DNES FRANCOPHONES FRANCOPHONES FRANCOPHOI VES PROSPECTIVES PROSPECTIVES PROSPECT OPHONES FRANCOPHONES FRANCOPHONES IVES PROSPEC IVES PROSPEC Universités francophones ANCOPHONES HONES FRANC TIVES PROSPEC TIVES PROSPEC RANCOPHONES HONES FRAN TIVES PROSPEC Les TIVES PROSPE nouveaux défis RANCOPHONES PHONES FRAN des CTIVES PROSPE TIVES PROSP Écoles d'ingénieurs)PHONES FRA ECTIVES PROSPI CTIVES PROSE OPHONES FRA Avant-propos de Michel Guillou PECTIVES PROSE ECTIVES PROS Préface de Bernard Leduc 5 FRANCOPHI COPHONES FR PECTIVES PRO PECTIVES PRO S FRANCOPHO COPHONES FF SPECTIVES PRO! PECTIVES PRO ES FRANCOPHO ICOPHONES F DSPECTIVES PRC NCOPHONES FMA OSPECTIVES PROSPECTIVES PROSPECTIVES PROSPECTIVES PF ANCOPHONES FRANCOPHONES FRANCO

Les nouveaux défis des Écoles d'ingénieurs

Avertissement

Le présent ouvrage rassemble les textes des allocutions prononcées à l'occasion des sixièmes Journées Internationales de Technologie organisées par l'AUPELF-UREF, la CITEF et l'ITC

Ces journées se sont déroulées à Phnom Penh les 23, 24 et 25 janvier 1996, à l'invitation de l'Institut de Technologie du Cambodge sur le thème Les nouveaux défis des Écoles d'ingénieurs

Les textes ont été relus et corrigés par les services de l'Université libre de Bruxelles et de l'AUPELF-UREF Ayant pu évoluer depuis la date des allocutions, les titres ou fonctions de leurs auteurs ont été arrêtés au 1^{er} février 1996.

Avant-propos de Michel Guillou Préface de Bernard Leduc

Les nouveaux défis des Écoles d'ingénieurs

ISBN 2-920021-66-4 Dépôt légal Bibliothèque nationale du Québec Bibliothèque nationale du Canada Bibliothèque nationale de France

Éditions AUPELF-UREF 3032, boulevard Édouard Monpetit Montréal, Québec, Canada H3T1J9 © 1996, AUPELF-UREF

Sommaire

Avertissement	2
• Sommaire	5
• Avant-propos	9
• Préface 1	. 1
• Liste des auteurs	5
Comité scientifique	8
• Comité d'organisation	9
• Remerciements	:1
• Liste des participants aux 6 ^{es} JIT	:3
Séance inaugurale	
• Allocution de M. BESBES, Président de la CITEF	15
Allocution de M. GUILLOU, Directeur général de l'AUPELF, Recteur de l'UREF	39
• Allocution de M. POUDARANY, Sous-Secrétaire d'État à l'Éducation 4	17
Allocution de S.A.R. NORODOM Ranariddh, premier Premier Ministre du Gouvernement Royal du Cambodge	1 9
Message de l'UNESCO par K. NHOUYVANISVONG, Directeur du bureau UNESCO du Cambodge	53

Table ronde I : Les Écoles d'ingénieurs et les aut	toroutes de l'information
--	---------------------------

Les autoroutes de l'information - problèmes et perspectives - B. PICINBONO (France)	57
• Francophonie et inforoute - REFER ou la francoroute - D. OILLO (France)	67
Des informations sur le système de formation grâce au Web - R. MAHL (France)	73
• Un réseau de communication électronique pour la recherche et l'éducation au Sénégal - O. SOCK, A. CORENTHIN (Sénégal)	83
• Administration d'un réseau informatique dans un contexte d'enseignement et de recherches : expérience, précautions - L. TCHEEKO (Cameroun)	95
• CHAMA le Réseau Interuniversitaire Marocain - A. M. ALAOUI (Maroc)	105
• Formation, coopération et assistance technique à distance médiatisées - H. H. SALIAH (Canada)	. 111
Table ronde II : Déployer de nouvelles coopérations internationales	
L'évolution des Écoles d'ingénieurs au 21 ^e siècle - J. LEVY (France)	129
• Filières francophones universitaires, nouvelle orientation vers l'avenir - HA DUYEN TU (Vietnam)	135
• Une école tournée vers l'avenir - A. L. NICOLAE (Roumanie)	. 141
• Les Écoles d'ingénieurs, la recherche et la coopération internationale - M. BESBES (Tunisie)	153
• Présentation de l'Institut du développement rural - I. O. DICKO (Burkina Faso)	161
• Un nouvel outil de coopération internationale : le réseau de formation et de recherche - F. DARVE (France)	171
• Vers une reconfiguration de la formation technologique en Afrique - A. DIAKITE (Guinée)	. 181

Table ronde III : Faire évoluer les cursus

• Vers une nouvelle politique de formation - T. BENNANI (Maroc)	. 197
• Un exemple d'adaptation nécessaire : la politique et l'enseignement de l'énergétique dans les PVD - A. L. JAUMOTTE (Belgique)	. 201
• Innovation et qualité - CH. BOUQUEGNEAU (Belgique)	. 213
Les nouveaux défis pour l'École nationale supérieure de génie civil d'Hanoi - DOAN NHU KIM	. 221
Formation des futurs ingénieurs : quelques pistes de réflexion - M. INSTALLE (Belgique)	. 227
Nouvelle approche dans la formation de l'ingénieur de demain - P. R. DUBOIS, J. BEEDASSY, R. MOHEE (Maurice)	. 237
• Les ingénieurs en informatique : des généralistes dans leur spécialité - J. P. RIGAULT (France)	. 247
Quelques pistes de la formation d'ingénieurs en Haïti - E. LARAQUE (Haïti)	. 261
Table ronde IV : Évaluer les systèmes de formation	
Sur l'évaluation des formations d'ingénieurs et de techniciens supérieurs - A. FRIAA (Tunisie)	. 265
• Les agréments en Amérique du Nord - L. QUESNEL (Canada)	. 275
Docimasie des formations d'ingénieurs - D. BELLET (France)	. 285
• Évaluer les systèmes de formation - V. MINSTA MI EYA (Gabon)	. 293
• L'assurance de la qualité - un nouveau défi pour les Écoles d'ingénieurs - F. COUILLET, G. LEROY, J. MIELCAREK (France)	. 301
Nécessité de l'évaluation des systèmes de formation - K. S. BEDJA (Togo)	. 309

• L'évaluation des programmes de formation d'ingénieurs à l'École polytechnique de Montréal - R. MARTIN (Canada)	317
Table ronde V : Élargir les missions	
• Liens Universités et Entreprises - L. CLOUTIER (Canada)	329
• La multidisciplinarité, base du croisement des réseaux et source d'innovation dans un contexte international de développement - M. TROQUET (France)	337
• L'École polytechnique de Yaoundé développe des produits et génère des ingénieurs entrepreneurs - E. TONYE, P. VERMANDE (Cameroun)	351
• L'École des Mines d'Alès, un élément d'appui essentiel et permanent pour le développement local et régional - B. GOUBET (France)	359
• Quel rôle pour les Écoles d'ingénieurs dans les pays en développement ? Réflexions à partir de l'exemple tunisien - M. JAOUA (Tunisie)	369
Réseau d'Écoles et appui technologique aux PME-PMI extension internationale - D. AMOROS (France)	377
Soutien aux PME-PMI et génération d'entrepreneurs dans le cadre de l'économie de marché en Algérie - F. HOCINE (Algérie)	383
• La formation des ingénieurs face aux mutations technologiques - N. MABAYA (Zaïre)	391
Séance de clôture	
• Rapport de synthèse de J. LEVY, Directeur de l'École Supérieure des Mines de Paris	397
• Allocution de B. LEDUC, Président CITEF	401
Allocution de M. LEBRUN, Représentant de Monsieur le directeur général de l' AUPELF, Recteur de l'UREF	405
Allocution de M. HUN SEN, deuxième Premier Ministre du Gouvernement Royal du Cambodge	407

Professeur **Michel Guillou**Directeur général de l'AUPELF
Recteur de l'UREF

Avant-propos

En janvier 1996 se sont tenues à Phnom Penh les VI^s Journées Internationales de Technologie, qui ont réuni plus de 200 participants des grandes régions de la Francophonie. Ces journées, ouvertes par le premier Premier Ministre du Royaume du Cambodge, revêtent une importance majeure pour la Francophonie scientifique.

En premier lieu, c'est l'Institut de Technologie du Cambodge qui a accueilli la manifestation. Pôle d'excellence, lieu de formation exemplaire des ingénieurs et techniciens supérieurs au Cambodge, l'ITC est appelé à devenir un grand pôle technologique francophone pour l'Asie du Sud-Est. Ce fleuron de la Francophonie scientifique au Cambodge forme en français et en khmer avec ouverture à l'anglais 1000 étudiants capables ensuite de répondre aux besoins technologiques et économiques de la région.

L'économie est en effet l'épine dorsale de l'activité francophone en Asie du Sud-Est : ainsi, cette manifestation accueillait plusieurs dizaines d'entreprises francophones. Vitrine technologique, ces entreprises témoignaient de l'ancrage de ces journées dans un environnement économique dynamique. Ce lien entre l'entreprise et la Francophonie est aujourd'hui incontournable. Le projet francophone doit être mené dans une approche globale ; éducation, économie et environnement sont liés pour que les pays d'Asie du Sud-Est, Cambodge, Laos et Vietnam en premier lieu, s'intègrent pleinement à l'espace francophone et ressentent la Francophonie « au quotidien ». La Francophonie devient alors synonyme de modernité et d'emploi.

Enfin, les sciences de l'ingénieur sont, dans le contexte international, une des priorités de l'AUPELF-UREF. En s'appuyant sur la CITEF, réseau d'écoles et d'établissements francophones de formation en sciences de l'ingénieur, l'AUPELF-UREF investit massivement ce champ de la connaissance, que ce soit dans la formation, la recherche

ou l'information pour faciliter les transferts de technologie et permettre une circulation accrue de l'information, conçue dans une approche moderne allant du livre à Internet.

Quels sont les nouveaux défis des Écoles d'ingénieurs? C'est sur cette question que se sont penchés les intervenants, conscients que l'ingénieur est plus que jamais appelé à être un des hommes clés du développement des économies. La Francophonie doit être massivement présente, être porteuse d'une capacité d'expertise internationale et être attentive aux évolutions des formations pour être en mesure de répondre aux défis technologiques du siècle prochain.

Bernard Leduc

Doyen de la Faculté des Sciences appliquées ULB Président de la CITEF

Préface

La fin du XX^e siècle se caractérise par des changements économiques majeurs. Ceuxci forcent plus que jamais les Écoles d'ingénieurs à se remettre en cause et à définir leur rôle non seulement en tant qu'établissements d'enseignement et de recherche mais aussi en tant que véritables acteurs du développement économique dans leur région.

L'instauration de grands marchés qui permettent la libre circulation des biens et des personnes met les ingénieurs face à une concurrence à laquelle souvent l'existence de monopoles nationaux ne les avait pas préparés.

La délocalisation des moyens de production nécessitant une grande intensité de main-d'œuvre entraîne l'écroulement de pans entiers de l'économie des pays industrialisés et génère dans les pays à salaire moyen plus faible une demande de technicité sans précédent.

Plus généralement, la volonté de créer un tissu de PME et PMI à partir des secteurs technologiques de pointe impose la mise en place de stratégies en matière de formation d'ingénieurs et de transfert de technologie.

La multidisciplinarité des problèmes auxquels les ingénieurs sont confrontés apparaît de plus en plus évidente : bilans énergétiques et bilans environnementaux sont étroitement associés aux bilans financiers et forcent l'ingénieur à un dialogue constant avec son entourage qui dépasse bien souvent le cadre technique.

En matière de coopération internationale, l'heure est au bilan et dans beaucoup de cas, la concentration des moyens s'accompagnant de choix douloureux est devenue la seule solution pour maintenir et développer un action efficace.

L'enseignement supérieur à composantes technologiques ne peut rester indifférent aux mutations qui agitent le monde industriel et économique.

Comme par le passé, les Journées Internationales de Technologie se veulent être un espace d'échange des idées et de confrontation des expériences, elle sont un lieu privilégié de rencontres pour les responsables des formations d'ingénieurs.

Les VI^{es} Journées Internationales de Technologie se sont déroulées du 23 au 25 janvier 1996 à l'Institut de Technologie du Cambodge (ITC). Organisées par l'AUPELF-UREF et la Conférence internationale des formations d'ingénieurs et techniciens d'expression française (CITEF), ces Journées ont fourni l'occasion à plus de 150 participants provenant de 20 pays d'échanger leurs expériences et surtout de dégager des pistes d'action pour l'avenir.

Enseignement, recherche, services à la collectivité sont les trois fonctions essentielles des Écoles d'ingénieurs. Ces fonctions se déploient toutefois dans un contexte particulièrement évolutif ce qui force les écoles à relever constamment de nouveaux défis.

Placées sous le thème général « Les nouveaux défis des Écoles d'ingénieurs », les 46 communications qui ont animé ces Journées sont intégralement reproduites dans le présent ouvrage. Elles ont servi de base aux débats articulés autour de 5 grands axes : « les Écoles d'ingénieurs et les autoroutes de l'information », « déployer de nouvelles coopérations internationales », « l'évolution des cursus », « l'évaluation des systèmes de formation » et enfin « l'élargissement des missions ».

Le premier de ces axes constitue sans nul doute un défi majeur pour toute la Francophonie. Comment ne pas être absent des autoroutes de l'information où plus de 92 % des données circulent actuellement en anglais ? Il importe de mailler le plus finement possible l'espace francophone et d'inviter les francophones à développer logiciels et interfaces en français. Dans ce réseau planétaire, les Écoles d'ingénieurs ont une place à prendre et elles doivent s'y intégrer pleinement. Elles doivent saisir la chance qu'offrent les réseaux de télécommunication les plus avancés pour développer des actions novatrices que ce soit en matière de réseau scientifique, de recherche partagée ou de formation à distance. Les Écoles d'ingénieurs doivent faire en sorte que l'ère des télécommunications corresponde à un véritable progrès de civilisation. Une des conditions de ce progrès passe par la validation des informations distribuées sur les autoroutes.

En matière de coopération internationale, si les réseaux offrent également de nouvelles opportunités, les besoins du Sud en enseignement et en recherche sont toujours aussi criants. La mise en place de filières francophones et de consortiums d'appui en Asie du Sud-Est et en Europe de l'Est est une réponse innovante. Les Écoles d'ingénieurs ont évidemment un rôle important à jouer dans les pays où la demande technologique est forte.

L'évolution des cursus est une des préoccupations constantes des Écoles d'ingénieurs. Les intervenants s'accordent sur la nécessité de donner à l'ingénieur une solide formation de base et un approfondissement dans une spécialité technique tout en renforçant l'esprit d'initiative et la capacité d'innovation. Ce sont sans doute ces dernières qualités qui sont les plus difficile à inculquer et qui ne pourront être acquises que par la réalisation de plus de travaux multidisciplinaires intégrés. Les dimensions sociales, culturelles, éthiques, économiques et écologiques doivent être présentes à toutes les étapes de la résolution des problèmes confiés à l'ingénieur.

Les moyens financiers étant limités tant au Nord qu'au Sud, il est devenu évident qu'il faut trouver les moyens d'évaluer les systèmes de formation. Cette évaluation se pratique déjà en Amérique du Nord et dans certains établissements pilotes. Faut-il aller jusqu'à l'application des normes ISO 9000 à nos écoles ? Faut-il accréditer un laboratoire, une filière, un cursus, une école ? Le problème reste entier d'autant plus qu'une évaluation correcte requiert du temps, des moyens financiers importants et une collaboration active de l'établissement concerné. Dans certains secteurs où les conditions extérieures évoluent rapidement comme l'informatique ou les télécommunications, ne risquons-nous pas d'avoir un diagnostic toujours en retard sur la réalité ?

Sans être d'accord sur un type standard d'évaluation, il ressort des discussions qu'il ne faut pas hésiter à prendre les avis des milieux extérieurs au sens large : entreprises, anciens diplômés,...

Enfin, l'élargissement des missions des Écoles d'ingénieurs déjà mis en évidence lors des V^{es} JIT a été réaffirmé, que ce soit par le biais du partenariat université-entreprise ou par la création de pépinières d'entreprises. L'École d'ingénieur ne peut se couper des milieux extérieurs, elle doit constituer au contraire un élément d'appui essentiel dans le développement local et régional.

Ce rôle est crucial non seulement dans les régions du Sud en émergence technologique mais également dans les régions du Nord en déclin économique. Le rôle capital des PME-PMI, notamment en matière d'emploi, est unanimement reconnu. Les Écoles d'ingénieurs se doivent de mieux pénétrer ce milieu qui leur est peu familier.

