sera considérée comme un document publicitaire et pourra, de ce fait, acquérir une valeur contractuelle. S'il y est fait référence dans les conditions générales de vente ou dans le contrat établi par l'entreprise, elle devient alors partie intégrante du contrat commercial et a donc les mêmes implications juridiques que ce dernier.

Mais une charte de déontologie peut être destinée et diffusée à un public plus large que les clients. Elle peut alors être considérée comme un engagement d'honneur de l'entreprise, notion plus connue sous l'appellation de « gentlemen's agreement ». Ce concept complexe n'est pas sans ambiguïté. En effet, la jurisprudence considère le plus souvent un engagement sur l'honneur comme étant un document contractuel alors même que le principe de ce type d'engagement est basé sur la volonté des parties de ne pas se placer sur le terrain du droit.

Plus opportune semble donc la qualification d'une charte d'engagement unilatéral de volonté de l'entre-

prise vis-à-vis de ses parties prenantes. Au regard de la jurisprudence actuelle, on peut penser qu'une charte de déontologie pourrait être qualifiée d'engagement unilatéral dès lors que les destinataires des principes déontologiques sont explicitement identifiés et que les règles élaborées sont suffisamment précises pour qu'ils s'attendent à leur respect. Cela suppose néanmoins que les règles énoncées dans la charte soient suffisamment précises. Dans ce cas, il est probable que la charte de déontologie constitue alors une obligation juridique pour l'entreprise et influe, par conséquent, sur sa responsabilité civile et pénale.

La charte peut également constituer une obligation pour les salariés mêmes de l'entreprise du moment où, même si cela reste complexe, elle peut être assimilable au règlement intérieur ou, peut-être plus probablement, en ce sens qu'elle constitue une norme patronale (4). Les salariés ont d'ailleurs tout intérêt à respecter la charte de déontologie dans la mesure où elle peut influencer leur propre responsabilité civile ou pénale. En effet, en cas de dommage réalisé dans l'exercice de ses fonctions, un salarié peut voir sa responsabilité civile engagée soit directement par la victime, soit dans le cadre de l'action récursoire exercée par son employeur condamné. De même, un salarié peut voir sa responsabilité pénale engagée s'il commet une infraction dans le cadre de son activité professionnelle. Un salarié inquiet peut donc invoquer, devant le juge pénal ou civil, son respect des règles déontologiques pour diminuer sa responsabilité. A l'inverse, la violation de ces mêmes principes peut éventuellement caractériser sa faute civile ou pénale ou aggraver sa responsabilité.

Bien évidemment, les considérations qui précèdent ne valent que si la charte est suffisamment précise dans le contenu des règles qu'elle énonce. Si elle s'en tient à des principes généraux, exprimés de manière assez large, elle aura peu de chances, en cas de litige dû à son non-respect, d'être opposable à l'entreprise ou à ses salariés. En conclusion de l'analyse de G. Nedelec, on retiendra qu'une charte de déontologie peut bénéficier en elle-même d'une force juridique. Il est donc possible de la situer par rapport aux autres règles applicables à l'entreprise. Expression de « l'ordre public de l'entreprise », la charte de déontologie se trouve donc placée, parmi les normes régissant les relations externes de l'entreprise, juste au-dessus du contrat commercial, et en dessous des lois et des règlements. Dans les normes qui guident les relations internes à l'entreprise, on peut placer les règles déontologiques au même niveau que le règlement intérieur, c'est-à-dire juste en dessous des contrats de travail.

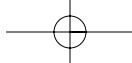
Responsabilité civile ou responsabilité pénale

Quelles conséquences un manquement à la charte de déontologie peut-il alors avoir en termes de responsabilité civile ou de responsabilité pénale ? G. Nedelec

(2) Gaëlle Nedelec. 2005. Les chartes de déontologie des entreprises. Thèse de doctorat en droit soutenue le 16 septembre 2005. Université de Picardie Jules Verne, Faculté de Droit et de Science Politique et INERIS.

(3) Par ce vocable, on entend présenter l'entreprise sous un jour favorable, attractif, de façon à influencer positivement sur les choix du client et ainsi l'amener à contracter avec elle plutôt qu'avec une autre.

(4) Il est difficile d'imaginer qu'une charte de déontologie soit qualifiable de *convention collective* car, même si elle est souvent élaborée dans le cadre d'un groupe de travail interne à l'entreprise, elle n'est pas pour autant issue d'une négociation syndicale « en bonne et due forme ». Elle ne peut guère mieux être assimilée à un *accord atypique* car, si elle peut donner des droits au salarié, notamment en matière de formation, elle lui impose également des obligations. La forme normative est donc plus légitime que la forme conventionnelle. Pour être mis en application, le règlement intérieur d'une entreprise est issu d'un processus réglementaire bien précis, processus que ne suit généralement pas une charte ; celle-ci ne pourra donc pas constituer une annexe du règlement intérieur. C'est donc, pour finir, la qualité de *norme patronale atypique* qui sied le mieux à une charte de déontologie.



considère que la responsabilité civile extra-contractuelle et la responsabilité pénale de l'entreprise peuvent être mises en jeu, lorsque la charte de déontologie est diffusée pour séduire les éventuels partenaires commerciaux de l'entreprise, sur le fondement d'une publicité trompeuse ou de nature à induire en erreur. La responsabilité contractuelle peut également être engagée en cas de violation de la charte si celle-ci est partie intégrante du

contrat commercial, que ce soit en qualité d'annexe ou par une mention dans les conditions générales de vente de l'entreprise. Par contre, la nature de la responsabilité encourue est plus incertaine lorsque la charte n'est pas seulement destinée à séduire d'éventuels partenaires de l'entreprise, mais qu'elle est diffusée largement à l'ensemble des parties prenantes pour redonner confiance dans ses pratiques. D'autre part, les salariés de l'entreprise étant directement concernés par l'application de la charte, celle-ci peut avoir, comme nous l'avons déjà dit, une influence directe sur leur responsabilité pénale et, probablement, moins aisément, leur responsabilité civile. En effet, la violation

par un salarié de règles de conduite énoncées dans la charte de déontologie pourra conduire à une mise en évidence plus facile de sa responsabilité individuelle si un lien causal entre le non-respect des règles déontologiques et les faits incriminés est établi.

Hors du champ de la responsabilité, notons également d'autres conséquences possibles de l'existence d'une charte de déontologie dans les relations internes de l'entreprise : dans les relations quotidiennes, la charte peut être invoquée pour appuyer des demandes ou pour refuser l'exécution d'instructions allant à l'encontre de

la déontologie ; dans les relations conflictuelles, elle peut également être avancée dans le cadre des actions disciplinaires.

Si le non-respect de la charte de déontologie peut engendrer des responsabilités juridiques, il convient cependant de relever qu'une entreprise qui adopte un tel document le fait notamment pour présenter une bonne image et pour éviter qu'elle puisse être mise en

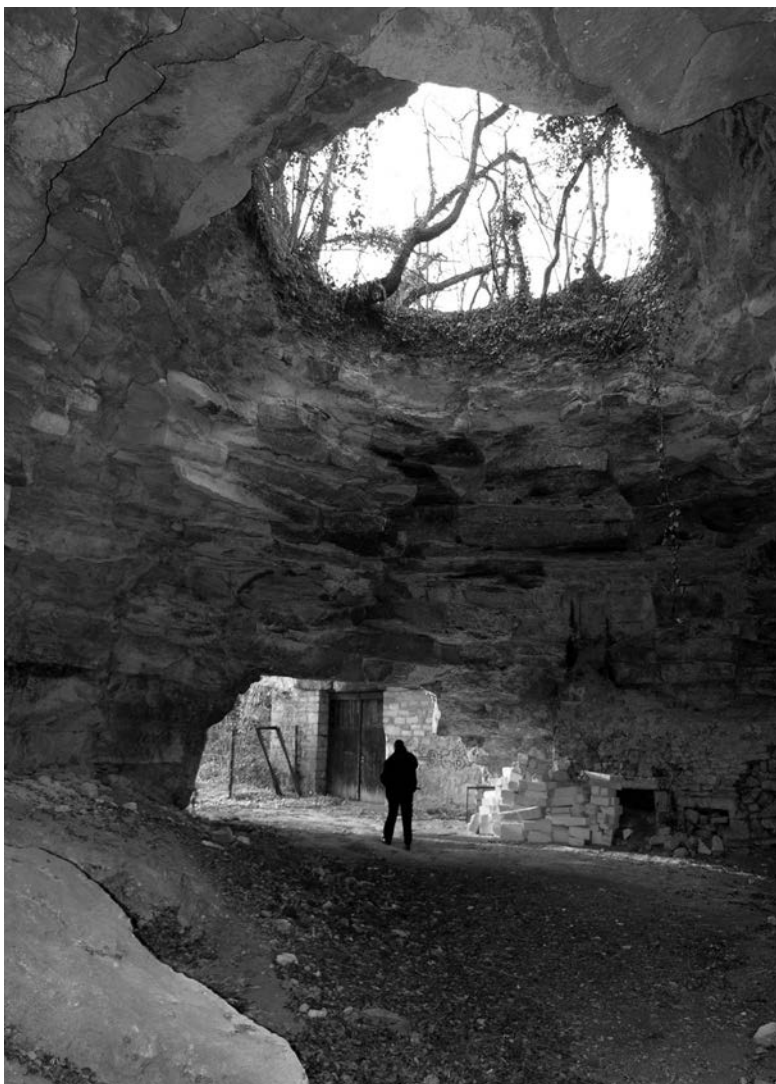
cause dans des scandales juridiques ou médiatiques. Il s'agit alors de déterminer dans quelle mesure la charte peut aussi augmenter la sécurité juridique de l'entreprise.

Un véritable moyen de régulation au sein de l'entreprise

Compte tenu des exigences croissantes des différentes parties prenantes de l'entreprise, les risques de mise en cause s'intensifient et une charte de déontologie peut alors constituer un véritable moyen de régulation au sein de l'entreprise devenue, on le sait, de plus en plus complexe. L'élaboration d'une charte de déontologie permet, en effet, de fournir un cadre de référence

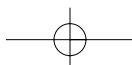
commun à tous les salariés et, par là, d'éviter une perte de repères collectifs, toujours préjudiciable à l'image de l'entreprise. Ainsi, une charte de déontologie, par le partage des valeurs qu'elle entraîne, favorise l'instauration d'une véritable identité d'entreprise. C'est d'ailleurs ce besoin de culture commune qui a conduit certains groupes industriels, constitués à partir de plusieurs entreprises déjà existantes, à élaborer un document déontologique.

