

Table ronde III

Faire évoluer les cursus

Vers une nouvelle politique de formation

L'analyse des formations d'ingénieurs en Europe et dans les pays en voie de développement fait apparaître deux profils dominants de l'ingénieur. Un profil généraliste, plutôt orienté vers la conception et la recherche, et le second plus orienté vers la technologie et les applications industrielles. Ces profils sont généralement marqués, relèvent de titres différents (ingénieurs d'État, d'application, ingénieur industriel, etc.) et sont le plus souvent préparés dans des institutions différentes. Les premiers dans les universités et dans les grandes écoles ; les seconds dans les établissements plus technologiques.

Le poids des deux types de profil varie fortement d'un pays à l'autre, la durée de préparation de ces diplômes varie suivant le profil d'ingénieur préparé.

Avec la mondialisation de l'économie et des marchés, et à l'aube de la société du savoir qui se dessine à l'horizon 2000, et qui implique de nouvelles responsabilités pour les ingénieurs, il est impératif de s'interroger sur l'efficacité de nos systèmes de formation des ingénieurs et des scientifiques.

Tout d'abord une nouvelle politique de formation devrait tenir compte d'une composante essentielle qui est l'importance qu'a prise l'information dans la vie des entreprises comme dans celle des individus.

L'information par la multiplicité de ses sources et ses multiples dimensions impose :

- des capacités de leadership,
- une capacité d'apprentissage permanent,
- des capacités de synthèse,

or il se trouve que le système d'éducation et de formation actuel est, telle une tragédie classique, construite autour d'une unité d'action, d'une unité de lieu, d'une unité de temps et met en action deux héros.

L'unité d'action conduit à mettre l'accent sur la discipline, une approche analytique et une transmission de savoir matière par matière. Cette forme d'apprentissage est en contradiction avec les situations des entreprises performantes à venir qui sont multidimensionnelles, multidisciplines et multimédias. L'unité d'action ne permet pas de développer la capacité de synthèse.

L'unité de lieu consiste à utiliser un établissement, une salle de classe et un travail en circuit fermé « l'école ou l'université ». L'environnement de travail est absent et la relation entre ce que l'on apprend et ce à quoi on l'utilisera est absente.

L'unité de lieu empêche le développement des capacités de leadership.

L'unité de temps ramène la formation à un intermède qui précède la vie active. Il y a séparation avec l'appris et le fait, d'où la capacité d'apprendre à apprendre est absente, pour ne pas dire annihilée, avec comme corollaire l'absence de l'esprit d'initiative.

En ce qui concerne nos deux héros, l'un est le professeur, debout, il sait et il dit. Cela suppose qu'il est mieux informé que tous ceux qui sont dans la classe, qu'il lit plus, qu'il transmet des vérités de première main.

Le deuxième héros est l'élève, il est assis, il écoute, il apprend. Cela lui donne l'impression que ce qu'il doit savoir lui est communiqué et s'il l'apprend, il sait, et ce qui est appris peut être utilisé. Cela se traduira plus tard par un manque de réalisme et d'humilité.

Les absents sont les collègues, le patron, les subordonnés, les clients, les fournisseurs. Bref, le véritable environnement est exclu de la formation et les stages d'été ou projets de fin d'études ne suffisent pas toujours à remédier à cette situation.

Les conséquences de ce rituel classique sont dramatiques et souvent à la base du manque d'humilité, d'esprit d'initiative, de la curiosité, du goût d'apprendre et de la nonchalance de nombreux acteurs de nos administrations et entreprises.

Voilà pourquoi les changements de politique économique imposés par les changements planétaires devront être accompagnés de changement de nos universités et écoles.

Il faut réinventer l'école en insistant sur :

- la formation des capacités de synthèse,
- la nécessité de porter une grande partie de la formation sur le lieu de travail,
- la nécessité de former à la prise d'initiative et à l'autoapprentissage,
- la confrontation des étudiants avec des situations multiples, proches du réel,
- la nécessité d'introduire des degrés de liberté dans les cursus de formation (cours à option) permettant à l'étudiant de développer ses points forts et sa curiosité intellectuelle, scientifique et artistique,
- l'utilisation des technologies de l'information.

Voilà sur le plan de la philosophie ; sur le plan de l'organisation, la mise en œuvre d'un système multiniveaux qui assure équilibre et continuité entre système court et système long est nécessaire. Longtemps l'université au Maroc (et dans d'autres pays) a été conçue comme lieu de savoir et de culture, sans relation directe avec le monde de l'emploi. Tout au long de ce siècle, elle s'est orientée progressivement vers la formation de cadres destinés d'abord à l'enseignement et à la recherche puis au marché du travail. Son organisation comme ses moyens n'ont malheureusement pas été adaptés et aujourd'hui elle apparaît, du moins au Maroc, comme le parent pauvre de la formation comparée aux grandes écoles et aux instituts de technologies. Cette dichotomie entre université ayant l'image d'une formation au rabais fabriquant des chômeurs (image erronée, le chômage étant d'abord le fait de l'économie) et les écoles de formation des cadres est irrationnelle et porteuse de dangers. Convenons que les deux systèmes relèvent de la « tragédie classique » de l'unité d'action, unité de lieu et unité de temps.

La nécessité de s'orienter vers une formation de métier pose le problème de l'implication des entreprises à cette formation. La tentation est forte de dire qu'il faut déréglementer la formation et que ceux qui en sont les utilisateurs investissent et s'investissent plus dans sa réorganisation et son rayonnement.

C'est à ce prix qu'elle pourra échapper au modèle de la tragédie classique, la formation étant une partie de l'apprentissage qui alors commencera et continuera avec l'entreprise.

Le drame de notre système éducatif est aujourd'hui son isolement. En marge du système productif, il ne profite nullement de son expérience et ne perçoit pas suffisamment ses besoins.

C'est pourquoi, s'il doit exister des lieux de transmission de savoir et de culture, sans ambition autre que le développement des aptitudes et de la personnalité individuelles, il doit exister un système cohérent de formation de type pyramidale qui après une formation de base indispensable pour former tout citoyen, prend en charge les futurs professionnels selon leur vocation et les besoins de l'économie. C'est à celui-là que les opérateurs publics et privés sont invités à participer.

A titre d'illustration de cette coopération, organismes de formation et employeurs, citons une expérience et des idées actuellement en étude au sein de l'École Mohammadia d'Ingénieurs.

L'expérience est la mise en œuvre d'un système de parrainage au département de génie industriel. Des entreprises sélectionnées sont ainsi invitées à parrainer les étudiants à compter de leur deuxième année d'études.

Ce parrainage consiste en une prise en main de l'étudiant qui effectuera chaque semaine une visite à l'entreprise où après information il pourra être chargé d'un travail lui permettant d'une part de côtoyer différents acteurs mais aussi d'établir des liens de communication avec eux. Il participera à un travail concret, qu'il poursuivra pendant son stage d'été puis lors de son projet de fin d'études.

L'évaluation des employeurs est positive, les ingénieurs diplômés du génie industriel se distinguent en général par de meilleures qualités de communication, de comportement et d'intégration.

La création d'une pépinière d'entreprises au sein de l'École ouvrirait la porte à une communication entre les jeunes étudiants et leurs aînés, et susciterait l'esprit d'initiative et de créativité chez les lauréats.

Parmi les idées, citons également celle de développer la formation générale des étudiants en renforçant le tronc commun et les modules horizontaux, et le développement en dernière année d'études, des sections et des modules d'enseignements optionnels pour renforcer la diversification et l'ouverture de l'établissement vers les technologies modernes.

André L. Jaumotte

Recteur honoraire de l'Université Libre de Bruxelles, Belgique

Président du Haut-Conseil de l'AUPELF-UREF

Un exemple d'adaptation nécessaire : la politique et l'enseignement de l'énergétique dans les PVD

RÉSUMÉ

Toutes les études concordent pour conclure qu'une démographie mondiale en expansion conjuguée avec la croissance de la consommation énergétique par habitant dans les pays en voie de développement (PVD) entraîne une considérable augmentation de la demande à rencontrer.

Cette demande est évaluée au niveau mondial pour les horizons 2005, 2020 et 2050.

Le recours à toutes les formes d'énergie et l'efficacité énergétique sont des conditions indispensables à l'équilibre de l'approvisionnement à long terme.

Les goulets d'étranglement apparaîtront moins dans la disponibilité des ressources énergétiques que dans les investissements nécessaires à leur mise en œuvre.

Les énergies renouvelables représenteront une part croissante de la demande. Le point est fait sur les énergies éolienne, solaire et de la biomasse.

L'analyse de la situation actuelle montre que l'électronucléaire est accessible au tiers-monde. Est-il souhaitable de poursuivre dans cette voie ? On peut envisager de le faire à condition que la sécurité d'exploitation et de contrôle soit garantie effectivement et en se limitant aux réacteurs les moins aptes à la production de matières stratégiques, c'est-à-dire les réacteurs à eau légère.

Si l'approvisionnement énergétique du monde à long terme peut être assuré, l'analyse démographique montre que d'énormes problèmes locaux se posent dans le tiers-

monde, problèmes accentués par la concentration urbaine et l'accroissement de la consommation par individu.

La politique et l'enseignement de l'énergétique dans le tiers-monde doivent prendre en compte toutes les caractéristiques locales et ne pas reproduire le modèle actuel des pays industrialisés qui mènerait à une impasse.

1. PROSPECTIVE MONDIALE DE L'ÉNERGIE ¹

1.1. Le passé récent

En 1990, pour une population mondiale de 5,6 milliards d'individus, la consommation mondiale d'énergie primaire commerciale a atteint 8.300 Mtep/an² contre environ 3.000 Mtep/an en 1960. Il faut ajouter à ce chiffre environ 1.000 Mtep d'énergie non commerciale - bois, tourbe, déchets animaux et végétaux - pour lesquels les données statistiques précises manquent, mais qui sont les seules énergies dont dispose environ la moitié de la population mondiale.

La disparité per capita est grande. Pour un coefficient de 100 en Amérique du Nord, on a 47 dans l'Union européenne et le Japon et seulement 6,6 pour les pays en développement (PVD).

Dans le monde industrialisé, l'utilisation se répartit presque également entre l'industrie, le transport et le résidentiel. Dans le total de 8.300 Mtep/an, environ 7.000 proviennent des combustibles fossiles avec la distribution suivante : 45 % pour le pétrole, 32 % pour le charbon et 23 % pour le gaz. Le reste est couvert par l'hydraulique, le nucléaire et les énergies renouvelables.

1.2. Perspectives d'évolution

Trois horizons ont été retenus : 2005, 2020 et 2050. L'horizon 2005 correspond, en matière énergétique, à du court terme, vu la lourdeur des investissements ; on ne peut donc compter que sur les technologies déjà connues et arrivées à maturité technique et économique.

A l'horizon 2005, en tablant sur une population de 6,7 milliards d'habitants (+ 27 %), sur une croissance économique modérée (2 % par an), la consommation mondiale d'énergie augmenterait d'un tiers environ pour atteindre 11.100 Mtep/an. Tenant compte de la contestation du nucléaire, les besoins supplémentaires seront à couvrir à 80 % par les combustibles fossiles.

A l'horizon 2020, pour une population de 8,1 milliards d'habitants, la fourchette de consommation prévue est située entre 17.200 et 11.300 Mtep/an ; le premier chiffre correspond à une croissance économique élevée et le second à un scénario à dominante écologique élevée. En 2020, le tiers-monde devient globalement le grand demandeur d'énergie, étant responsable de 85 % de l'augmentation des besoins depuis 1990, ce qui déplacera le centre de gravité des stratégies mondiales.

L'augmentation de la demande entraîne, même dans le cas à dominante écologique élevée (supposant des transferts massifs de technologie vers les pays en voie de développement), une augmentation de la concentration atmosphérique de CO₂.

Le troisième horizon est 2050. Il ne se prête pas à une analyse sectorielle détaillée comme celle utilisée pour l'évaluation en 2005 et 2020. Il faut se contenter d'une approche globale. Basons-nous sur une population de 10 milliards d'individus.

Deux scénarios ont été retenus. Le premier (cas a) supporte le *maintien* de la consommation énergétique actuelle par habitant dans les pays industrialisés et un *triplément* de la consommation pour les pays en voie de développement. Il conduit à un besoin de 20.500 Mtep/an qui dépasse les possibilités tant du côté ressources qu'investissements.

Le second (cas b) suppose une *diminution de moitié* de la consommation par habitant des pays industrialisés et un *doublément* pour les pays en voie de développement. Le besoin serait ramené à 12.600 Mtep/an.

A noter que les deux scénarios entraînent une augmentation de la production de CO₂ (doublément dans le cas (a)).

1.3. Les défis

Les investissements

Ils seront gigantesques, tant en prospection/production qu'en transport et en recherche-développement. Le Conseil mondial de l'énergie les évalue, d'ici à 2020, à 30.000 milliards de USD, soit 1,5 fois le PIB annuel actuel de la planète.

Ils dépassent largement les capacités de financement des organismes internationaux spécialisés et devront faire appel massivement à l'initiative privée des pays développés. Outre une pression à la hausse sur les prix de toutes les formes d'énergie, ils poseront le problème de l'arbitrage de l'affectation des moyens entre pays développés en quête de relance et pays en émergence rapide.

La problématique de l'épuisement des ressources en énergies fossiles et nucléaires

Les chiffres habituellement cités (autour de 50 ans chacun pour les hydrocarbures liquides et gazeux et plus de 200 ans pour le charbon) concernent les réserves prouvées, c'est-à-dire les quantités que les données géologiques et techniques permettent de considérer, avec une probabilité raisonnable, comme pouvant être extraites dans les conditions économiques et techniques prévalant actuellement.

Il en résulte qu'il n'y aura pas, d'ici le milieu du siècle prochain, de pénurie des combustibles fossiles et nucléaires qui constituent aujourd'hui la quasi-totalité des énergies commerciales utilisées. En revanche, l'accroissement de la demande et des coûts logistiques entraînera une hausse des prix. L'Union européenne verra sa dépendance accrue, pour le pétrole et le gaz, vis-à-vis des pays du Golfe et, pour le gaz, principalement vis-à-vis de la Russie.

Les énergies renouvelables

Ce vocable recouvre les énergies solaire, éolienne, de la biomasse, hydraulique, géothermique, des marées et l'énergie thermique des mers ; ensemble leur potentiel est un multiple des besoins de l'humanité, même après l'an 3000.

Sauf pour l'hydraulique, elles présentent cependant deux points communs : le caractère diffus et intermittent de leurs sources et la non-concordance entre le diagramme de l'offre et celui de la demande. Hormis quelques applications très spécifiques, leur contribution reste faible dans les bilans énergétiques actuels ; leur coût (investissements, charges financières, maintenance) doit continuer à diminuer pour atteindre le seuil de la compétitivité et cela par l'effet combiné de la recherche et d'une production massive ; une augmentation du prix des énergies fossiles rapprochera le moment où ce seuil sera atteint. Le Japon donne l'exemple d'un pays industrialisé où les énergies alternatives sont vigoureusement promues, spécialement l'énergie solaire, par des expériences pilotes de grande envergure.

L'environnement et les coûts externes

De nombreuses nuisances entraînées par la consommation de toute forme d'énergie échappent à l'estimation des coûts commerciaux : ces « externalités » sont supportées sans contrepartie par la communauté. S'il convient de les prendre en compte pour la définition des politiques énergétiques afin de corriger les distorsions sur le marché de l'énergie, il est cependant très difficile de les quantifier vu l'absence de données statistiques, la complexité des mécanismes en jeu (par exemple : les effets de la construction d'un grand barrage hydraulique sur l'écosystème), la non-existence de valeurs

de marché pour de nombreux biens de l'environnement, etc. d'où la nécessité d'une approche multidisciplinaire.