Les Actes des VI^{es} JIT constituent une mine inépuisable d'informations sur les préoccupations actuelles et futures des responsables des formations d'ingénieurs et techniciens d'expression française.

Liste des auteurs

ALAOUI Amine Mounir, École Mohammadia d'Ingénieurs de Rabat, Maroc

AMOROS Désiré, Directeur de l'INSA de Rennes, France

BEDJA Koffi-Sa, Directeur de l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs, Université du Bénin, Togo

BEEDASSY, J. Faculté de Génie, Université de Maurice

BELLET Didier, Vice-Président Institut National Polytechnique de Toulouse, France

BENNANI Taieb, Recteur de l'Université Chouaïb Doukkali, Maroc

BESBES Mustapha, Président de la CITEF, ENIT, Tunisie

BOUQUEGNEAU Christian, Prorecteur de la Faculté Polytechnique de Mons, Belgique

CLOUTIER Louis, Université Laval, Québec, Canada

CORENTHIN Alex, École Supérieure Polytechnique de Dakar, Sénégal

COUILLET François, CESI, Evry, France

DARVE Félix, Institut National Polytechnique de Grenoble, France

DIAKITE Abdoulaye, Institut Polytechnique de Conakry, Guinée

DICKO Idrissa, Directeur IDR de Ouagadougou, Burkina Faso

DOAN NHU Kim, École Nationale Supérieure de Génie civil d'Hanoi, Vietnam

DUBOIS Roland, Doyen de la Faculté de Génie, Université de Maurice

FRIAA Ahmed, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie

GOUBET Bruno, Directeur École des Mines d'Alès, France

GUILLOU Michel, Directeur général de l'AUPELF, Recteur de l'UREF

HA DUYEN Tu, Institut National Polytechnique d'Hanoi, Vietnam

HOCINE Fayçal, Directeur de l'Institut National de Génie Mécanique de Boumerdes, Algérie

HUN SEN Samdech, second Premier Ministre du Gourvernement Royal du Cambodge

INSTALLE Michel, Université Catholique de Louvain, Belgique

JAOUA Mohamed, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie

JAUMOTTE André, Recteur honoraire, Université libre de Bruxelles, Belgique

LARAQUE Ernest, Doyen de la Faculté des Sciences de l'ingénieur, Université Quisqueya, Haïti

LEBRUN Claude, Représentant de M. le directeur général de l'AUPELF, Recteur de l'UREF

LEDUC Bernard, Doyen de la Faculté des Sciences appliquées, ULB, Belgique

LEROY G., Directeur du CESI, Evry, France

LEVY Jacques, Directeur de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris, France

MABAYA Nyabul di Kanza, Doyen de la Faculté Polytechnique, Université de Kinshasa, Zaïre

MAHL Robert, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, France

MARTIN Roger, École Polytechnique de Montréal, Canada

MIELCAREK J., CESI, Evry, France

MINTSA MI EYA Vincent, Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique, Gabon

MOHEE R., Faculté de Génie, Université de Maurice

NICOLAE Alexandre, Université Politehnica de Bucarest, Roumanie

NORODOM Ranaridd, premier Premier Ministre du Gouvernement Royal du Cambodge

NOUYHVANISVONG K., Directeur du Bureau UNESCO du Cambodge

OILLO Didier, AUPELF-UREF

PICINBONO Bernard, École Supérieure d'Électricité, France

POUDARANY, Sous-Secrétaire d'État à l'Éducation du Cambodge

QUESNEL Louise, Présidente du Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie, Canada

RIGAULT Jean-Paul, Directeur de l'École Supérieure en Sciences Informatiques, France

SALIAH Hamadou Hassane, Université Mc Gill, Canada

SOCK Oumar, École Supérieure Polytechnique de Dakar, Sénégal

TCHEEKO Lot, École Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, Cameroun

TONYE Emmanuel, École Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, Cameroun

TROQUET Michel, Directeur de l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de Clermont-Ferrand, France

VERMANDE Paul, Directeur du Bureau AUPELF-UREF des Caraibes

Comité scientifique

ANGELINO Henri, Président - INPT, Toulouse (France)

BESBES Mustapha, Professeur - ENIT, Tunis (Tunisie), Président CITEF

DIA Amadou Lamine, Directeur ESP, Dakar (Sénégal)

DUVAL André, Professeur - Université Laval, Québec (Canada)

GUILLOU Michel, Directeur général de l'AUPELF - Recteur de l'UREF

JAUMOTTE André, Recteur honoraire - ULB, Bruxelles (Belgique)

KERGREIS André, Professeur - Université Paris XII (France)

LEDUC Bernard, Doyen de Faculté - ULB, Bruxelles (Belgique)

OUY Vanthon, Président - ITC, Phnom Penh (Cambodge)

PEYTAVIN Serge, Directeur - ISIM, Montpellier (France)

PICINBONO Bernard, Professeur - École Supérieure d'Électricité, Paris (France)

TAOUD Abdelkrim, Directeur - EMI, Rabat (Maroc)

Rapporteur général:

LEVY Jacques, Directeur - École Nationale Supérieure des Mines de Paris (France)

Comité d'organisation

CAVAILLE Bernard, Chargé de fonction de direction de l'ITC

DE LANGALERIE Madeleine, TV5, chargée de mission AUPELF/UREF

DOM Hin, Direction administrative de l'ITC

FONKENELL Pierre, Chef du Département GIM de l'ITC

HAC Sri Waddhana, S., ervice informatique de l'ITC

HEAN Khon, Chef de cabinet du Ministre de l'Éducation, de la Jeunesse et des Sports

HUL Thol, Administrateur de l'ITC, Ministère du Commerce

LABORDE Christophe, Directeur de l'antenne AUPELF-UREF (Cambodge)

LAMBIOTTE Paul, Conseiller pédagogique AUPELF-UREF

LEDUC Bernard, Vice-Président CITEF, Administrateur de l'ITC

OUY Vanthon, Président du Conseil d'Administration de l'ITC, Président du Comité d'organisation

PICH Sophoan, Directeur de l'enseignement supérieur et technique au ministère de l'Education, de la Jeunesse et des Sports

PHOEURNG Sackona, Chef du Département GCA de l'ITC

RATH Sokha, Chef de bureau, enseignement supérieur, ministère de l'Éducation, de la Jeunesse et des Sports

RIBEIREX Christophe, Service technique de l'ITC

TEP Thorn, Direction administrative de l'ITC

UNG Sây, Chef du bureau des relations extérieures au ministère de l'Éducation, de la Jeunesse et des Sports

YIM Yan, Bureau du personnel de l'ITC

Remerciements

Les sixièmes Journées Internationales de Technologie se sont déroulées à l'Institut de Technologie du Cambodge, à l'invitation du président de son Conseil d'administration, Monsieur OUY Vanthon dont l'action dans l'organisation a été déterminante dans le succes rencontré par les Journées.

Les actes des sixièmes Journées Internationales de Technologie ont été relus et mis en forme par Monsieur Bernard LEDUC, Doyen de la Faculté des Sciences appliquées de l'Université Libre de Bruxelles et président de la CITEF.

L'AUPELF-UREF s'est chargée de l'organisation scientifique des Journées en collaboration avec la CITEF, elle a confié à Monsieur Mustapha BESBES la coordination du comité scientifique. Monsieur Benoît BARDET, chef de projet Edition-communication de l'AUPELF-UREF, a assuré l'édition de l'ouvrage et le suivi de l'édition de celle-ci.

Enfin, l'AUPELF-UREF, l'ITC et la CITEF adressent leurs remerciements à la société BULL - Réseaux et systèmes d'information et à l'UNESCO pour leur contribution financière à l'organisation de cette manifestation.

Que soient également remerciées les entreprises qui ont participé à l'exposition technologique qui s'est tenue dans les locaux de l'ITC pendant les Journées, à savoir : ANGKOR BEER, ANGKOR HOLDING, CAMBODIA METRO, COMIN TECH, POMERLEAU-HYDROQUEBEC-EXPERCO, DUMEZ, IGN, JMK, KHAOU CHULY, LBL, LBTP, NEEKA, RM ASIA, SCA, SEC, SKD APSARA, TECHNIP, TOTAL, WATER.

Paru dans la collection Universités francophones de l'UREF, cet ouvrage fait suite notamment aux actes des cinquièmes Journées Internationales de Technologie : préparer les ingénieurs pour l'an 2000 - un défi du Nord et du Sud.

Liste des participants aux 6es JIT

- **AKINDES Adékpédjou,** Collège Polytechnique Universitaire, Université Nationale du Bénin, BP 2009 Cotonou BENIN
- ALJ Abderrahmane, École Nationale de l'Industrie Minérale, rue Abderrahmane El Ghafiki, BP 753 - Agdal - Rabat - MAROC
- AMOROS Désiré, INSA, 20 av. des buttes de Coesmes, 35043 Rennes cedex-FRANCE
- ANDRIANANTENAINA Max, École Supérieure Polytechnique, Université Nord Madagascar, 201 Antsiranana - MADAGASCAR
- ANGELINO Henri, Institut National Polytechnique de Toulouse, Place des Hauts-Murats, BP 354, 31006 Toulouse cedex - FRANCE
- BEDJA Koffi-Sa, École Nationale Supérieure d'Ingénieurs, route d'Atakpamé, BP 1515 Lomé - TOGO
- **BELLET Didier,** Institut National Polytechnique de Toulouse, 6, allée Emile Monso, BP 4038, 31029 Toulouse cedex FRANCE
- BEN DHIA Hamed, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, BP W 3038 Sfax TUNISIE
- BESBES Mustapha, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, BP 37 Le Belvédère, 1002 Tunis - TUNISIE

- **BOUQUEGNEAU Christian,** Faculté Polytechnique de Mons, 9, rue de Houdain, 7000 Mons BELGIQUE
- CAMP André, TOTAL CAMBODGE, 79 Boulevard Preah Norodom, Phnom Penh CAMBODGE
- CAVAILLE Bernard, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- CHALKEVITCH Lydia, Université libre de Bruxelles, Faculté des sciences appliquées, 50 av. Fr. Roosevelt, 1050 Bruxelles BELGIQUE
- CHAN Nareth, Université Royale d'Agronomie, District de Dangkor, Phnom Penh-CAMBODGE
- CHEA Savean, Université Prey Veng, District de Dangkor, Phnom Penh CAMBODGE
- CHEA Yuppea, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- CHENG Mak Phan, Université de Phnom Penh, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- CHHOUK Chhay Horng, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- CHY Chea Pok, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- CLEVY Jean, AUPELF-UREF, 4 place de la Sorbonne, 75005 Paris FRANCE
- **CLOUTIER Louis,** Université Laval, Département de génie mécanique, Québec GIK7P4 CANADA
- COMBAL Michel, AUPELF-UREF, 4 place de la Sorbonne, 75005 Paris FRANCE
- COUILLET François, CESI, 6 boulevard de l'Europe, 91033 Evry cedex FRANCE
- DAMIEN Jean Claude, ENIC, rue Marconi, 59658 Villeneuve d'Ascq FRANCE

- **DARVE Félix,** Institut National Polytechnique de Grenoble, Laboratoire sols solides structures, BP 53, 38041 Grenoble cedex 9 FRANCE
- DE BETTIGNIES Bertin, IUT A Lille 1, BP 179, 59653 Villeneuve d'Ascq FRANCE
- DE LANGALERIE Madeleine, TV5, AUPELF-UREF, 15 rue Cognacq-jay, 75007 Paris - FRANCE
- **DIA Amadou Lamine,** Faculté des Sciences économiques et de Gestion UCAD, BP 5186 Dakar Fann SENEGAL
- DIAKITE Abdoulaye, Université de Conakry, BP 1147 Conakry GUINEE
- DICKO Idrissa, Université de Ouagadougou, BP 7021 Ouagadougou BURKINA FASO
- **DKHISSI,** Université d'Agadir, BP 32 / S MAROC
- DOAN NHU Kim, École Nationale Supérieure de Génie civil d'Hanoi, 5 Duong Giai Phong, Hanoi - VIETNAM
- DOGOT Thomas, Faculté des Sciences agronomiques, Passage des déportés, 2, 5030 Gembloux - BELGIQUE
- DUBOIS Roland, Université de Maurice, École d'ingénieurs, Reduit MAURICE
- DUNG, SEC, 39 rue 178, Phnom Penh CAMBODGE
- DUVAL André, Université Laval, Département de biologie, Québec GIK7P4 CANADA
- FAVIE Anne, Université de Phnom Penh, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- FELIX Christophe, SEC, 39 rue 178, Phnom Penh CAMBODGE
- **FONKENELL Pierre,** Institut de Technologie du Cambodge, BP 86, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- GENESTE Patrick, École Nationale Supérieure de Chimie, 8 rue de l'École normale, 34075 Montpellier FRANCE

- GOUBET Bruno, École Nationale Supérieure des Techniques industrielles et des Mines d'Alès, 6, av. des Clavières, 30319 Alès cedex FRANCE
- GOUTTE Robert, INSA Lyon, 20 av. Einstein, 69621 Villeurbanne FRANCE
- **GUENIN Patrick,** Institut de Technologie du Cambodge, BP 86, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- GUILLOU Michel, AUPELF-UREF, 4, place de la Sorbonne, 75005 Paris FRANCE
- HANNA Robert, Université de Balamande, PO Box 100 Tripoli LIBAN
- HAROUNA Moussa, École des Mines, de l'Industrie et de la Géologie, BP 732, Niamey NIGER
- HO Vichit, Ministère de l'Industrie, 45, Boulevard Norodom, Phnom Penh CAMBODGE
- HOCINE Fayçal, INGM, 35000 Boumerdes ALGERIE
- HUL Thol, Ministère du Commerce, Phnom Penh CAMBODGE
- INSTALLE Michel, Université Catholique de Louvain, CESAME, 4 av. G. Lemaitre, 1348 Louvain-la-Neuve BELGIQUE
- IV Thong, Faculté de Commerce, Phnom Penh CAMBODGE
- JAOUA Mohamed, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, BP 37 Le Belvédère, 1002 Tunis - TUNISIE
- JAUMOTTE André, Université libre de Bruxelles, 44 av. Jeanne CP 120, 1050 Bruxelles BELGIQUE
- KACOU Sylvain, École Nationale Supérieure des Travaux publics, BP 1083 Yamoussoukro COTE D'IVOIRE
- KERGREIS André, IUT Paris XII, Créteil FRANCE
- KHEDIJA Hamed, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, BP 37 Le Belvédère, 1002 Tunis - TUNISIE

KHEM Peo, Société Khmère des Distilleries, Route nationale nº 5, Phnom Penh - CAMBODGE

KIM Hy Leang, Usine de lait Apsara, BP 56 Phnom Penh - CAMBODGE

KIM Keo, Usine de lait Apsara, BP 56 Phnom Penh - CAMBODGE

KLAP André, PNUD, BP 877 Phnom Penh - CAMBODGE

KONG Phirun, École Royale d'Administration, rue Oknha Nhiek, Phnom Penh - CAMBODGE

LABORDE Christophe, AUPELF-UREF, BP 2365, Phnom Penh - CAMBODGE

LAMBIN Jacques, SEC, 39 rue 178, Phnom Penh - CAMBODGE

LAMBIOTTE Paul, Institut de Techologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh - CAMBODGE

LARAQUE Ernest, Université Quisqueya, BP 796 Port-au-Prince - HAITI

LAY Chiv Eav, Université de Phnom Penh, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh - CAMBODGE

LAY Men sung, Phoenix Import-Export, 215 rue 13, Phnom Penh - CAMBODGE

LEBRUN Claude, AUPELF-UREF, 4 place de la Sorbonne, 75005 Paris - FRANCE

LE GILLES, BULL, Phnom Penh - CAMBODGE

LE GUEVEL Pierre, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh - CAMBODGE

LE LIDEC Gildas, Ambassade de France, Phnom Penh - CAMBODGE

LE NOTRE Jean-Michel, ESIEE, BP 99, 93162 Noisy le Grand cedex - FRANCE

LE PECQ Jean-Michel, Ministère de l'Éducation, de la Jeunesse et des Sports, Boulevard Norodom, Phnom Penh - CAMBODGE

LEDUC Bernard, Université libre de Bruxelles, 50 av. Fr. Roosevelt (CP 165), 1050 Bruxelles - BELGIQUE