Le recours à la formalisation de la déontologie permet donc de transmettre les valeurs de l'entreprise, telles



D.R.

L'intervention régulière des experts de l'INERIS sur le terrain peut les amener à détecter des situations de risque et à en informer le gestionnaire du risque : c'est le devoir d'information. Ce principe est, parmi les huit principes déontologiques de l'INERIS, l'un des plus fréquemment mis en jeu.



qu'elles découlent de la pratique, de la volonté des dirigeants ou encore des attentes des parties prenantes. La charte de déontologie permet également d'anticiper les situations dans lesquelles un salarié peut être amené à prendre une décision contraire à l'intérêt de l'entreprise. Il s'agit donc également, pour l'entreprise, de se protéger contre les comportements malhonnêtes, opportunistes ou, plus simplement, maladroits de ses salariés. La formalisation de sa déontologie peut également contribuer à restaurer ou renforcer le positionnement de l'entreprise et la confiance dans ses pratiques quotidiennes car, ce faisant, elle reconnaît sa responsabilité dans les domaines sensibles pour l'opinion publique et elle énonce les comportements qu'elle adopte pour assumer cette responsabilité.

Si cette formalisation a d'abord été le fait des multinationales, il est intéressant de relever qu'elle concerne désormais tous les secteurs d'activités, dès lors qu'ils peuvent porter atteinte à la sécurité ou à la santé des personnes. C'est pourquoi les organismes de recherche et d'expertise sont aujourd'hui particulièrement vigilants sur les principes déontologiques régissant leur activité. En effet, au regard notamment du principe de précaution, les experts sont de plus en plus consultés pour déterminer les dangers éventuels d'une technologie ou d'un produit nouveaux. De plus, les domaines d'activité des décideurs publics étant de plus en plus techniques et pointus, ils ont tendance à solliciter plus souvent les experts avant de prendre leur décision. Ces experts sont alors amenés à pouvoir justifier leurs avis en cas de difficultés ou d'accidents ultérieurs. La normalisation (5) constitue probablement un début de solution, mais il semble bien qu'aujourd'hui, pour un organisme d'expertise et de recherche, la formalisation et l'affichage de sa déontologie soient la meilleure réponse à cette problématique. Pour cela, un organisme d'expertise doit se doter de règles ou principes déontologiques semblables à ceux d'un groupe industriel, mais aussi de principes tout à fait spécifiques de sa fonction, tels que l'indépendance de jugement, la compétence, la transparence... Nous verrons plus loin les sept principes déontologiques que l'INERIS a mis en avant dans sa charte.

Nous retiendrons, pour finir, que les principes déontologiques d'une entreprise doivent lui être propres, c'est-à-dire adaptés aux critiques potentiellement formulées à son encontre et aux craintes ou attentes des parties prenantes. La formalisation d'une déontologie, pour conforter la crédibilité de l'entreprise, nécessite donc une connaissance approfondie de l'ensemble des parties prenantes et des risques déontologiques auxquels elle est exposée. Une réflexion préalable est donc absolument indispensable. Des résultats et des objectifs

recherchés par la formalisation découleront alors les modalités d'élaboration et de diffusion du document déontologique ainsi que la teneur même des principes émis. Il s'agit d'une étape indispensable dans une démarche sincère de mise en place d'un processus déontologique dans l'entreprise destiné à guider efficacement le salarié dans l'exercice de ses missions. Par ailleurs, au regard des risques juridiques induits par la diffusion de la charte, des actions de formation et de sensibilisation paraissent essentielles afin que le personnel intègre les principes dans ses pratiques quotidiennes. De même, une aide à l'interprétation et à l'application des règles qui en découlent est indispensable. A ces conditions, la démarche déontologique acquiert alors une réelle efficacité dans l'entreprise comme à l'extérieur.

LA DÉMARCHE DE L'INERIS EN MATIÈRE DE DÉONTOLOGIE

L'INERIS est, en tant qu'organisme public de recherche et d'expertise, particulièrement concerné par les problématiques de la déontologie. Son statut et sa mission l'amènent à fournir des expertises à la fois aux pouvoirs publics et aux industriels. Cette situation est particulièrement propice à l'émergence de conflits d'intérêt, ce qui renforce encore la nécessité de la formalisation de principes déontologiques stricts.

L'INERIS fut logiquement confronté, dès ses débuts, à la problématique précédente. Disposant déjà de valeurs fortes héritées des structures sur la base desquelles il fut constitué, c'est à la fin de 1998 que fut décidée la formalisation de sa déontologie. Un groupe de travail interne aboutit à un projet de charte que valida le Conseil d'administration en fin 2000. L'INERIS disposa donc de sa première charte de déontologie en juin 2001, document qui fut diffusé à tout le personnel et mis à disposition des parties prenantes.

Mais, peu après la mise en place de la charte, il fut détecté que l'INERIS pouvait inutilement s'exposer à des risques juridiques en diffusant un document trop développé en terme de règles de conduite, comme c'était le cas de cette première charte (6) ; celle-ci comportait par ailleurs des principes déontologiques au respect desquels il convenait de tendre dans l'absolu mais qui n'étaient pas encore forcément mis en pratique au sein de l'Institut. C'est alors qu'il fut décidé de scinder la charte initiale en deux documents : une charte de déontologie s'en tenant à des principes, donc restant synthétique et devenant du coup largement communicable à l'extérieur, et un guide d'application destiné à aider le personnel dans la mise en œuvre au quotidien

(5) Voir précisément la norme NF X 50-110 de mai 2003 intitulée « *Qualité en expertise. Prescriptions générales de compétence pour une expertise* », dont l'objectif est d'« améliorer la maîtrise des points clés de l'expertise et de permettre, si besoin, une reconnaissance de la capacité à conduire des expertises » et qui, pour cela, « spécifie les exigences générales de compétence et d'aptitude requises pour réaliser une expertise ».

(6) Cette opinion se fonda sur un avis externe, émis par le Collège de Polytechnique à la demande de l'INERIS, et sur les premiers résultats des travaux de Gaëlle Nedelec dont la thèse fut lancée en fin 2001.

des principes déontologiques, document à vocation strictement interne. Le groupe de travail fut réactivé pour mener à bien cette action. Ce délicat travail nécessita beaucoup de temps puisque la rédaction de la charte aboutit en septembre 2003. Approuvée par le Conseil d'administration en fin 2003, elle fut mise en application en janvier 2004 : présentation et diffusion à tout le personnel, mise sur internet et intranet, communication la plus large possible à l'extérieur de l'INERIS. Cette seconde version de la charte est celle qui fait référence aujourd'hui encore. La rédaction du guide d'application demanda plus de temps encore puisqu'il fut finalisé en juin 2005. Présenté et discuté avec le Comité d'entreprise et l'encadrement, il fut diffusé à tout le personnel en juillet 2005 et rendu disponible sur l'intranet.

LES DOCUMENTS DÉONTOLOGIQUES

La charte de déontologie de l'INERIS (7) est un document très synthétique de 8 pages qui présente les 7 principes fondamentaux que l'INERIS s'engage à respecter.

Indépendance de jugement : ce principe s'articule autour de trois conditions à respecter, à savoir garantir l'intégrité, la probité, l'impartialité et l'objectivité des membres du personnel de l'INERIS, donner la primauté aux considérations scientifiques et techniques dans les avis et expertises produits et, enfin, veiller à l'absence de conflits d'intérêts. Pour respecter le troisième point, et compte tenu de la spécificité des activités de l'INERIS, celui-ci s'engage, par exemple, chaque fois qu'il réalise la tierce expertise d'un dossier de demande d'autorisation d'exploiter une installation classée, à ne pas donner d'avis sur des études ou parties d'études qu'il aurait lui-même réalisées préalablement.

Compétence : par la formation, l'accès aux informations scientifiques, les échanges avec des organismes pairs (etc.), l'INERIS veille constamment à ce que les membres de son personnel aient la compétence la plus adaptée à la réalisation de ses missions. Il procède également à une évaluation périodique de leurs compétences, essentiellement en prenant l'avis des clients publics et privés de l'INERIS et par l'intermédiaire des commissions scientifiques spécialisées dont il s'est doté ;

Adaptation des moyens : avant d'accepter une mission, l'INERIS s'assure de l'existence et de la disponibilité des moyens nécessaires à sa bonne réalisation.

Transparence : l'INERIS rend publics les documents significatifs de son activité. Dans les rapports qu'il produit, il s'attache à présenter clairement à son client les exigences à la base de l'étude, les méthodes employées,

les conclusions tirées et les limites et incertitudes qui demeurent. Cette transparence est assurée en respectant les règles habituelles de la confidentialité.

Qualité scientifique et technique : l'INERIS prend soin de maintenir la qualité scientifique et technique qui contribue à sa réputation. Pour cela, il met en pratique des référentiels éprouvés, confronte ses méthodes et résultats avec ceux d'autres organismes, participe aux débats scientifiques, prend l'avis de pairs, notamment au travers de ses Conseils et Commissions scientifiques.

Devoir d'information : celui-ci prend deux formes, le devoir d'alerte et le rôle de veille pour les pouvoirs publics. Le premier cas se présente lorsqu'une anomalie ou un dysfonctionnement est détecté à l'occasion d'une mission pour un client ; l'INERIS alerte alors le gestionnaire du risque concerné par le moyen adapté à la circonstance, fonction de l'acuité, la gravité et l'urgence de la situation. La seconde situation se rencontre lorsque, au travers de ses activités pour les pouvoirs publics ou les clients privés, l'INERIS détecte un risque général (ou générique) présenté par une substance, un type d'installation... Dans ce cas, ne disposant pas du pouvoir d'auto-saisine, il lui revient néanmoins le devoir d'attirer l'attention des pouvoirs publics de façon à permettre, si nécessaire, l'évolution de la réglementation ou encore le lancement d'études ou recherches appropriées.

Responsabilité : l'INERIS assume la responsabilité qui lui revient en qualité d'expert mais non celle qui incombe au gestionnaire du risque, au décideur, auquel il ne se substitue pas. D'autre part, la responsabilité est différemment assurée selon que l'expertise est institutionnelle (l'expertise est produite au nom de l'INERIS), collégiale (l'INERIS participe avec d'autres organismes à une même expertise) ou exercée à titre individuel par un membre du personnel de l'INERIS (c'est le cas, par exemple, des expertises judiciaires, de la participation à un comité scientifique ou un comité d'experts). Dans tous les cas, l'INERIS veille, en préalable à la mission, à bien définir les limites de responsabilité ainsi que les rôles et obligations de chaque partenaire, client y compris.