A côté de nuisances spectaculaires (catastrophes minières, marées noires), il en existe de multiples autres, différées (maladies chroniques des mineurs) ou de routine (pollution atmosphérique, mise en dépôt des cendres de combustion,...).

En ce qui concerne l'énergie nucléaire, il convient de distinguer :

- l'élimination des déchets, de haute et de basse activité, source d'inquiétudes des populations, mais pour laquelle des solutions sont en cours de développement
- l'accident affectant la population : à ce jour, les accidents (Kyshtym 1957 - Windscale 1957) concernaient des installations militaires ; Three Mile Island (1982) n'a pas eu de répercussions en dehors de la centrale et Tchernobyl (1986) était une installation mixte (civile-militaire) dont l'arrêt définitif est préconisé ainsi que l'arrêt progressif de toutes les unités de ce type.

Les statistiques d'accident du travail montrent que les dommages subis par les employés de ce secteur sont, par kWh produit, inférieurs à ce qu'on observe pour tout autre moyen de production d'électricité en quantité importante.

Le cas particulier du CO₂ et de l'effet de serre

Sur le plan scientifique, l'augmentation de la température du globe depuis 1860 n'est pas établie, au vu notamment de la précision et de la fréquence des prises d'échantillons au XIX^e siècle ; les modèles mathématiques sont insuffisants pour rendre compte de la complexité des phénomènes en jeu. Les conclusions des scientifiques divergent sur l'importance d'un éventuel réchauffement du globe et sa distribution géographique.

De même, il y a des divergences d'opinions sur l'effet d'un réchauffement sur le climat et le niveau des mers en 2100. Les relevés très précis du satellite Topex-Poséidon révèlent une montée de 4mm du niveau des océans pour chacune des années 1993 et 1994. On peut dire qu'il y a présomption sérieuse d'un effet des activités humaines conduisant à un réchauffement du climat.

Sur le plan technique, on peut combattre la croissance de la production de CO₂ par une politique systématique de reboisement, des techniques (onéreuses) de décarbonatation des fumées et de stockage du CO₂, les économies d'énergie et la diminution de la part des énergies fossiles dans la couverture des besoins énergétiques de la planète.

Sur le plan politique, c'est la dernière option qui a été choisie par la Commission de l'Union européenne par le biais d'une combinaison de mesures fiscales et non fiscales complémentaires. Le concept de « no regret policy » sous-tend cette orientation.

L'Organisation des pays producteurs de pétrole a dénoncé ce qu'elle considère comme une ponction inacceptable sur les ressources des pays en voie de développement.

1.4. Conclusions au niveau mondial

Le recours à toutes les formes d'énergie et l'efficacité énergétique demeurent des conditions indispensables à la réussite d'approvisionnement à long terme, même s'il n'y a pas lieu de redouter des pénuries d'énergie d'ici 2020.

Les goulets d'étranglement potentiels apparaîtront moins dans la disponibilité des ressources énergétiques que dans les investissements nécessaires à leur mise en œuvre. Les politiques nationales qui visent à la fois à limiter les rejets des gaz à effet de serre à leur niveau de 1990 et à réduire simultanément la production d'électricité par fission nucléaire sont contradictoires.

L'environnement, et en particulier la problématique du CO₂, devrait conduire à mettre en place des systèmes énergétiques plus propres et plus efficaces. Les économies d'énergie, les substitutions vers des formes d'énergie à contenu de CO₂ moindre ou nul, le développement des énergies renouvelables devraient bénéficier de cette nouvelle évolution.

2. QUELQUES ÉLÉMENTS SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

2.1. Énergie éolienne

- Le marché est en croissance rapide ; au niveau mondial : 3.100 mW installés en 1993 - 100.000 mW prévus en 2030.
- La tendance actuelle se concentre sur des machines de 300 à 400 KW, groupées en parcs, qui sont déjà compétitives.
- La technologie évolue vers des unités de l'ordre de 1 mW, plus légères ; les recherches doivent se concentrer sur les nouveaux matériaux, l'aérodynamique des pales, une amélioration de la transmission, la conception des génératrices, l'amélioration de la souplesse dynamique de l'ensemble.

- Le prix de revient actuel pourrait être divisé par deux, ce qui rendrait l'énergie éolienne compétitive.

2.2. Énergie solaire

Il y a plusieurs manières de capter l'énergie solaire :

- directement, par collecteurs : manière utilisée principalement à ce jour pour le chauffage d'eau ;
- par transformation en énergie électrique :

a) via des centrales héliostatiques avec concentration par miroirs des rayons solaires vers un point focal ;

- les coûts de production les plus bas atteints actuellement sont de l'ordre de BEF 3,9/kWh ;

- la technologie est très complexe et plusieurs installations industrielles ont été arrêtées ;

- le système ne fonctionne qu'en cas de rayonnement direct ; la lumière diffuse ne peut être concentrée, ce qui rend cette technique non applicable dans beaucoup de pays.

b) via des cellules photovoltaïques ; elles transforment directement la lumière solaire en électricité, par l'intermédiaire d'un semi-conducteur.

- Le marché mondial est en croissance rapide : 70 MW installés en 1994 - croissance annuelle : 10 à 15 %/an

- Avantages : l'aspect modulaire ; l'application locale ; bien qu'un couplage au réseau soit aussi possible, les exemples sont multiples (surtout dans les pays en voie de développement) où l'absence d'un réseau rend « incontournable » le recours aux cellules photovoltaïques et où la notion de coût par kWh n'est pas l'élément déterminant.

- La recherche se concentre sur la diminution des coûts par le recours à de nouveaux matériaux semi-conducteurs, via l'appel à des disciplines allant de la cristallographie à l'électrochimie, la physique des particules, les technologies du vide, du laser, etc.

2.3. Énergie de la biomasse

A partir de bois sur pied, de déchets de bois, de déchets agricoles, d'épandages, on produit de l'énergie via de nombreuses méthodes :

- chimiques et thermochimiques (combustion, gazéification, pyrolyse, liquéfaction,...) ;
- biochimiques (fermentation, distillation, hydrolyse, digestion anaérobie,...) ;
- A ce jour, la biomasse représente 35 % de la couverture énergétique des pays en voie de développement (essentiellement combustion) et 2 % pour l'Union européenne ; l'objectif officiel est de porter ce dernier chiffre à 5 % en 2005.
- Une politique de développement de la biomasse doit prendre en compte :
 - l'interconnexion avec la politique agricole commune (PAC) de l'Union européenne (augmentation sensible des surfaces en jachère) ;
 - l'effet sur l'emploi (11 personnes par MW produit) ;
 - les efforts en R & D : augmentation des rendements, diminution des coûts d'investissements, nouvelles techniques de pyrolyse.
- La diversité des sources et des méthodes implique un éventail largement diversifié des études, installations pilotes et de démonstration ; dans la plupart des cas, il importe que les premiers stades de développement soient confiés aux laboratoires universitaires et autres laboratoires spécialisés qui n'existent que dans les pays développés.

3. L'ÉLECTRONUCLÉAIRE DANS LE TIERS-MONDE³

Fin 1993, il y avait dans le monde 411 réacteurs nucléaires opérationnels totalisant une puissance de 350 Gwe et ayant produit, en 1993, 2190 TWh d'électricité, soit 20 % de la production mondiale. Cette production équivalait à celle de 553 Mtep, représentant 7 % de la consommation mondiale d'énergie primaire. Elle ne génère pas de CO₂.

Le remplacement de la production électronucléaire par le pétrole aurait augmenté de 17 % la consommation de pétrole. Sur les 411 réacteurs, 20 sont situés dans le tiers-monde, représentant une puissance de 19.200 MWe. Sont en construction ou en projet d'ici 2008, une puissance supplémentaire de 4.100 MWe. Les pays concernés

sont, dans l'ordre décroissant de la puissance installée, la Corée du Sud, Taïwan, l'Afrique du Sud, l'Inde, l'Argentine, le Mexique, le Brésil et le Pakistan. Pour les réacteurs en construction ou en projet, s'ajoutent le Bangladesh, l'Égypte, l'Indonésie, l'Iran, la Corée du Nord et le Pakistan.

Preuve est donc faite que l'électronucléaire est accessible au tiers-monde.

Cette voie doit-elle être poursuivie ?

Des conditions préalables sont nécessaires :

- une capacité technique et une culture de sécurité permettant des conditions d'exploitation sûres pour des installations potentiellement dangereuses ;
- un réseau de lignes de transport adapté à de grosses puissances vu que les centrales nucléaires doivent raisonnablement avoir une puissance élevée.

Un problème grave se pose : le danger de prolifération nucléaire.

Cinq États sont considérés comme puissances nucléaires aux termes du Traité de non-prolifération des armes atomiques : États-Unis, ex-URSS, Grande-Bretagne, France, Chine.

Sont *de facto* puissance nucléaire : Inde, Afrique du Sud, Israël.

Le terrorisme nucléaire est un danger potentiel.

Pour le minimiser, il faut éviter la prolifération des États qui pourraient se doter de l'arme nucléaire.

Le transfert de technologie nucléaire vers le tiers-monde devrait se limiter aux réacteurs les moins aptes à permettre la diversion de matières stratégiques, c'est-à-dire les réacteurs à eau légère.

La famille des réacteurs modérés à l'eau lourde (filière canadienne) présente des risques de prolifération.

En conclusion, la production d'énergie électrique par voie nucléaire est une possibilité pour le tiers-monde si les conditions de sécurité sont effectivement garanties et en se limitant aux types de réacteurs peu aptes à la production de matières stratégiques.

4. LE PROBLÈME DÉMOGRAPHIQUE

Situons le problème sur la base de quelques données statistiques (Source : U.N. 1994). Évaluons l'évolution probable des populations entre 1994 et 2015 (date utilisée dans la source).

Pour l'Europe (U.K., Allemagne France, Italie), la population sera stagnante, autour de 255 millions d'habitants.

Pour le sud-est méditerranéen (Turquie, Egypte, Algérie et Maroc), on passera de 176,2 millions à 245,2 millions, soit un accroissement de 69 millions (taux annuel moyen de croissance de 1,6 %).

Pour le Proche-Orient (Syrie, Iran, Iraq, Arabie saoudite), on passera de 117,4 millions à 201,1 millions, soit un accroissement de 83,7 millions (taux annuel de croissance de 2,6 %).

Simultanément, la population des grandes villes subira une importante croissance, sauf en Europe où elle sera stagnante.

Dans le sud-est méditerranéen, la population totale de Istamboul, Le Caire, Alger et Casablanca passera de 23,7 à 38,2 millions, soit une augmentation de 14,5 millions d'habitants.

Dans le Proche-Orient, la population totale de Damas, Téhéran, Bagdad et Ryad passera de 15,6 millions d'habitants à 26,6, soit un accroissement de 11 millions.

La situation la plus difficile est celle du sud-est méditerranéen car la population sous 15 ans, en 1994, est comprise entre 35 et 40 %.

La politique énergétique doit évidemment tenir compte de telles données. L'énergie entretient avec l'environnement un dialogue difficile, un dialogue dont les difficultés seront formidablement accrues dans le tiers-monde par l'explosion énergétique liée à l'explosion démographique.

5. POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE - ENSEIGNEMENT DE L'ÉNERGÉTIQUE

Les pays en développement doivent rechercher des stratégies énergétiques adaptées à leur situation particulière. Le fondement est l'analyse des ressources : hydrauliques, combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz), énergies renouvelables.

Pour la production d'énergie électrique, le degré de décentralisation du réseau est le point capital. La nature de l'énergie oriente parfois le choix. Ainsi, les énergies renouvelables sont par essence réparties, tandis que certaines ressources hydrauliques sont par nature centralisées.

Un cas typique est celui de l'aménagement des chutes d'Inga sur le fleuve Zaïre dans le pays du même nom, exemple d'une grosse production centralisée distribuée jusqu'au Shaba par une ligne de transport en courant continu qui est la plus longue du monde.

Pour le charbon, son transport est lié à la capacité du réseau routier et ferroviaire. Ainsi, en Chine, le réseau ferroviaire est utilisé à plus des deux tiers pour le transport du charbon.

Pour le pétrole et le gaz, le développement de la turbine à gaz permet la production décentralisée.

En Europe occidentale, et particulièrement en France et en Belgique, avec une forte proportion d'énergie électrique d'origine nucléaire, la production est centralisée.

Mais le développement des groupes combinés avec turbine à gaz et turbine à vapeur fait revenir vers une plus grande décentralisation.

Les facteurs influençant le choix du degré de décentralisation sont nombreux : étendue du pays, nature de sa géographie, répartition de sa population et évolution de cette répartition, distribution géographique des ressources énergétiques, technologies disponibles, savoir-faire local, utilité de la climatisation des grands bâtiments, ressources financières mobilisables, problèmes d'environnement.

En Amérique du Nord, en Europe, l'option actuelle est celle de grands réseaux à courant alternatif à des tensions de 400-500 kv⁴, réseaux interconnectés.

Pour les PVD, l'option reste ouverte et nous pensons que dans beaucoup de cas, un réseau plus décentralisé ou même très décentralisé l'emporte.

La question de l'électricité n'est pas la seule. Dans les PVD où le bois de feu est largement utilisé (le Sahel, par exemple), la substitution du gaz butane produit à partir de déchets agricoles au bois est à réaliser. Une telle transition énergétique implique d'y associer les populations et de les préparer à un tel changement.

En Amérique et en Europe, nous allons vers une stagnation ou même vers une régression des besoins liés à la stabilité de la population et au progrès de l'utilisation rationnelle de l'énergie (URE).

Le problème important pour l'avenir est donc celui des PVD avec la croissance de la population et de la consommation par capita.

La formation en matière d'énergie est donc essentielle. Elle doit être différenciée en fonction des caractéristiques régionales et mettre l'accent sur le choix des vecteurs énergétiques, l'utilisation rationnelle de l'énergie, les effets environnementaux et l'importance du degré de décentralisation du réseau électrique. L'étendue de chaque matière doit être liée aux vecteurs énergétiques choisis.

Puissent les PVD construire des politiques énergétiques adaptées, originales, en évitant la copie du modèle occidental qui mènerait à une impasse. Pour y aboutir, il faut évidemment un enseignement convaincant, bien argumenté, dont l'aboutissement logique est une politique énergétique adaptée.

NOTES

- 1 D'après le Rapport « L'énergie dans la Belgique de demain », Mémoires de l'Acad. Roy. Bel. Cl. Sc , 1995, 109 p.
2. Mtep = million de tonnes d'équivalent pétrole Cette unité est plus concrète que la Gigajoule 1 tep = 41,86 Gjoules = 11,68 MWh
3. Les données de cette section proviennent d'une communication de Luc Gillon à l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer de Belgique le 25 novembre 1994, sous le titre « L'équipement électronucléaire dans le tiers-monde et la prolifération »
4. Il est à noter que le transport intervient pour un dixième dans le coût de l'énergie électronique dans les conditions des Etats-Unis ou de l'Europe.