- **LEK Ramonith**, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- LETERTRE Yannick, Université de Rennes, IFSIC, Rennes FRANCE
- **LEVY Jacques,** École Nationale Supérieure des Mines , 60 boulevard St-Michel, 75272 Paris - FRANCE
- LIM Sopheap, Ministère du Commerce, Phnom Penh CAMBODGE
- LOEUNG Chhay, Faculté de Droit et Sciences économiques, Université du Cambodge, Phnom Penh CAMBODGE
- LONG Lay, Université de Phnom Penh, Phnom Penh CAMBODGE
- LOUIS Pierre, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- MABAYA Nyabul di Kanza, Université de Kinshasa, Faculté Polytechnique, BP 186 Kinshasa XI - ZAIRE
- MAHL Robert, École Nationale Supérieure des Mines, 35 rue St-Honoré, 77305 Fontainebleau FRANCE
- MARTIN Roger, École Polytechnique de Montréal, CP 6079 Centre ville, Montréal, Québec H3C3A7 CANADA
- MAY Sam Oeun, Sous-Secrétaire d'Etat, Agriculture, Phnom Penh CAMBODGE
- **MEN Nareth,** Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh - Cambodge
- MENDENE M'EKWA Félicien, École Polytechnique Masuku, BP 941 Franceville GABON
- MENG Moeun, Université de Phnom Penh, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- MERCK Eric, École Poytechnique Fédérale de Lausanne, Ecublens, 1015 Lausanne -SUISSE

- MIELCAREK Janusz, École d'Ingénieurs CESI, 6 boulevard de l'Europe, 91033 Evry FRANCE
- MINTSA-mi-EYA Vincent, Ministère de l'Enseignement supérieur, BP 2217 Libreville GABON
- MOM Mony, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- MUIR Gordon Long, Ambassade du Canada, Phnom Penh CAMBODGE
- MUTH Neang, Faculté de Pédagogie, Université du Cambodge, Phnom Penh CAMBODGE
- NAHOUNOU Bobouo, Institut National Supérieur de l'Enseignement Technique, BP 1093 Yamoussoukro - COTE D'IVOIRE
- NAVY Kho, Usine de lait Apsara, BP 56 Phnom Penh CAMBODGE
- NGUYEN Minh Hien, Institut Polytechnique de Hanoi, Route de Dai Co Viet, Hanoi - VIETNAM
- NHOUYVANISVONG, UNESCO, Phnom Penh CAMBODGE
- NIANG Mariam, AUPELF-UREF, 4 place de la Sorbonne, 75005 Paris FRANCE
- NICOLAE Alexandre, Institut Polytechnique de Bucarest, Département d'Electrotechnique, 313 spl Indépendentei, 77206 Bucarest ROUMANIE
- NIEOULLON André, École d'Ingénieurs de Marseille, Traverse de la Grave, 13005 Marseille - FRANCE
- NUTH Sothan, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- OILLO Didier, AUPELF-UREF, 4 place de la Sorbonne, 75005 Paris FRANCE
- OUY Vanthon, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- PETR Christian, Université d'Avignon FRANCE

- **PEYTAVIN Serge,** ISIM, Université de Montpellier II, Place Eugène Bataillon, 34095, Montpellier cedex 5 FRANCE
- PHANNY Chroeung, Société Khmère des Distilleries, Route nationale n° 5, Phnom Penh CAMBODGE
- PHOEURNG Sackona, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- PICH Sophoan, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- PICINBONO Bernard, École Supérieure d'Électricité, Plateau du Moulon, 91190 Gif-sur-Yvette cedex - FRANCE
- PIEJUS Pierre, IUT, 1 chemin Desvallières, 92410 Ville d'Avray FRANCE
- PINON Erik, AUPELF-UREF, 4 place de la Sorbonne, 75005 Paris FRANCE
- PLAY Vunn Khuon, SKD, Phnom Penh CAMBODGE
- POUDARANY, Sous-Secrétaire d'Etat, Ministère de l'Éducation, Boulevard Norodom, Phnom Penh CAMBODGE
- RAFIGNON Annick, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh CAMBODGE
- RAKATONIRINA Solonjaivo, École Supérieure Polytechnique, 201 Antsiranana MADAGASCAR
- RENOU Gérard, Ministère de l'Éducation, de la Jeunesse et des Sports, Boulevard Norodom, Phnom Penh - CAMBODGE
- RIGAULT Jean-Paul, ESSI, BP 145 Route des Colles, 06903 Sophia Antipolis cedex FRANCE
- ROUER Jérôme, Centre SYFED Cambodge, Phnom Penh CAMBODGE
- SALIAH Hassane Hamadou, 9145 Boulevard St-Michel, Montréal, H3A2A7 CANADA

SEGUIN Jean, ENSSAT, BP 447, 22305 Lannion - FRANCE

SIRE Claude, Dumez-GTM, 1 route 150, Phnom Penh - CAMBODGE

SIVETON Maurice, Ministère Français de la Coopération, 57 bd des Invalides, 75700 Paris - FRANCE

SOCK Oumar, École Supérieure Polytechnique, BP 5085 Dakar-Fann - SENEGAL

SOEU Ya, Société Khmère des Distilleries, Route nationale nº 5, Phnom Penh - CAMBODGE

SOTHAVY Chea, Usine de lait Apsara, BP 56 Phnom Penh - CAMBODGE

SOUN Nam Seng, SEC, 39 rue 178, Phnom Penh - CAMBODGE

SRI Whaddhana Hac, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh - CAMBODGE

SUN Keo, Usine de lait Apsara, BP 56 Phnom Penh - CAMBODGE

SUON Sovann, Université de Phnom Penh, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh - CAMBODGE

TAOUD Mohamed, École Mohammadia d'Ingénieurs, av. Ibn Sina, BP 765 Agdal, 10106 Rabat - MAROC

TCHEEKO Lot, École Nationale Supérieure Polytechnique, BP 8390 Yaoundé - CAMEROUN

TEP Mona, Hydro Québec Cambodge, Phnom Penh - CAMBODGE

TEP Nora Mak, SEC, 39 rue 178, Phnom Penh - CAMBODGE

THAI Hoa, Phnom Penh - CAMBODGE

THAY Somaly, Université de Phnom Penh, Boulevard de Pochentong, Phnom Penh - CAMBODGE

TONYE Emmanuel, École Nationale Supérieure Polytechnique, BP 8390 Yaoundé - CAMEROUN

TOURNIER Claude, Université de Valenciennes, Valenciennes - FRANCE

TRAN Phuoc Duong, Université de Cantho, rue 30 Avril, Cantho - VIETNAM

TROQUET Michel, Université Blaise Pascal, Institut des Sciences de l'Ingénieur, BP 206 Aubière cedex - FRANCE

TU HA Duyen, Institut Polytechnique de Hanoi, route de Dai Co Viet, Hanoi -VIETNAM

TUY Khoeun, Université Royale des Beaux-Arts, rue Samdech ouk, Phnom Penh - CAMBODGE

UCH Sothon, Institut de Technologie du Cambodge, BP 86 Boulevard de Pochentong, Phnom Penh - CAMBODGE

VAR Sim Samreth, Université de Phnom Penh, Phnom Penh - CAMBODGE

VATERKOWSKI Jean-Louis, ENSMM, 26 chemin de l'Epitaphe, 25030 Besançon cedex - FRANCE

VO Van Chin, Université de Can tho, rue Ly Tu Trong, Can tho - VIETNAM

VODDEI KT, SEC, 39 rue 178, Phnom Penh - CAMBODGE

VOU Kim Por, Faculté de Médecine, Université de Phnom Penh, Boulevard Monivong - CAMBODGE

YIT Bunna, LBTP, Phnom Penh - CAMBODGE

ZANOUVI Jean-Gratien, Université Nationale du Bénin, BP 526 Cotonou - BENIN

Séance inaugurale Allocutions

Président de la CITEF

Altesse Royale, Prince NORODOM RANARIDDH premier Premier Ministre du Royaume du Cambodge

Monsieur le Ministre,

Monsieur l'Ambassadeur, représentant le Directeur général de l'AUPELF

Monsieur le Président de l'ITC,

Mesdames, Messieurs,

Je voudrais tout d'abord, au nom de la Conférence internationale des formations d'ingénieurs et techniciens d'expression française, la CITEF, remercier les autorités cambodgiennes et la direction générale de l'ITC pour nous avoir permis d'organiser nos journées au sein de cette prestigieuse institution.

Les Journées Internationales de Technologie vont bientôt fêter leur vingtième anniversaire. C'est en effet en 1977 que furent organisées les premières JIT à l'ENSUT de Dakar. Cette aventure, initiée par deux Sénégalais de cœur, et je veux rendre ici un hommage légitime aux fondateurs : les Professeurs Michel GUILLOU et André KER-GREIS, cette aventure est devenue, avec le temps, bien plus qu'une institution, un événement permanent.

Après Dakar, ce fut Yamoussoukro, puis Rabat où naquit la CITEF, puis Montpellier. Enfin, après Tunis, la décision fut prise de tenir les VI^{es} JIT à Phnom Penh. Ce choix semble des plus opportuns. Quel site plus judicieux que celui du Cambodge pourrait en effet abriter des journées consacrées à la Technologie! Pays à l'histoire plusieurs fois millénaire et résolument tourné vers l'avenir, situé au cœur d'une région appelée sous peu à faire 50 % de la croissance mondiale, cette Asie du Sud-Est que tous nos pays en développement aspirent à prendre pour modèle. Le Cambodge représente l'un des meilleurs symboles aujourd'hui d'une impérieuse nécessité et d'une farouche volonté de « mise à niveau » technologique.

L'AUPELF-UREF ne s'y est d'ailleurs pas trompée en soutenant l'ITC, cet Institut qui symbolise au mieux l'engagement de l'AUPELF-UREF en matière de Sciences et de Technologies. J'ajouterai même que la tenue des VI^{es} JIT à l'ITC représente plus qu'un symbole : c'est un premier aboutissement pour l'aventure des JIT, et une démonstration de la théorie par la pratique : des idées, on est passé à la réalisation. Cet engagement de l'AUPELF-UREF s'est par ailleurs traduit par l'organisation de deux importantes manifestations qui ont consacré un nouveau souffle, un nouvel esprit et une plus forte adhésion.

Je veux parler ici des Ves JIT de Tunis, qui ont constitué une véritable mine d'idées, et une source d'inspiration inépuisable pour tous ceux qui s'intéressent à la formation des ingénieurs. La deuxième manifestation est d'une dimension encore bien plus importante. Ce sont les Assises francophones de la recherche d'Abidjan, qui constituent un véritable coup de force : c'est en effet, dorénavant, l'enseignant de base qui se sent ici appartenir à l'UREF par le biais du Fonds francophone de la recherche. Le chemin parcouru est énorme. De l'organisation certes généreuse mais un peu vieillotte et ringarde qu'elle était, ayant beaucoup de mal à se défaire de l'étiquette néocoloniale, se cantonnant et se complaisant dans des disciplines à caractère ethnologisant, l'AUPELF-UREF est passée, en quelques années, à l'état d'une entreprise moderne, dynamique, communicante, aux thèmes porteurs, aux réalisations concrètes et efficaces, aux idées nouvelles et mobilisatrices. Cela est dû en grande partie, à mon sens, au tournant pris en direction de la science et de la technologie qui constituent des valeurs universelles sur lesquelles la compétition est totale et sans merci. Des valeurs universelles disais-ie. Disons plutôt des valeurs universellement partagées, mais très mal partagées. En effet, à l'heure de la mondialisation et de l'ouverture des frontières, les pays pauvres sont condamnés, au plan technologique, à être aussi performants que les riches. Là réside le véritable défi. Il sera longuement débattu au cours de nos travaux à la fois de la problématique et des solutions envisageables. L'AUPELF-UREF y contribue par le soutien à l'enseignement supérieur et à la recherche. Ce qui a été d'ores et déjà réalisé est immense mais ce n'est pas encore assez. La CITEF, qui a apporté sa modeste contribution à l'édifice, souhaite bien sûr que cet effort puisse encore être considérablement renforcé. Je suis convaincu que l'AUPELF-UREF a plus que du ressort pour ce faire.

Mais qu'est-ce donc au juste que la CITEF?

La CITEF est une organisation regroupant les responsables des formations d'ingénieurs et de techniciens supérieurs. Créée aux III^{es} JIT à Rabat en 1986, alors que M. EL ALJ, ici présent, était directeur de l'École Mohammadia d'Ingénieurs, elle fête son $10^{\rm e}$ anniversaire et compte plus de 100 membres répartis pour 50 % en France, 25 % en Afrique sub-saharienne, le dernier quart réparti à égalité entre le Maghreb d'une part, la Belgique et le Canada d'autre part.

J'invite tous ceux d'entre vous qui ne sont pas encore membres à y adhérer massivement.

Notre association a pour objectif de contribuer à renforcer les liens de coopération entre les établissements. Elle tire sa force d'une présence effective « sur le terrain », dont le bilan sera présenté et discuté lors de notre assemblée générale.

Les JIT, qui ont constitué l'acte de naissance de la CITEF, ont par la suite toujours marqué un moment fort dans la vie de notre conférence. C'est ainsi que ceux de Montpellier en 1989 puis de Tunis en 1992 ont marqué des moments décisifs dans notre trajectoire. Aujourd'hui, nous allons débattre des « nouveaux défis ».

Un premier défi à relever sera de faire encore mieux que les fois précédentes. Je suis personnellement convaincu que nous y arriverons, ne serait-ce qu'à voir le nombre et la qualité des propositions de communications que nous avons reçues sitôt diffusée la première annonce des JIT.

Il est réconfortant de voir que cette crédibilité des JIT, devenues une valeur sûre à préserver, crédibilité liée probablement aux modestes actions de la CITEF et au nouveau look, au « relookage » de l'AUPELF-UREF, que cette crédibilité disais-je autorise à présent la participation de partenaires plus que crédibles.

Je suis heureux à cet égard de noter et de saluer le soutien de l'UNESCO à l'organisation des VI^{es} JIT ainsi que la présence de la très influente Conférence des Grandes Ecoles, représentée cette fois par le président LEVY. A Tunis, elle était déjà présente par la personne de son vice-président le Professeur PICINBONO.

Mesdames, Messieurs, je ne saurais terminer cette brève allocution sans remercier les membres du bureau de la CITEF, ceux du Comité scientifique des VI^{es} JIT, les membres du Comité d'organisation international et local, le secrétariat de l'AUPELF-UREF et l'administration de l'ITC pour l'admirable travail réalisé lors de la préparation de ces journées. Je suis persuadé que tous ces efforts seront largement récompensés par la qualité et l'efficience de nos débats.

Mesdames, Messieurs, je vous remercie de votre attention.

Professeur Michel Guillou

Directeur général de l'AUPELF, Recteur de l'UREF

(Allocution prononcée par M Michel COMBAL, Ambassadeur de France Honoraire)

Altesse Royale, Monsieur le premier Premier Ministre du Gouvernement Royal,

Messieurs les Ministres.

Messieurs les Ambassadeurs et représentants du Corps diplomatique,

Monsieur le Président du Conseil d'Administration de l'Institut de Technologie du Cambodge,

Monsieur le Président de la CITEF - Conférence internationale des formations d'ingénieurs et techniciens d'expression française,

Messieurs les Recteurs et Doyens,

Messieurs les Directeurs et représentants des Écoles d'ingénieurs francophones,

Chers Collègues,

Mesdames et Messieurs,

C'est un grand honneur que vous nous faites, Altesse, de présider, malgré la lourde charge qui est la vôtre, l'ouverture solennelle de ces VI^{es} Journées Internationales de Technologie. Permettez-moi d'être l'interprète de tous ceux qui sont ici présents pour vous exprimer les très vifs remerciements de notre communauté scientifique et, audelà, ceux de l'ensemble de la communauté universitaire francophone. Celle-ci, que

notre organisation, l'AUPELF-UREF, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche, a pour mission de servir et de représenter, se sent reconnue, encouragée et renforcée de cette attention insigne que vous voulez bien lui prêter.

Soyez assurée, Altesse, que nous sommes très sensibles à ce geste d'amitié et de confiance.

Qu'il me soit également permis de remercier les membres du Gouvernement royal qui assistent à cette cérémonie, en particulier M. Tol Lah, ministre de l'Éducation, de la Jeunesse et des Sports, et M. Pou Darany, sous-secrétaire d'État à l'Éducation, ainsi que toutes les autorités universitaires du Royaume aujourd'hui présentes en la personne des recteurs, doyens et directeurs des institutions d'enseignement supérieur, notamment M. Ouy Vanthon sans le concours duquel ces Journées n'auraient pu être organisées.

Je souhaite associer à ces remerciements la Conférence internationale des formations d'ingénieurs et techniciens d'expression française - la CITEF - et tout particulièrement son président, le Professeur Mustapha Besbes, qui a apporté une contribution déterminante à l'élaboration du programme scientifique de cette rencontre et dont je tiens à saluer le dynamisme et la constance dans l'engagement francophone.