Le guide d'application de la charte de déontologie est un document sensiblement plus développé que la charte. Il comporte un peu plus de 40 pages et sa forme et son contenu se veulent les plus didactiques. En face de chaque principe déontologique, rappelé en partie gauche, il précise, en vis-à-vis sur la partie droite, la façon de le respecter. Il se veut le plus possible illustratif et cite des cas concrets récurrents. Dans chaque situation, il rappelle les obligations qui incombent de fait à la personne concernée et les préconisations qui lui sont faites. Ces obligations sont d'ordre légal ou réglementaire ou proviennent d'exigences contractuelles ou encore de consignes et règles internes à l'INERIS. Les recommandations proposées par le guide sont des indications minimales qui permettent à l'intéressé d'agir selon une pratique éprouvée. Mais ces obligations et recommandations peuvent, dans certaines situations

(7) Elle est accessible à toute personne intéressée, par téléchargement sur www.ineris.fr.

déliçates ou inhabituelles, s'avérer insuffisantes pour déterminer la conduite à tenir afin de respecter totalement les principes déontologiques. L'application de la charte laisse donc à chacun une place pour la réflexion.

FORMALISATION DES OUTILS ET DES PRATIQUES

Face à une question impliquant la déontologie, la première démarche du membre du personnel concerné est d'en parler « autour de lui » dans l'Institut : des avis de collègues proches permettent généralement de confirmer le cas (8), d'identifier le ou les principes déontologique(s) mis en jeu et d'entrevoir des débuts de solutions pour traiter le cas. Il peut solliciter aussi des avis de la part de la Direction Scientifique ou de la Direction des Ressources Humaines, notamment. Il doit également informer sa hiérarchie immédiate du cas rencontré. Si le cas est complexe, alors le Comité de Direction en sera saisi de façon à rechercher le traitement le plus approprié ou, plus généralement, pour l'approuver.

Complexe ou facilement traité, chaque cas de déontologie détecté doit faire l'objet d'une mention dans le rapport mensuel de la direction concernée destiné à la Direction Générale et une fiche descriptive doit être renseignée, décrivant à la fois le cas lui-même et son traitement concret.

Chaque année, un Comité de Suivi de l'Application de la Charte de Déontologie examine chacun des cas rencontrés et le traitement qui leur a été apporté. Ce comité est composé de trois personnalités extérieures à l'INERIS (9) et il émet un rapport relatif à l'application de la charte et comportant des recommandations éventuelles. Ce rapport est présenté au Conseil d'Administration. Le comité n'a pas vocation à traiter directement un problème, sauf exceptionnellement, à la demande du Directeur Général.

A noter que ce comité a participé à la mise en place des documents et du processus qui précèdent. C'est ainsi qu'en fin 2003, il avait donné un avis favorable sur le projet de la seconde charte de déontologie.

D'un point de vue pratique, à des fins de transparence interne et pour accroître le niveau de culture déontologique du personnel de l'INERIS, l'ensemble des documents relatifs à la déontologie – compte rendu de la réunion du Comité de suivi, fiches de cas, rapport du Comité de suivi, sans compter la charte et son guide d'application – est mis à sa disposition dans un espace dédié sur l'intranet.

(8) A noter que le traitement du cas qui se présente peut être de nature « préventive » ou « curative » selon que l'action à conduire consiste à éviter de se placer en situation déontologiquement délicate ou, au contraire, à permettre de s'en soustraire. On se situe dans l'une ou l'autre de ces situations selon le type de principe déontologique mis en jeu ou encore selon la précocité de la détection du cas.

(9) Celles-ci sont nommées pour une durée de cinq ans, respectivement par le Président du Conseil d'Administration, le Président du Conseil Scientifique et le Directeur Général de l'INERIS.

LES ENSEIGNEMENTS

Nous avons vu qu'au fil des cinq années qui ont suivi la mise en place de la première charte de déontologie, le processus a progressivement évolué et les outils et pratiques ont été formalisés. Ce n'est finalement que depuis juillet 2005 que le « dispositif complet » est en place : documents (charte et guide d'application), instances (hiérarchie interne, Comité de suivi) et modalités pratiques d'identification, de traitement et de reportage des cas. Néanmoins, la pratique de ces dernières années permet de tirer des enseignements intéressants. Ainsi, par exemple, au cours de l'année 2005, 14 cas de déontologie ont été identifiés et rapportés comme indiqué précédemment. L'analyse de ces cas montre que les principes déontologiques les plus fréquemment mis en jeu sont l'indépendance de jugement et le devoir d'information. Ces données confirment d'ailleurs les tendances identifiées les années précédentes. Ce résultat n'est, en aucun cas, surprenant compte tenu de la mission bien particulière de l'INERIS qui, comme cela a été déjà indiqué, est à la fois au service des pouvoirs publics et des industriels. Il se trouve donc souvent confronté à des conflits potentiels d'intérêts. De même, ses interventions fréquentes sur le terrain l'amènent à détecter des situations de risque entraînant pour lui un devoir d'information, qui d'ailleurs se limite souvent un devoir d'alerte du gestionnaire du risque.

Il est à noter que la grande majorité des cas identifiés jusqu'ici n'ont pas été complexes à traiter : les solutions se sont aisément imposées à ceux qui les ont détectés et assez peu de cas ont été remontés au Comité de Direction. Ceci traduit, aux yeux de l'auteur, une grande sensibilité du personnel aux questions déontologiques : il n'y a pas de gêne à identifier les situations problématiques et peu de difficultés à en trouver les solutions, et ce d'autant plus que les situations sont relativement récurrentes comme cela a été indiqué.

Toutefois, les points faibles du dispositif et de la pratique actuels résident dans une certaine difficulté à tracer les cas par le renseignement des fiches évoquées plus haut. Cette réticence n'est en réalité qu'une forme de lenteur et ne doit pas être interprétée comme une volonté de cacher les difficultés, la transparence interne et la franchise étant des valeurs largement partagées par le personnel. Une solution à cette faiblesse réside dans le fait que la Direction scientifique de l'INERIS a la charge d'assurer une certaine « animation » de la déontologie. C'est elle, en effet, qui recueille les cas, organise la réunion annuelle du Comité de suivi et présente son rapport au Conseil d'administration. Il lui revient donc, lorsque les cas sont identifiés, par exemple dans les rapports mensuels, de relancer régulièrement les intéressés pour qu'ils produisent les fiches. La Direction scientifique contribue enfin à la dissémination et à l'explicitation en interne du contenu du guide, processus essentiel de l'appropriation des valeurs et pratiques déontologiques par tout le personnel. Le Comité de

suiwi a d'ailleurs, dans son dernier rapport, considéré cette action comme essentielle et il a invité l'INERIS à la poursuivre avec assiduité.

UN PROCESSUS PERMANENT D'AMÉLIORATION DU FONCTIONNEMENT DE L'ENTREPRISE

La formalisation de la déontologie au travers d'une charte rendue publique est, pour une entreprise, de nature à séduire ou, tout au moins, à rassurer ses parties prenantes, parmi lesquelles ses clients en tout premier lieu. Pour un organisme de recherche et d'expertise, cette démarche est importante, probablement plus encore que pour une entreprise de production de biens. En effet, les chercheurs et les experts sont de plus en plus sollicités dans les débats publics. Ils doivent justifier les résultats de leurs expertises et souvent s'expliquer sur la manière dont ils les ont conduites. Pour un organisme tel que l'INERIS qui, par son statut et sa mission, intervient à la fois pour le compte des pouvoirs publics et pour celui de demandeurs privés, la mise en place d'une démarche déontologique, avec, comme première étape, la publication d'une charte de déontologie dès 2001, a été une démarche décisive et relativement innovante.

Cette formalisation n'est toutefois pas sans risques juridiques. En effet, pour reprendre les derniers termes de la thèse de G. Nedelec, *« si les chartes de déontologie ne sont pas la « solution miracle » pour ceux qui souhaitent imposer des comportements éthiques aux entreprises, (...) à l'heure actuelle, la reconnaissance, par les entreprises, de leur responsabilité sociale, devient un facteur de notoriété et de fidélisation. Réfléchi et convenablement exploitée, l'éthique peut être source de protection et de rentabilité pour l'entreprise ; en revanche, ignorée ou instrumentalisée de mauvaise façon, elle devient un facteur de risques lourds, susceptibles de déclencher des crises majeures. C'est là finalement toute*

l'ambivalence de la reconnaissance par les entreprises de leur responsabilité sociale. »

La formalisation de la déontologie demande donc, de la part de l'entreprise, une réflexion approfondie et notamment une analyse détaillée de ses parties prenantes. Il est essentiel que le personnel soit associé à cette démarche. C'est un facteur important pour l'appropriation collective des valeurs communes de l'entreprise et pour le partage des principes éthiques ou déontologiques. Dans ces conditions, la déontologie peut même contribuer à créer une véritable culture d'entreprise. Le processus est, par conséquent, long et éventuellement fastidieux et il ne peut donc être engagé dans une logique opportuniste.

La formalisation de la déontologie suppose, outre la publication d'une charte, la mise en place d'un véritable processus interne. C'est ainsi que l'INERIS, par exemple, a décliné cette démarche par la mise en place d'un guide interne d'application de sa charte, destiné à être une aide véritable pour les membres de son personnel confrontés à des situations problématiques au sens de la déontologie ; il a, en outre, formalisé les modalités pratiques de traitement des cas. Ce processus s'appuie essentiellement sur la hiérarchie. Il est évalué annuellement par un comité constitué de personnalités externes. En réalité, l'INERIS a formalisé la mise en œuvre au quotidien de sa déontologie comme un processus d'amélioration continue, exactement à la manière de l'assurance qualité selon la norme ISO 9001, ces deux approches étant d'ailleurs extrêmement complémentaires puisque visant toutes deux à maintenir la confiance de ses clients.

En conclusion, on retiendra donc que la publication d'une charte déontologique n'est pas un aboutissement en soi. Bien au contraire, ce n'est que le début d'un processus permanent d'amélioration du fonctionnement de l'entreprise. L'entreprise qui s'engage dans cette démarche de manière consciente, c'est-à-dire en en connaissant bien les risques et les écueils, ne pourra qu'y trouver de larges bénéfices, en interne comme à l'extérieur.