Innovation et qualité

INTRODUCTION

Au cours des V^{es} Journées Internationales de Technologie de Tunis (1), nous avons présenté une communication intitulée : « Quels ingénieurs en Europe pour l'an 2000 ? » et défini une formation idéale dont les ingrédients sont :

- une solide formation scientifique de base ;
- l'approfondissement d'une spécialité technologique ;
- la capacité d'adaptation et le goût de l'international ;
- l'art de la communication et de la négociation ;
- de l'humanisme et une grande culture ;
- l'esprit d'initiative et la capacité d'innovation.

Dans l'évolution des cursus, les deux derniers aspects paraissent les plus difficiles à mettre en œuvre et beaucoup d'efforts restent à faire pour la formation d'un ingénieur de qualité. Le problème se révèle crucial en Europe occidentale francophone (France et Belgique).

L'INNOVATION, CLÉ DE LA RÉUSSITE

L'Europe aurait pu avoir un Bill GATES, pour qui (2) : « il faut innover, toujours innover, voilà la clé de la réussite » ; mieux que quiconque, Bill Gates défend les auto-

routes de l'information qui vont changer notre vie et dont le secteur de l'éducation (classique ou ludique) tirera le plus grand profit ; grâce à elles, l'information sera illimitée et accessible à tous ; elle enrichira la culture et nos loisirs (cf. les travaux de la première table ronde de ce colloque).

Mais l'Europe est malade, l'Europe est fragile. Dans une interview récente, le grand diplomate et ambassadeur belge Jacques GROOTHAERT soutenait que « l'Amérique commence à ignorer et même à mépriser le Vieux Continent ; de même, l'Asie considère qu'elle n'a plus rien à apprendre de l'Europe et que c'est elle qui porte les vraies valeurs », une réflexion pessimiste sur les miroirs que le monde entier tend à l'Europe...

Dans son dernier et brillant essai (3), Claude ALLÈGRE reproche aux dirigeants d'entreprise de ne pas exploiter à temps les découvertes qui sont faites en France, parce que selon lui, ils ne bénéficieraient pas de formation à l'innovation ; la France et la Belgique, comme l'Allemagne, manquent en effet d'une culture tournée vers cette innovation.

Pour Donaat PANS, administrateur-directeur général d'Egemin (Schoten) : « comme une table ordinaire, l'entreprise repose sur quatre pieds : le kaizen (amélioration progressive constante de la qualité dans toutes les disciplines), la participation (gestion créative des ressources humaines), la flexibilité (philosophie de vie) et l'innovation (recherche de nouvelles combinaisons technologies-marchés) ».

Comme pour une table, l'entreprise sera déséquilibrée si un des pieds s'avère trop court ou disparaît. Le management moderne exige la capacité de faire travailler ensemble des gens de formation et de niveaux différents, de leur fixer des objectifs qu'ils acceptent et pour lesquels ils sont prêts à se défoncer. Répétons-le, diriger, c'est motiver. La bonne gestion d'une entreprise nécessite l'aboutissement de projets d'investissements innovateurs ; or, les trois étapes qui y conduisent sont la stimulation de la créativité, la réponse aux opportunités de marchés et le diagnostic de rentabilité des projets d'investissements. Pour l'entreprise, seule compte la valeur personnelle de l'ingénieur dans sa formation managériale qui vise la primauté de l'humain sur l'outil dans le domaine technologique.

Innover est synonyme de travail acharné. Or, nos étudiants d'aujourd'hui forment une population diversifiée et disparate non préparée aux exigences d'études longues et difficiles, réclamant des efforts intellectuels permanents. On en arrive même à proposer des « remédiations » en première année universitaire ! Le laxisme en matière d'éducation dans l'enseignement secondaire est lourd de conséquences...

Innovater est aussi synonyme de qualité. La norme européenne ISO 9000 n'est qu'un point de départ ; le kaizen (ou amélioration constante) est une condition sine qua non de succès qui fait partie de la culture d'entreprise, dans un climat de participation et d'ouverture.

D'où l'importance d'un changement d'objectifs dans la formation de nos ingénieurs. A la Faculté Polytechnique de Mons, les directives suivantes viennent d'être édictées :

- éviter que la formation ne dégénère en une information, mais faire en sorte qu'elle reste un entraînement (faire une place suffisante à l'application) ;
- respecter, dans le déroulement des études, le schéma dans lequel une formation purement scientifique précède l'enseignement du technique, mais donner aux étudiants l'occasion de faire eux-mêmes des approches vraiment scientifiques de problèmes vraiment techniques ;
- éviter de spécialiser les étudiants trop tôt (le besoin de spécialisation se fait sentir dans la carrière, dans des directions a priori imprévisibles) ;
- organiser les études de manière à les débarrasser progressivement, mais radicalement, du formalisme scolaire, pour donner le goût aux étudiants de l'apprentissage autonome et des analyses personnelles ;
- développer chez les étudiants, par une pédagogie appropriée, l'imagination qui est la quintessence de l'intelligence ;
- donner aux étudiants confiance en eux-mêmes, en élargissant les bases de leur jugement par des travaux multidisciplinaires, cette confiance en eux étant censée les débarrasser de la crainte d'entreprendre ;
- éclairer les études par des touches d'humanisme.

La mise en œuvre de cette méthodologie de la formation, développant davantage, chez les étudiants, l'esprit critique, la créativité et l'autonomie d'apprentissage, et qui rencontre, d'une manière générale, l'ensemble des objectifs énumérés ci-dessus, passe inévitablement par une réduction du temps consacré aux cours ex cathedra, puisqu'elle repose sur l'accroissement du travail personnel. L'augmentation progressive de la part réservée à ce dernier, au fil des années du cursus, doit aboutir à ce qu'en cinquième et dernière année, la moitié du temps disponible à l'horaire soit consacré à des travaux d'envergure suffisante (travaux de fin d'études, projets, travaux en groupes, exercices d'applications,...) pour que l'on puisse statuer, au travers des résultats, si l'étudiant a acquis les qualités de comportement reconnues indispensables.

Dans le cadre de l'ouverture, la Faculté encourage vivement ses meilleurs étudiants à participer au programme d'échanges européens TIME (Top Industrial Managers in Europe) avec obtention d'un double diplôme. Au fait, cette formule TIME ne pourrait-elle pas être étendue aux universités et grandes écoles francophones, non européennes, de haut niveau (Bac + 5) ?

Récemment, le Royal BACAS (Belgian Royal Academy Council of Applied Sciences) publiait les résultats d'une large enquête conduite dans les milieux industriels et consacrée à la formation des ingénieurs universitaires en Belgique. S'il y a unanimité quant au contenu et à l'efficacité des matières enseignées, les entreprises souhaitent toutefois que soient mieux pris en compte les techniques de communication et le comportement social dans la formation des ingénieurs. Elles insistent sur la connaissance des langues, des techniques de gestion et d'organisation et d'une créativité novatrice à vocation industrielle. La sensibilisation aux aspects « Sécurité » et « Protection de l'environnement » est mise en exergue. Notre Faculté s'y emploie. Elle a ouvert des maîtrises complémentaires en Management de l'innovation, en Gestion totale de la qualité ainsi qu'en Sécurité, Hygiène et Embellissement des lieux de travail.

SCIENCE, ÉTHIQUE, LANGUE ET CULTURE

Selon Claude Allègre (op. cit.), il est urgent de reconsidérer la place de la science dans la culture, de revenir à l'esprit de finesse par rapport à l'esprit de géométrie et de maîtriser la langue qui seule permet d'exprimer clairement sa pensée.

Nos collègues universitaires sont horrifiés par la multitude de fautes qui émaillent les rapports de travaux pratiques jusqu'aux mémoires de fin d'études, par la pauvreté du vocabulaire et l'indigence du style, par l'absence d'esprit d'analyse et d'esprit de synthèse. Les professeurs des premières années universitaires s'inquiètent de la faible capacité d'attention aux cours, comme au manque de savoir-vivre élémentaire.

Vous l'avez compris, nous plaçons pour un retour à plus de savoir, de culture, de discipline, d'émulation. Il est grand temps de réagir : notre responsabilité de décideurs, de parents, d'enseignants est engagée. Nous formons le vœu qu'écluse une nouvelle mutation sociétale, où nos jeunes puissent retrouver le goût de l'effort intellectuel prolongé et redécouvrir les vraies valeurs, les valeurs humaines perpétuelles, agréablement enrichies d'une florissante dimension audiovisuelle, déterminante pour la société, à condition que cette dimension audiovisuelle soit scientifique et culturelle plutôt que banalement ludique.

Selon nous, une Université en quête d'excellence ne peut être idéalement composée, des professeurs aux étudiants, que de gens de talent à la personnalité affirmée, cumulant les qualités suivantes :

- être curieux de tout et essayer de tout comprendre,
- être capables de construire avec imagination,
- susciter le dialogue et les collaborations,
- veiller à ne négliger aucun aspect du vaste domaine de la culture (sciences humaines et sciences exactes sont des aventures collectives où se joue la suprématie de l'esprit sur les choses).

A la mode dans le monde de l'entreprise, l'excellence envahit nos institutions et domine notre vie quotidienne. Pourtant si différents, le concept d'excellence et de réussite, de réussite rapide dans une société éminemment médiatique, sont méchamment confondus. Nous avons trop entendu ces derniers temps l'apologie du laxisme égalitaire et du pédagogisme contre l'excellence pour ne pas nous insurger. La réussite programmée est une duperie indigne de nos Universités.

Au sein d'une société galvaudée qui cherche intensément ses repères, face à une adolescence mal préparée aux obstacles de la vie, le monde universitaire continue à défendre les hiérarchies d'excellence par une multitude d'épreuves et d'examens, par une succession d'évaluations et de classements, de sélections. L'Université prépare aussi à la vie professionnelle, qui n'est que compétition, des épreuves d'embauche à la montée dans la hiérarchie. Certes on y encourage le travail en équipe, mais la compétition entre étudiants y reste le moteur essentiel, à travers la maîtrise du savoir et du savoir-faire, sans oublier le savoir-vivre. L'excellence n'est pas innée, elle résulte d'une école personnelle au-delà de ce qui peut s'enseigner.

Méfions-nous toutefois des critères de sélection ! La société européenne est figée, la sélection dans nos écoles d'ingénieurs se fait par les mathématiques (pour la simple raison que c'est la matière la plus facile à corriger de manière objective !) très tôt et de manière définitive ; il n'y a donc pas d'ascension continue (3). N'oublions jamais que l'être humain n'est pas qu'un nombre ; la réflexion philosophique et la culture générale, indispensables à la personne de qualité, n'ont que faire de la dictature des maths !

Le siècle qui s'annonce sera le siècle de l'intelligence, de la communication, de la psychologie collective. Le siècle des technologies (des nanotechnologies !) certes, mais avant tout le siècle de l'intelligence dans leur utilisation, soumise à l'indispensable dimension éthique.

Plus que jamais, la formation continue des ingénieurs se révélera indispensable, pas seulement en technoscience, mais en management de l'innovation et dans d'autres disciplines immatérielles.

De plus, se former ouvertement, être capable de changement, nécessite une large connaissance du monde dans lequel nous vivons ; l'enseignement des sciences requiert un nouvel état d'esprit qui inclut les aspects culturels de diverses civilisations.

L'avenir nous prépare un « cybionte » (4), un superorganisme en cours d'émergence, un homme en partenariat étroit avec le système sociétal qu'il a extériorisé à partir de son cerveau, de ses sens, de ses muscles, dans un écosystème en perpétuelle évolution.

Avons-nous songé à la formation de nos futurs ingénieurs en biologie, en cybernétique, à l'éthique non encore cernée ?

Professionnellement, ou simplement en tant que citoyen du monde, l'ingénieur de demain évoluera dans une technologie du type « informatique-informatique-communicationnel » (5). Le progrès par la culture s'impose dans un contexte de pensée systémique écologisée.

Face à cette mutation, les responsabilités de l'enseignant sont colossales ; le chef d'entreprise n'en a pas de moindres dans son engagement et ses prises de décisions. Nous avons tous des obligations envers l'avenir : l'avenir se prépare, l'avenir ne se programme pas.

Bien peu sont capables de transcender les problèmes, sortir de leurs soucis quotidiens et sacrifier leurs ambitions personnelles au sens du devoir, à l'intérêt général. Difficile d'échapper aux réalités du moment, d'écouter l'autre sans s'y identifier et n'avoir en tête qu'une socialité positive où l'éthique précède le politique, où la responsabilité dépasse la liberté.

Dans un monde qui leur semble sans projets, peut-on reprocher aux jeunes d'ignorer leurs devoirs et de ne croire qu'en leurs droits ?

A notre époque, le respect fait défaut. Respect de soi, respect de l'autre, respect de la pensée de l'autre ; respect des droits, de l'ordre, de la loi, de la vérité ; respect de la dignité de chacun, de la vie privée, de la présomption d'innocence ; respect de la personne dans sa différence, raciale ou autre. Tout commence dans le comportement, la tenue vestimentaire, le vocabulaire et les attitudes. On fume sans se soucier du voisin, on néglige la propreté,...

Sans doute ne devrions-nous pas généraliser, il y a toujours des étudiants aimables et polis. Mais comment certains éducateurs osent-ils affirmer que la politesse est un luxe, dans le climat de violence qui sévit dans certaines écoles ? La politesse est, au contraire, une qualité dont l'absence touche en premier lieu les exclus de la société, c'est « une

petite chose qui en prépare de grandes », d'après celui que nous considérons comme le plus grand philosophe contemporain et dont nous recommandons la lecture à tous nos étudiants ingénieurs (6).

S'il est un domaine légal où le mot respect revient fréquemment, c'est celui de l'enseignement. Comment s'en étonner ? L'enseignement est au carrefour des droits et des responsabilités, ceux de la chose publique, ceux des familles, ceux des étudiants ; c'est bien pourquoi il a souvent été l'enjeu d'âpres batailles politiques : respect des croyances, respect de la liberté de l'enseignement.

Le fond et la forme se complètent en toute chose, mal en prend à celui qui privilégie outrageusement l'un ou l'autre. Le savoir-vivre est une discipline à réapprendre.

Rappelons-nous la pensée du sage Confucius :

- « Plus de vertus naïves que de manières, tu es un rustre ;
- « Plus de manières que de vertus naïves, tu es un cuistre ;
- « Autant de manières que de vertus, voilà l'homme de qualité. »

Préparons nos étudiants à l'ouverture culturelle, à l'excellence, à la prise de responsabilités, au respect, à une vie professionnelle sereine mais en état de veille, afin qu'ils puissent répondre présents à toute sollicitation.

Références bibliographiques

1. V^{es} JIT de Tunis, Préparer les ingénieurs pour l'an 2000 : un défi du Nord et du Sud, 5-7 mai 1992, Tunis, colloque AUPELF-UREF, Montréal, 1993.
2. Bill Gates, « La Route du Futur », Robert Laffont, Paris, 1995.
3. Claude Allègre, « La Défaite de Platon », Fayard, Paris, 1995.
4. Joël de Rosnay, « L'Homme Symbiotique. Regards sur le Troisième Millénaire », Seuil, Paris, 1995.
5. Edgard Morin, Anne-Brigitte Kern, « Terre-Patrie », Seuil, Paris, 1993.
6. André Comte-Sponville, « Petit Traité des Grandes Vertus », PUF, Perspectives critiques, 1995.

Les nouveaux défis pour l'École nationale supérieure de génie civil de Hanoi

1. NOUVEAUX CONTEXTES, NOUVEAUX DÉFIS

Le Vietnam, après de longues années de guerres atroces, se trouve maintenant sur la voie de l'économie de marché. Au Vietnam on assiste à une époque où s'ouvrent de nouvelles possibilités, mais en même temps de nouveaux défis émergent dans tous les domaines de l'économie, dans les modes de vie... Tous ces changements ont des répercussions sur les Universités vietnamiennes dont l'École nationale supérieure de génie civil.