Après les premières Journées Internationales de Technologie qui se sont tenues à Dakar en 1977, après celles qui ont été organisées par la suite à Yamoussoukro, à Rabat, à Montpellier, puis à Tunis, nous voici donc réunis à Phnom Penh pour débattre, dans le cadre de ces VI^{es} JIT, du thème majeur que constitue pour la francophonie scientifique « LES NOUVEAUX DEFIS DES ECOLES D'INGENIEURS ».

Vous avez, une nouvelle fois, répondu nombreux à notre appel et certains d'entre vous sont venus de fort loin - d'Europe, d'Afrique, d'Amérique - pour apporter leur contribution à cette réflexion sur les stratégies que doivent déployer les grandes écoles d'ingénieurs francophones afin de répondre au mieux aux enjeux de la modernité et de l'évolution du monde. Votre présence ici marque bien que ces Journées se situent dans ce cadre de solidarité agissante, d'échanges et de partage que constitue la francophonie multilatérale. Soyez-en tous très chaleureusement remerciés.

Qu'une telle rencontre ait lieu ici, à l'Institut de Technologie du Cambodge, dans une langue partagée, la langue française, me paraît illustrer de manière éclatante ce nouvel élan dans lequel s'inscrit la francophonie aujourd'hui.

Depuis le premier Sommet des chefs d'État et de Gouvernement ayant le français en partage, en 1986 - Sommet qui a fait de la francophonie une communauté fondée sur une volonté politique forte et durable -, que de chemin parcouru !

Neuf ans plus tard, après le VI^e Sommet qui s'est tenu à Cotonou au mois de décembre dernier, on peut dire sans risque de se tromper que la francophonie a grandi, que la dimension qu'elle a acquise constitue, pour tous les peuples des 49 pays qui la composent, pour les regroupements d'hommes et de femmes qui s'y reconnaissent, une source d'inspiration et d'espoir.

En se renforçant au plan institutionnel, la francophonie est devenue aujourd'hui particulièrement pertinente, particulièrement utile, comme référence commune à des valeurs fortes de liberté et de solidarité, mais aussi comme méthode de promotion de la modernité, de l'excellence et du partage raisonné des ressources.

L'un des faits politiques marquants de ces dernières années est sans conteste l'ouverture de la francophonie multilatérale à des espaces géopolitiques nouveaux, où elle ne s'était pas encore investie. La fin de la guerre au Liban, les changements intervenus en Europe centrale et orientale, l'ouverture de l'Asie du Sud-Est ont ainsi permis aux Etats de ces régions (Liban, Roumanie, Bulgarie, Vietnam, Cambodge, Laos, en particulier) de se tourner vers la francophonie multilatérale, vers les Sommets francophones pour bénéficier de la dynamique de développement créée par ceux-ci, pour rejoindre un regroupement d'États et de Gouvernements qui ont défini une nouvelle philosophie de la coopération internationale, un partenariat ancré dans une langue et une culture partagées, et susceptible d'exercer un attrait puissant sur tous les continents.

Cette volonté politique d'adhérer à la francophonie s'est manifestée, notamment, à l'occasion des séminaires qui ont regroupé, à plusieurs reprises, les recteurs et les chefs d'établissements des pays d'Europe centrale et orientale, et de l'Asie du Sud-Est, en particulier lors de la visite effectuée en mai 1995, en Europe et au Canada, par les recteurs et responsables de l'enseignement supérieur et de la recherche du Vietnam, du Cambodge et du Laos.

A ces occasions, ont été arrêtés les contours de politiques régionales francophones spécifiques en matière d'enseignement supérieur et de recherche, ainsi que des stratégies appropriées pour le développement de l'enseignement du et en français dans les universités et les instituts de recherche concernés.

L'Institut de Technologie du Cambodge, qui nous accueille aujourd'hui, est l'un des fleurons du dispositif de formation de haut niveau que l'AUPELF-UREF souhaite développer dans les régions de ce qu'il est convenu d'appeler la « francophonie d'appel ».

Dans le cadre d'une convention franco-khmère, un protocole tripartite entre le ministère français de la Coopération, le gouvernement du Cambodge et l'AUPELF-UREF

en date du 10 septembre 1993 donne à l'Institut un statut d'établissement multilatéral pour une durée de trois ans reconductibles.

Un plan de restructuration a été adopté à cette occasion, qui prévoit :

- la formation de techniciens supérieurs en trois ans (l'enseignement étant dispensé en français et en khmer);
- la formation d'ingénieurs en deux ans, dans le cadre d'une filière, ouverte aux techniciens supérieurs ayant une expérience professionnelle (l'enseignement étant dispensé en français avec introduction de l'anglais langue étrangère);
 - la formation à la recherche à l'échelle francophone.

Par ailleurs, une formation directe d'ingénieurs en cinq ans est proposée à des étudiants recrutés par concours sur une base régionale.

La restructuration de l'Institut est menée de manière progressive, selon un système « en biseau », pour que les étudiants admis avant cette restructuration terminent leur cursus universitaire dans les meilleures conditions possibles. Une intervention du PNUD permet en partie d'assurer cette transition. Par ailleurs, un plan de perfectionnement des enseignants khmers est en cours de réalisation.

Bien sûr, il reste beaucoup à faire, en particulier en ce qui concerne les équipements et, surtout, l'amélioration du niveau pédagogique de l'enseignement qui demeure l'objectif majeur.

Mais l'Institut a bien changé et on peut considérer, après un peu plus de deux ans d'activités, que, grâce au concours de tous et à l'appui décisif du Gouvernement royal du Cambodge, les bases de fonctionnement sont solidement établies et l'ITC est désormais prêt à jouer son rôle d'établissement multilatéral francophone à vocation régionale.

La tenue aujourd'hui des VI^{es} Journées Internationales de Technologie est en quelque sorte la reconnaissance internationale de cette renaissance menée sous l'égide de l'AUPELF-UREF. Cent cinquante participants, témoins de la diversité des ressources de la francophonie, sont là pour observer, comprendre, enrichir cet établissement qui est aujourd'hui membre à part entière de la Conférence internationale des formations d'ingénieurs et techniciens d'expression française, la CITEF, coorganisateur de cet événement.

S'agissant de la coopération avec le Royaume du Cambodge, il me paraît également

important de signaler qu'en vertu de l'accord cadre signé en 1994 avec le ministère de l'Education, de la Jeunesse et des Sports en vue de la mise en place d'un enseignement du français langue seconde dans le secondaire, 27 classes bilingues ont été ouvertes à Phnom Penh et en province. Pour ce qui concerne l'enseignement supérieur, cinq filières universitaires nationales ont été ouvertes à l'Université de Phnom Penh.

Comme vous le savez, l'AUPELF-UREF a tenu à s'associer, dès le départ, à la grande aventure francophone qu'ouvraient les Sommets.

Elle l'a fait - c'est son originalité en tant qu'opérateur des Sommets pour l'enseignement supérieur et la recherche - dans le cadre associatif qui est celui de plus de trois cents établissements d'enseignement supérieur et de recherche répartis sur tous les continents.

Ce cadre associatif permet le maillage des institutions. Il permet aussi de créer entre celles-ci, entre chercheurs, des réseaux performants où se développe, grâce au cadre multilatéral francophone, une grande créativité; où se développe également - et c'est là aussi la force de notre démarche - un esprit de partage entre le Nord et le Sud, pays de l'Ouest et pays de l'Est.

Il y a dans l'appellation de notre organisation, dans le sigle de l'UREF, cette référence aux réseaux, à l'université des réseaux. Nous y sommes très attachés car elle implique une stratégie, une méthode et un esprit qui ont fait leurs preuves, qu'il s'agisse de la recherche, de la formation ou de l'information. Au cœur de ce dispositif, les réseaux institutionnels, qui regroupent par grands champs disciplinaires les doyens et directeurs d'établissements de formation (facultés, grandes écoles), occupent une place centrale. Partie intégrante de l'Agence dont ils sont membres et à laquelle ils sont liés par contrat, les réseaux institutionnels participent aux programmes de l'UREF en tant qu'opérateurs des actions de formation. Ils apportent également leur concours - et ce n'est pas la moindre de leur mission - à la production et à la diffusion de l'information scientifique et technique en langue française. C'est dire l'importance du rôle que la CITEF, créée à l'initiative de l'AUPELF-UREF lors des 3^{es} JIT de Rabat, a vocation de jouer dans un monde en profonde mutation où la formation - et notamment la formation au niveau supérieur -occupe une place essentielle dans le développement et la vie des sociétés.

Je laisserai le soin à M. Besbes de vous entretenir lors de l'Assemblée générale de la CITEF, prévue pour demain après-midi, des actions développées dans le cadre du réseau qu'il préside. Pour ma part, si vous le permettez, je souhaiterais évoquer devant vous certains des grands chantiers, des grands programmes mobilisateurs de l'AU-PELF-UREF qui ont reçu l'approbation des chefs d'État et de Gouvernement lors du récent Sommet de Cotonou.

Deux d'entre eux, en particulier, me paraissent devoir être portés à votre attention dans la mesure où ils constituent des enjeux importants pour l'avenir des formations francophones dans le domaine des sciences de l'ingénieur.

Il s'agit:

- du Fonds francophone de la recherche, d'une part,
- du Réseau électronique francophone d'information, d'autre part.

L'organisation de la recherche en francophonie est un des facteurs essentiels du développement. Retenue par le V^e Sommet de la francophonie à Maurice en 1993, la création du Fonds francophone de la recherche vise à transférer au Sud les savoir-faire accumulés en matière d'administration de la recherche en s'appuyant

- sur l'excellence concentrée, par la mise en place d'Ecoles doctorales régionales,
- sur l'excellence répartie, par
- * la mise en œuvre d'un programme de soutien aux laboratoires associés,
- * la constitution de jeunes équipes de recherche,
- * la mise en place d'actions de recherche concertées.

La synergie des programmes de recherche, qui bénéficient de la participation de consortiums d'appui réunissant les meilleurs établissements du Nord et sont relayés par les programmes de bourse, permet non seulement l'établissement de partenariats de qualité, mais aussi la concentration des ressources autour de pôles d'excellence répartis à travers tout l'espace francophone, ainsi que la mise en place d'une coopération à dimension régionale dans les pays en développement.

Autant d'atouts qui me semblent aller dans le sens de nos préoccupations conjointes et que je livre à votre réflexion au seuil de ces Journées. Mais il est clair que la mise en commun, dans le cadre de la francophonie scientifique, des ressources disponibles en matière d'enseignement et de formation à la recherche requiert, en tout premier lieu, le partage de l'information.

Avec le multimédia et Internet, c'est une autre manière de s'instruire, de travailler, de vivre qui s'impose à nous ; c'est une révolution de l'information et de la culture qui s'opère, aussi forte que celle occasionnée au XVI^e siècle par la découverte de l'imprimerie.

Face à la mondialisation de l'information à travers les réseaux, et notamment Internet, la francophonie doit organiser et structurer son information et assurer rapidement la connexion des pays du Sud afin que l'ensemble francophone dispose d'un maillage serré de structures d'accès à l'information. Partiellement absente de ces autoroutes de l'information, où plus de 90 % des données circulent en anglais, la francophonie doit créer au sein des grands réseaux internationaux un espace de communication en langue française, organisé et maillé par un réseau d'ordinateurs.

C'est la vocation du projet REFER, réseau électronique francophone pour l'enseignement, l'économie, l'entreprise et la recherche, développé par l'AUPELF-UREF et auquel participent les grands producteurs francophones d'information tels que le CRIM de Montréal, l'ORSTOM, le CNRS et le CIRAD en France.

Quelque 600 centres et points SYFED mis en place depuis 1989 par l'AUPELF-UREF, notamment dans un très grand nombre de pays du Sud, préfigurent le projet de mise en réseau des ressources francophones sur Internet, dans la mesure où ils permettent déjà, par l'interrogation télématique, l'accès aux grandes banques de données francophones des produits d'information scientifique et technique en langue française.

Appui à la formation partagée, à la création de pôles d'excellence, à la relance de la recherche dans le cadre de partenariats et la mise en place de consortiums d'établissements, mise en réseau du potentiel scientifique francophone, telles sont les priorités des programmes mis en œuvre par l'AUPELF-UREF.

La francophonie doit aujourd'hui, pour renforcer sa pertinence, pour structurer son développement, faire toujours plus appel à l'esprit de créativité, au dialogue ouvert, permanent, constructif entre, d'une part, la base que constituent les individus, les réseaux où les idées et le mouvement prennent leur origine, et, d'autre part, le Sommet qui valide ce qu'il y a de meilleur dans ces propositions et leur donne l'encouragement et les moyens nécessaires. Les organisations qui ont réussi et qui connaissent, tel l'INTERNET par exemple, un développement fulgurant, ont pour principe même l'alliance étroite d'un dynamisme puissant, d'une participation constante de la base et d'une structuration permanente au sommet.

Les Écoles d'ingénieurs francophones représentent, dans leur diversité et leur complémentarité, un ensemble cohérent et innovant. Elles participent d'un espace - l'espace francophone - véritable laboratoire d'humanité capable d'apporter des réponses nouvelles aux défis de cette fin du XX^e siècle caractérisés par des changements économiques majeurs.

Vous aurez l'occasion, au cours de ces Journées, de parler plus savamment que moi des défis que connaissent les grandes Écoles d'ingénieurs, que ce soit celles du Sud ou celles du Nord. J'ai souligné la contribution que peut apporter la francophonie multilatérale à deux de ces défis. Le premier concerne l'interrelation qu'il faut d'urgence établir ou renforcer entre vos différentes institutions. Les réseaux mis en place, celui de la CITEF en particulier, sont une première réponse à ce besoin de communication, de renforcement, d'enrichissement mutuel et de solidarité active.

Le second concerne le grand défi dont j'ai dit un mot, des grands réseaux d'information - l'Internet notamment - qui seront demain le lot quotidien des chercheurs et enseignants et le vecteur principal de la communication en matière de science et de technologie.

Un troisième défi à propos duquel nous attendons de vous réflexions et propositions, concerne naturellement la place et le rôle que les Écoles d'ingénieurs sont aujourd'hui appelées à occuper dans les espaces de la formation, de l'économie et, plus généralement, des sociétés qui sont les nôtres. Les concurrences sont féroces, les attentes nombreuses, les besoins immenses, les moyens parfois limités...

Afin de répondre aux enjeux, les Écoles d'ingénieurs doivent nécessairement évoluer tout en maintenant l'esprit et la qualité qui ont toujours été les leurs.

Altesse Royale, Messieurs les Ministres, Messieurs les Recteurs, au nom de l'AU-PELF-UREF et des représentants des Écoles d'ingénieurs francophones, je tiens à vous adresser mes plus vifs remerciements pour la qualité et la chaleur de votre accueil. Je suis convaincu que ce séminaire donnera lieu à des échanges approfondis et constructifs, à un enrichissement mutuel dans un véritable esprit de coopération.

Coopérer, c'est opérer ensemble en toute réciprocité. C'est notre souhait commun et je forme le vœu que les nouveaux défis que doivent relever les Écoles d'ingénieurs fassent, au cours de ces deux journées, l'objet de travaux fructueux pour la communauté scientifique que nous représentons et, surtout, suscitent des réponses correspondant aux attentes des pays et de la francophonie que nous servons.

Altesse Royale SAMDECH KROM PREAH NORODOM RANARIDDH premier Premier Ministre représentant Sa Majesté le Roi,

Excellences,

Mesdames et Messieurs honorables invités,

Monsieur le représentant de l'AUPELF-UREF,

Monsieur le Président de la CITEF.

Mesdames et Messieurs les participants,

J'ai l'honneur et le plaisir de participer avec vous à la cérémonie d'ouverture des VI^{es} Journées Internationales de Technologie.

Tout d'abord, je voudrais remercier chaleureusement Monsieur le Recteur de l'AU-PELF-UREF, le Président de la CITEF et tous les participants de nous faire le grand honneur de choisir l'ITC, l'Institut de Technologie du Cambodge, pour accueillir les Journées Internationales de Technologie 1996.

Je leur souhaite la bienvenue au Cambodge et un agréable séjour parmi nous.

Je voudrais aussi exprimer mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'organisation de ces journées, assurer les participants de mon ferme soutien et vous souhaiter un plein succès dans vos travaux. En se référant à vos sujets de débat, nous nous rendons compte combien la formation des ingénieurs et des techniciens au Cambodge est concernée.

Après des années d'isolement, le Cambodge est maintenant ouvert au monde. Depuis l'avènement du gouvernement royal actuel, nous avons fait d'importants efforts en éducation et en formation. La réforme des enseignements primaires et secondaires et la formation des maîtres sont maintenant dans la phase d'exécution. Il est temps aujourd'hui de reconsidérer l'enseignement supérieur pour lequel un groupe de travail national est en train de définir une réforme complète et de proposer un plan global de développement pour les dix prochaines années. Dans ce plan de développement, la formation technique prendra une place importante. Il faut définir les nouveaux rôles des ingénieurs et techniciens afin de répondre aux besoins de la société. Ils sont des agents de développement et des entrepreneurs dans un contexte d'évolution très rapide de la technologie, avec de nouvelles règles du marché économique mondial et une compétition effrénée des marchés mondiaux et régionaux. Pour cela, il faut que les établissements de formation restent en contact permanent avec les partenaires économiques et sociaux. Nous espérons de votre rencontre une réponse qui pourrait nous aider dans nos choix de formation.