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

recherches débats actions

SOMMAIRE

LES CATASTROPHES NATURELLES

Les risques

Risques naturels de la terre solide, *Vincent Courtillot*

La tectonique, source des plus grands cataclysmes telluriques actuels, *Paul Tapponnier*

L'aléa volcanique, *Claude Jaupart*

Comprendre et prévenir les tsunamis : les apports de la simulation numérique, *Hélène Hébert, François Schindelé, Anthony Sladen*

Les glissements de terrain : des outils pour évaluer les risques, *Anne Mangeney*

Les vulnérabilités

Aléas et risques dans l'analyse géographique, *Yvette Veyret, Magali Reghezza*

Un outil pour la prise de conscience du risque sismique : les études de scénario. L'exemple de Nice, *Pierre-Yves Bard, Anne-Marie Duval, Patrice Foin, Philippe Guéguen, Etienne Bertrand, Jean-François Vassiliades, Sylvain Vidal, Christian Thibault, François Dunand*

L'expertise au service de la prévention des risques naturels. L'exemple du risque d'éboulement des ruines de Séchilienne, *Michel Bart*

Typologie des aléas et connaissance scientifique de la vulnérabilité. Le point de vue de l'ingénieur, *Jean Dunglas*

Les agences fédérales américaines savaient qu'une catastrophe menaçait la Nouvelle-Orléans, *Scott Shane, Eric Lipton in International Herald Tribune, 3-4 septembre 2005*

Faisons en sorte que Katrina serve d'avertissement..., *John Carey, Lorraine Woellert, Eamon Javers, Otis Port in BusinessWeek online, 1^{er} septembre 2005*

Une mise en perspective philosophique

Existe-t-il encore des catastrophes naturelles ?, *Jean-Pierre Dupuy*

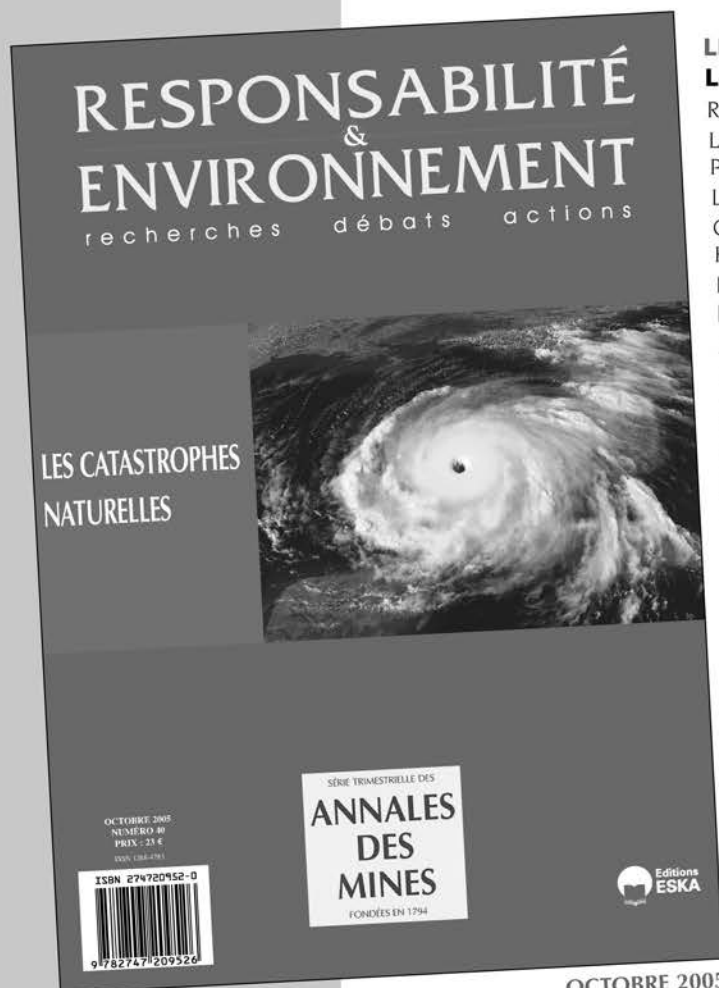
CONTRÔLE ET RÉGULATION : LÉGITIMITÉ DES ACTEURS PUBLICS

Réunion du 7 septembre 2005 à l'invitation de l'Amicale des ingénieurs du corps des mines

Avant-propos, *Gustave Defrance et André-Claude Lacoste*

Compte rendu des séances plénières, *François Valérian*

Comptes rendus des réunions d'ateliers, *Jean-Baptiste Avrillier, Anne Beauval, Thomas Joindot, Lionel Joubaud, Sophie Mourlon, Marc Stoltz*



OCTOBRE 2005
ISSN 1268-4783
ISBN 2-7472-0952-0

Ce numéro a été coordonné
par Gilbert Troly

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de Responsabilité & Environnement octobre 2005 - numéro 40 (ISBN 2-7472-0952-0) au prix unitaire de 23 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA

un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

FOR OUR ENGLISH-SPEAKING READERS

RÉSUMÉS ÉTRANGERS

FRENCH-STYLE ENGINEERS, A GLOBALIZED ECONOMY

French-style engineers

Becoming an engineer: The vocational crisis can be avoided
Jean-Luc Delpuech

Engineering's vocational crisis is a cause of worry. Rehabilitating this profession's image depends on collective projects, which Europe will be able to manage in the 21st century. The values advocated by the Old World are imbued with deep concern for sustainable development: regional planning, the conservation of our heritage, the quality of infrastructures... These joint values call for special types of projects and economic development. Engineering profiles must adapt to this demand. The example of engineering education at École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (in particular the Cluny Center), a place of educational experimentation and innovation, illustrates these trends.

The birth of generalist engineers: École des Mines in Paris
Armand Hatchuel

The history of the École des Mines in Paris can be used to recall the origins of "generalist engineers". This idea was a fact long before being formulated as such. The seeds were already planted in 1847-1849; thereafter, the concept took shape in stages. The 1849 turning point broke with the "monoprofessional model"; and in 1949 (with the invention and multiplication of options that "do not imperatively determine the future placement of the person choosing the options"), a universal model of the generalist engineer was clearly defined that reached maturity thanks to a 1966 reform, without which research would probably not have grown as it has. This generalist, universal model must be reviewed as a function of the data and problems arising out of scientific and social transitions during a given period.

ParisTech and the training of "French-style" engineers
Cyrille van Effenterre

Grouped in an association called ParisTech, the major engineering schools in Paris have decided to form a federation for improving the visibility and assessment of their diplomas at the international level. How to adapt both this structure, which generates a new policy of quality around the ParisTech label, and a genuine delegation of responsibility by the schools with each school's traditional image and a "culture" based on differentiation and specificity? What conduct to adopt for making changes given that this can be neither a "top-down" process, nor a merger of a private sort, nor an institutional mechanics of an administrative sort? How to impel changes in higher education in science and technology, given the indispensable dimension of research, without reconsidering the linkage to big research organizations and reinforcing partnerships with nearby universities?

The Group of Mining Schools at the international level
Alain Dorison and Marc Caffet

Given increasing transnational competition in higher education, French mining schools have set the ambitious priority of "internationalizing" their education. Thought on this topic has led to a group approach for overhauling educational methods and developing new "tools", including agreements on "dual diplomas". Calling for major, human as well as financial, investments such an approach supposes that research associates and professors will make

more efforts to adapt. Sharing workloads by "mutualizing" actions is now inevitable; it reaches beyond the Group of Mining Schools (GEM) since collaboration with ParisTech is under way.

**École Polytechnique undergoing deep changes
in response to the challenges of the 21st century**
Yannick d'Escatha

Given its assignment in higher education, research and the circulation of scientific knowledge, École Polytechnique now has to compel recognition at the international level. Essential to its growth are the development of its campus and of programs at the master's and doctoral levels as a complement to its engineering program. By broadening the base of cooperation, partnerships with nearby organizations and within ParisTech will make it possible to increase and improve existing ties within academia at the international level and in France.

**A parable of talents and sweeping in the corners :
Training mining engineers**
Interview with Marie-Solange Tissier

The engineering students in the France's *corps des Mines*, most of whom have graduated at the top of their class, are champions of the exact and deductive sciences. Their training is, therefore, to be turned mainly toward knowhow and making known instead of toward knowledge as such. In a world where firms tend to favor specialization, does the training of generalist "French-style" engineers not risk coming to a dead end? Experience has shown that this sort of education is necessary and appreciated for managing big projects and overseeing complex technical subjects, but it can involve a limited number of engineers at best.

**The Hubert Curien School, a prestigious institution for learning
how to manage industrial risks**
Jean-Michel Giardina

Professionals in safety and security now face situations combining various aspects (technical, human, organizational, financial) and disciplines (company strategies, production, performance, human resource management). In this trying, constantly evolving context, the Hubert Curien School, founded more than sixteen years ago, has developed training programs that take into account feedback from experience and managerial strategies as well as expertise and the system of management in safety and security. It plays an active part in the movement for re-evaluating learning processes, and it has concentrated on firms.

New challenges

Industrial demand: What training and what nationality?
François Soulmagnon

In 2005, PSA Peugeot Citron started overhauling human resources so as to place skills and qualifications at the center of decisions about recruitment, occupational mobility and training. This approach exemplifies a major trend in firms of attributing more importance to technical qualifications than to managerial values for most white-collar positions. This does not signal the end of generalist managers, but the latter must prove themselves on the job. This leads us to inquire into the conception of careers and the actual positions open to students from postsecondary schools and universities. The search for international profiles based on French training programs

ultimately concerns a small number of people. It is often more worthwhile to recruit white collars locally, even if this means completing their education on the job.

Building the Millau Viaduct: Technical challenges, human issues

Marc Buonomo

The A75 running from Paris to Spain becomes the highest superhighway in France as it runs onto the Millau Viaduct, a bridge spanning the deep, wide Tarn valley. This technical achievement has six major sections (342 meters long each) suspended to seven towers. It represents a huge advance in the design of cable-stayed bridges. The viaduct's well-known silhouette has become a tourist attraction for the town of Millau. The public has understood that this outstanding construction might represent the most awesome engineering feat of modern times.

An engineer's itinerary: Between dreams as a student and the facts of industry

Christian Père

The virtual reconstruction of the major church in the Cluny Abbey, of which barely 8% still exists, was the starting point for a transfer of technology and research in simulation and virtual reality at the Cluny Center of the École Nationale Supérieure d'Arts et Metiers. Thanks to this experience, the author wanted to become a creative engineer and researcher — a twofold qualification best suited to the needs of industry caught up in a competitive race. Endowed with technical training in the field and thus capable of understanding the context of firms, engineer-researchers should also acquire the basic, elementary rules of the scientific method.