L'ENSGC est un établissement d'enseignement polyvalent qui forme des ingénieurs pour tous les domaines de la construction comme : Architecture, Bâtiment, Ponts et Chaussées, Construction hydraulique, Matériaux de construction,...

La guerre a dévasté de nombreuses agglomérations, des milliers de villages et des bourgs. On comprend facilement combien sont grands les besoins de construire de nouveaux bâtiments et de réhabiliter des anciens. En période de paix, avec le développement de l'économie nationale, le niveau de vie s'élève peu à peu, d'où surgissent de nouvelles demandes d'habiter correctement. A l'heure actuelle, dans la plupart des villes, on ne se contente plus de simples toits en chaume comme dans la période de guerre. On exige une maison avec un minimum de confort. De là, on comprend combien sont grandes les demandes tant en ce qui concerne l'esthétique intérieure et extérieure que les techniques sanitaires.

Quand on ne se soucie plus de la faim, on pense à envoyer ses enfants à l'école, puis à l'Université. C'est pourquoi, ces derniers temps, le nombre des étudiants ne cesse d'augmenter. De là, apparaissent les nouveaux défis pour « l'environnement physique » de l'Enseignement supérieur.

Avec les investissements des pays étrangers, sont apparues de nouvelles usines, et en même temps on voit émerger des hôtels. On a donc besoin de technologies modernes de construction de grands immeubles. Il faut également penser à sauvegarder ce qui est traditionnel, ce qui est national.

En un mot, on assiste au Vietnam à une époque d'expansion de l'enseignement supérieur, de réformes institutionnelles des universités pour s'adapter aux nouveaux contextes. Dans ce grand tourbillon de changements économique, l'Université où s'enseigne le génie civil est un des établissements les plus sollicités à cause de l'engorgement des infrastructures qu'on doit construire et à cause de l'importance qu'on prête au logement populaire.

2. DES MESURES POUR ATTÉNUER LES IMPACTS

1. Le premier défi auquel nous faisons face est le nombre d'étudiants qui ne cesse d'augmenter. Cet accroissement n'est pas adapté à celui des locaux de notre établissement. Pour satisfaire à ce besoin, nous devons construire de nouveaux bâtiments, organiser des cours à temps partiel et la formation à distance.

La formation à temps partiel est pour nous la forme la plus appropriée et la plus efficace, car, d'une part, elle n'est pas chère, d'autre part, elle répond bien aux besoins du personnel des usines et des chantiers. Elle est organisée dans les villes loin de Hanoi, elle économise les frais de transport et exploite les locaux et les laboratoires sur place. Elle favorise l'apprentissage des étudiants. Mais le contenu du programme de formation doit être sélectionné pour bien s'adapter au travail du lieu. Par exemple, à la cimenterie de Phu ly, nous avons organisé une classe de formation des ingénieurs de matériaux de construction. La formation à distance demande plus d'équipement et de fonds, elle est en voie d'application.

2. Ces derniers temps, on construit de plus en plus de grands immeubles avec des équipements sophistiqués. Ce sont des hôtels pour les touristes au centre des villes. Ce sont des usines de joint-ventures d'assemblage de matériel électronique ou d'automobiles...

La construction de ces immeubles exige une technologie de construction nouvelle surtout quand on implante une tour dans une rue à côté de vieilles maisons. De nouveaux défis apparaissent pour les enseignants dans la modernisation du contenu des cours. (Calcul et réalisation des fondations profondes...)

3. Le Vietnam est un pays tropical, le climat y est humide et chaud. Pour améliorer les conditions de vie dans les immeubles on a recours aux climatiseurs, c'est-à-dire à la

« technique dure », mais nous avons des expériences en architecture bioclimatique, et il nous semble qu'il faut étudier les « techniques douces ».

Le développement économique entraîne le développement de l'infrastructure et le développement de la circulation. La circulation dans la ville de Hanoi devient maintenant un des problèmes les plus cruciaux pour les décideurs de la ville. Elle constitue un des thèmes de recherches pour le département de l'Urbanisme.

A cause de la pluie et de l'humidité permanente, les moisissures apparaissent sur les façades des bâtiments. C'est aussi un défi pour les ingénieurs qui s'intéressent aux matériaux de construction. Le développement industriel va de pair avec la pollution de l'air et des cours d'eau. Les déchets augmentent et doivent être traités.

Notre Établissement a fondé un Centre de technologie de l'environnement où l'on étudie l'architecture bioclimatique, l'évaluation des teneurs en polluants et les moyens pour atténuer les impacts néfastes.

Tout ce qu'on vient de mentionner vise à montrer que les besoins de la production et de la vie journalière posent des problèmes à notre Université. Il faut les résoudre en insérant de nouveaux contenus et en actualisant les matières enseignées.

Les enseignants en architecture se doivent d'inculquer aux étudiants l'esprit de conservation de l'identité nationale afin d'éviter de courir après les tendances étrangères qui ne conviennent pas aux coutumes traditionnelles. C'est un défi très important dans un contexte où chaque jour il y a un afflux d'investissements et de touristes étrangers.

4. Dans le nouveau contexte, où l'État autorise l'enseignement supérieur privé, il y a naturellement une concurrence entre les Écoles d'ingénierie. Rien qu'à Hanoi, il y a déjà trois établissements de formation des ingénieurs du Bâtiment et d'Architecture. Face à cette situation, nous pensons qu'il faut éviter tout risque de « commercialisation ». C'est la qualité de l'enseignement qui doit l'emporter et qui doit asseoir le prestige de l'Université.

Quand on parle de qualité, on pense au corps enseignant. Notre École est une des plus anciennes universités, elle possède un grand nombre d'enseignants de qualité. Mais dans l'économie de marché, on constate que les autres Universités essaient d'inviter les bons professeurs de notre École. Pour limiter l'exode des enseignants, il faut penser aux conditions de travail, à la rémunération, à l'avancement et à la titularisation des enseignants.

La qualité va de pair avec les équipements des laboratoires et des bibliothèques...

mais tous ces besoins se heurtent à un obstacle budgétaire. Pour relever ce défi, il faut avoir recours aux frais d'études et à l'assistance des ONG. Outre ces mesures, on a fondé des Centres de recherche dans chaque Faculté. Ces Centres ont le droit de signer des contrats avec différentes organisations extérieures. Ce sont des lieux de recherches pour les enseignants, et d'apprentissage pour les étudiants. Ces Centres apportent aussi des revenus aux enseignants.

La qualité va également de pair avec la qualité des étudiants. Au Vietnam, on est en train de mettre sur pied une réforme de l'enseignement primaire et secondaire. L'accroissement de la qualité de l'enseignement dans les lycées contribuera certainement à celle de l'Université. Face à la multiplication des effectifs et des catégories des étudiants à accueillir, la solution évidente que nous avons prise consiste à diversifier les programmes. Par exemple, on élabore un programme pour les étudiants des régions montagneuses, et un programme de formation pour les dirigeants des entreprises de construction.

5. Pour relever les défis principaux que nous venons de mentionner, nous pensons que la méthode d'enseignement joue un rôle très important. Elle doit être changée pour s'adapter mieux aux nouveaux contextes d'une société en pleine fluctuation. Elle servira de levier pour améliorer la qualité de l'enseignement.

Pour que l'enseignement soit flexible, la meilleure façon est de remplacer les programmes d'études traditionnels par des « modules de connaissance », ou comme on dit « enseignements par crédits ». D'après cette méthode, on peut considérer l'Université comme une sorte de supermarché. Un étudiant, une fois admis à l'Université, doit déterminer quelle sorte d'ingénieur il souhaite devenir. Avec l'aide du conseiller agréé par l'Université, il doit élaborer un programme d'études. Avec ce système d'enseignement, l'étudiant agit à peu près comme une ménagère qui achète des légumes et des ingrédients pour préparer un plat.

Ce système encourage les bons étudiants, développe l'autonomie et la confiance en soi. En effet, un élève peut raccourcir le temps d'études en étudiant plusieurs crédits en même temps, il peut même suivre deux filières d'ingénierie. Dans ce système, outre les crédits obligatoires, il y a des modules à option. Cela facilite l'adaptation des connaissances des étudiants à la réalité de la vie productrice.

Il y a deux ans, deux Facultés de notre Université ont fait des expériences pilotes, cette année on va élargir le système à toute l'Université. Nous savons qu'il y aura des difficultés dans la réalisation, mais il n'y a pas d'autres choix, en tenant compte des changements multiples dans la production et en tenant compte de la régionalisation de l'enseignement. Ce système favorise les échanges et la compétitivité dans le domaine de la formation et de la recherche au sein des pays d'Asie.

6. Nous essayerons de relever les défis pour l'enseignement de notre École, mais nous avons des difficultés dans :

- la gestion, lors de l'application du nouveau système d'enseignement par crédits;
- le manque de fonds pour la modernisation des laboratoires et des bibliothèques ;
- le perfectionnement de la qualité des jeunes enseignants.

Pour apporter à ces questions des réponses indispensables, nous devons déployer beaucoup d'efforts, mais nous n'oublierons pas de profiter des expériences et de l'assistance des Universités des pays développés, en particulier celles qui œuvrent dans le consortium de l'AUPELF-UREF. Nous pensons que les Universités au Cambodge et au Laos rencontrent les mêmes défis et les mêmes difficultés. C'est pourquoi nous souhaitons qu'il y ait des occasions pour échanger des expériences en vue de trouver des solutions efficaces à ces défis et à ces difficultés.

Formation des futurs ingénieurs : quelques pistes de réflexion

« Si une des fonctions premières de l'Université est de former à l'exercice des professions, la spécificité de l'enseignement universitaire est bien d'assurer cette mission par le moyen d'une formation scientifique et culturelle large dont l'objectif est de permettre aux étudiants de dominer la pratique professionnelle mais aussi de l'inventer. Dans la formation d'un ingénieur, par exemple, l'idéal est de former autant à l'élaboration des technologies qu'à leur application ou à leur évaluation à partir de paramètres culturels, économiques et sociaux. La formation scientifique censée développer des capacités de création et de conception doit nécessairement s'accompagner d'une formation culturelle dont l'objectif serait de permettre à l'étudiant de resituer sa pratique dans un univers de sens et dans un ensemble de relations sociales » (Molitor, 1992).

1. PRÉAMBULE

La présente communication s'inscrit dans le cadre d'une réflexion entamée depuis plusieurs années au sein de la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université Catholique de Louvain. Elle met (ou remet...) sur la table quelques pistes de réflexion qui, nous l'espérons, pourront contribuer à alimenter un débat aboutissant à des actions concrètes.

2. LE CONTEXTE

Jusqu'au 19^e siècle, une éducation approfondie était essentiellement le privilège d'une minorité. Par la suite, l'avènement d'une société industrielle chaque jour plus avancée nécessita la formation d'un nombre croissant d'ingénieurs ayant acquis à la fin de leurs études un ensemble bien structuré de connaissances à mettre en œuvre tout au long de leur carrière professionnelle.

Actuellement, l'avènement d'une société complexe, post-industrielle à évolution technologique rapide exige versatilité et flexibilité : le temps où suffisait l'apprentissage d'un ensemble de lois, de méthodes et de techniques est définitivement passé ! La formation donnée à nos étudiant(e)s doit être constamment adaptée de manière à répondre à la véritable révolution culturelle que nous vivons !

3. LES NOUVELLES CONDITIONS DE TRAVAIL DES INGÉNIEURS

« Beaucoup de chefs d'entreprises le reconnaissent : une formation trop spécialisée ou d'un caractère trop exclusivement technique ne représente pas la formation idéale, même du point de vue de l'entreprise. Ce dont les entreprises, comme d'ailleurs plus généralement la société ont besoin, c'est d'individus possédant une solide formation générale, la capacité d'apprendre et de s'adapter, le goût aussi de la découverte et de la nouveauté » (Ruberti, 1994).

1) Le temps d'une carrière linéaire, où l'ingénieur restait pendant 30-40 ans dans la même entreprise, semble être révolu ; les interruptions de carrière - avec ou sans recyclage/formation continuée - vont s'accroître ; les changements d'orientation aussi...

2) Vu l'évolution du marché de l'emploi, de plus en plus d'ingénieurs seront amenés à créer et à gérer leur propre entreprise, à « décrocher » des contrats, à établir des « joint ventures » avec d'autres partenaires, etc.

3) Les demandes et offres d'emploi vont s'internationaliser davantage : les ingénieurs travailleront davantage au sein d'équipes internationales, pluriculturelles et multilingues, associations momentanées autour d'un projet...

4) L'« attractivité » d'un ingénieur universitaire sur le marché de l'emploi dépendra tout autant - si pas davantage - de sa capacité à générer des projets porteurs, tant aux niveaux économique que social, que de sa capacité à résoudre des problèmes techniques qui lui seront posés par la direction.

5) La société demandera à l'ingénieur d'être davantage un « visionnaire », capable « de voir juste et loin (...) grâce à une capacité d'analyse en profondeur et dans une perspective économique et sociale plus globale » (Maystadt et Aubry, cités dans Crochet, 1994). L'ingénieur devra avoir la lucidité d'investir suffisamment tôt dans des activités qui ne porteront leurs fruits économiques et sociaux que plus tard.

6) L'ingénieur des prochaines décennies sera étroitement associé à l'invention d'un modèle d'« entreprise citoyenne », c'est-à-dire de l'entreprise davantage prête que par le passé à assumer ses responsabilités sociales et environnementales.

4. QUELLES RÉPONSES UNE ÉCOLE D'INGÉNIEURS PEUT-ELLE APPORTER À CES NOUVELLES CONDITIONS ?

« Là où la tendance (à la formation professionnelle) est la plus marquée, les programmes sont lourds, parfois surchargés d'acquisition de savoir-faire, au détriment d'apprentissages plus spéculatifs qui laisseraient davantage d'espace à l'apprentissage de l'autonomie intellectuelle. Souvent, tout se passe comme si notre crédibilité d'enseignants était exclusivement liée à la transmission d'un savoir exclusivement technique » (Molitor, 1992).

Nous présentons ci-dessous quelques réponses possibles émises sous la forme de « pistes de réflexion ».

1^{re} piste : Accroître les travaux multidisciplinaires intégrés.

« Spécialiste dans son domaine, l'ingénieur devra être à même de dialoguer et de collaborer avec les spécialistes d'autres disciplines et, plus encore, de faire jouer au mieux les articulations entre ces disciplines. C'est seulement de cette manière que les défis du 21^e siècle pourront être relevés » (Bureau FSA, 1993).

Proposition : Au cours des études, analyser la réalisation d'un produit (ou d'un service) depuis sa conception jusqu'à sa commercialisation au sein de groupes de 4-5 étudiants issus de différents départements ou facultés (sciences appliquées, sciences économiques, gestion des entreprises, sciences de la communication, sciences sociales,...).

Note : Divers universités et instituts polytechniques ont créé, ces dernières années, des « Centres d'études interdisciplinaires » tels que le « Zentrum für Interdisziplinäre Techniforschung, de l'Université de Darmstadt (Zentrum für Interdisziplinäre Techniforschung, 1994) en Allemagne et le « Interdisciplinary Center » de l'Université Technique du Danemark.

2^e piste : Apprendre davantage aux futurs ingénieurs à communiquer de manière efficace.