Je remercie Son Altesse Royale SAMDECH KROM PREAH NORODOM RA-NARIDDH d'avoir bien voulu nous honorer de sa haute présence en présidant cette cérémonie d'ouverture des Journées Internationales de Technologie 1996.

Enfin, je remercie également tous ceux qui ont œuvré pour que ces Journées Internationales de Technologie soient un succès. Je remercie les honorables invités de leur présence et je souhaite à nouveau aux participants un plein succès.

S.A.R. Samdech Krom Preah Norodom Ranariddh

Premier Premier Ministre du Gouvernement Royal du Cambodge

Excellences,

Mesdames et Messieurs.

Chers Amis.

S.M. Preah Bat Samdech Preah NORODOM Sihanouk Varman, Très Illustre et Vénéré Père de la Nation, m'a accordé le grand honneur de le représenter et de présider cette cérémonie d'ouverture des VI^{es} Journées Internationales de Technologie.

Au nom du Gouvernement royal, au nom de Samdech HUN Sen, deuxième Premier Ministre, permettez-moi de souhaiter la bienvenue à tous les participants de toutes nationalités, aux organisateurs, l'AUPELF-UREF, l'ITC et la CITEF.

J'adresse mes remerciements particuliers à Monsieur COMBAL, représentant de Monsieur GUILLOU, Recteur de l'AUPELF-UREF, à Monsieur OUY Vanthon, Président de l'ITC, à Monsieur Bernard CAVAILLE qui ne ménage pas ses efforts quotidiens pour l'ITC, à Monsieur BESBES, Président de la Conférence internationale des formations d'ingénieurs et techniciens d'expression française (CITEF) ainsi qu'à tout le personnel, et notamment les personnels expatriés, de l'ITC.

C'est la première fois que les Journées Internationales de Technologie se tiennent en Asie, et le Royaume a le plaisir de les accueillir.

Je saisis cette occasion pour souligner la ténacité et les efforts du Gouvernement royal en vue de moderniser le Royaume. Les Journées Internationales de Technologie s'inscrivent parfaitement dans la ligne de nos actions.

Ce qui nous réunit aujourd'hui est un exemple vivant du resserrement des liens culturels et scientifiques entre les différents pays de la communauté francophone que je salue très fraternellement et très chaleureusement.

Les tables rondes organisées en vue d'une réflexion sur les technologies et leur enseignement sont une source d'enrichissement nécessaire et indispensable. Je suivrai avec le plus grand intérêt les résultats de vos travaux.

Les thèmes de travail choisis montrent le souci de bien préparer le terrain de notre avenir : savoir utiliser les autoroutes de l'information, développer la coopération internationale, améliorer les cursus, élargir les missions des Instituts de Technologie, réfléchir en permanence sur la qualité des formations, sont autant de sujets demandant des réponses claires pour adapter nos ressources humaines aux besoins d'un développement jamais achevé.

Excellences, Mesdames et Messieurs, Chers Amis,

Je suis convaincu que l'organisation des Journées Internationales de Technologie à Phnom Penh témoignent de la paix et des progrès réalisés dans notre pays.

Nous sommes conscients de notre faiblesse dans les domaines scientifiques et technologiques. Nous manquons de chercheurs, d'ingénieurs, de techniciens réellement compétents pour le pays.

Dans le contexte actuel de progression vers la modernisation, la formation des techniciens supérieurs répond aux besoins fondamentaux du Royaume. Je souhaite très sincèrement que la profession de technicien supérieur soit revalorisée et que son cursus de formation soit parfaitement adapté aux réalités de l'économie du Royaume.

Il apparaît que deux besoins sont à satisfaire :

1) Le renforcement des équipements en matériels notamment pour les laboratoires et l'assistance technique.

Les équipements sont vitaux pour l'adaptation de l'ITC à la situation du Cambodge à la veille du 3^e millénaire et sans assistance technique, nous perdrons un temps précieux.

2) L'augmentation des prestations pédagogiques des enseignants est également une nécessité permanente.

En améliorant leur formation, afin de les adapter aux évolutions technologiques,

nous nous armerons mieux pour le futur. L'ITC identifie ses futurs enseignants parmi les étudiants. Cela correspond exactement à ce que nous souhaitons car c'est le gage de la pérennité de l'Institut et de la qualité de son enseignement.

Je suggère que la titularisation des enseignants dans le corps des fonctionnaires soit étudiée aussitôt que possible par le ministère de l'Éducation nationale auquel je laisse le soin de définir les modalités de cette titularisation.

Un domaine me tient particulièrement à cœur. Il s'agit du renforcement des liens entre l'ITC et les entreprises privées. Introduire le secteur privé dans l'ITC sera la certitude d'obtenir un enseignement d'excellence. Faire de l'ITC un lieu de production, à l'exemple de la « Junior-Entreprise » déjà créée, apportera de l'efficacité et, assurément, la meilleure réponse au fait que nous n'avons pas de temps à perdre.

La quasi-totalité des élèves travailleront dans le secteur privé. Celui-ci est appelé à de grands développements. « L'enseignement-application » est une nécessité tout comme la création des stages en entreprises ou la création de nouvelles Junior-Entreprises. Coller à la réalité économique et développer l'esprit d'entreprise, voilà le but.

Excellences, Mesdames et Messieurs, Chers Amis,

Permettez-moi d'exprimer de très sincères remerciements à la France. Elle fait des efforts considérables pour l'ITC. Elle accueillera bientôt 90 stagiaires en France et assume plus de 90 % du financement de l'Institut.

Je veux souligner que les étudiants cambodgiens s'efforcent de répondre de leur mieux à ces efforts par leur travail. Je sais que leur soif de connaissance est immense et qu'ils feront tout pour réussir.

Je profite de cette occasion pour lancer un appel à une ouverture plus large au niveau des partenaires de l'ITC.

Bienvenue à la coopération avec la Nouvelle-Zélande qui a entrepris l'une des premières actions de coopération SUD-SUD dans l'ITC, qui, ne l'oublions pas, a une vocation régionale. Ceci est à développer.

La coopération multilatérale doit apparaître davantage et je souhaite encore plus de

solidarité. Nous avons besoin de l'ITC dans la perspective de l'intégration économique de la région. Des milliers d'emplois seront offerts dans les 20 ans à venir à des ingénieurs et techniciens supérieurs. Nous devrons pouvoir les satisfaire.

En ma qualité de représentant de S.M. le Roi et de premier Président du Gouvernement royal, j'affirme notre soutien sans réserve et notre encouragement pour ces Journées Internationales de Technologie.

Je voudrais exprimer notre plus profonde gratitude aux pays participants, aux éminentes personnalités étrangères et cambodgiennes qui ont permis le déroulement de cette rencontre.

Excellence Mesdames, Messieurs, Chers Amis.

Je déclare solennellement ouvertes les VI^{es} Journées Internationales de Technologie et vous remercie pour votre aimable attention.

Message de l'UNESCO

Monsieur le premier Premier Ministre,

Monsieur le Sous-Secrétaire d'État,

Monsieur le Président de la CITEF.

Monsieur le Président du Conseil d'Administration de l'ITC,

Messieurs les Recteurs et Doyens,

Mesdames, Messieurs,

Je suis très honoré de vous saluer au nom de l'Organisation des Nations unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO) et de son Directeur général, Monsieur Frederico Mayor.

La profession d'ingénieur a un rôle unique à jouer. En tant qu'auteurs, dessinateurs et constructeurs d'une grande partie des infrastructures de la planète, les ingénieurs doivent contribuer à s'assurer que le développement a lieu dans de bonnes conditions pour l'environnement. Une attention particulière devra être apportée à l'impact environnemental, les professionnels devront prendre en compte non seulement les considérations à court terme mais aussi le futur. L'industrialisation guidée par la technologie est devenue un enjeu majeur pour les pays du tiers monde aussi bien que pour ceux d'Europe centrale et de l'Est. Alors que notre agence sœur, l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI), tente de trouver une solution à ce problème au niveau de l'industrie, la réaction de l'UNESCO est de se demander : « Comment l'université pourra-t-elle contribuer au développement ? » L'in-

53

dustrialisation d'un pays ne peut se faire sans développement des ressources humaines et transfert de technologie.

L'université a trois fonctions : l'éducation, la recherche et les services. Cependant, dans les pays en développement, les Écoles d'ingénieurs ne participent pas suffisamment au processus d'industrialisation de leur pays. L'UNESCO croit que la coopération entre les universités et l'industrie pourra être une contribution valable pour l'industrialisation des pays en développement.

La 27^e session de la Conférence générale de l'UNESCO a approuvé en 1993 le programme UNISPAR (partenariat université-industrie-sciences). Ce programme vise à promouvoir la coopération internationale en créant et en diffusant des réseaux d'information, en développant et en mettant en œuvre avec les États membres de l'UNESCO des projets entre l'université et l'industrie aux niveaux national, régional et international. Dans le cadre du programme UNISPAR et de la commémoration du 50^e anniversaire de l'UNESCO, le « Congrès mondial des responsables de formation d'ingénieurs et des dirigeants d'industrie » se tiendra au siège de l'UNESCO du 2 au 5 juillet 1996. Je vous invite à présenter les résultats de ces journées internationales lors de ce Congrès mondial.

J'ai le plaisir de féliciter, au nom de l'UNESCO, l'Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF-UREF), l'Institut de Technologie du Cambodge (ITC) ainsi que la Conférence internationale des responsables des formations d'ingénieurs et techniciens d'expression française (CITEF). Je voudrais remercier aussi toutes les institutions, les compagnies privées et les personnes qui ont contribué à l'organisation de ces journées et je vous souhaite un grand succès.

Table ronde I

Les Écoles d'ingénieurs et les autoroutes de l'information

Bernard Picinbono

Laboratoire des Signaux et Systèmes École Supérieure d'Electricité, CNRS et Université de Paris-Sud

Les autoroutes de l'information - problèmes et perspectives

C'est un défi particulièrement difficile à relever que de vouloir en un exposé aussi bref aborder un sujet d'une telle ampleur. Dès lors, une bonne partie du temps, et en tout cas l'essentiel de l'introduction, servira à délimiter le sujet et à évoquer des thèmes qui ne pourront pas être abordés.

L'expression « autoroute de l'information » est apparue aux États-Unis il y a quelques années, et tout particulièrement dans le cadre de la campagne électorale de l'actuel président Clinton. A une période où les perspectives économiques s'assombrissaient et où les grands programmes militaires et spatiaux perdaient de leur pertinence, les autoroutes de l'information pouvaient devenir un thème mobilisateur, au même titre que dans le passé la guerre des étoiles ou l'envoi du premier homme sur la Lune.

Si l'on y regarde d'un peu plus près, on peut considérer que derrière l'expression d'autoroute de l'information se cachent deux domaines très distincts, mais en étroite interaction. Le premier, qui est la clé de l'ensemble, concerne la réalisation technique d'un immense réseau maillé de télécommunications concernant à terme le monde entier. Dans cette perspective les problèmes actuels et futurs des autoroutes de l'information sont tout simplement ceux des télécommunications. Le chercheur, l'ingénieur ou l'industriel des télécommunications se préoccupent de tous les problèmes posés par l'acheminement le plus rapide possible d'informations de toutes sortes, sans prioritairement s'intéresser aux usages que l'on en fait ou au contenu de cette information.

La seconde perspective est toute différente : elle essaye d'imaginer tous les services que peuvent rendre ces réseaux et l'impact de leur développement sur la vie en société, par exemple sur le travail, l'enseignement ou les loisirs. Si l'on regarde le programme de notre table ronde, c'est plutôt cet aspect des choses qui est présent, ce qui me conduit à résolument choisir de limiter mon intervention à l'aspect plus technique.

Mais cette tâche n'est pas aussi simple qu'il ne paraît au premier abord. Il y a en effet une interaction de plus en plus grande entre ce que l'on peut appeler la demande et la réponse technologique appropriée. La déréglementation du domaine des télécommunications ne fait qu'amplifier ce phénomène et la période n'est plus celle où l'utilisateur devait se contenter de l'offre de service faite par des entreprises de télécommunications profitant d'une situation de monopole de droit ou de fait. Les opérateurs de télécommunication et les industriels concernés doivent en même temps penser à créer des services nouveaux pour répondre à des besoins non encore exprimés et répondre le plus rapidement possible à des demandes auxquelles ils n'avaient pas nécessairement pensé. C'est dans ce sens qu'il y a une corrélation constante entre les développements scientifiques et technologiques et les attentes de la société.

1. LE DÉVELOPPEMENT DES TÉLÉCOMMUNICATIONS ET LES ATTENTES DE LA SOCIÉTÉ

Malgré les troubles liés à la récession économique, le secteur des télécommunications est en pleine croissance et celle-ci ne semble pas devoir subir d'effet de freinage. On prévoit ainsi pour l'année 1996 qu'il pèserait environ 150 milliards d'écus contre 200 milliards pour le secteur automobile qui sera prochainement dépassé par celui des télécommunications. Cette croissance permanente et remarquable a été rendue possible par des développements technologiques considérables dans de très nombreux domaines que nous mentionnerons brièvement dans la suite. Mais par ailleurs, elle entraîne d'autres développements et il est clair que les mutations technologiques sont encore loin d'être terminées.

Tout ce développement ne peut être considéré comme s'alimentant par lui-même. S'il existe, c'est qu'il y a également une demande qui va sans cesse croissant. La relation entre l'offre et la demande est donc en matière de télécommunications particulièrement importante. L'utilisateur est de plus en plus exigeant sur la qualité des services rendus. Il devient très difficile d'utiliser des situations de monopole pour imposer aux utilisateurs une qualité médiocre alors qu'un concurrent pourra en fournir une bien meilleure. La qualité des services permet par ailleurs de conquérir des marchés aussi bien à court qu'à long terme. On constate par exemple une exigence accrue sur la qualité des transmissions téléphoniques et de plus en plus d'utilisateurs souhaiteraient que la qualité acoustique du téléphone soit du même type que celle des disques compacts.

Indépendamment de la qualité, les utilisateurs demandent des services de plus en plus complexes. Il s'agit tout à la fois des usagers de type individuel que des entreprises qui souhaitent pouvoir avoir des réseaux très sophistiqués à l'intérieur même de l'entreprise permettant par exemple le traitement instantané d'informations entre des sites pouvant être sur des continents différents ainsi que la réalisation de vidéo conférences

évitant des déplacements de personnes et atteignant un caractère de convivialité pratiquement similaire à celui d'une véritable réunion.

En face de cette demande, les opérateurs de télécommunications sont conduits à présenter à la fois des offres très adaptées à des services très spécifiques, mais également des services généraux. Une récente visite à l'exposition internationale des télécommunications a fait état de la multiplicité des services qui sont aujourd'hui proposés et qu'il est évidemment totalement impossible de décrire dans cet exposé. Certains de ces services sont déjà techniquement réalisables même s'ils ne sont pas encore commercialisés. Simplement à titre d'exemple on peut mentionner le lecteur de télécopie qui transforme immédiatement le texte en parole consultable par téléphone. D'autres services font encore partie des défis technologiques, même si l'on pressent que l'usage existerait certainement. On peut par exemple citer les systèmes de communication téléphonique avec traduction simultanée permettant à un Japonais et à un Français de communiquer entre eux chacun dans sa langue et si possible en temps réel.

Un autre aspect de la demande de la société concerne les questions d'utilisation et d'ergonomie. Il n'est en effet pas possible pour la clientèle d'accepter des modes d'utilisation et des interfaces entièrement différents pour les multiples services et dès lors il faut réaliser des systèmes dont l'usage soit naturel et facile à comprendre dans tous types de situations.

Ceci complique sensiblement la tâche des ingénieurs de conception qui doivent à la fois manipuler le complexe et le rendre simple. Enfin la demande de la société s'étend de plus en plus vers des services mobiles et universels et pouvant aussi posséder un caractère interactif. Le téléphone mobile n'est qu'un exemple parmi d'autres et l'utilisateur doit pouvoir à la fois être touché à tout moment mais également pouvoir réagir en orientant la communication dans une autre direction si, momentanément, il ne souhaite pas être atteint.