Which engineers for tomorrow's information- and knowledge-based society?

Jean-Claude Jeanneret

An engineer is, first of all, a white collar with a background in management. This profession also calls for technical qualifications and, above all, for an approach to problems so that value is generated in a multidisciplinary environment. It will increasingly require new "postures" having to do more with changes in work and society than with technological trends. Finally, engineers of this sort must be citizens. GET training programs try to develop all these qualities in the education provided for tomorrow's engineers. Such an engineer will compel recognition as a strategist and actor in a society based on information and knowledge, where there will be increasing competition in research and higher education.

Which engineers for tomorrow? The specifications

Jean-Michel Yolin

As an "officer in economic warfare" in charge of a regiment, French engineers had the responsibility of overseeing production in their departments and defending the territory. In a structure mirroring the

royal court, they had to choose the right "clan", since loyalty brought more rewards than competence. Globalization and network operations have radically altered the profile of the efficient engineer: this "intrapreneur" must now know how to work well with colleagues, partners, clients or suppliers from different backgrounds. Questions thus arise about how to adjust training programs so that tomorrow's engineers will be more efficient in a new worldwide economic system and, recognized as such, entrusted with the responsibilities they deserve.

Training world elites and French engineering schools

Bernard Bobe

The French system of higher education and research is incomprehensible at the international level. Will France still be able to maintain its place in the world if most of its major engineering schools are missing in the training of global elites? What issues must these schools address to cope with globalization in the training of elites?

International issues in the training of engineers: The EC's point of view

Ján Figel

The fundamental problem facing the European Union in matters related to innovation is its inability to exploit and fully share the results of R&D and to convert them into economic and societal values. For this reason, it is necessary that institutions of higher education set strategic priorities based on three major objectives: the integration of elements in the triangle of knowledge (education, research, innovation), excellence and flexibility. During the period from 2007 to 2013, the European Commission will continue appropriating funds for innovation through the seventh Framework Program for Research and Technological Development as well programs for life-long learning and for competitiveness and employment.

Miscellany

Expertise and codes of conduct: Practices at INERIS

Christian Tauziède

More and more firms are making publicly known their codes of social conduct in relation to major preoccupations: globalization, social questions, protection of the environment, sustainable development... Most firms thus intend to improve their image and, thereby, their competitive edge. A code of conduct can be a legal shield but, too, a legal risk — in particular if it is drawn up without due thought. INERIS, the National Institute of Industrial Environment and Risks, is especially concerned with problems of deontology, since its status and mission lead it to formulate expert advice to public authorities and industrialists. By fostering conflicts of interest, this situation reinforces the need to formalize strict principles of conduct.

AN UNSERE DEUTSCHSPRACHIGEN LESER

INGENIEURE A LA FRANÇAISE, GLOBALISIERTE WIRTSCHAFT

Ingenieure „à la française“

Ingenieur werden : die Krise der Berufungen ist nicht unabwendbar
Jean-Luc Delpeuch

Die Krise der Berufungen, in die der Ingenieurberuf heute geraten ist, ist beunruhigend. Die Wiederherstellung seines Images hängt von den kollektiven Aufgaben ab, die Europa im XXI. Jahrhundert durchzuführen vermag. Die Werte, zu denen der Alte Kontinent sich bekennt, sind von der besonderen Sorge um nachhaltige Entwicklung, Raumpolitik, Kulturerbe, Infrastrukturen geprägt... also von Gemeinschaftswerten, die für die Projekte und die Wirtschaftsentwicklung von maßgeblicher Bedeutung sind und folglich auch Ingenieurprofile erfordern, die dieser Nachfrage entsprechen. Die Ausbildung von Ingenieuren an der École nationale supérieure d'Arts et Métiers, insbesondere am zentralen Institut, dem Centre de Cluny, einem Ort der Innovation und neuer pädagogischer Konzepte, kann als Beispiel dienen, das diese Entwicklungen veranschaulicht.

Die Entstehung des „ingénieur généraliste“. Das Beispiel der École des Mines de Paris

Armand Hatchuel

Am Beispiel der Geschichte der École des Mines de Paris lassen sich die Ursprünge des Begriffs „ingénieur généraliste“ aufzeigen. Dieses Konzept hatte sich zuerst in praktischen Zusammenhängen entwickelt, bevor der Begriff geprägt wurde, und zwischen 1847-49 waren die Grundzüge des Modells bereits herausgebildet. Das Konzept hat sich in verschiedenen Etappen entwickelt : die Wende von 1849 bricht mit dem mono-professionellen Modell ; diejenige von 1949 (Erfindung und Zunahme der Wahlmöglichkeiten, die nicht unbedingt entscheidend für die spätere Anstellung des Ingenieurs waren) lässt das Modell des Universalgeneralisten explizit Form annehmen, dessen Logik mit der Reform von 1966 voll zur Entfaltung kommt, und ohne das die Entwicklung der Forschung wahrscheinlich nicht möglich gewesen wäre, zumindest im gegenwärtigen Umfang. Das universale Modell des „ingénieur généraliste“ muss je nach den Gegebenheiten und Problemen umgestaltet werden, die durch die wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Veränderungen einer Epoche vorgegeben werden.

ParisTech und die Ausbildung von Ingenieuren „à la française“

Cyrille van Effenterre

Die Ingenieurschulen von Paris, die sich im Verband „ParisTech“ zusammengeschlossen haben, haben sich für eine föderative Organisationsweise entschieden, um auf internationaler Ebene besser wahrgenommen zu werden und um ihren Diplomen ein deutlicheres Profil zu verleihen. Aber wie kann diese neue Struktur, die eine neue Öffentlichkeitspolitik unter dem allgemeinen Qualitätszeichen ParisTech nach sich zieht und die den verschiedenen Schulen eine regelrechte Delegation von Verantwortungen abverlangt, mit dem traditionellen Bild jeder dieser Schulen und ihrer auf Differenzierung und Spezifität gründenden Kultur vereinbart werden ? Welcher Veränderungskurs ist einzuschlagen, insofern als es nicht um einen „top-down-Prozess“ gehen kann, nicht um einen Zusammenschluss nach privatwirtschaftlichem Modell und auch nicht um eine institutionelle Koordinierung administrativer Art ? Und wie kann eine neue Dynamik wissenschaftlicher und technologischer Lehrtätigkeit mit ihrer unabdingbaren forschenden Dimension initiiert werden, ohne die Bindungen mit den wichtigen Forschungszentren umzugestalten und die Partnerschaft mit bestimmten Universitäten der Region zu verstärken.

Die „Groupe des écoles des mines“ auf der internationalen Szene

Alain Dorison und Marc Caffet

Aufgrund der zunehmenden internationalen Konkurrenz zwischen den Hochschulen haben die „écoles des mines“ sich das ehrgeizige Ziel gesetzt, ihre Ausbildung zu internationalisieren. So kam es folgerichtig zu einer gemeinsamen Initiative, die darauf abzielt, die Studiengänge zu reformieren und neue „Instrumente“ zu entwickeln, zu denen die Vereinbarungen über Doppeldiplome gehören. Ein solches Vorgehen verdankt sich beträchtlichen Investitionen an Humankapital und Geldmitteln und verlangt von den Lehr- und Forschungskräften eine hohe Anpassungsleistung. Die gegenseitige Aufteilung der Kosten durch Anteilscheine ist deswegen unausweichlich und geht zudem über den Rahmen der „groupe des écoles des mines“ hinaus, da bereits gemeinsame Projekte mit ParisTech im Gange sind.

Eine Schule im tiefgreifenden Wandel stellt sich den Herausforderungen des XXI. Jahrhunderts

Yannick d'Escatha

Die École polytechnique in ihrer Mission als Hochschule, die sich der Forschung und der Verbreitung technischer Kenntnisse widmet, muss sich nunmehr auch international behaupten. Zwei neu entwickelte Studiengänge, „Master“ und „Doctorat“, als Ergänzung zum Ingenieurzyklus sowie der Ausbau des Campus waren für dieses Ziel von entscheidender Bedeutung. Partnerschaften in der Region und im Rahmen von ParisTech gewährleisten eine erweiterte Kooperationsbasis und können außerdem dazu beitragen, die bestehenden Beziehungen zu internationalen und französischen Schulen zu vermehren und zu verbessern.

Parabel der Talente und Tüftelei : die Ausbildung der „ingénieurs des Mines“

Gespräch mit Marie-Solange Tissier

Die angehenden Ingenieure des „corps des Mines“, die zum größten Teil als beste Studenten die École polytechnique absolviert haben, sind zu Beginn hervorragende Kapazitäten auf dem Gebiet der exakten und der deduktiven Wissenschaften : ihre Ausbildung ist in erster Linie nicht auf das Wissen ausgerichtet, sondern auf das Know-how und die Vermittlung des Wissens. Birgt in einer Welt, in der die Unternehmen dazu tendieren, die Spezialisierung zu privilegieren, die Ausbildung zum französischen Allgemein-Ingenieur nicht das Risiko, in eine Sackgasse zu geraten ? Die Erfahrung zeigt, dass sie notwendig ist und sehr geschätzt wird, wenn es um die Durchführung großer Projekte oder um komplexe Themen geht. Sie kann jedoch nur eine begrenzte Anzahl von Ingenieuren betreffen.

Die École Hubert Curien : eine im Lernprozess befindliche „grande école“ befasst sich mit dem Management von industriellen Risiken

Jean-Michel Giardina

Alle Sicherheitsexperten sind nunmehr mit Situationen konfrontiert, die sehr unterschiedliche Aspekte vereinigen (technische, humane, organisatorische, finanzielle) und die verschiedensten Disziplinen unterliegen (Unternehmensstrategie, Produktion, Effizienz, Personalmanagement). In diesem anspruchsvollen Kontext, der sich ständig entwickelt, hat die seit mehr als 16 Jahren bestehende École Hubert Curien Studiengänge entwickelt, die sich mit der Auswertung von Erfahrungswissen, mit strategischem Management, mit Sicherheitsexpertise und Sicherheitsmanagement befassen. Sie nimmt aktiv an den Bemühungen zur Umstrukturierung der Ausbildung teil und stellt das Unternehmen ins Zentrum ihrer Tätigkeit.

Die neuen Herausforderungen

Die Nachfrage der Industrie, welche Ausbildung und welche Nationalität ?