Il faut le reconnaître : la plupart des étudiants-ingénieurs communiquent mal aussi bien par écrit que par voie orale. Une grande priorité doit être donnée au comblement de cette lacune par l'introduction d'une formation spécifique et à caractère professionnel.

Propositions :

1) Organiser un ensemble de séminaires pratiques placés sous la supervision de spécialistes de la communication et durant lesquels les étudiants seront mis en situation de communication efficace (petits groupes pluriculturels et/ou pluridisciplinaires et/ou « plurilingues » ayant pour tâche de produire, en un temps limité, une réflexion commune et cohérente sur un sujet proposé par les animateurs). Durant ces séminaires, les étudiants seront initiés à l'utilisation efficace de divers médias de communication à distance tels que : messagerie électronique, fax, communication graphique.

Une importance particulière sera donnée à la rédaction de rapports et de projets ainsi qu'à leur présentation orale avec et sans moyens audiovisuels ;

2) Accroître la participation des étudiants à l'enseignement : organisation de séminaires rattachés aux cours et gérés par les étudiants avec la présence de l'enseignant et avec la possibilité d'être crédité en tant que « séminaire de communication du savoir » (AGL, 1993).

3^e piste : Accroître les capacités de créativité et d'innovation, de raisonnement autonome, d'autoapprentissage.

Au vu de ce qui est écrit ci-dessus, il semble assez évident que la part de temps consacrée à l'enseignement « ex cathedra » doit être réduite au profit du temps consacré à l'accroissement des capacités de créativité, d'innovation, de raisonnement autonome, d'autoapprentissage, d'initiative.

Propositions :

1) Intensifier ou même généraliser l'apprentissage par projets dans le cadre de cours regroupés eux-mêmes en « matières ». Cette forme de pédagogie permet, mieux que toute autre forme, de confronter l'étudiant à : l'existence de plusieurs solutions, de plusieurs critères de performance, de critères qualitatifs non quantifiables ; la remise en cause de l'additivité de solutions partielles, l'évaluation des diverses solutions, la génération de solutions alternatives par des techniques intuitives et logiques, etc. (Kjersdam, 1994 ; Dijk et al, 1989). De plus, cette forme de pédagogie permet le travail en équipe et va dans le même sens que les propositions précédentes ;

2) Initier les étudiants aux techniques de développement de la créativité par l'organisation de quelques séminaires pratiques animés par des spécialistes dans ce domaine (« brainstorming », etc.) ;

3) réaliser le développement intégré d'un produit en étudiant les différentes phases : R/D, développement du procédé de fabrication, commercialisation, recyclage et/ou récupération (Hartzheim, 1989) ;

4) diminuer le temps consacré aux cours « ex cathedra » au profit de l'utilisation de moyens audiovisuels individuels modernes avec supervision par les enseignants ;

5) encourager une participation plus active des étudiants aux cours en pratiquant la formule dite « du tiers-temps appropriatif » : le temps de présence en salle de cours est réduit d'un tiers afin que l'étudiant puisse prendre préalablement connaissance de la matière à l'aide du support pédagogique, la présence en salle étant alors consacrée aux questions des étudiants ainsi qu'aux commentaires de l'enseignant (AGL, 1993).

4^e piste : Accroître la capacité d'intégrer les dimensions sociales, culturelles, éthiques, économiques, écologiques et du développement soutenable lors de la recherche de solutions possibles à un problème posé.

Il n'est probablement plus nécessaire de se convaincre que la société exigera du futur ingénieur qu'il soit davantage attentif que par le passé à intégrer les dimensions sociales, culturelles, écologiques, etc. dans les décisions qu'il prendra au cours de sa vie professionnelle.

Proposition : A défaut de pouvoir intégrer réalistement les dimensions citées ci-dessus dans les différents enseignements et travaux demandés actuellement aux étudiants-ingénieurs, nous pensons que, à l'instar de ce qui se fait dans un nombre grandissant de facultés d'ingénieurs (Jenkins, 1992 ; SEFITALIA, 1989), il faut généraliser l'instauration d'un séminaire de « sciences humaines » dans lequel les aspects suivants devraient être développés : analyse des interactions entre la technique, la société et l'environnement - la place de la technique dans la société - l'impact des techniques sur les cultures : les concepts de progrès, de croissance, de développement, de développement soutenable - la dynamique économique du choix des techniques - l'impact du choix des techniques sur la distribution des richesses - l'éthique du risque technologique, etc.

L'auteur de la présente communication a créé un tel séminaire intitulé « Ethique, technique et environnement » à l'intention des étudiants-ingénieurs inscrits en deuxième année d'études. Ce séminaire est coanimé avec un spécialiste des questions d'éthique issu des facultés de sciences humaines et une courte description en est donnée en annexe du présent document.

5^e piste : Accroître la capacité d'appréhender globalement une matière.

Le système d'un examen par cours accentue une vision parcellisée des matières chez l'étudiant alors qu'il devrait au contraire être stimulé à créer des ponts entre les différents cours qu'il suit.

Proposition : Évaluer les acquis relatifs à l'ensemble des cours appartenant à un même domaine lors d'un examen unique à présenter devant l'ensemble des titulaires qui les ont enseignés.

6^e piste : Accroître la capacité de travailler en équipe.

La plupart des étudiants-ingénieurs sont mal préparés au travail en équipe qui demande tolérance à la critique, reconnaissance d'échelles de valeurs différentes, volonté de mettre en commun, dialogue, capacité d'écoute active, etc. (de Woot, 1994).

Proposition : Les pistes de réflexion 1, 2 et 3 proposées ci-dessus se prêtent bien au développement de la capacité du travail en équipe. On peut également suggérer l'organisation d'un séminaire-atelier animé par un spécialiste des questions de négociation, de médiation, de « leadership » et de prise de décision.

Références bibliographiques

- AGL (1993). « Comment former des intellectuels universitaires ? », Propositions de l'AGL, Assemblée Générale des Etudiants de Louvain-UCL, 1, rue J.D. Redouté, 1348 Louvain la Neuve, Belgique.
- Bureau FSA (1993). « L'ingénieur et sa culture dans un monde en mutation rapide : croquis d'ambiance », Annexe SB 269/3.3., Secrétariat FSA 1, rue Archimède, 1348 Louvain la Neuve, Belgique.
- CROCHET M. (1994). « Présentation de Monsieur Jean Gandois », Séance de remise du titre de Docteur Honoris Causa, Secrétariat FSA, 1, rue Archimède, 1348 Louvain la Neuve, Belgique.
- DE WOOT Ph. (1986). « Les nouveaux dirigeants », L'Entreprise et l'Homme, n° 5.
- DE WOOT Ph. (1994). « Les nouveaux défis de l'ingénieur », conférence présentée lors du Conseil de la Faculté des Sciences Appliquées de l'UCL du 24 octobre 1994.

- DIJK W.J. et al (1989). « Interdisciplinary study projects - education and practice », in Proceedings of the SEFI annual conf., Naples, September 1989, pp. 117-122.
- GIOT M. (1994). « Présentation du Professeur A. Ruberti », Séance de remise du titre de Docteur Honoris Causa, Secrétariat FSA, 1, rue Archimède, 1348 Louvain la Neuve, Belgique.
- HARTZHEIM S. (1989). « How to prepare engineers for integrated product development », in Proceedings of the SEFI annual conf., Naples, September 1989, pp. 173-178.
- JENKINS H.M. and Hudspith R.C. (1992). « The New Engineering and Society Programme at McMaster University », Proc. of the Canadian Conf. on Engineering Education.
- KJERSDAM F. (1994). « The Aalborg Experiment : Project innovation in university education », Aalborg University Press, Aalborg, Denmark.
- MOLITOR M. (1992). Allocution prononcée lors de l'inauguration de l'Institut d'Administration et de Gestion de l'UCL, Louvain la Neuve, Belgique.
- RUBERTI A. (1994). Conférence faite à l'occasion de la remise du titre de Docteur Honoris Causa, Secrétariat FSA, 1, rue Archimède, 1348 Louvain la Neuve, Belgique.
- SEFITALIA'89 (1989). « New roles for the engineer in a changing world : demands on engineering education », Proceedings of the SEFI annual conf., Naples, September 1989.
- Zentrum für Interdisziplinäre Technikforschung (1994). « Jahresbericht 1993 », Technische Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Allemagne.

Annexe

Séminaire d'éthique, technique et environnement

L'objectif de ce séminaire qui comporte 7 conférences-débats et 30 heures de travaux dirigés consiste à introduire les étudiants aux problématiques issues des interactions entre la technologie, la société et l'environnement et à en souligner en particulier les enjeux éthiques.

Les 7 conférences-débats sont axées autour des 5 thèmes suivants :

1) Prise de conscience, à l'aide d'exemples, de la nature et de la complexité des problèmes issus des interactions entre la technique, la culture, l'économie, la société et l'environnement,... La place de l'ingénieur, doublement concerné, en tant qu'homme/femme, et en tant que « producteur » de techniques.

2) Interactions technique-société-culture : l'impact des technologies sur les cultures et vice versa ; les concepts de progrès, de croissance et de développement dans diverses cultures, le concept de « modernité », être « informé », être « en relation », etc.

3) Interactions technique-société-économie : le rôle central du système économique et sa mondialisation (multinationales) : la dynamique économique du choix des techniques, impact des choix techniques sur la distributions des revenus, richesses et ressources.

4) Réflexions sur les enjeux éthiques : éthique sociale, éthique des affaires, éthique environnementale. Justice distributive, justice entre générations, respect de la nature, intégrité morale et exigence de profit, éthique du risque technologique.

5) Réflexion sur la mise en œuvre de solutions aux problèmes issus des interactions technique-société-environnement . prise de conscience de la multiplicité des acteurs/décideurs, de leurs objectifs et priorités, des contraintes et rapports de forces auxquels ils sont soumis.

Les travaux dirigés consistent en l'analyse par les étudiants, répartis en petits groupes de 4 à 5 personnes, d'exemples de problématiques telles que : informatique et atteinte à la vie privée, emploi et respect des réglementations environnementales dans les entreprises, recherche spatiale dans le Nord et sous-développement dans le Sud, équité dans la consommation des ressources non renouvelables dans le monde, l'industrie de l'armement et la paix dans le monde,...

Ces travaux font l'objet d'un rapport écrit et d'une présentation orale publique au cours de laquelle les étudiants sont invités à défendre leur point de vue sur ces problématiques. Il ne s'agit en aucun cas de trouver des « solutions » immédiates aux « problèmes » proposés mais bien de définir sa position et d'être capable de la défendre face à un auditoire diversifié.

Nouvelle approche dans la formation de l'ingénieur de demain

1. INTRODUCTION

Avec la globalisation de l'économie qui s'est mise en marche de façon irréversible, le monde du commerce dans son ensemble permet ainsi l'accès des petites et moyennes entreprises (PME) à ce grand marché qui était jusque-là réservé aux grandes multinationales. John Naisbitt, dans son livre intitulé « Global Paradox », avance que plus l'étendue de l'économie mondiale est grande, plus seront puissantes les PME. Ceci est rendu possible grâce aux derniers développements dans le domaine des communications qui peuvent ainsi permettre aux PME d'avoir un avantage certain sur les grosses entreprises de par leur flexibilité et des frais généraux relativement moins chers. Mais pour pouvoir réussir, il leur faut être compétitives et la compétitivité est fonction de la capacité de l'entreprise d'innover et d'améliorer son système de production qui à leur tour veulent dire investissement, comme le démontre si bien Michael Porter dans son livre intitulé « La compétitivité des nations ». Ainsi les grosses boîtes sont très conscientes aujourd'hui de l'importance de se déconstruire et de se restructurer, à l'image de AT&T, Honda, Benetton, etc. qui seront appelées à être les plus compétitives. On note déjà que 50 % des exportations des Etats Unis d'Amérique sont produites par des compagnies qui n'emploient pas plus de dix personnes. La même tendance subsiste en Allemagne.

Dans ce processus de compétitivité, les facteurs clés sont, entre autres, investissement dans une technologie plus performante qui veut aussi dire une intégration plus soutenue des ingénieurs dans ce processus car on ne peut dissocier technologie de l'ingénieur surtout quand on parle de la haute technologie. Il y va de la conception, du choix, de la négociation, du transfert, de l'installation, de l'entretien de cette technologie. Quand on réalise la gravité du désastre financier et autre que peut causer à une entreprise une technologie non appropriée, le rôle de l'ingénieur prend alors toute son importance.

Mais il faut réaliser que :

- les ordinateurs de nos jours ont déjoué les anciennes conventions de propriété, conception, production, et d'identité nationale et de ce fait on peut avoir un produit fini qui est monté des pièces faites dans différentes parties du monde,
- la technologie devient très vite obsolète et dépassée,
- et qu'une grande partie des technologies qui seront utilisées à la fin de l'an 2000 ne sont peut-être pas encore développées

Ainsi des questions sont posées quant au profil d'ingénieur dont on aura besoin dans nos industries de demain et du type de formation qu'il faudra dispenser à cette nouvelle génération d'ingénieurs.

2. TYPE D'INGÉNIEUR

Si aujourd'hui on parle de l'autoroute et du pouvoir de l'information, c'est grâce à des développements extraordinaires de ces dernières années dans le domaine des communications et de l'informatique. Donc d'un côté il faut qu'il y ait accès à l'information qui à son tour nécessite toutes les infrastructures technologiques nécessaires, et de l'autre il faut pouvoir maîtriser, interpréter et utiliser cette information de façon rationnelle pour pouvoir décider, concevoir, produire et vendre des produits de qualité à des coûts raisonnables tout en respectant les délais de livraison. Encore une fois, l'ingénieur se voit au centre de tout ce processus industriel.

Mais pour maintenir cette compétitivité tant décriée dans ce nouvel ordre de commerce international, on a besoin d'avantage d'ingénieurs qui sont :

Proactifs et visionnaires : c'est-à-dire ne pas attendre les événements avant de prendre des décisions et de réagir en conséquence. C'est là une des qualités des leaders et Dieu sait si on a besoin d'ingénieurs qui sont de vrais leaders. Il faut qu'ils aient des initiatives et soient en mesure d'apporter des idées et des innovations à leurs entreprises qui leur permettront d'avoir des atouts principaux et de se démarquer des autres. Donc l'ingénieur de demain doit être un leader et un bon entrepreneur.

Flexibles : l'ingénieur doit être en mesure de s'adapter en vertu des différentes situations auxquelles il aura à faire face : soit un changement de méthode de production, un nouveau style de gestion de ressources humaines, une nouvelle technologie, un nouvel environnement de travail, etc.

Capacité de lire, apprendre et comprendre vite : comme mentionné plus haut, la technologie devient très vite dépassée. Ce qui fait que la technologie que l'ingénieur a apprise à l'université devient obsolète rapidement. Donc il doit pouvoir garder le contact et suivre l'évolution de la technologie en lisant beaucoup, apprenant et comprenant vite pour ne pas devenir lui-même un dinosaure.

Capacité de travailler en groupe : le nouveau concept de « Total Quality Management » que toutes les entreprises sont appelées à connaître exige une intégration totale de tout le personnel d'une organisation dans les affaires de l'entreprise, en partant du directeur jusqu'au plus petit employé. D'ailleurs tout problème est pluridimensionnel et mérite une attention en groupe pour y trouver une solution.

Capacité de communiquer : La communication dans une entreprise est ce que le sang est dans le corps humain. Elle permet de trouver une réponse rapide et aide à créer une ambiance moins stressante et performante. Donc un ingénieur qui est appelé à être un leader doit pouvoir communiquer facilement.