Enfin, il convient de noter que tous ces services ont un coût dont l'évaluation ainsi que le processus de facturation sont des problèmes loin d'être simples à résoudre. Les utilisateurs de plus en plus nombreux du courrier électronique dans le monde universitaire ont l'impression d'avoir un service universel et gratuit. Ils oublient cependant que celui-ci est pris en compte par d'autres organismes et il n'est pas impossible qu'un jour l'augmentation du trafic conduise à entrevoir une certaine limitation par l'usage d'un coût plus dissuasif.

L'ampleur de la demande, sa diversité, le caractère concurrentiel de l'offre et bien d'autres paramètres sociologiques conduisent les entreprises de télécommunications, qu'elles soient des opérateurs où des fabricants de matériels, à relever des défis tech-

nologiques de plus en plus ardus qui reposent sur des domaines scientifiques et techniques très variés que nous allons brièvement évoquer.

2. LES TECHNOLOGIES DE BASE EN TÉLÉCOMMUNICATIONS

Toute liste peut apparaître trop limitative ou restreindre la complexité de la réalité, mais on peut toutefois indiquer que les grands domaines jouant un rôle essentiel dans le développement des autoroutes de l'information sont :

- l'optoélectronique,
- la microélectronique,
- le traitement du signal et de l'information,
- l'informatique et le logiciel.

Enfin, il ne faut pas oublier les problèmes de propagation, essentiellement électromagnétique, dont l'optique n'est qu'un cas particulier.

Sans vouloir faire jouer un trop grand rôle à ma spécialité personnelle, on peut noter dès le départ que ce sont les techniques de traitement du signal qui ont pu ouvrir la voie à la révolution des télécommunications fondées de plus en plus sur la transmission d'informations numériques. Un système moderne de communications doit en permanence pouvoir passer d'un signal continu à un signal numérique et réciproquement.

Les ondes électromagnétiques se propageant dans l'atmosphère ou dans une fibre optique sont décrites par des équations à temps continu, mais le débit d'information à transmettre se mesure en bits par seconde.

Toute l'opération repose sur le célèbre théorème d'échantillonnage, souvent dénommé théorème de Shannon mais qui, en fait, remonte à Cauchy, et montre comment passer d'un signal à temps continu à une suite de nombres et réciproquement. Ce théorème est évidemment enseigné dans toutes les Écoles formant des ingénieurs dans le domaine des communications. Pour transmettre correctement la parole dans le système téléphonique on utilise un débit normalisé de 64 kilobits par seconde. Pour la transmission de l'image animée il faut un débit d'environ 200 Mbits/sec, qui peut être réduit presque d'un facteur 10 par un codage approprié de l'image. Les réseaux actuels sont capables d'acheminer des informations avec un débit d'environ 2 Gbits/sec et les systèmes du futur devront faire de 10 à 100 fois mieux.

Cette course à l'augmentation du débit n'a été rendue possible que grâce aux progrès spectaculaires de la microélectronique et à l'usage généralisé de l'optique et des composants optoélectroniques.

La complexité des systèmes, même d'usage très courant comme le téléphone portatif, nécessite de faire appel à des technologies de microélectronique très perfectionnées et complexes. La performance potentielle d'un circuit électronique se mesure en nombre de transistors qu'il peut comprendre. L'appel à des technologies microniques et submicroniques (de quelques microns à 0,3 micron) a permis de passer de 104 à 108 transistors entre 1972 et 1992 et la courbe du logarithme du nombre de transistors croît linéairement avec le temps, sans qu'on ait encore atteint les limites qui seront imposées par la mécanique quantique. Cette course ininterrompue vers l'augmentation des capacités nécessite des investissements considérables qui ne sont réalisables que par des industries à caractère multinational.

Mais ces millions de transistors comme ces milliards de bits par seconde nécessitent d'être traités par de puissants moyens informatiques, et les réseaux de télécommunications sont devenus de gigantesques systèmes programmables. Ainsi les télécommunications représentent actuellement près du tiers du marché du logiciel. A titre d'exemple on peut indiquer que la taille des logiciels de commutation n'a cessé de croître, passant dans les dernières quinze années d'environ 0,5 à 3 10 lignes de programme. Ceci entraîne des efforts de recherche sans cesse accrus dans des domaines tels que la fiabilité ou la sécurité. Il devient en effet essentiel de détecter des fautes le plus tôt possible et donc d'élaborer des programmes de tests et de validation utilisant les méthodes les plus raffinées de l'informatique.

Pour terminer ce bref panorama, revenons au traitement du signal qui a été évoqué au début de ce paragraphe. Parmi les techniques qui ont le plus d'impact dans le domaine des télécommunications on peut mentionner celles concernant les systèmes adaptatifs et celles concernant la compression. Dans un environnement en permanente évolution on ne peut utiliser valablement un système à paramètres constants. Ceci est particulièrement évident dans le cas des communications entre mobiles où le canal de transmission évolue en fonction du déplacement du récepteur ou de l'émetteur qui n'est pas connu à l'avance et peut donc être considéré comme aléatoire.

Il faut donc concevoir des systèmes d'émission ou de réception qui s'adaptent aux fluctuations du canal de transmission, et ceci sans intervention humaine ni coupure de la communication. C'est un vaste champ de recherches, nécessitant de faire appel à des méthodes théoriques très sophistiquées.

La compression de l'information utilise systématiquement la redondance ap-

paraissant tout autant en transmission de parole que d'image. On conçoit par exemple aisément qu'une image comprenant des mouvements assez lents n'a pas besoin d'être transmise en permanence et l'on peut se limiter à transmettre les modifications entre deux images successives.

La compression des signaux permet de réduire sensiblement le débit d'information pour une perte de qualité qui doit pouvoir être considérée comme acceptable. Il y a d'ailleurs un lien évident avec l'adaptation, car la compression devra demain être adaptative et varier selon la nature et les changements imprévisibles des signaux à transmettre.

Après ce rapide survol des principales technologies conditionnant le développement des autoroutes de l'information, nous allons examiner avec un peu plus de détails deux cas particuliers qui risquent de s'imposer dans un scénario du futur.

3. PERSPECTIVES POUR LE FUTUR

L'évolution des télécommunications fait apparaître simultanément une diversification de plus en plus grande des services offerts en même temps qu'une forte tendance à leur intégration. Ceci a conduit au développement de ce qu'on appelle les réseaux numériques à intégration de services (RNIS). On pourra ainsi dans le futur passer insensiblement de la notion de réseaux multiservices à celle de réseaux multimédias qui assurent aussi bien la transmission des sons et des données que celle des images. Les systèmes dits à techniques temporelles asynchrones (TTA ou en version anglaise ATM) pourront couvrir des besoins de communication aussi bien à faible qu'à haut débit.

Une autre tendance de l'évolution à venir est la croissance rapide des radio-communications avec les mobiles qui feront prochainement intervenir des radio-systèmes cellulaires grâce en particulier à des réseaux spécifiques de télécommunications par satellites. Dans les années antérieures, on était conduit à considérer les liaisons par satellites comme de simples moyens de transmissions jouant un rôle parallèle aux faisceaux hertziens ou aux câbles sous-marins. On voit peu à peu un nouveau rôle que pourront jouer les satellites qui deviendront de véritables nœuds de réseaux supraterrestres. On verra donc apparaître des systèmes de télécommunications personnels universels (TPU) dans lesquels la notion de terminal sera associée à celle d'une personne donnée, quel que soit le lieu où elle se trouve et le terminal qu'elle utilise. Ces perspectives, qui sont parfois assez futuristes, ne pourront se réaliser que par des progrès technologiques importants reposant sur le concept de réseaux tout optique et de commutation temporelle asynchrone.

La généralisation de l'optique comme système de transmission se réalise peu à peu

et la France, par exemple, possède déjà environ 17.000 kilomètres de câbles optiques en service sur son territoire. Quant aux longueurs de câbles optiques déjà installés entre les continents, elles s'expriment en millions de kilomètres. La transmission peut ainsi s'effectuer avec des débits numériques de 2,5 Gbits/s, ce qui correspond environ à 30.000 voies téléphoniques en parallèle sur une seule fibre pour des liaisons à grandes distances. Mais des essais de transmissions à 10 Gbits/s ont déjà eu lieu et des liaisons expérimentales de laboratoire ont été réalisées en 1993 sur des distances de neuf mille kilomètres dans le cadre de projets de futures liaisons sous-marines. Ceci a complètement modifié l'équilibre entre transmissions sous-marines et par satellites. Il y a quelques années les circuits par satellites étaient beaucoup plus nombreux que ceux par câble.

La situation est maintenant totalement inversée et, comme indiqué ci-dessus, les satellites sont associés à un usage très différent. Ils ne servent plus à transmettre de gros débits au travers des océans, ce que la fibre fait mieux, mais à rendre des services plus individualisés pour des connexions point à point, en particulier pour le radiotéléphone ou pour certaines régions isolées et éloignées des grands centres urbains.

Peut-on faire des prévisions sur l'avenir du développement de la fibre optique ? Comme pour la microélectronique, on constate approximativement un phénomène de doublement annuel de la capacité, et l'on ne voit pas encore de raison évidente de saturation pour la prochaine décennie. On peut tenter d'en expliquer les raisons.

La principale limitation des fibres optiques provient des pertes de transmission, que l'on retrouve d'ailleurs dans tous les systèmes de propagation d'ondes. Du côté des hautes fréquences, ces pertes proviennent de la diffusion Rayleigh alors que les pertes en basses fréquences sont liées aux mouvements moléculaires et atomiques conduisant à des absorptions dans l'infrarouge. Il y a également les impuretés dont l'effet peut être majeur, comme en particulier l'existence d'ions OH. On sait maintenant faire des fibres où cet effet a pratiquement disparu, en tout cas dans la fenêtre spectrale voisine de 1500 nanomètres qui est la plus utilisée. Ceci nécessite des processus industriels où la pureté soit contrôlée mieux qu'une partie par milliard, et leurs réalisations nécessitent des prouesses technologiques. C'est d'ailleurs l'impossibilité d'atteindre de telles puretés qui a retardé la mise en œuvre des fibres optiques.

Pour combattre les pertes par absorption il faut réamplifier le signal. Ainsi la généralisation de la fibre optique a été rendue possible par des progrès importants dans le domaine de l'amplification optique elle-même qui évite de convertir un signal optique en signal électrique et réciproquement au niveau des répéteurs. Cette amplification dans des fibres dopées à l'erbium est maintenant maîtrisée industriellement et utilisée dans les câbles sous-marins. La distance typique entre deux amplifications est de l'ordre

d'une centaine de kilomètres et l'on voit aisément le nombre de ces amplifications en ce qui concerne la traversée de l'océan Pacifique. L'énergie électrique nécessaire pour cette amplification est évidemment apportée depuis la terre le long du câble. On peut même envisager pour un horizon plus lointain la réalisation d'une véritable commutation optique dans les centres de transit.

Ces fibres sont en général en silice, et le silicium est donc un corps simple chimique qui joue un rôle fondamental dans l'ensemble des dispositifs de télécommunications. D'autres matériaux ont été proposés, mais malgré certains de leurs avantages, ils n'ont encore aucune chance de détrôner la silice.

A côté de l'absorption qui conduit à insérer dans une ligne de transmission des dispositifs d'amplification coûteux et nécessitant un apport d'énergie, il faut aussi noter le phénomène de dispersion qui contribue à limiter le débit. L'indice de réfraction dépendant de la longueur d'onde, les impulsions transportant le signal numérique ont tendance à se déformer, et donc à se chevaucher. Pour contrecarrer ce phénomène, on a tenté de réaliser des fibres à dispersion décalée dans lesquelles le minimum d'absorption et de dispersion coïncide à la longueur d'onde choisie, par exemple 1500 nm. Ce qui caractérise la fibre optique, c'est évidemment la prodigieuse largeur de bande qu'elle permet de mettre en œuvre et qui se mesure en terahertzs. Mais il faut également noter un très faible taux d'erreurs de transmission, car la fibre est très peu sensible aux perturbations électromagnétiques ou d'autre nature affectant en particulier les faisceaux hertziens. La fibre a donc toute chance de se généraliser dans les réseaux de transmission à grandes distances nationaux ou internationaux. Ce support remplacera peu à peu les câbles coaxiaux et les faisceaux hertziens.

Par contre, l'emploi des fibres optiques pour le réseau de distribution et jusque chez l'abonné fait l'objet de nombreuses discussions mettant en jeu des problèmes de coût qui sont loin d'être négligeables et aucune décision définitive ne semble encore avoir été réellement prise.

On peut donc considérer que l'on a atteint un point où le coût de la transmission est devenu négligeable et c'est donc du côté de la gestion du flux d'informations numériques transmis que se posent les problèmes d'avenir. Ceci conduit donc à dire quelques mots sur la commutation et tout particulièrement sa version temporelle.

La commutation temporelle asynchrone (ATM) est une technique de transfert en mode paquets permettant d'exécuter à la fois des tâches de multiplexage et de commutation. Elle est fondée sur l'utilisation de paquets de longueur fixe appelés cellules. L'avantage essentiel de l'ATM est de permettre d'allouer à l'utilisateur une capacité de débit de transmission adaptée à chaque instant à ses besoins. Cette souplesse lui permet

d'exploiter la liaison aussi bien pour des services de type téléphonique ou de transfert de documents à moyen débit que pour des services à très haut débit comme la diffusion de la télévision à haute définition. On peut penser que dans la prochaine décennie cette technique se sera imposée avec le démarrage du réseau numérique à intégration de service à large bande (RNIS large bande). Cette technique a été élaborée à partir de travaux effectués au CNET de Lannion dans la décennie 80. Mais il a fallu convaincre qu'elle était capable de supporter de très hauts débits, ce qui se fit un peu plus tard et elle est maintenant adoptée comme un standard international.

En conclusion, si le terme autoroute de l'information est souvent plus un slogan à connotation socio-économique, la technologie des télécommunications sous ses multiples facettes est bien ce qui a pu rendre ce rêve possible. Il l'est non seulement aujourd'hui, mais encore plus demain avec tous les progrès déjà vérifiés en laboratoire et prêts à passer au stade industriel. La technique permet d'entrer résolument dans l'ère des communications. Mais le contenu de ce que l'on communiquera sera-t-il à la hauteur d'un véritable progrès de civilisation ? C'est sans doute ce défi qui sera le plus difficile à relever.

Francophonie et inforoute - Refer ou la francoroute

Les technologies et les industries de l'information et de la communication se développent aujourd'hui avec une rapidité sans cesse accélérée. L'alliance du numérique et de l'informatique change la nature des choses. Tous les champs de l'activité humaine sont concernés : de la vie personnelle et familiale à l'éducation, la science, l'économie, la langue et la culture.

Les industries qui en découlent : micro-informatique, logiciels, télécommunication, etc. sont en voie de devenir des vecteurs essentiels de l'économie mondiale.

Nous sommes entrés dans une société nouvelle, la société mondiale de l'information où disparaissent les contraintes de l'espace et du temps, où tout peut être donné virtuellement par l'image et le son.

Dans cette société, le travail des hommes et des femmes s'est considérablement transformé. Pour plus de 60 % d'entre eux, il se rapporte au traitement des informations et des connaissances.

La Francophonie, à quelque continent qu'elle appartienne, doit en prendre acte et s'inscrire dans ce mouvement.

Il est vrai aussi que ce développement d'un monde de l'information informatisée n'est pas sans dangers. Il faut bien constater que, sur Internet, le grand réseau mondial, qui est en voie de devenir la première Inforoute, l'anglais est le canal international privilégié de la communication, 92 % des données et des informations sont données en langue anglaise, le français n'y occupe pas plus de 4 ou 5 %.

Ce que nous devons bien appeler le raz-de-marée anglo-américain de l'information

menace sérieusement, si nous n'y prenons garde, notre Communauté francophone et pourrait considérablement réduire, à l'avenir, notre capacité à travailler et à communiquer en français et dans nos langues nationales, puisque la seule langue reconnue et, à toutes fins utiles, utilisable, serait l'anglais.

Il s'agit donc, avant tout, d'assurer la vitalité du français et, d'une façon générale, de la Francophonie dans les bouleversements en cours où se construit une nouvelle société. Il s'agit, de la même manière, d'assurer le maintien et la visibilité des autres grandes langues de l'espace francophone.

Dans tout ceci, il y a certes des questions techniques à régler, nous le verrons. Mais avant tout, c'est la puissance de notre Communauté, de sa créativité, de sa force de proposition, en un mot de l'offre francophone qu'il s'agit d'affirmer. Tout dépend de notre détermination à assurer la présence du français, à l'utiliser comme une grande langue de la science, de l'économie, du commerce, de la vie quotidienne des peuples. Il s'agit aussi de croire en nous-mêmes, en la qualité de ce que nous faisons et exprimons dans notre langue partagée.

En matière d'Internet plus précisément, la Francophonie doit, nous semble-t-il, assurer prioritairement la connectivité de tous les pays membres de l'entente francophone, permettre le respect du multilinguisme et en particulier de la circulation du français et de ses langues partenaires, créer entre francophones un espace social et convivial d'information utilisant le français.