François Soulmagnon

PSA Peugeot Citroën hat im Jahr 2005 eine Umstrukturierung der Humankapitalsysteme begonnen, um die Kompetenzen verstärkt ins Zentrum der Kriterien zu stellen, die über Einstellungen, berufliche Entwicklung und Ausbildung entscheiden. Diese Politik ist exemplarisch für die starke Tendenz in den Unternehmen, die technischen Kompetenzen der Mehrheit der leitenden Angestellten im Verhältnis zu den Managementqualitäten zu privilegieren. Dies bedeutet nicht das Ende des Manager-Generalisten, doch muss dieser sich zuerst in einem Beruf bewähren. Unter diesem Gesichtspunkt sind die Berufsbilder und die wirklichen Berufsmöglichkeiten zu betrachten, die den Studenten in den Schulen und Universitäten vermittelt werden. Doch die Frage nach internationalen Profilen auf der Basis französischer Studiengänge betrifft letzten Endes nur eine kleine Anzahl von Personen und es ist oft interessanter, leitende Angestellte lokal zu rekrutieren und gegebenenfalls ihre Ausbildung entsprechend zu ergänzen.

Der Bau der Talbrücke von Millau : die technischen und menschlichen Herausforderungen

Marc Buonomo

Die Talbrücke von Millau ist ein wichtiges Kettenglied der Autobahn A 75 zwischen Paris und Spanien. Sie überspannt das breite und tiefe Tal des Tarn und ist die höchste Autobahnstrecke Frankreichs. Mit ihren 6 Hauptjochen, die in einer Höhe von 342 Metern an sieben Pylonen hängen, stellt sie eine technische Glanzleistung und einen beträchtlichen Fortschritt in der Konzeption von Schrägseilbrücken dar. Die nunmehr berühmte Silhouette ist für die Stadt Millau ein neuer touristischer Anziehungspunkt. Tatsächlich nimmt das breite Publikum die Baugeschichte dieses außergewöhnlichen Bauwerks als das eindrucksvollste Heldenepos des modernen Ingenieurs wahr.

Der Werdegang eines Ingenieurs : zwischen studentischem Traum und industrieller Wirklichkeit

Christian Père

Der virtuelle Wiederaufbau der großen Kirche der Abtei von Cluny, von der nur etwa 8 % erhalten sind, war der Ausgangspunkt einer Tätigkeit im Technologietransfer, die mit einer Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Simulation und virtuellen Realität am Centre de Cluny der École nationale supérieure d'Arts et Métiers verbunden war. Für den Autor war es auch der Beginn einer Berufung zum Ingenieur, der sich durch Kreativität und Forschung definiert. Diese doppelte Kompetenz des Ingenieurs und Forschers entspricht am ehesten den Bedürfnissen der Industrie, um im Wettbewerbskampf mithalten zu können. Außer einer technischen, praxisorientierten Ausbildung, die ihm die Welt der Unternehmen nahe bringt, besitzt der Ingenieur als Forscher auch die elementaren und fundamentalen Regeln des wissenschaftlichen Denkens.

Welche Ingenieure für die Informations- und Wissensgesellschaft von morgen ?

Jean-Claude Jeanneret

Ein Ingenieur ist zuerst ein leitender Angestellter mit einem Minimum an Managerkultur und betriebswirtschaftlichen Kenntnissen. Dank seiner technischen Kompetenz besitzt er vor allem ein Problembewusstsein, das in einem multidisziplinären Kontext von besonderem Wert ist. Er wird sich immer mehr durch neue Profile auszeichnen, die mehr mit neuen Arbeitsweisen und gesellschaftlichen Strömungen zusammenhängen als mit der technologischen Entwicklung. Kurzum, er muss sich als Teil der Gesellschaft sehen. All dies zusammen versuchen die Studiengänge der GET zu vermitteln, um den Ingenieur von morgen heranzubilden. Es ist ein Ingenieur, der sich als Strategie und Akteur in einer Informations- und Wissensgesellschaft definieren muss, in der die Wettbewerbsfähigkeit der Forschung und des Hochschulwesens angesichts der wirtschaftlichen Entwicklung immer wichtiger wird.

Welche Ingenieure für morgen ? Entwurf eines Leistungsverzeichnisses

Jean-Michel Yolin

Der Ingenieur als „Offizier des Wirtschaftskrieges“ stand an der Spitze eines Regiments von Befehlsempfängern und war damit beauftragt, die Produktion zu gewährleisten und sein Territorium zu verteidigen. In einer Struktur, die auf den Hof des Königs zurückgeht, musste er darauf bedacht sein, den richtigen Clan auszuwählen, denn Treue wurde besser belohnt als Kompetenz. Im Zuge der Globalisierung und der Vernetzung von Unternehmen hat sich das Profil des effizienten Ingenieurs radikal geändert : er muss selbst „intragruppal“ denken und mit Kollegen, Partnern, Kunden oder Zulieferern verschiedener Kulturen zielbewusst zusammenarbeiten können. Es stellt sich also die Frage, wie sich unser Ausbildungssystem entwickeln muss, damit unsere Ingenieure von morgen in diesem neuen globalen wirtschaftlichen Ökosystem leistungsfähig sind und als solche auch wahrgenommen werden, damit man ihnen die Verantwortung zuerkennt, die sie verdienen.

Die Ausbildung der Welteliten und die französischen Ingenieurschulen

Bernard Bobe

Das Spezifische am französischen Hochschulsystem und an der französischen Forschung macht es auf internationaler Ebene unlesbar. Wird Frankreich seinen Rang in der Welt noch behalten können, wenn die „grandes écoles“ – von Ausnahmen abgesehen – in der Ausbildung der Welteliten nahezu abwesend sind ? Mit welchen Streitfragen werden sie hinsichtlich der Globalisierung der Ausbildung der Eliten konfrontiert ?

Die Ausbildung von Ingenieuren vor der internationalen Herausforderung : der Standpunkt der EU

Ján Figel'

Das fundamentale Problem, mit dem die EU in Bezug auf Innovationsfragen konfrontiert ist, liegt darin, dass sie nicht dazu fähig ist, Forschung und Entwicklung voll und ganz auszunutzen und deren Ergebnisse zu vermitteln, um sie in wirtschaftliche und gesellschaftliche Werte zu verwandeln. Es ist darum notwendig, dass sich die Hochschulen strategische Prioritäten vornehmen, die drei wichtige Ziele anstreben : die Integration der Elemente der Dreierstruktur Wissen (Lehre Forschung, Innovation), Höchstleistung und Flexibilität. Für die Periode 2007-2013 wird die Kommission erneut beträchtliche Geldmittel zur Förderung der Innovation bereitstellen und hierzu Programme wie das 7. Rahmenprogramm für Forschung und Entwicklung, das Programm für lebenslanges Lernen sowie das Programm für Wettbewerb und Beschäftigung beschließen.

Vermischtes

Expertise und Deontologie : die Praxis des Instituts INERIS (Nationales Institut für industrielle Umwelt und Risiken)

Christian Tauziède

Immer mehr Unternehmen bekennen sich öffentlich zu ihrem ethischen Verhaltenskodex gesellschaftlicher Verantwortung bezüglich der bedrängenden aktuellen Fragen wie Globalisierung, soziale Probleme, Umweltschutz, Nachhaltigkeit... Meistens geht es ihnen darum, ihr Image - und auf diesem Wege wahrscheinlich auch ihre Wettbewerbsfähigkeit – zu verbessern. Doch wenn eine Deontologie-Charta einem Unternehmen rechtlichen Schutz bieten kann, so kann sie auch zum rechtlichen Risiko werden, insbesondere wenn sie ohne sorgfältige Überlegungen aufgestellt worden ist. Das Institut INERIS ist von der Problematik der Deontologie besonders betroffen, denn sein Status und seine Mission versetzen es in die Lage, sowohl staatlichen Behörden als auch industriellen Auftraggebern Expertisen zu erstellen. Diese Situation ist besonders geeignet, Interessenkonflikte herbeizuführen, und macht somit die Formalisierung strenger deontologischer Prinzipien unbedingt notwendig.

A NUESTROS LECTORES DE LENGUA ESPAÑOLA

INGENIEROS A LA FRANCESA, ECONOMÍA GLOBALIZADA

Ingenieros a la francesa

Ingenieros: la crisis de vocación no es inevitable

Jean-Luc Delpuech

La crisis de vocación a la cual se enfrenta actualmente la profesión de ingeniero es inquietante. La rehabilitación de su imagen depende de los proyectos colectivos que Europa pondrá en marcha en el siglo XXI. No obstante, los valores afirmados por el Viejo Continente están impregnados de una inquietud particular por el desarrollo sostenible, la redistribución del territorio, la conservación del patrimonio, la calidad de las infraestructuras... valores comunes que requieren proyectos y un desarrollo económico particulares y, por consiguiente, diferentes tipos de ingenieros adaptados a esta demanda. La formación de ingenieros en la *Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers*, en particular en su sede de Cluny, lugar de innovación y experimentación pedagógica, puede servir de ejemplo para ilustrar estas evoluciones.

Nacimiento de los ingenieros generalistas: el ejemplo de la *École des Mines de París*

Armand Hatchuel

El ejemplo de la historia de la *Ecole des Mines de París* permite entender mejor los orígenes de la noción de ingeniero generalista. El concepto del ingeniero "generalista" se inscribió primeramente en los hechos antes de que se formulara como tal; en 1847-49, las semillas del modelo ya se habían sembrado. Luego se constituyó por etapas: en 1849 se rompe el modelo mono-profesional; en 1949 (invención y multiplicación de las opciones que no "determinan obligatoriamente la posición futura del estudiante") se explica realmente el modelo generalista universal, cuya lógica alcanza la madurez con la reforma de 1966 y sin la cual el desarrollo de la investigación no habría sido posible, al menos en su concepción actual. El modelo generalista universal debe poder reestructurarse dependiendo de los datos y de los problemas que imponen las transiciones científicas y sociales de una época.