Ce sont là quelques traits, non moins exhaustifs, que doivent disposer nos ingénieurs de demain s'ils veulent pouvoir réussir pleinement dans la vie de leur entreprise.

3. LE CHOIX DES FORMULES, D'INSTRUMENTS ET DES MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT

Une formule d'enseignement constitue un cadre organisationnel à l'intérieur duquel différents outils et techniques sont appliqués dans un ordre préétabli en vue d'atteindre l'objectif didactique. Le choix de la formule, par conséquent, commence par une analyse réfléchie des objectifs.

Il y a eu sans aucun doute une évolution graduelle des formules pédagogiques à l'Université de Maurice, plus particulièrement à la Faculté d'ingénierie. Avec le progrès et le développement du pays les objectifs ont changé. Mais les formules d'enseignement n'ont pas changé à la même vitesse que le progrès du monde extérieur.

Une nouvelle approche pour la formation et l'attitude des ingénieurs s'avère donc nécessaire pour qu'ils puissent s'épanouir pleinement et développer ces qualités mentionnées plus haut. L'enseignement de la créativité est donc de mise et il est essentiel qu'il y ait :

- accroissement du travail personnel des élèves ;
- constitution de banques de projets ;

- amélioration de l'environnement général de l'appareil de formation ;
- encouragement à diverses initiatives (enseignement en alternance, création de cycles spécifiques pour la formation continue).

Il y a un principe important concernant l'étude de l'enseignement de la connaissance : pour être bien apprise, la connaissance doit être pertinente pour celui qui l'apprend. Nous devons, de ce fait, nous assurer en premier lieu que ce que nous souhaitons qu'une personne apprenne soit important à ses yeux.

Une bonne pratique pédagogique consiste à présenter la connaissance de telle sorte qu'elle mette en relief et souligne sa pertinence à l'égard des besoins, des attentes et de l'expérience antérieure de celui qui apprend. Lorsque les différentes matières sont enseignées il est souhaitable de voir les connaissances retenues dans les mémoires et il est primordial de les rattacher les unes aux autres plutôt que de les présenter de façon décousue. Il est plus facile de se souvenir et de comprendre le pourquoi des choses quand on voit que les unes ou les autres tiennent ensemble logiquement, soit dans le temps, soit dans l'espace, soit tout simplement parce qu'elles comportent des éléments communs et donc se renforcent. L'ensemble doit être cohérent.

Il y a plusieurs voies et moyens pour la présentation efficace de la connaissance. Les méthodes et moyens qui sont en utilisation à l'Université de Maurice et ceux qui pourraient être employés sont décrits ci-dessous.

4. MÉTHODES ET MOYENS UTILISÉS

Actuellement à l'Université de Maurice, la méthode pédagogique la plus courante est la conférence qui est dirigée par un maître de conférences face aux étudiants assis en plusieurs rangées. Et ça se passe d'année en année. A l'instar de toutes les autres techniques de communication, la conférence comporte des avantages et des inconvénients.

Une grande quantité de connaissances peuvent être transmises en un temps relativement bref. Mais de l'autre côté, la matière faisant l'objet de la conférence n'est pas en général bien retenue dans la mémoire et l'auditoire est assez passif. Cette méthode semble rigide et pourrait être rendue plus flexible.

Aussi l'étudiant ne connaît pas d'autres formes d'organisation ou les problèmes dus à un changement d'un type d'organisation à un autre. Il ne reçoit pas de formation d'une organisation flexible et versatile.

Une autre méthode utilisée est le travail pratique en laboratoire. Les étudiants ap-

prennent à effectuer eux-mêmes des exercices pratiques, ils peuvent acquérir de l'expertise et avoir des résultats qu'ils ont à expliquer et à interpréter. Mais encore une fois ils sont cantonnés dans un même groupe d'étudiants du début à la fin de l'année.

Le stage ou apprentissage est aussi une autre technique qui est employée à la Faculté d'ingénierie. Cette méthode est axée en premier lieu sur les individus. L'objectif consiste à faire acquérir à l'étudiant le savoir-faire et à le former dans une entreprise. Le stage ou l'enseignement du savoir-faire est la technique par excellence pour le développement des compétences de l'ingénieur dans l'accomplissement de ses tâches. Mais ici, la durée du stage est sujette à discussion.

Les moyens utilisés sont des matériaux pédagogiques (livres, ouvrages), des équipements et aussi les auxiliaires visuels. Mais il n'y a pas suffisamment de livres ou d'ouvrages de références à la bibliothèque et ceci est un handicap majeur pour l'enseignement.

En ce qui concerne les équipements pour les travaux pratiques, ils coûtent de plus en plus cher. Mais actuellement dans le sillage d'un emprunt de la Banque mondiale, l'Université de Maurice est en mesure d'investir davantage dans l'achat des équipements pour se remettre à l'avant-garde de l'ère de la nouvelle technologie.

Les auxiliaires visuels utilisés sont essentiellement des transparents et parfois des diapositives.

5. MÉTHODES ET MOYENS NOUVEAUX

Une technique pédagogique qui devrait être utilisée plus fréquemment est la discussion en groupe. Cette méthode encourage l'échange de réflexions, d'idées et d'opinions entre plusieurs élèves.

Les discussions en groupe sont moins rigides que des conférences. Il y a moins de déficiences dans les rapports professeur-élèves.

Une discussion bien menée ou guidée par un professeur avec l'aide des techniciens ou élèves en année finale permettrait d'atteindre les objectifs suivants :

- développer le sens critique et la pensée créatrice des étudiants ;
- développer leur sens de la responsabilité ;
- développer leur sens de la coopération et du travail en groupe ;

- repérer et encourager des leaders en puissance.

Le débat pourrait aussi être utilisé pour encourager davantage l'esprit critique de l'étudiant. Pourquoi pas des sessions de travaux avec deux ou trois professeurs au lieu d'un seul. Il suffirait de trouver de nouvelles méthodes plus stimulantes et instructives.

L'introduction des débats, discussions et travaux pratiques thématiques dans la formule d'enseignement aiderait à rendre les étudiants plus versatiles. Et des stages, des travaux pratiques en groupes d'étudiants qui se changent constamment, des séminaires et autres ateliers de travail, démonstrations et travaux pratiques pourraient compléter cette formule.

Pour ce qui est des moyens pédagogiques, les équipements audiovisuels ne sont pas beaucoup utilisés. Une conférence peut être rendue plus intéressante par des démonstrations avec l'aide d'équipements audiovisuels.

On pourrait aussi exploiter la vidéo qui donne un objectif aux présentations orales, donne des feed-back (rétroactions) instantanées et développe une confiance accrue.

On ne peut ignorer l'informatique et l'aide précieuse qu'elle peut apporter à l'enseignement surtout à travers le système multimédia et les disques compacts.

Il y a aussi des centres, tels que le SYFED, nous donnant accès aux banques de données internationales. Ceci permet le décloisonnement des enseignements, des chercheurs et aussi des élèves.

Il y a toute une nouvelle dimension à explorer et exploiter avec les réseaux électroniques. La communication par voie électronique, le e-mail et l'Internet est aussi disponible mais pas utilisée par les étudiants. Ceci permettrait à ces derniers de correspondre rapidement et ainsi de réduire la distance entre notre île et le monde extérieur. Ceci leur permettrait de s'ouvrir au monde et vice versa.

6. CURSUS

Jusqu'à présent, à l'Université de Maurice, les changements portant au cursus de la formation d'ingénieurs ont été graduels et par étapes. Nous changeons constamment le programme de formation en introduisant de nouvelles méthodes de pédagogie, une formation à base de modules, un nombre grandissant de stages effectués en entreprises ainsi qu'une meilleure maîtrise de l'expression et de la communication.

Toutefois comme mentionné plus haut, l'ingénieur de demain aura à faire face de plus en plus à un monde innovateur muni des plus hautes technologies, un monde compétitif sans oublier la prise en compte de la globalisation de l'économie.

Une restructuration du programme de formation s'avère donc aussi nécessaire à plusieurs niveaux : le stage de formation, le projet de fin d'études, tout en apportant des matières additionnelles telles que l'économie mondiale, une ou deux langues étrangères, l'environnement.

6.1 Stages de formation

La coopération entre l'Université et l'industrie est marquée par le stage de formation des ingénieurs. Le stage industriel permet aux élèves ingénieurs de confronter leurs connaissances avec les réalités industrielles.

Plusieurs universités préconisent au minimum un stage industriel dans la formation d'ingénieur. A l'Université de Maurice, un stage d'une durée d'une année se fait avant la dernière année d'étude. Toutefois, n'est-il pas préférable d'avoir des stages de courte durée à plusieurs niveaux ?

- Stage d'observation après la première année pour comprendre les rouages des entreprises.
- Stage technique après la deuxième année pour préparer l'ingénieur au monde du travail et faciliter son insertion future dans la vie professionnelle.
- Stage ingénieur entre la 3^e et la 4^e année pour réaliser un projet industriel et aussi contribuer à promouvoir l'entreprise.

Ces stages, ou une partie de ces stages, devraient se faire nécessairement dans une PME pour que l'étudiant ingénieur puisse maîtriser les rouages de fonctionnement de ce dernier. De ce fait, la PME pourrait bénéficier de l'apport de l'Université tout en incitant le futur ingénieur à développer un esprit d'entrepreneuriat plus poussé.

6.2 Projet de fin d'études

Le projet de fin d'études a pour but d'amener un « esprit recherche » aux élèves. Il constitue un travail qui permet à l'étudiant, après le stage industriel, de renouer avec les réalités techniques du monde de l'industrie et de la recherche. A la Faculté d'ingénierie à l'Université de Maurice, ce projet est fait individuellement en année finale.

Le travail d'un ingénieur comprend généralement un aspect pluridisciplinaire et il est amené, dans la plupart des cas, à travailler en équipe avec d'autres personnes ; ingénieurs, financiers aussi bien que sociologues. Ainsi, nous pensons que le projet de fin d'études devrait être fait par groupe de 4-5 personnes pour créer cet esprit d'équipe.

Aussi, le projet devrait débiter dès la première année où l'étudiant sera amené à identifier un produit, faire une étude de marché qui va déboucher sur la conception complète et la production de ce produit en année finale.

Et pourquoi pas des prix en argent aux meilleurs projets qui vont permettre à certains de démarrer leur propre entreprise ?

6.3 Économie mondiale

Les connaissances scientifiques et technologiques ont joué et jouent toujours dans la vie des ingénieurs. Cependant, de solides connaissances dans le domaine de l'économie, du marketing, de la qualité, de la stratégie d'entreprise doivent être intégrées pour que les élèves puissent être en mesure de raccorder leurs compétences technico-scientifiques avec non seulement les objectifs économiques de l'entreprise mais aussi les tendances économiques du monde entier.

Il doit apprendre à traduire en coûts les divers éléments de la technique afin d'évaluer la rentabilité économique d'un projet, d'une installation. Aussi, l'ingénieur peut être amené à créer sa propre entreprise et même à créer des filiales à l'étranger, d'où l'importance des sujets tels que l'environnement et la méthodologie de la création d'entreprise, la sociologie de l'entreprise, exportation, développement international et transfert de technologie.

Dans plusieurs entreprises, l'ingénieur est souvent celui qui conçoit le produit et la vente est assurée par quelqu'un d'autre. Ceci n'est pas forcément la bonne démarche. Ces deux opérations doivent être liées et les personnes responsables doivent se sentir concernées par les deux activités.

6.4 Langues étrangères

L'enseignement d'une ou deux langues étrangères vise en priorité à donner le plus tôt possible une connaissance suffisante pour la communication et la documentation.

L'entraînement dans l'expression orale et la compréhension doivent débiter en première année et être poursuivis pendant les autres années par une utilisation régulière des pédagogies audiovisuelles.

En année finale, on devra s'orienter vers une utilisation pratique de la langue telle que l'ingénieur aura à s'en servir : analyse et synthèse d'informations orales, suivre une conférence et en faire un compte rendu, rédaction d'un rapport technique, étude de cas, etc.

6.5 Environnement

De nombreux problèmes d'environnement sont associés à la production et à l'utilisation de la technologie. Les milieux physiques tels que l'air, l'eau ou le sol subissent directement l'impact de l'exploitation des ressources naturelles telles que combustibles fossiles (charbon, gaz, pétrole...) et de leur mise en œuvre.

Le futur ingénieur doit avoir une bonne maîtrise de l'écologie industrielle, de l'économie de l'énergie et de l'environnement et aussi des procédés dits « technologies propres » qui consistent à réduire la quantité des déchets à chaque étape de fabrication dans l'usine.

7. RECRUTEMENT

Actuellement, le recrutement se fait essentiellement sur la base des résultats du BAC. Il n'y a donc pas d'entrevue, ce qui fait que l'étudiant en général n'a pas vraiment de contact avec l'Université et choisit sa future profession un peu par hasard sans avoir eu l'occasion de discuter ou d'avoir le moindre avant-goût de son programme d'étude. La conséquence est qu'on forme une catégorie d'ingénieurs qui ne vont jamais devenir de vrais ingénieurs ayant foi dans leur profession.

Par contre, une entrevue/discussion avec le candidat potentiel permettrait, d'un côté, à l'étudiant d'avoir une bien meilleure idée de ce qu'on attend de lui et de la profession et, de l'autre, de permettre au panel de sélectionneurs d'avoir aussi une évaluation de la personnalité et conséquemment un jugement plus global sur l'étudiant.

Car si on veut vraiment propulser la profession et lui donner un avantage comparatif, il va falloir que les gens qui la défendent soient de vrais leaders et aient une forte personnalité. Une bonne entrevue au stade du recrutement aiderait certainement dans cette direction.

8. CONCLUSION

En guise de conclusion, on peut dire qu'il faut à tout prix revoir la présente approche de formation des ingénieurs si on veut que cette profession puisse apporter une contribution valable à cette mutation de l'économie mondiale qui devrait se faire essentiellement dans un environnement où la nouvelle technologie serait la locomotive.

Jean-Paul Rigault

Professeur à l'Université de Nice Sophia Antipolis

Directeur de l'Ecole supérieure en sciences informatiques (ESSI)

Les ingénieurs en informatique : des généralistes dans leur spécialité

Avant d'aborder le vif du sujet, introduisons en quelques mots l'ESSI. Créée et habilitée en 1987, il s'agit d'une école interne - dite « article 33 » - à l'Université de Nice Sophia Antipolis (UNSA). Elle forme environ 75 nouveaux ingénieurs spécialisés en informatique chaque année. Le recrutement s'effectue sur dossier, au niveau Bac + 2 : classes préparatoires (environ 20 % des entrants), IUT en informatique (environ 20 % également), DEUG scientifiques (60 %).

Une trentaine d'enseignants universitaires et une dizaine de personnels administratifs et techniques sont affectés de manière permanente à l'ESSI, qui a recours à environ 200 intervenants extérieurs. Située sur la technopole de Sophia Antipolis, dans un bâtiment de plus de 5000m² à proximité de l'INRIA, l'école est superbement équipée en informatique puisque les étudiants y ont accès à plus de 150 stations de travail graphiques en couleurs et à une trentaine de PC multimédia.

L'INFORMATIQUE EN CRISE ?