ASSURER LA CONNECTIVITÉ ET LE TRANSPORT DANS TOUS LES PAYS FRANCOPHONES

En premier lieu, dans un esprit de partage, la Francophonie se doit d'affirmer sa volonté d'associer étroitement les pays du Sud par un maillage le plus serré possible de l'espace francophone en matière de structures d'information et d'élargissement de l'accès aux réseaux.

Il faudra, c'est certain, des investissements massifs, pour doter le Sud de réseaux disposant des même capacités de débit que les réseaux du Nord.

Mais la surenchère de la « bande passante » des réseaux physiques nous fait oublier qu'aujourd'hui la quasi-totalité du Sud francophone a la possibilité d'emprunter « l'Inforoute ». Les réseaux de transmission de données existent, bien qu'encore peu rapides, leur nombre et leur performance sont en évolution.

Certes, ces réseaux devront progressivement devenir de plus en plus performants,

c'est-à-dire plus rapides et mieux sécurisés, qu'il s'agisse d'un câblage de fibre optique ou de l'utilisation du satellite, mais dans un premier temps, il faut s'appuyer sur l'infrastructure existante en effectuant les ajustements nécessaires pour optimiser la circulation des informations et en faciliter l'accès.

Il faudra également - et les organes de la Francophonie ont fait sur ce point des recommandations nécessaires - que le coût des communications et des interrogations au Sud, en Afrique en particulier, ne vienne pas freiner excessivement leur développement et que des mesures soient prises, au contraire, pour les favoriser. Il s'agit d'offrir des coûts d'accès compatibles avec les économies des pays de la Francophonie en favorisant le forfait, voire la quasi-gratuité des connexions.

Toutefois, l'utilisation immédiate et pragmatique de la connectivité sur les réseaux à faible débit des pays les mieux avancés n'est acceptable que si parallèlement est entreprise une politique offensive afin d'accroître le débit et la qualité des infrastructures des réseaux de télécommunications. Les francophones doivent en effet disposer rapidement d'un réseau suffisamment performant et maillé pour satisfaire les exigences de la Francophonie.

L'ACCÈS AU RÉSEAU

Dans un premier temps, dans le cadre des réseaux physiques existants, l'offre francophone doit s'articuler autour d'infoports installés dans chacun des pays francophones, interconnectés et maillés en réseaux.

Ces « infoports » permettront le routage des communications, mais aussi le stockage de l'information. Points d'accès aux réseaux internationaux, ouverts et accessibles au plus grand nombre, à partir de terminaux publics ou privés, lieux d'accueil de l'information produite localement et sites miroirs des autres infoports, ils constitueront le lieu privilégié de la formation aux nouvelles technologies de l'information.

Les usagers accéderont localement aux infoports avec un micro-ordinateur, un modem et une ligne téléphonique. Du fait de la rareté des lignes disponibles au Sud, des kiosques publics seront ouverts dans des lieux identifiés : bibliothèques des universités et centres de recherche, centres de documentation, centres SYFED, centres culturels, chambres consulaires qui seront les lieux d'entrée sur Internet.

DISPOSER DES LOGICIELS ET INTERFACES EN FRANÇAIS

Les logiciels disponibles sur Internet sont aujourd'hui en anglais. Toute convivialité s'exprime donc dans cette langue. Internet tire ses origines des Etats-Unis, et sa

conception, son infrastructure, ses protocoles et normes portent la marque d'un manque d'attention aux besoins des autres langues. Les francophones, pour s'affirmer sur les autoroutes de l'information, doivent disposer d'outils en langue française.

L'interface d'un logiciel ne se résume pas à l'ensemble de ses menus, commandes et boutons visibles à l'utilisateur. C'est aussi sa capacité à présenter des informations, en particulier textuelles, en respectant les caractères propres à chaque langue.

Prendre en compte, sur Internet, les langues accentuées est un des défis que doit relever la Francophonie. Seule la langue anglaise a l'assurance aujourd'hui d'y circuler correctement. Bien que certains logiciels permettent l'usage de caractères diacritiques et que la norme ISO 8859-1 dite Latin-1 soit disponible, rien ne garantit la restitution de ces caractères à la réception. Il s'agit donc, dans un premier temps, de mener des recherches dans ce domaine, de participer activement aux différents comités de normalisation en faisant peser la Francophonie et le multilinguisme, son prolongement naturel.

De nombreuses actions volontaristes existent, il faut les identifier et les encourager. Les universités françaises et québécoises ont déjà francisé de nombreuses interfaces, la difficulté réside dans la mise à jour de ces francisations lorsque de nouveaux produits font leur apparition. Des organismes de recherche français ont développé leurs propres produits de messagerie. Dans le cadre de l'utilisation par des francophones des nouveaux réseaux de communication, il convient de distribuer rapidement des produits en langue française mis à jour régulièrement dont l'acquisition est gratuite soit par envoi de disquettes, soit par télédéchargement sur des serveurs.

Dans un futur relativement proche, les communications deviendront nomades. Des terminaux spécifiques et faciles à transporter seront, à l'instar de la téléphonie portable, les nouveaux compagnons des citoyens des mondes virtuels. La Francophonie doit dès maintenant mobiliser des équipes de recherche et des industriels pour être présente.

Pour ce faire, il faut favoriser les alliances entre les producteurs de logiciels adaptés au français et à ses langues partenaires. De la prise en main par les francophones - industriels et chercheurs - de la conception et de la francisation d'interfaces conviviales, dépend pour une large part la réussite de l'inforoute francophone, la « francoroute ».

LES CONTENUS FRANCOPHONES

Une fois assurée la circulation du français et des langues partenaires, il faudra aussi disposer de contenus riches et diversifiés à véhiculer.

L'offre francophone en ce domaine doit être enrichie, organisée, facilitée. Il s'agit de mettre en œuvre une action coopérative en matière de contenu, de proposer une politique éditoriale électronique structurée qui répond pour une bonne part aux demandes des utilisateurs et prenant les devants pour proposer des contenus inédits.

Dans ce cadre, un appui particulier doit être apporté au Sud pour qu'il structure, numérise ces richesses de données. Ce programme spécifique PROSUD doit être une priorité de tous les opérateurs de la Francophonie.

NAVIGATION

Quel que soit l'effort fait, les contenus francophones resteront en position minoritaire par rapport aux contenus anglophones. Pour éviter la dispersion, pour faciliter l'utilisation, il nous faut disposer en francophonie sur Internet d'un outil de navigation, d'une clé qui mette à disposition de l'utilisateur tous les contenus francophones.

Les serveurs francophones sont en effet noyés dans l'océan de sites. Ils ne sont actuellement aucunement archivés ni répertoriés de façon à les mettre en valeur et à souligner ainsi la présence de la langue française et de la Francophonie.

Le foisonnement d'informations a nécessité la création d'outils d'indexation et de repérage qui aide les lecteurs à retrouver les sites et les textes qui répondent à leurs besoins le plus rapidement possible. Certains répertoires sont créés automatiquement par des agents de recherche intelligents alors que d'autres sont créés par des intervenants humains. Ils sont conçus pour repérer et répertorier toutes les ressources disponibles sur le réseau Internet mais sans égard à la langue dans laquelle ces ressources sont rédigées. Aucun outil de recherche ne permet encore de retrouver directement les informations rédigées uniquement en français, d'autant plus que le repérage automatique des informations écrites en langue française pose des difficultés particulières dues surtout à la présence des caractères accentués et des signes diacritiques.

Les guides de nouveautés constituent un autre type de services qui annoncent aux usagers de l'Internet la parution de nouveaux sites Web ou la création d'un nouveau produit. Ce type de service peut être en français comme « Franceweb » en France et « Branchez-vous », le dernier à voir le jour au Québec. Mais les annonces ainsi diffusées portent sur tous les sites sans égard à leur langue d'expression et ne sont pas indexées en catalogue thématique mais en numéro et date de publication, ce qui en enlève toute possibilité de consultation à partir de référence autre que leur date de parution.

Il devient donc primordial de mettre en place un outil de repérage, d'indexation et de présentation des ressources disponibles en français sur le réseau Internet. Cette indexation devra se faire de façon dynamique, étant donné qu'il naît des centaines de sites par jour. Nous nous proposons de créer cet outil et de l'appeler « MULTI F CONTACT » (Multilatéral et Francophone Contact).

En cours d'automatisation, « MULTI F CONTACT » permet dès maintenant d'accéder à l'information en français en Francophonie par listes et cartes thématiques ou géographiques et en langage naturel.

APPARTENANCE

Mais rien ne sera possible, si les centres francophones qui le souhaitent ne peuvent disposer sur Internet d'une adresse qui les identifie comme francophones. Ces adresses et leur catalogue identifieront sur Internet le noyau dur de la présence francophone sur l'inforqute.

ANIMATION

Le pari sera perdu ou gagné selon que les francophones choisiront de travailler ou non en français sur l'inforoute. Les dispositions précédentes auront, dans ce domaine, bien entendu, un effet positif. Mais pour réussir, la francoroute a besoin d'animation, d'une dynamique venant de la base. Il s'agit d'enclencher un mouvement associatif partant des acteurs eux-mêmes (chercheurs, entreprises,...); ce sont eux qui lanceront sur l'inforoute les contenus francophones.

A cet effet, une association « F.RUTE » sera constituée qui rassemblera et qui réunira périodiquement tous ceux qui souhaitent s'engager dans l'aventure de la francoroute, l'inforoute francophone. En complément, deux structures de concertation et de validation verront le jour : un collège des opérateurs et un collège scientifique.

L'action se développera à la base avec le soutien donné aux groupes d'intérêts et groupes d'intervention, délocalisés et décentralisés, de producteurs de logiciels, d'interfaces, de contenus et d'animation par les opérateurs de la Francophonie (ACCT, AUPELF-UREF, TV5).

C'est dans cette optique que l'AUPELF-UREF a conçu le projet REFER (Réseau électronique francophone) qui, au-delà de l'enseignement supérieur et de la recherche, constitue une réponse stratégique au problème que pose à la Francophonie sa présence sur les inforoutes.

Des informations sur le système de formation grâce au Web

HISTORIQUE

Vers septembre 1994, l'École des Mines fut approchée par le Comité d'études sur la formation d'ingénieurs (CEFI) pour créer un service d'information sur le Web concernant les Diplômes d'études approfondies (DEA) français de l'ingénierie, des formations d'un an qui aboutissent au niveau Bac + 5. Cette première opération fut menée en moins de deux mois, et suivie du chargement d'informations sur d'autres cycles de niveau Bac + 5, les DESS et les Écoles d'ingénieurs.¹

Nous avons ensuite installé sur le Web une base de données (dénommée CANASTA ou FORMATEL) qui répertorie de façon détaillée 43.000 stages de formation professionnelle, dont 10 % environ sont conventionnés, cette base étant maintenue sous l'égide de l'État français et de la Région Ile-de-France.²

La Direction de l'Évaluation et de la prospective du ministère de l'Éducation nationale souhaita ensuite créer un service Web en s'appuyant sur l'École des Mines. Des informations très complètes et illustrées sur l'état du système scolaire français et la géographie de l'École furent installées.³

En liaison avec la Direction générale des enseignements supérieurs, nous avons transporté sur le Web le contenu d'un CD-ROM concernant le système de formation français.⁴

Par ailleurs, l'École des Mines héberge un service d'aiguillage vers des services administratifs sur le Web, désigné par « Adminet ».⁵

Nous sommes en train de porter la base sur les Écoles et sur les Mastères de la

Conférence des Grandes Écoles, organisme associatif français qui regroupe 165 écoles de niveau Bac + 5 (environ 130 Écoles d'ingénieurs et 35 Écoles de commerce), et qui gère les « mastères ».

Nous hébergeons aussi quelques informations pour le compte de la Fédération européenne des associations nationales d'ingénieurs (FEANI).⁷

L'ORIGINE DES DONNÉES ET LA PROBLÉMATIQUE DE LA BASE DE DONNÉES À ACCÈS GRATUIT

Le CEFI édite depuis fort longtemps des catalogues des formations supérieures : il recense environ 250 DEA scientifiques ou techniques (plus de 500 dans la prochaîne édition, sur 1100 formations de DEA en France), environ 200 DESS et 250 écoles d'ingénieurs. Ces guides ou catalogues sont diffusés par le CEFI à des prix qui vont d'environ 100 F pour un guide « grand public » à plusieurs milliers de francs pour un catalogue professionnel. Le CEFI diffuse aussi des disquettes pour MAC au format Hypercard, et envisage la diffusion de CD-ROM sur l'enseignement supérieur français (de tels CD-ROMs se diffusent déjà très couramment aux Etats-Unis).

Or le système actuel du Web ne permet pas aux serveurs de demander une rémunération de l'information. Il était donc bien légitime que le CEFI puisse craindre que la présence d'un nouveau média d'informations gratuites ne supplante les médias payants, et que de ce fait les revenus du CEFI diminuent. Or, plusieurs considérations ont conduit les responsables du CEFI à réaliser néanmoins l'expérience, et probablement à la pérenniser :

- 1) En 1994, l'ambassade de France aux Etats-Unis s'inquiétait du manque d'informations sur le système scolaire français sur le réseau Internet. A la suite d'une concertation entre la Direction générale des enseignements supérieurs et le ministère des Affaires étrangères, il fut alors décidé de réaliser diverses expériences d'information sur le Web. En particulier, un service universitaire de Lyon fut chargé de rassembler des informations sur les Écoles d'ingénieurs et de les mettre sur disquettes et sur Web, et le ministère de l'Éducation nationale sous-traita à une société de services la création d'un serveur Web avec l'étiquette ministérielle qui comporte notamment la liste des DEA. Toutefois, ces informations ne comportent aucune description des programmes des formations concernées. Le CEFI, qui possédait des informations bien plus complètes dans le domaine des formations pour ingénieurs, fut donc encouragé de les mettre sur Internet
- 2) La disponibilité d'informations sur le Web peut servir de catalyseur pour inciter le public à acheter les guides complets. Le CEFI a donc souhaité que seulement une partie

des informations soit installée. En particulier, les informations nominatives sont généralement occultées, afin d'être en conformité avec les avis de la Commission nationale informatique et libertés (CNIL). Comme l'utilisateur final sait que l'édition papier est plus complète que l'édition électronique, mais comme il ne connaît pas précisément la « différence » entre les deux, il est souvent tenté d'acheter l'édition papier.

3) Une question fréquente des fournisseurs d'information comme le CEFI concerne le coût, pour l'utilisateur final du réseau Internet, d'imprimer l'ensemble des pages d'information qui sont sur le serveur. A l'évidence, si ce coût est inférieur à l'acquisition du « catalogue papier », et comme le délai est moindre, l'utilisateur final privilégiera la solution réseau. Or, force est de constater que le coût de fabrication du guide papier à partir d'Internet est encore élevé ; il faut en effet tenir compte du temps de configuration de l'automate, de récupération automatique des pages du Web, des délais de reprise en cas de problèmes réseau, du coût de l'impression laser.

La problématique de la base CANASTA est différente. Cette base fut créée il y a plus de 5 ans pour informer les jeunes chômeurs sur les stages de formation « conventionnés » disponibles. La maintenance de la base a été confiée par l'Etat et la Région Ile-de-France à une société privée, qui a étendu le domaine de saisie à l'ensemble des stages offerts par des organismes privés ou publics, conventionnés ou non. Depuis 5 ans déjà, cette base est disponible au grand public par Minitel sous le code 3617 PLPA (coût : environ 120 F/heure) et aux professionnels de la formation sous le code 3614 avec mot de passe (accès gratuit). Il pouvait sembler que le Web gratuit ferait concurrence au Minitel payant. Pourtant, c'est avec une rare unanimité que les responsables de la base, Pouvoirs publics ou société privée, ont souhaité mener l'expérimentation sur le Web. L'une des raisons est que les recettes du 3617 ne couvrent qu'environ 20 % du coût d'entretien de la base. Une autre raison est certainement la recherche de notoriété des gestionnaires pour leur produit. Seul le prestataire informatique du serveur Minitel a manifesté une réticence, car il craignait de voir son client lui échapper.

Dans le cas des données provenant de ministères (DEP et DGES), la gratuité est de rigueur. Donc l'implantation des données sur un serveur Web pourrait ne sembler poser que des problèmes techniques. De fait, nous avons rencontré une grande ouverture d'esprit de la part des fonctionnaires responsables. Toutefois, les ministères sont très sourcilleux sur une certaine « propriété intellectuelle » de leurs données, et souhaitent contrôler très étroitement leur mise sur le Web, en y imprégnant leur image. D'autre part, certaines données jouissent de statuts particuliers, comme par exemple les textes législatifs et réglementaires : tout le monde a le droit de « recopier » le Journal officiel, mais il n'est pas clair juridiquement si sa recopie systématique à partir d'une base informatisée en vue de fabriquer des pages Web nécessite ou non une autorisation préalable (difficile à obtenir en pratique). Nous avons ainsi cherché en vain à obtenir de

services publics français la fourniture de fichiers informatisés existants, qui établissent la correspondance entre différents systèmes de nomenclature des actions de formation (FORMACODE, code ROME, code de la nomenclature interministérielle de 1994).