ParisTech y la formación de ingenieros "a la francesa"

Cyrille van Effenterre

Las grandes escuelas de ingenieros de París, agrupadas en torno a la asociación ParisTech, han decidido unirse según un modo federativo, con el fin de mejorar su visibilidad en el escenario internacional y el entendimiento de sus diplomas. Ahora bien, ¿cómo conciliar esta nueva estructura, generando nuevas políticas en torno del sello ParisTech, y verdaderas delegaciones de responsabilidad por parte de las escuelas, con la imagen tradicional de cada una de las escuelas y su cultura fundamentada sobre la diferenciación y las especificidades? ¿Qué conducta de cambio debe adoptarse, en la medida en que no se puede tratar de un proceso "top-down", ni fusión-adquisición de tipo privado, ni mecano-institucional de tipo administrativo? ¿Cómo promover igualmente una dinámica propia en materias de enseñanza superior científica y tecnológica, con la dimensión investigativa indispensable, sin analizar los vínculos con los grandes organismos de investigación, y reforzar los lazos con las universidades en las cercanías?

El grupo de las escuelas de minas en la esfera internacional

Alain Dorison y Marc Caffet

Frente a la competencia creciente entre establecimientos de enseñanza superior en la esfera internacional, las escuelas de minas han fijado

una prioridad ambiciosa de internacionalización de su enseñanza. Las prolongaciones de esta reflexión han llevado a un enfoque de grupo que busca refundir la pedagogía y desarrollar nuevas "herramientas", entre las cuales los acuerdos sobre diplomas dobles. Este enfoque representa inversiones consecuentes, humanas y económicas, y supone un esfuerzo de adaptación mayor por parte de los profesores e investigadores. En adelante, la repartición de las cargas por mutualización de las acciones es ineludible y sale del marco del grupo de las escuelas de Minas (GEM), ya que existen colaboraciones con ParisTech.

Una escuela que realiza una mutación profunda para hacer frente a los desafíos del siglo XXI

Yannick d'Escatha

La *Ecole Polytechnique*, en su misión de enseñanza superior, de investigación y de difusión de conocimientos científicos, debe imponerse a nivel internacional. La instauración de dos ciclos de *master* y doctorado, además de su ciclo de ingeniero, al igual que el desarrollo de su campus, son elementos mayores de su evolución. Los lazos de proximidad y al interior de ParisTech, al garantizar una base de cooperación ampliada, permitirán aumentar y enriquecer los vínculos existentes con los establecimientos académicos internacionales y franceses.

Parábola de talentos y barrido en las esquinas: la formación de ingenieros del cuerpo de minas

Entrevista con Marie-Solange Tissier

Los ingenieros futuros del cuerpo de Minas, quienes en su mayoría son los mejores estudiantes de la *Ecole Polytechnique*, son primeramente campeones en ciencias exactas y ciencias deductivas: su formación no estará orientada hacia *el saber*, sino sobre todo hacia el saber-hacer y hacia *el hacer-saber*. En un mundo en el que la empresa tiende a privilegiar la especialización, esta formación de ingenieros generalistas "a la francesa", ¿corre el riesgo de terminar en un callejón sin salida? La experiencia demuestra que es necesaria y muy valorada para poder controlar grandes proyectos o controlar temas técnicos complejos, pero sólo concierne a un número reducido de ingenieros.

La escuela Hubert Curien, una gran escuela en aprendizaje para una gestión de riesgos industriales

Jean-Michel Giardina

Los profesionales de la seguridad están confrontados a situaciones que mezclan diferentes tendencias (técnicas, humanas, organizativas, financieras) y diferentes disciplinas (estrategia de la empresa, producción, rendimiento, gestión de recursos humanos). En este contexto exigente y en constante evolución, la Escuela Hubert Curien, creada desde hace más de 16 años, ha desarrollado formaciones que toman en cuenta el retorno de experiencia, la gestión estratégica, la experiencia de seguridad y el sistema de gestión de la seguridad. También participa activamente en el movimiento de revalorización del aprendizaje y pone a la empresa en el centro de sus gestiones.

Los nuevos desafíos

La demanda industrial, ¿qué formación escoger y de qué nacionalidad?

François Soulmagnon

En el 2005, PSA Peugeot Citroën se lanzó en una reestructuración de los procesos de recursos humanos con el fin de hacer que las capacidades sean el centro de las decisiones de contratación, de

evolución profesional y de formación. Este proceso del grupo es el ejemplo de una gran tendencia de las empresas quienes prefieren las capacidades técnicas frente a los valores de gestión para la mayoría del personal ejecutivo. No es el fin del jefe generalista, sino que éste debe demostrar previamente sus capacidades en un campo específico. Esta visión lleva a interrogarse sobre el enfoque de la vida profesional y de las verdaderas posibilidades que se ofrecen al final de la formación a los estudiantes de las grandes escuelas y universidades.

En lo referente a la búsqueda de perfiles internacionales basados en formaciones francesas, sólo concierne un pequeño grupo y, frecuentemente, es más interesante contratar un jefe localmente, aunque haya que complementar su formación.

La construcción del Viaducto de Millau: los retos técnicos, los problemas humanos

Marc Buonomo

El Viaducto de Millau es un eslabón vital de la autovía A75 entre París y España. Este puente, que atraviesa el ancho y profundo valle de Tarn, es el más alto de Francia. El viaducto representa una proeza técnica con sus 6 partes principales de 342 m suspendidas a siete pilares, al igual que un avance considerable en el diseño de puentes arriostrados. Su ya famosa silueta ofrece a la ciudad de Millau un nuevo atractivo turístico. De hecho, el público en general cree que, debido a que es una obra fuera de lo común, la historia de su construcción es tal vez la más formidable epopeya de la ingeniería moderna.

La vida de un ingeniero, entre sueño estudiantil y realidad industrial

Christian Père

La reconstrucción virtual de la gran iglesia de la abadía de Cluny, de la cual no resta más que un 8 %, fue el punto de partida de una actividad de transferencia de tecnología, posteriormente de investigación en simulación y realidad virtual, en el centro de Cluny de la *Ecole nationale supérieure d'Arts et Métiers*. Para el autor, también fue el nacimiento de una vocación de ingeniero creador e investigador. Esta doble capacidad de ingeniero e investigador es idónea para responder a las necesidades del mundo industrial para seguir siendo competitivo en la carrera contra la competencia; siempre y cuando se disponga de una formación técnica sobre el terreno, que permitirá entender el contexto de las empresas, el ingeniero-investigador también adquiere las reglas básicas y fundamentales del enfoque científico.

¿Qué tipo de ingenieros requiere la sociedad de la información y conocimiento del futuro?

Jean-Claude Jeanneret

Un ingeniero, es primeramente un director, con al menos un poco de cultura administrativa y de gestión. También con capacidades técnicas y sobre todo, con una forma de abordar los problemas que le permite aportar un valor añadido en un entorno pluridisciplinario. Por otra parte, cada vez más un ingeniero representa posturas nuevas, relacionadas más con la evolución de los modos de trabajo y de las grandes corrientes de la sociedad que con la evolución tecnológica. Por último, debe ser un ciudadano.

La educación del GET trata de promover todo este conjunto de elementos, con el fin de formar los ingenieros del mañana. Un ingeniero que tendrá que imponerse como el estratega y el actor de una sociedad de la información y del conocimiento en la que la competitividad de la investigación y de la enseñanza superior en el desarrollo económico se afirmará de forma creciente.

Ingenieros del mañana. Borrador del pliego de condiciones

Jean-Michel Yolin

El ingeniero, "oficial de la guerra económica", a la cabeza de un regimiento de ejecutores, estaba encargado de garantizar la producción y de defender el territorio de su departamento.

En una estructura calcada sobre la corte del rey, debía escoger bien su clan, ya que la fidelidad se recompensaba más que la competencia. Con la globalización y el funcionamiento de la empresa en red, el perfil del ingeniero eficaz es completamente diferente: debe ser un "intrapreneur" y saber trabajar eficazmente con colegas, asociados, clientes o proveedores de culturas diferentes. La pregunta que surge es cómo hacer que el engranaje de formación evolucione para que los ingenieros del futuro sean eficaces en este nuevo sistema económico mundial y sean considerados como tales con el fin de que se les confíe las responsabilidades que merecen.

Formación de las élites mundiales y escuelas de ingenieros francesas

Bernard Bobe

La especificidad del sistema francés de enseñanza superior y de investigación francés lo hace incomprensible a escala internacional. ¿Podrá Francia mantener su rango en el mundo si sus grandes escuelas, con algunas excepciones, están casi ausentes de la formación de las élites mundiales? ¿Cuáles son los problemas que se deben superar frente a la globalización de la formación de las élites?

Prioridades internacionales en la formación de ingenieros.

El enfoque de la Unión Europea

Ján Figel'

El problema fundamental al que se enfrenta la Unión Europea en materias de innovación reside en su incapacidad a explotar y compartir plenamente los resultados de la Investigación y Desarrollo, y traducirlos en valor económico y social.

Por ello, es necesario que los establecimientos de enseñanza superior se fijen prioridades estratégicas que se basen en tres objetivos principales: la integración de los elementos del triángulo del conocimiento (enseñanza, investigación, innovación), la excelencia y la flexibilidad. Para el periodo 2007 – 2013, la Comisión seguirá financiando numerosos proyectos a favor de la innovación a través de programas como el 7º programa marco de investigación y desarrollo, el programa para el aprendizaje a lo largo de la vida, el programa para la competitividad y el empleo.

Otros temas

Experiencia y deontología: la práctica del INERIS

Christian Tauziède

Cada vez más las empresas muestran su deontología de responsabilidad social frente a grandes preocupaciones actuales: globalización, cuestiones sociales, protección del entorno, desarrollo sostenible, etc. Para la mayoría, se trata de mejorar su imagen y, a través de ello, probablemente su competitividad.

Asimismo, si un código deontológico puede ser una protección jurídica para la empresa, también puede constituir un riesgo jurídico para ella, en particular si se ha establecido sin una reflexión atenta. El INERIS (Instituto Francés del Entorno Industrial) se interesa particularmente por los problemas de la deontología, su estatus y su misión que lo lleva a proveer peritajes a la administración y a los industriales. Esta situación es propicia a la emergencia de conflictos de intereses, lo que refuerza la necesidad de la formalización de principios deontológicos estrictos.

Нашим читателям, говорящим по-русски

Французские инженеры, всемирная экономика

Инженеры по-французски

Стать инженером: кризис призвания не неизбежен Жан-Люк Дельпеш

Нынешний кризис призвания, затрагивающий профессию инженера, вызывает тревогу. Реабилитация ее имиджа зависит от коллективных проектов, которыми Европа сможет управлять в XXI веке. Но ценности, утверждаемые Старым Континентом, отмечены особым вниманием, уделяемым долгосрочному развитию, обустройству территории, охране наследия, качеству инфраструктур... тем общим ценностям, для которых требуются особые проекты и экономическое развитие, следовательно, профили инженеров, адаптированные к этим запросам. Подготовка инженеров в Высшей национальной школе искусств и ремесел, в частности в Центре Клоуни, месте новаторства и педагогических экспериментов, может послужить примером для иллюстрации этой эволюции.