L'informatique constitue une des activités fondamentales de notre époque, par elle-même tout autant que par ses applications. En tant que science, elle trouve ses fondations dans les mathématiques discrètes et la logique formelle. En tant que technologie, elle repose largement sur les progrès stupéfiants de la microélectronique. En tant qu'outil, malgré la complexité souvent réelle de sa mise en œuvre, elle a envahi pratiquement tous les domaines d'activités, y compris le sien propre.

Ce succès ne s'est pas accompli dans l'harmonie, mais à coups de soubresauts, d'échecs, de révolutions profondes aussi bien dans les techniques et les marchés que dans les mentalités des acteurs. En fait, l'informatique a toujours été en crise !

Depuis quelques années, le dernier de ces à-coups semble être une certaine diminution des emplois. Il y a moins de dix ans, l'industrie et les services absorbaient les quelques informaticiens formés par nos écoles, en réclamaient toujours plus et, pour satisfaire leurs besoins, provoquaient la reconversion « forcée » d'ingénieurs formés à d'autres disciplines. Même si l'on parle aujourd'hui d'une possible embellie - dont personne ne peut dire s'il s'agit d'une fluctuation passagère ou d'une tendance à long terme - nous assistons à une mutation profonde des schémas d'embauche de l'informatique.

Certes, cette crise des emplois semble moins grave que dans beaucoup d'autres disciplines de l'ingénieur. En particulier, elle a été amortie par la création de postes dans les PMI et les services, mais aussi par le départ d'un nombre significatif de nos ingénieurs à l'étranger.

La crise actuelle est sans nul doute due à des raisons économiques globales. Mais l'évolution chaotique de l'informatique est aussi la conséquence de certaines caractéristiques intrinsèques à cette discipline que nous essayerons de dégager dans la première partie de cet article. Ensuite nous examinerons les emplois en informatique, leur nature et leur évolution qualitative et quantitative. Enfin, nous tenterons de proposer quelques pistes pour la formation des informaticiens.

QUELQUES CARACTÉRISTIQUES DE L'INFORMATIQUE

Bien entendu, les caractéristiques que nous donnons ici sont celles qui nous semblent avoir un sens par rapport à l'emploi des informaticiens et par conséquent à leur formation.

Des bases scientifiques mais une mise en œuvre très pragmatique

Nous avons déjà noté qu'en tant que science, l'informatique trouve ses fondations dans les Mathématiques discrètes, l'Algèbre et la Logique formelle. Si ses bases sont incontestables, sa mise en œuvre est, de fait, extrêmement pragmatique. Ses outils (langages et systèmes) sont souvent envahissants et masquent les concepts sous-jacents. Ce fait est amplifié par le poids énorme des stratégies industrielles, du marketing et du commerce sur l'évolution de l'informatique.

Cela a fait dire à certains qu'il fallait envisager l'informatique à travers ses outils et donc enseigner seulement ceux-ci. Malheureusement, les outils en question sont nombreux et complexes, ce qui ne permet pas de faire l'économie d'études longues. Accréditer uniquement l'aspect utilitaire de la discipline conduit alors à former des sortes de « techniciens supérieurs à Bac + 5 » dont les possibilités d'évolution et d'adaptation

à de nouvelles techniques risquent fort d'être limitées. De plus une telle approche n'a évidemment pas de sens pour former ceux qui seront appelés à concevoir et développer lesdits outils.

Le poids de la formation : un métier de cadres en requalification permanente

La nécessité d'une formation longue à un niveau élevé a fait de l'informatique un métier de cadres. La plupart des emplois de qualification inférieure (opérateurs, programmeurs « de base ») ont subi un profond déclin.

L'évolution dramatiquement rapide des méthodes, techniques et outils de l'informatique exige une requalification permanente. À titre d'exemple, l'auteur de ces lignes n'utilise actuellement aucun des outils (langages ou systèmes), aucune des techniques, aucun des environnements informatiques qu'il a étudiés - il y a certes plus d'une vingtaine d'années - dans son école d'ingénieurs. La plupart de nos outils quotidiens ont moins de dix ans, souvent moins de cinq. Les concepts eux-mêmes ont certes évolué, mais avec beaucoup moins de brutalité. Ceux qui les maîtrisent ont alors de plus grandes facilités à accompagner ces évolutions dramatiques.

Le poids de la main-d'œuvre prend le pas sur celui des investissements

Métier de cadres, remises à niveau fréquentes, voici des caractéristiques qui renforcent nécessairement le coût de la main-d'œuvre. Par ailleurs la technologie de l'électronique mais aussi celle des télécommunications évoluent de manière foudroyante et provoquent un effondrement du prix des matériels. En particulier, les investissements nécessaires à la production de logiciel sont devenus minimes comparés au salaire des développeurs. Ainsi l'informatique elle-même n'a pas échappé au phénomène des « délocalisations » au profit de pays d'Asie (Inde, Népal, Indonésie...) ou d'Europe de l'Est, à faible coût salarial mais à niveau d'éducation élevé (voir par exemple [6]).

Une industrie fortement exportatrice, mais dominée par une pratique américaine

L'ensemble de la filière électronique française est crédité en 1994 d'un chiffre d'affaires de 283 milliards de francs dont 68 milliards pour la seule industrie informatique. 55 % de ce chiffre d'affaires est réalisé à l'exportation (voir [3] par exemple).

Cependant la pratique de l'informatique est dominée par le poids des États-Unis. L'ampleur et la richesse de leur marché leur donne, de fait, un rôle « standardisateur ». Une conséquence évidente est que tout informaticien digne de ce nom se doit de lire et de parler l'anglais - au moins de manière utilitaire.

Une pratique ludique ?

Les ingénieurs en informatique sont très souvent passionnés par leur métier, auquel ils consacrent un grand nombre d'heures supplémentaires. C'est vrai qu'il s'agit d'une activité ludique, où l'on a l'impression de construire quelque chose, mais surtout de concrétiser cette construction (de « voir quelque chose tourner », comme disent les informaticiens eux-mêmes).

L'évolution des technologies graphiques et la disponibilité de vastes réseaux mondiaux ont encore renforcé cet aspect ludique. Il n'est que d'étudier le comportement de nos étudiants devant une station de travail connectée à l'INTERNET pour constater le bien-fondé de ces remarques.

Auto-applicabilité et auto-entretien

Une des caractéristiques les plus marquantes de l'informatique est que cette discipline contribue au premier chef à son propre développement. Que ce soit dans le matériel, pour la conception de nouveaux processeurs et de nouveaux circuits, ou pour le développement de logiciels, la conception assistée par ordinateur règne en maîtresse dans l'informatique elle-même. Ceci nous a conduits à parler ailleurs ([2]) d'informatique « informaticienne ».

Un tel degré « d'auto-applicabilité » est unique dans les disciplines de l'ingénieur. Ceci génère aussi une sorte d'auto-entretien de la discipline, puisqu'elle suscite ses propres besoins et, en même temps, contribue à les résoudre. C'est évidemment une considération intéressante et un espoir pour tous ceux qui font profession de développer l'informatique ! L'effort de recherche et développement, qui est ici considérable, profite d'abord à l'informatique elle-même.

LES MÉTIERS DE L'INFORMATIQUE ET LEUR ÉVOLUTION

Une enquête récente du Monde informatique ([5]) a présenté une analyse de l'évolution des emplois en informatique. C'est d'elle que nous proviennent la plupart des indications chiffrées qui suivent. Nous nous appuyons également sur le résultat des enquêtes du ministère de l'Éducation nationale et de la Fédération des industries électriques et électroniques ([3], [4]).

Il convient de noter qu'il n'y a pas et, malgré quelques tentatives anciennes, qu'il n'y a jamais eu de référentiel précis des métiers de l'informatique. La discipline est trop instable pour le permettre.

Y a-t-il réellement une crise du recrutement ?

Le nombre d'employés du secteur informatique tout entier (industrie du matériel et du logiciel, mais aussi applications) est relativement difficile à déterminer : il est estimé à 300 000 personnes environ, dont 30 000 demandeurs d'emploi. Ce nombre d'emplois semble relativement stable, mais subit de nombreuses reconfigurations internes.

Les figures¹ 1, 2 et 3 présentent respectivement la répartition des rôles de ces professionnels, des entreprises qui les emploient et de l'environnement informatique qu'ils utilisent. Plus de la moitié de ces employés (55 %) sont des cadres, généralement des ingénieurs. La figure 4 indique la répartition des domaines d'activité de ces cadres.

Les enquêtes citées permettent d'établir un certain nombre de constats intéressants sur l'évolution des métiers informatiques :

- Si le métier de développeur « pur » reste important (plus de 110 000 employés), il est en régression et commence à être dépassé par les emplois plus proches de l'utilisateur final : administration de systèmes et de réseaux, support d'application, assistance aux utilisateurs...
- Certains métiers du développement font exception très nette à la règle précédente puisqu'ils sont en forte croissance (plus de 5 % par an) : applications réparties ou client-serveur, approche « orienté-objets », outils pour le génie logiciel, multimédia...
- Il existe une forte croissance (plus de 5 % par an) des métiers alliant une grande compétence en informatique et une bonne connaissance d'une autre discipline : gestion et management, finance, commercial, calcul scientifique, télécommunications, formation, documentation...
- Les métiers d'architectes (systèmes, réseaux, systèmes d'information) sont également en forte croissance, mais il s'agit souvent d'emplois de haut niveau.
- Les emplois liés à la migration des applications d'un système vers un autre connaissent également une forte demande. Peut-être est-ce dû à une évolution conjoncturelle (besoins de portage induits par la part importante prise par les micros et les systèmes ouverts au détriment des grands systèmes informatiques traditionnels).
- Enfin les métiers liés aux deux mariages les plus récents de l'informatique, l'un avec le domaine des documents (EDI, multimédia), l'autre avec les télécommunications et les réseaux, subissent aussi une explosion de la demande.

La figure 5 décrit l'évolution du nombre d'ingénieurs diplômés en informatique comparé à l'ensemble de la filière électronique-électrotechnique (d'après [4]). On constate un doublement tous les dix ans. En 1994, près de 1700 nouveaux ingénieurs en informatique ont quitté l'une des 43 écoles qui les avaient formés. Ce chiffre subira une augmentation de 7,5 % en 1995 et encore de 6,5 % environ en 1996. Cette progression apparaît à certains comme légèrement supérieure aux besoins (3 à 5 %).

Les développeurs de logiciel

Il s'agit là du métier de base auquel l'ESSI prétendait former à l'origine, et prétend toujours former en grande partie. Il mérite donc un traitement particulier. Cette activité est mal définie et instable, comme la plupart des métiers de l'informatique. Pourtant la taille totale du code informatique produit a décuplé en trois ans ! La nature de l'activité s'est elle-même profondément modifiée : les tentatives « tayloristes » de production de logiciels à la chaîne ont échoué. On voit maintenant de petites équipes polyvalentes, très compétentes, prendre en charge l'ensemble du cycle de développement d'un produit.

Alors qu'il suffisait jadis de bien pratiquer un langage de programmation pour être un développeur honorable, il faut maintenant être capable d'effectuer l'analyse et la conception du problème, de le coder et de le tester, mais aussi de maîtriser les aspects organisationnels et budgétaires du développement. Le métier s'est enrichi, mais il est aussi devenu plus exigeant.

LA FORMATION DES INFORMATIENS

Besoins, souhaits... et langue de bois des entreprises

*Ce qui compte c'est l'individu, pas l'école dont il sort ni même ce qu'il y a appris...
Quant à nous, nous ne recrutons que des ingénieurs issus de Sup'Telecom.*

Voici, quasi exacte, une phrase que l'auteur a entendue de la bouche du responsable de recrutement de la filiale d'une célèbre compagnie américaine, spécialisée en circuits électroniques et systèmes de télécommunications. Bien entendu les entreprises recherchent des ingénieurs dont les qualités humaines assurent un fort potentiel d'évolution. Mais, au moins pour l'informatique, qu'on ne nous fasse pas croire que les qualités techniques et scientifiques comptent pour rien !

Et souvent cette recherche du potentiel d'évolution s'efface devant l'urgence du court terme. Telle entreprise déclare solennellement - par exemple au Conseil scientifique d'une école - que si quelque chose mérite d'être enseigné en informatique, c'est la

théorie. Et, simultanément, la même entreprise passe des annonces dans la presse spécialisée pour recruter un jeune ingénieur maîtrisant le système d'exploitation Sun Solaris² 5.4 (donc ni 5.3, ni 5.5) et Microsoft Office version 4.2.1a sur Apple Macintosh !

Ces effets pervers sont souvent relayés par les étudiants eux-mêmes, inquiets sur le nombre de mots clés et de produits connus qu'ils vont pouvoir mentionner sur leur CV.

L'indispensable théorie

Fille des mathématiques discrètes et de la logique, l'informatique s'est constituée en une vraie discipline scientifique, avec ses concepts et ses modèles. La théorie peut avoir un intérêt directement opérationnel (théorie des langages, complexité des algorithmes, théorie des types abstraits par exemple) ou simplement ne répondre qu'au besoin d'assurer les fondations (e.g. théorie de la calculabilité). Ces bases théoriques ont une pérennité beaucoup plus grande que les outils particuliers qu'elles inspirent, soutiennent ou fondent. Leur connaissance est un point de passage obligé pour tout informaticien.

Sans entrer dans la caricature qui veut qu'en informatique tout se ramène à des 0 et des 1, notons pourtant que les concepts fondateurs de l'informatique ne sont ni si nombreux ni si complexes. Seulement, ils relèvent de disciplines et de modes de pensée largement sacrifiés dans l'enseignement français traditionnel qui préfère encore le continu au discret. Ceci oblige les écoles d'informatique à enseigner ces bases à un niveau de cursus élevé (Bac+3) au détriment de l'étude de techniques et de sciences plus spécifiques de la discipline.

Comme l'informatique est devenu un domaine majeur, il faudra bien se pencher un jour sur ce problème : si l'on veut des informaticiens de qualité, il ne suffit pas d'introduire en classes préparatoires des doses - d'ailleurs de plus en plus importantes - de programmation simplement utilitaire. Il vaudrait mieux enseigner *avant l'entrée* en école d'ingénieurs, l'algèbre, la logique et la combinatoire nécessaires à la compréhension des concepts de base de la programmation.

Les sous-disciplines de l'informatique : le grand brassage

L'informatique est-elle susceptible de se découper en sous-disciplines qui pourraient constituer autant d'options dans une école d'ingénieurs spécialisée ? C'est loin d'être clair ni même souhaitable. On a cru pouvoir élaborer des découpages liés au domaine d'application, au niveau d'abstraction, aux techniques utilisées... Généralement, ces classifications ne résistent pas à l'évolution foisonnante de l'informatique, qui sait brasser toutes les distinctions artificielles.

Ainsi voit-on les spécialistes de réseaux utiliser des techniques de compilation, les programmeurs de systèmes d'exploitation faire du génie logiciel, les concepteurs de compilateurs intervenir dans la définition de l'architecture interne des processeurs, les experts des systèmes d'information se préoccuper de réseaux et de répartition, les gourous du temps réel manipuler des systèmes de preuves formelles, les cognitiens réaliser des applications temps réel en C++, les architectes de circuits VLSI programmer en LISP ou avoir recours à l'intelligence artificielle...