Рождение неспециализированного инженера. Пример Горной школы Парижа Арман Ачуэль

Пример истории Горной школы Парижа позволяет проследить происхождение понятия неспециализированного инженера. Концепция «неспециализированного» инженера появилась сначала де-факто, до четкого формулирования термина, и в 1847-49 годах были заложены основы этой модели. Затем она поэтапно оформлялась: рубеж 1849 г. положил конец монопрофессиональной модели; в 1949 г. (создание и развитие опционов, которые «не обязательно определяют дальнейшее трудоустройство») была ясно сформулирована универсальная неспециализированная модель, логика которой созрела с реформой 1966 года и без которой развитие научного поиска было бы невозможно, во всяком случае в его нынешнем объеме. Универсальная неспециализированная модель должна быть откорректирована в зависимости от данных и проблем, налагаемых научными и социальными преобразованиями эпохи.

ParisTech и подготовка инженеров «по-французски» Сирилл ван Эффентер

Высшие инженерные школы Парижа, объединенные в ассоциацию ParisTech, решили объединиться по федеративному принципу, чтобы улучшить свой имидж за границей и престиж своих дипломов. Но как совместить эту новую структуру, порождающую новую политику вокруг фирменного знака ParisTech, и подлинное делегирование ответственности со стороны высших учебных заведений, с традиционным имиджем каждой школы и их культурой, основанной на дифференциации и специфичности? Какие перемены следует принять, в той мере в какой речь не может идти о процессе «top-down», ни о слиянии-приобретении частного типа, ни об институциональной «игре сделай сам» административного типа? Как продвигать собственную динамику в области высшего научного и технологического обучения, с обязательной долей научного поиска, без пересмотра связей с крупными научно-исследовательскими организациями, укрепляя одновременно партнерство с соседними университетами?

Группа горных школ на международной арене Ален Доризон и Марк Каффе

Перед лицом растущей международной конкуренции между высшими учебными заведениями горные школы поставили амбициозную задачу интернационализировать свое обучение. За этим решением последовал групповой демарш, целью которого является пересмотр педагогических методов и развитие новых «инструментов», в том числе соглашение о двойных дипломах. Подобный демарш требует значительных

людских и финансовых инвестиций и предполагает значительное усилие по адаптации со стороны преподавателей. Следовательно, необходимо разделение нагрузки путем инициирования взаимных действий, что выходит за рамки группы Горных школ (GEM), поскольку уже начато сотрудничество с ParisTech.

Глубокие перемены в высшей школе перед лицом вызовов XXI века Янник д'Эската

Политехническая школа, в своей миссии высшего образования, научного поиска и распространения научных знаний, должна отныне утверждаться на международном уровне. Введение двух циклов – магистратуры и докторской степени – в дополнение к инженерному циклу, а также развитие кампуса, являются основными вехами этой эволюции. Партнерство с другими высшими учебными заведениями и с ParisTech обеспечит базу широкого сотрудничества и позволит расширить и обогатить существующие связи с международными и французскими академическими учреждениями.

Парабола талантов и подметание в углях: подготовка горных инженеров Беседа с Мари-Соланж Тиссье

Инженеры-выпускники горного факультета, окончившие в своем большинстве Политехническую школу, прежде всего являются чемпионами точных и дедуктивных наук: их подготовка ориентирована не столько к знанию, сколько к мастерству и умению его передавать. Не рискует ли такая подготовка инженеров общего профиля «по-французски» вести к тупику в мире, где на предприятиях преимущество отдается специализации? Опыт показывает, что она необходима и весьма ценится при управлении крупными проектами или освоении сложных технических сюжетов, но касается весьма ограниченного числа инженеров.

Высшая школа Юбера Кюрьена на пути к овладению менеджментом промышленных рисков Жан-Мишель Джардина

Профессионалы борьбы с рисками отныне сталкиваются с ситуациями, совмещающими различные аспекты (технические, людские, организационные, финансовые и т.п.) и дисциплины (стратегию предприятия, производство, производительность, управление людскими ресурсами). В этом сложном и постоянно развивающемся контексте Школа Юбера Кюрьена, созданная более 16 лет назад, развернула подготовку, учитывающую возврат опыта, стратегический менеджмент, экспертизу безопасности и систему управления рисками. Она активно участвует в переоценке значения промышленно-технического обучения и ставит предприятие в центр своих мероприятий.

Новые вызовы

Спрос на рабочую силу в области промышленности: какая подготовка, какое гражданство? Франсуа Сульманьон

Компания Пежо-Ситроен начала в 2005 году пересмотр процессов управления людскими ресурсами с тем, чтобы поставить компетенцию в центр внимания при найме, профессиональной эволюции и профподготовке. Начатая фирмой кампания свидетельствует о нынешней тенденции на предприятиях, когда для большинства административных работников предпочтение отдается технической компетенции, а не знаниям в области менеджмента. Это еще не конец менеджера общего профиля, но он сначала должен продемонстрировать навыки в какой-либо специальности. Этот подход ведет к вопросу о видении профессиональной жизни и перспектив трудоустройства, предоставляемых студентам высших школ и университетов. Что касается поиска

международных профилей, основанных на французской подготовке, он касается лишь небольшого числа людей, и зачастую выгоднее нанять местного работника, предоставив ему возможность профессионального усовершенствования.

Строительство виадука Мийо: технические вызовы – человеческие цели **Марк Буономо**

Виадук Мийо является жизненно важным звеном автострады A75, соединяющей Париж с Испанией. Проходящая над широкой и глубокой долиной реки Тарн, эта автострада является самой высокой во Франции. Виадук – это техническое чудо: шесть главных пролетов по 342 м подвешены к семи пилонам, что является значительным прогрессом в концепции вантовых мостов. Его уже ставший знаменитым силуэт дает городу Мийо новый туристический козырь. Действительно, широкая публика чувствует, что строительство этого исключительного сооружения стало, быть может, самой великопленной эпопеей для современного инженера.

Путь инженера: от студенческой мечты к промышленной реальности **Кристиан Пэр**

Виртуальная реконструкция большой церкви аббатства Клуни, от которого сегодня сохранилось едва 8%, стала отправной точкой деятельности по передаче технологий, научного поиска путем моделирования и создания виртуальной реальности в Центре Клуни Высшей национальной школы искусств и ремесел. Для автора это стало рождением призвания инженера-созидателя и исследователя. Эта двойная компетенция инженера и исследователя призвана отвечать потребностям промышленного мира, чтобы оставаться конкурентоспособным перед лицом растущего соперничества: обладая отличной технической подготовкой, позволяющей ему прекрасно понимать контекст предприятий, инженер-исследователь также освоил элементарные и фундаментальные правила научного подхода.

Какие инженеры требуются обществу информации и знания будущего? **Жан-Клод Жаннере**

Инженер – это в первую очередь административный работник, следовательно он должен обладать минимумом культуры менеджмента и управления. Он должен также иметь техническую компетенцию и, главное, уметь решать проблемы, что позволит ему привнести добавленную стоимость в многодисциплинарную среду. Эти новые требования становятся все реальнее, они больше связаны с эволюцией методов работы и значительных перемен в обществе, нежели с технологической эволюцией. И наконец, инженер должен быть гражданином. На все эти аспекты и нацелена профессиональная подготовка GET для формирования инженеров будущего. Они должны будут утвердиться как стратеги и активные участники общества информации и знаний, в котором конкурентоспособность научного поиска и высшего образования в экономическом развитии будет все более и более утверждаться.

Каких инженеров требует будущее? **Очерк техзадания** **Жан-Мишель Йолен**

«Офицер экономической войны» во главе полка исполнителей, инженер должен обеспечивать производство и защищать

территорию своего департамента. В структуре, скопированной с королевского двора, он должен внимательно выбирать свой клан, т.к. верность награждается лучше, чем компетентность. С глобализацией и функционированием предприятия в сети профиль результативного инженера сегодня радикально изменился: он должен быть «внутренним предпринимателем» и уметь продуктивно работать с коллегами, партнерами, клиентами или поставщиками, обладающими иной культурой. И ставится вопрос: как развивать наш аппарат профессиональной подготовки, чтобы завтрашние инженеры были высокопроизводительными в новой мировой экономической экосистеме, и чтобы они воспринимались таковыми, принимая на себя ответственность, которой они заслуживают.

Подготовка мировых элит и французские инженерные школы **Бернар Боб**

Специфика французской системы высшего образования и научных исследований делает ее малопонятной на мировой арене. Сможет ли Франция по-прежнему держать марку в мире, если высшие школы, за редким исключением, остаются практически отсутствующими в процессе подготовки мировых элит? С какими задачами они сталкиваются перед лицом глобализации в области подготовки элит?

Международные задачи подготовки инженеров: точка зрения Европейского Сообщества **Ян Фидель**

Фундаментальная проблема, с которой сталкивается Европейский Союз в области новаторства, заключается в его неспособности эксплуатировать и полностью разделять результаты научно-исследовательских работ и преобразовывать их в экономические и социальные ценности. Поэтому необходимо, чтобы высшие учебные заведения ставили себе стратегические приоритеты, опирающиеся на три основные цели: интеграция элементов треугольника знаний (обучение, научный поиск, новаторство), совершенство и гибкость. На период 2007–2013 гг. Комиссия будет выделять значительное финансирование на цели новаторских программ, таких как 7-я рамочная программа исследований и развития, программа по профподготовке в течение всей жизни, программа конкурентоспособности и занятости.

Экспертиза и деонтология: практика INERIS **Кристиан Тозьед**

Все больше предприятий афишируют свою деонтологию социальной ответственности перед лицом важных современных проблем: глобализация, социальные вопросы, охрана окружающей среды, долгосрочное развитие... В большинстве случаев речь идет об улучшении их имиджа и, следовательно, конкурентоспособности. Кроме того, если деонтологическая хартия может стать юридической защитой для предприятия, она может также стать юридическим риском, в особенности если она составлена без должного внимания. Проблематика деонтологии в особенности касается INERIS, т.к. согласно ее статусу и задачам она должна предоставлять экспертизы и государственным органам, и промышленникам. Эта ситуация особо благоприятствует возникновению конфликтов интересов, что свидетельствует о необходимости формулирования четких деонтологических принципов.