Outils, environnements, méthodes : les phénomènes de mode

Outils, environnements, méthodes constituent la triade des technologies informatiques. Leurs évolutions sont mal contrôlées, d'où ces phénomènes de modes si fréquents dans notre discipline. Certaines modes entraînent de réels changements d'état d'esprit (e.g. les systèmes ouverts, l'approche dite « orientée-objets »), d'autres ne sont que des coups médiatiques, des actions de marketing (e.g. Windows 95). Les premières reposent souvent sur de vrais - et parfois nouveaux - concepts, même s'ils sont souvent illustrés par - et quelquefois confondus avec - des produits (UNIX, Smalltalk, C++). Les secondes ne sont que des produits et n'ont d'intérêt qu'en tant que tels. Dans les deux cas, leur effet pourra être durable. L'enseignement ne peut ignorer aucun des deux types, mais doit, évidemment, privilégier le premier.

Bien sûr, une école comme l'ESSI offre des options en troisième année. Mais leur nombre varie d'une année sur l'autre, indice du manque de maturité de ce découpage. En outre, le programme est élaboré afin de permettre une grande souplesse de choix et ce brassage indispensable entre les différentes parties de l'informatique.

Faut-il enseigner quoi que ce soit d'autre que l'informatique ?

Oui, cent fois oui ! Ne serait-ce que pour des raisons utilitaires. Certains pensent parfois que les trois années dont disposent les écoles d'ingénieurs pour former un informaticien sont déjà trop courtes pour apprendre correctement l'informatique seule et qu'il faut donc se concentrer sur ce sujet. C'est une grave erreur qui conduit inévitablement au « technicien supérieur à Bac + 5 ».

Tout d'abord il est clair qu'un vrai ingénieur a des responsabilités de gestion, de budget, d'animation d'équipe, de représentation. L'apprentissage des langues est bien entendu également indispensable. En informatique, l'anglais est utilitaire ; en revanche une autre langue peut être un atout important pour un jeune ingénieur. Surtout si elle est renforcée par des connaissances culturelles sur les pays où on la pratique ou encore si son apprentissage s'est accompagné d'un séjour à l'étranger.

Malheureusement, l'enseignement des disciplines non scientifiques ou techniques est parfois délicat. Les étudiants ont une tendance naturelle à sacrifier les cours correspondants pour consacrer leur temps à des activités qui leur semblent - souvent à tort - plus valorisante pour leur futur CV d'informaticien.

Il convient d'enseigner aussi d'autres disciplines *scientifiques* que l'informatique. Nous avons déjà indiqué que les métiers nécessitant une bonne compétence en informatique alliée à la connaissance d'un autre domaine se portaient plutôt bien. Un exemple typique est le calcul scientifique qui demande à la fois de bons mathématiciens et des informaticiens certes rompus aux techniques numériques, mais aussi aux interfaces graphiques, au génie logiciel, voire aux réseaux de machines parallèles. Un autre est le monde du temps réel qui réclame une approche suffisamment précise des techniques de traitement du signal, de régulation et de commande. Ces rapprochements entre l'informatique et une autre discipline permettent souvent de définir des options de dernière année, à condition de garder la souplesse de choix, d'éviter l'enfermement, d'être toujours prêt à ouvrir et reconfigurer.

Comment enseigner la gestion de projets ?

Savoir conduire des projets est l'essence même du métier d'ingénieur. La pression des applications a fait du développement de logiciel une discipline exigeante. Le génie logiciel a permis de développer des méthodes et méthodologies qui se sont peu à peu imposées dans la pratique industrielle. Cependant il ne faut pas se cacher que l'enseignement de ces méthodes et méthodologies est délicat.

Tout d'abord les enseignants ne sont pas forcément compétents car, à moins d'avoir connu un avatar industriel, ils n'ont pas en général la pratique de ces approches. De plus ils entretiennent parfois, singulièrement dans les écoles universitaires, un sentiment proche du mépris pour ces techniques ou ces savoir-faire « mous », non scientifiques, pour lesquels « il n'y a rien à dire » (sur le plan formel).

Et pourtant, l'apprentissage du génie logiciel est fondamental pour tout informaticien. Le recours à des intervenants industriels permet parfois de pallier la carence des enseignants « maison ». Mais cela ne suffit pas. Ces techniques de développement et de suivi de projets ne peuvent s'apprendre que par une pratique proche de celle de l'industrie.

Les stages permettent rarement cette mise en condition. En particulier pendant ces années de crise, sous la pression de l'urgence, les entreprises ont vu dans les stages de longue durée un moyen d'obtenir, à bas prix, un main-d'œuvre qualifiée et docile. La conséquence positive, c'est que nous n'avons alors aucune difficulté à placer nos étu-

dians en stage. Cependant, nous ne pouvons que regretter le détournement du rôle pédagogique de cette première expérience industrielle.

Il reste les projets internes, parfois avec le concours d'entreprises. Ils sont précieux, motivants pour les étudiants, porteurs d'image pour l'école quand ils réussissent. Mais ils sont coûteux en moyens et en temps, et reposent le problème de l'encadrement disponible et compétent. De plus, si l'on n'y prend pas garde, ils risquent de détourner les étudiants des cours « normaux ».

Revisiter la formation continue

La requalification permanente exige des efforts de formation continue importants et, sans nul doute, toutes les entreprises utilisant l'informatique lui consacrent une part importante de leur budget. La création des nouvelles formations d'ingénieurs (NFI) ou des filières FONTANET a largement profité à l'informatique.

Au début il s'agissait de recycler les électroniciens devenus trop nombreux, et de les transformer en informaticiens. On commence à voire apparaître des besoins de recyclage des informaticiens eux-mêmes, à l'intérieur de la discipline.

Quand on a pratiqué dix ou quinze ans COBOL sur de gros systèmes, il est difficile de se reconvertir à l'évolution moderne de l'informatique de gestion : systèmes ouverts en réseaux, bases de données relationnelles, analyse et conception par objets, C++ ou Smalltalk. Les sessions de quelques jours ne sont pas suffisantes. Il faut reconstruire toute une base théorique ou conceptuelle, ce qui exige du temps. Nous devons prendre en compte ces besoins en proposant des formations de plusieurs mois, requalifiantes, de préférence diplômantes, que les professionnels pourront suivre à plusieurs reprises dans leur carrière. Il s'agit véritablement de formation en alternance, mais sur une très longue durée, celle d'une vie de travail.

A côté de sa formation d'ingénieurs, l'ESSI a conservé son DESS ISI (Informatique et sciences de l'ingénieur). Cette formation intensive en un an - six mois de cours, autant de stage - accueille chaque année une quarantaine d'étudiants. Parmi eux, une douzaine d'ingénieurs (ou équivalent) en activité, avec cinq à quinze ans d'expérience professionnelle, reviennent à l'école littéralement réapprendre leur métier.

EN GUISE DE CONCLUSION

La formation des ingénieurs en informatique se doit bien évidemment de répondre aux besoins des entreprises utilisatrices. Mais pas uniquement aux besoins *immédiats*. Etre trop lié à ces besoins crée, quelle que soit la discipline, un risque de conservatisme.

Dans le cas de l'informatique, c'est même quasi suicidaire : l'évolution brutale de la discipline, les phénomènes de modes, le poids du marketing, les conditions objectives du marché rendent ces besoins difficiles à définir, aussi bien à un instant donné qu'en perspective à moyen ou long terme. L'absence de référentiel des métiers empêche en outre de bien cadrer les formations dans un schéma universitaire classique.

Parmi les pistes possibles et les écueils à éviter pour la formation des *spécialistes* en informatique, nous pouvons distinguer cinq orientations fondamentales :

- Enseigner l'informatique comme une *science*, c'est-à-dire avec ses modèles et ses concepts, et non pas comme un simple outil. Il serait évidemment plus efficace de pouvoir s'appuyer sur un enseignement secondaire qui introduit déjà aux disciplines de base nécessaires ; cela viendra peut-être.
- Eviter l'hyper-spécialisation. Le développement et l'instabilité de la discipline provoquent un brassage permanent de toutes les tentatives de classification en sous-disciplines.
- Enseigner autre chose que l'informatique, qu'il s'agisse de disciplines scientifiques ou non. Sinon les spécialistes en informatique risquent de devenir des sortes de techniciens, avec juste un niveau d'étude supérieur.
- Ne pas mésestimer le rôle de la pratique et des projets dans l'enseignement de l'informatique et, en particulier, du génie logiciel. Ne pas confiner cette pratique aux stages industriels, dont il est difficile de contrôler l'impact pédagogique et qui sont parfois détournés.
- Revoir l'organisation de la formation continue pour les informaticiens, en réalisant qu'un professionnel de cette discipline risque d'avoir besoin de plusieurs formations de longue durée au cours de sa carrière.

On voit que le programme est vaste. Les écoles formant des informaticiens n'en maîtrisent évidemment pas tous les aspects. Mais il convient de réaliser que l'informatique n'est pas un simple outil au service des autres disciplines. C'est une activité professionnelle majeure de notre époque. Son enseignement doit être conduit avec une lucidité totale sur les difficultés et les moyens nécessaires, mais aussi sur le risque économique et social qu'il y aurait à échouer.

Références

1. Jean-Claude BRENOT, Quelles compétences pour les ingénieurs et cadres ?, Éducation économie, n° 25, décembre 1994.

2. Bernard DION et Jean-Paul RIGAULT, La formation des informaticiens, Annales des mines, mai 1991.
3. Évolution des formations supérieures et de l'emploi - Les industries électriques et électroniques, ministère de l'Éducation nationale, Fédération des industries électriques et électroniques (FIEE), mai 1995.
4. Ingénieurs diplômés en formation initiale, Électricité - Électronique - Informatique, Enquête 1994, Fédération des industries électriques et électroniques (FIEE), mars 1995.
5. Passeport pour les métiers de l'informatique, Le Monde informatique, supplément au n° 614, dernier trimestre 1994.
6. Edward YOURDON, The Decline and Fall of the American Programmer, Prentice Hall, 1992.

NOTES

- 1 Toutes les figures se trouvent à la dernière page de cet article.
2. Une des versions du système d'exploitation UNIX.

Figure 1 : Professions informatiques
Quel rôle ?

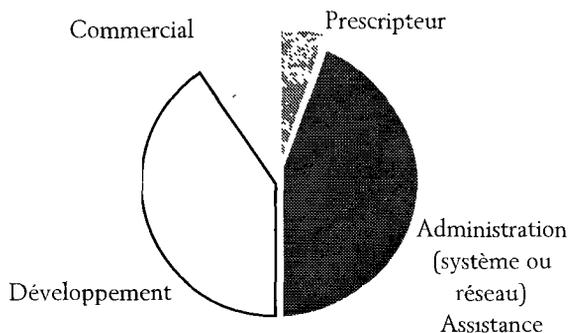


Figure 2 : Professions informatiques
Quelles entreprises ?

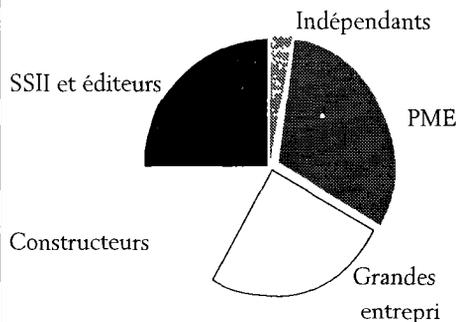


Figure 3 : Professions de l'informatique
Quel environnement de système ?

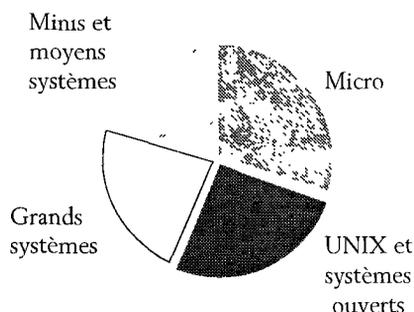


Figure 4 : Cadres en informatique

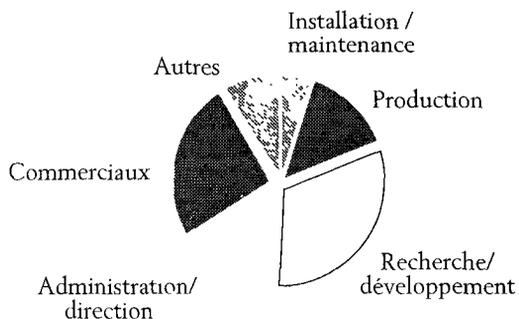
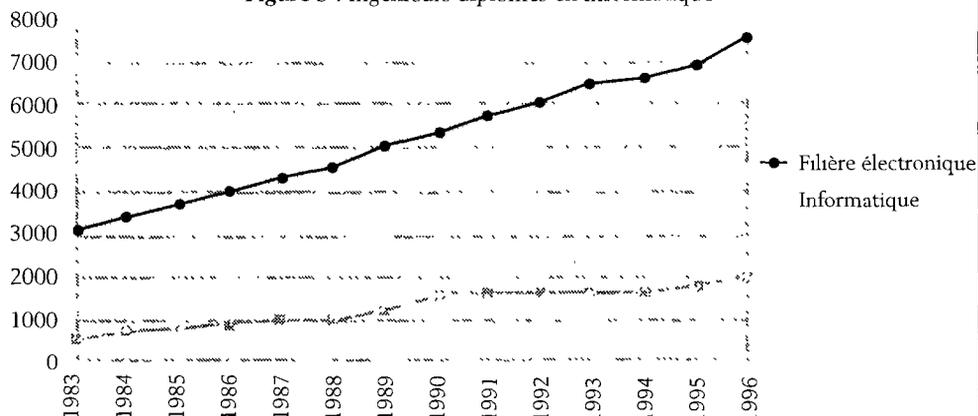


Figure 5 : Ingénieurs diplômés en informatique



Quelques pistes de la formation d'ingénieurs en Haïti

La Faculté des sciences de l'ingénieur de l'Université QUISQUEYA constitue une expérience unique pour assurer la formation de cadres supérieurs qualifiés en Sciences, en Génie et en Architecture.

HISTOIRE

La première formation d'ingénieurs est apparue en 1920, elle a été rapidement intégrée dans l'Université d'État d'Haïti. En 1970, des écoles privées d'ingénieurs voient le jour à cause de l'incapacité d'absorber les jeunes au sortir du secondaire dans l'Université d'État. En 1990, l'Université QUISQUEYA voit le jour avec sa Faculté des sciences de l'ingénieur FSGA.

SITUATION EN 1996

Les diplômés des différentes écoles d'ingénieurs se répartissent comme suit :

- Université d'État (Faculté des sciences) : 60 diplômés
- Université QUISQUEYA (FSGA) : 40 diplômés
- Autres Écoles d'ingénieurs : 20 diplômés

En 1996, l'enseignement secondaire diplômera 30.000 bacheliers dont 5.000 seulement pourront être absorbés par l'Université d'État. Cette dernière est donc incapable de répondre à toutes les demandes de formation.

LA FSGA

La FSGA est l'une des 6 Facultés de l'Université QUISQUEYA. Cette Université est privée, elle est la propriété de la Fondation Educat-Uniq qui est un consortium d'universitaires et d'industriels du secteur privé.

La FSGA offre trois formations d'ingénieurs :

- (Bac + 5) : Génie civil, Génie électrique, Génie industriel
- (Bac + 4) : Sciences fondamentales
- (Bac + 4) : Architecture

La FSGA offre des programmes suivant le système de crédits et de promotion par matière à l'instar du système en vigueur en Amérique du Nord, en Amérique centrale et en Amérique du Sud.

CONCLUSION

Le système de formation présenté est particulièrement original car il consacre la co-habitation

- de l'Université d'Etat et des Universités privées ;
- des systèmes de formation « grandes écoles » et du système de crédit et de promotion par matière ;
- d'universitaires et d'industriels du secteur privé.