Une mention toute particulière concerne ADMINET. C'est l'œuvre personnelle d'un haut fonctionnaire, M. Christian Scherer, qui maintient lui-même des batteries de pointeurs vers tous les nouveaux services publics qui naissent sur le Web. En outre, pour les organismes publics qui ne sont pas encore présents sur le Web (comme l'INSEE, la Poste, etc.), M. Scherer trouve des pointeurs vers des pages Web privées relatives à ces services. ADMINET jouit d'un taux de consultation considérable, puisque environ 10.000 pages sont regardées dans les jours de pointe, ce qui le classe parmi les dix services Web les plus examinés. ADMINET a été déterminant pour faire connaître nos produits Web sur la formation.

L'ERGONOMIE DE CONSULTATION

On accède à l'information utile de la plupart des bases selon différents principes :

- 1) Pour les « petites » bases, il y a des pages d'index : par région géographique, par ville, par type d'organismes, par domaine de formation, voire par tutelles des Écoles d'ingénieurs ou même par mode d'admission (niveau, concours ou examens).
- 2) On peut aussi taper un mot (ou une fraction de mot) dans une zone de saisie, ce qui crée dynamiquement une page d'index si ce mot est présent dans un dictionnaire (qui a été généré automatiquement au préalable).
 - 3) Dans certains cas (DEA, DESS, Écoles), une carte cliquable est disponible.
- 4) La base sur les stages de formation est traditionnellement accessible sur Minitel par le choix de un ou plusieurs critères parmi une dizaine de critères disponibles : domaine, conventionnement, département géographique, diplôme en fin de stage, niveau,... Nous avons reproduit ce mode d'interrogation sur le Web en utilisant des formulaires. Évidemment, la saisie d'une question qui nécessite typiquement de consulter une dizaine de pages Minitel nécessite une seule page Web, ce qui est bien plus satisfaisant. Néanmoins, nous avons remarqué que les utilisateurs naviguent aussi souvent par saisie de mots que par formulaires ; de fait, la base incorpore une arborescence des domaines de formation à 3 niveaux intermédiaires, mais le suivi des trois étapes de choix tel qu'il se fait habituellement sur Minitel ne garantit pas que l'on arrive à l'information utile : si quelqu'un cherche un stage sur le multimédia, doit-il suivre le chemin « Communication Télévision Traitement de l'image », ou bien le chemin « Informatique Techniques de pointe Image et son », ou encore un autre ?

5) Dans le cadre de l'interrogation de la base des DEA, nous disposions d'une dizaine de mots-clés décrivant chaque DEA, fournis par le responsable de chaque DEA mais n'appartenant pas à un dictionnaire préétabli de mots-clés. Ceci nous a permis d'établir un dispositif original de navigation par proximité sur les mots-clés. Par exemple, on observe le DEA intitulé « Science des aliments » ; celui-ci comporte notamment le mot-clé cliquable « Biochimie des aliments ». En le sélectionnant, l'utilisateur non seulement tombe sur le DEA « Biotechnologies et industries alimentaires » qui a par hasard le même mot-clé, mais on lui donne également une liste de mots-clés voisins parmi lesquels « Physiologie et biochimie végétales ». En cliquant sur ce dernier mot-clé, on arrive au DEA « Bases de la production végétale », et ainsi de suite.

Si la présentation des pages d'information textuelles elles-mêmes n'a pas posé de vraie difficulté, il en va différemment des images et des pages d'accueil des services.

Il y a un an, lorsque nous avons démarré ces travaux, les clients du Web étaient habituellement équipés de MOSAIC qui ne savait pas afficher le format JPEG. De ce fait, le format GIF a été utilisé pour la conversion du CD-ROM de l'Enseignement supérieur, pénalisant les photos d'un facteur 2,5 en moyenne par rapport à JPEG, et causant des délais de transmission inacceptables sur le réseau. Comme désormais JPEG est disponible grâce à l'outil NETSCAPE, nous n'utilisons plus désormais que des imagettes JPEG pour les photos (GIF pour les graphiques) dont la taille doit si possible être inférieure à 5 K Octets. D'autre part, nous avons réalisé avec la DEP une expérience malheureuse de scanning de quelques centaines de graphiques, mais la qualité des images sur les PC de basse définition des clients était tellement déplorable que le ministère a préféré les refabriquer directement grâce à un tableur, en limitant à 2 couleurs pour avoir une taille réduite. A cet égard, nous attendons avec impatience la technologie « JAVA » de SUN qui permettra de générer les images chez le client.

Les fournisseurs étaient généralement très exigeants sur les pages d'accueil de leurs services, et ont tenu à les réaliser eux-mêmes. La dualité des langages français-anglais nécessitait généralement plusieurs itérations pour arriver à une présentation satisfaisante. Nous avons conseillé aux fournisseurs d'information d'ouvrir des boîtes aux lettres sur Internet, afin que leurs pages d'accueil fournissent un lien direct de messagerie ou voie de retour permettant aux utilisateurs de faire des commentaires.

Le service de la DEP permet notamment le téléchargement d'une disquette de type PC qui contient des données statistiques. Ce type de disquette est traditionnellement expédié chaque année à tous les chefs d'établissements scolaires français. Désormais, le grand public a également accès par Internet à ces données.

LA TRANSFORMATION DES DONNÉES EN PAGES WEB

Les données peuvent se trouver initialement :

- soit sous forme d'une base de données organisée (CANASTA/FORMATEL est ainsi composée de 5 tables principales totalisant 30 Méga Octets d'information utile),
- soit sous forme de traitement de textes : les ouvrages du CEFI étaient en partie sous Frame Maker, d'autres documents furent récupérés sous Word de Microsoft ; dans ce cas il fallait les transformer par des filtres en fichiers balisés afin de constituer automatiquement une vraie base de données,
- soit sous forme papier ou même sonore ; ainsi, les 700 images du CD-ROM de la DGES ont pu être récupérées automatiquement, mais comme il n'était pas raisonnable de faire entendre les bandes sonores par la Web pour des raisons pratiques de débit, il a fallu saisir les paroles en texte ASCII puis créer un véritable scénario, ce qui nous a amenés incidemment à développer un petit langage qui permet de formaliser l'expression de l'enchaînement des pages de texte et d'images.

Lorsque la base de données est finalement disponible, la transformation en fichiers HTML (format des documents sur le Web) est totalement automatisée, y compris la création des liens hypertextuels. L'ensemble de ces transformations est décrit grâce au langage PERL ou au langage AWK : ce sont des langages interprétés, extensions du langage C ; de plus, PERL 5.0 est orienté objet. Nous avons aussi testé l'utilisation du TOPIC DEVELOPMENT KIT de VERITY INC. pour la recherche documentaire.

L'automatisation des transformations permet de rejeter toute erreur factuelle sur le producteur de la base, et permet un rechargement rapide d'une base. D'autre part, nous avions le choix entre le procédé habituel dans les serveurs Minitel français d'adosser le service à des requêtes SQL transmises à une base de données et la création statique de pages HTML complètes, y compris pour les index : nous avons choisi généralement cette dernière méthode, dont l'inconvénient est de multiplier par un facteur 5 à 10 la taille des bases sur disque, mais qui permet d'accélérer le traitement des requêtes, d'économiser le coût des licences de SGBD relationnels, et par là même de transporter facilement une base sur PC ou MAC pour une consultation locale avec la même ergonomie.

Par ailleurs, nous souhaitions que la description d'une action de formation comporte un pointeur vers le serveur Web de l'organisme (lorsque celui-ci existe). Nous avons donc constitué un fichier qui comporte actuellement quelques centaines d'entrées, avec les URL des universités, écoles, organismes divers, et qui donne aussi la correspondance entre les noms des organismes dans les différentes bases que nous gérons (par exemple, le code « X » dans une base correspond à « POLYTECHNIQUE MASSY » dans une autre, et « EP » dans une troisième). Ceci permet dans certains cas de créer des liens hypertextuels entre différentes bases : ainsi, à partir d'une école de la base des écoles on peut accéder à ses DEA ou DESS dont les pages Web sont créées indépendamment à partir d'autres bases. Nous n'avons toutefois pas établi pour l'instant de lien entre des bases de différents fournisseurs, car l'acceptation de ces liens de la part des fournisseurs d'information s'avère délicate : on ne va pas directement de la page « actions de formation continue de l'École des Ponts » à la page « DEA de l'École des Ponts ».

LA RANÇON DU SUCCÈS?

Les taux de fréquentation de nos différents services⁹ augmentent exponentiellement, de même que le trafic d'Internet. Les bases et documents du CEFI sont consultés pour un peu plus de la moitié par un public français, pour le reste par des étrangers dont la plupart nord-américains. La base sur les stages et les documents de la DEP ont un public essentiellement français, quoique les nombreux graphiques et pages sur l'état de l'École soient disponibles en français et en anglais.

L'augmentation du taux de fréquentation a été obtenue sans aucune publicité particulière ni communication à la presse. Deux moteurs de diffusion ont été déterminants :

- ADMINET et l'UREC, qui sont des pages d'hyperliens mises à jour manuellement,
- des moteurs d'indexation automatique anglo-saxons, aussi appelés « robots » ou « knowbots » ou « surfers », parmi lesquels InfoSeek, Lycos ou WebCrawler.

Par ailleurs, il se crée progressivement une attitude dans la profession des services Web d'échanger les pointeurs : en échange du service que vous rend autrui de vous référencer par un pointeur, ce dernier espère de votre part (même s'il ne vous le demande pas explicitement) que vous établirez un pointeur en retour vers le sien. Ce genre de mécanismes joue en faveur de la fréquentation tant d'ADMINET que des bases du CEFI, car bien des écoles ou universités référencées établissent des pointeurs en retour. Ceci pose d'ailleurs un problème technique, car beaucoup de pages ont des noms (URL) générés automatiquement par les filtres de création, dont la pérennité n'est pas garantie : pour éviter que des pointeurs ne tombent dans le vide ou au mauvais endroit lors de la régénération des bases, il faudra adopter dans l'avenir des dispositifs de nommage symbolique et surtout les faire connaître aux référenceurs (ce qui pose le problème bien connu que le protocole actuel du Web ne vous permet pas de connaître les URL des pages qui pointent vers une de vos propres pages).

La mise à jour des bases directement à partir du Web est un enjeu majeur pour l'avenir. Il se trouve que la base CANASTA/FORMATEL a une bonne expérience dans ce domaine du fait de ses 5 ans de présence sur Minitel (et 1400 heures par mois d'accès). Les organismes de formation peuvent obtenir un mot de passe qui les autorise à taper gratuitement sur Minitel les informations à introduire dans la base, la validation étant néanmoins faite manuellement par les responsables de la base. Il s'avère que les centres de formation privés sont généralement très disposés à faire cet effort, mais que les centres publics (et notamment les grandes écoles d'ingénieurs, les universités ou l'AFPA) sont généralement moins alertes sur cette forme de communication. Sans vouloir tirer de conclusion générale, on peut supposer que le marketing des services publics puisse encore faire des progrès! En attendant un tel dispositif de mise à jour directe, la nouvelle campagne de mise à jour de la base des DEA va s'appuyer sur 4 associations d'universitaires par grandes disciplines, qui obtiennent les informations par voie « papier » de leurs adhérents, et les saisissent elles-mêmes.

Beaucoup d'utilisateurs nous envoient des messages. Ceux-ci sont désormais transmis en parallèle au fournisseur de l'information et au responsable du serveur à l'École des mines.

On peut distinguer 3 catégories de messages :

- les messages d'étudiants cherchant des renseignements : il s'agit généralement d'étrangers qui posent les questions les plus inattendues comme le niveau des bourses, ou bien comment chercher un logement à Paris. Nous essayons de leur répondre systématiquement, même brièvement, quitte à leur envoyer une adresse utile où ils peuvent se renseigner;
- les demandes de modification d'informations présentes sur le Web. Ce sont généralement des modifications de détail. Souvent, on nous demande d'introduire un nouveau pointeur ou de modifier un pointeur existant. On ne nous a encore jamais demandé de supprimer une information quelconque, même pas une information nominative;
- les messages de sympathie et les propositions de collaboration, toujours bienvenus.

Plusieurs organismes (dont la FEANI, Fédération européenne d'associations nationales d'ingénieurs) réfléchissent à l'opportunité de mettre sur Internet des listes d'ingénieurs ou de diplômés. Différentes tentatives ont déjà réalisées dans ce sens en France. Toutefois, le contrôle de la CNIL sur ce genre de bases est redoutable, ce qui délaie ce genre d'expérience qui pourtant serait techniquement très facile à réaliser.

Avec le temps, bien sûr, l'ambition des fournisseurs d'information augmente. Ainsi, ADMINET se constitue depuis peu une bibliothèque de textes administratifs relatifs à l'éducation (en texte intégral). Nous avons réalisé sur le Web un petit système expert sur les rémunérations des stagiaires de formation, mais le conseil régional Ile-de-France nous a demandé de surseoir à sa mise en service car il n'a (évidemment !) pas la preuve de son bon fonctionnement, et la responsabilité juridique en cas de plaintes n'est pas claire. La base CANASTA/FORMATEL sera enrichie d'ici fin 1996 d'une quantité de textes décrivant des métiers, avec une navigation de proximité d'un métier à un autre ainsi que des métiers aux formations et réciproquement. Nous avons également l'ambition de participer à des projets européens dans ce domaine, ce qui nécessite une bonne segmentation des usagers et des profits qu'ils en tirent (par exemple : organisation de stages d'étudiants, simplification de procédures d'inscription dans les universités, programmes d'échanges gradués...).

NOTES

- 1 URL http://cri.ensmp.fr/cefi/
- 2 URL http://cri.ensmp.fr/stages/
- 3 URL http://cri.ensmp.fr/dep
- 4 URL http://cn.ensmp.fr/mesr/
- 5 URL http://cri.ensmp.fr/scherer/adminet/
- 6 Curieusement, en France la quasi-totalité des diplômes d'enseignement supérieur, même ceux attribues par un organisme d'enseignement privé, ont un statut de diplôme public géré par un ministère. Les « mastères » dérogent à cette règle puisqu'ils sont géres par un organisme privé associatif, même lorsqu'ils sont attribués par un organisme de formation public.
- 7 URL http://cri_ensmp_fr/feani/
- 8 URL . http://dgrt. mesr_fr/ et http://dgrt_mesr_fr/SIF3/dspt html
- 9 Voir a ce sujet http://cri/ensmp.fr/stages/wusage/, http://cri/ensmp-fr/cefi/wusage/, http://cri/ensmp-fr/dep/wusage/
 - Les courbes et chiffres donnés n'incluent pas les consultations « internes » provenant des fournisseurs d'information et de l'École des Mines. Ils comprennent par contre les acces des robots de recherche (environ 20 % du trafic total) L'ensemble des accès (mais non compris ceux à ADMINET) représente environ 60 000 pages chargées par environ 3.000 utilisateurs différents en novembre 1995

Oumar Sock*, Alex Corenthin**

* Directeur École Supérieure Polytechnique, Dakar (Sénégal) ** Chef du Département Génie Informatique

Un réseau de communication électronique pour la recherche et l'éducation au Sénégal

INTRODUCTION

Les réseaux informatiques connaissent depuis quelques années une formidable expansion à travers l'ensemble des pays industrialisés. Le réseau INTERNET avec ses différents services (GOPHER, WWW, etc.) et plus de 20 millions d'utilisateurs en est, aujourd'hui, le meilleur exemple.

Les pays en développement, quant à eux, ne bénéficient que marginalement de cette explosion des réseaux. Cela est dû au faible niveau technologique de ces pays, mais aussi au sentiment partagé par de nombreux responsables que les réseaux informatiques reposent sur une technologie lourde et sont générateurs de dépenses élevées en télécommunications.

Au Sénégal, le développement des réseaux informatiques est récent et repose essentiellement sur des organismes de recherche (institutionnels ou non gouvernementaux) qui les utilisent principalement pour des besoins de communication avec leurs différents centres et partenaires.

L'ouverture des services offerts par ces réseaux à des utilisateurs extérieurs à ces organismes est en nette expansion, essentiellement par la maîtrise technologique résultant de l'inscription dans les programmes d'enseignement des techniques et technologies liées aux réseaux d'information électronique et par les connexions aux réseaux existants. Le Réseau intertropical d'ordinateurs de l'ORSTOM représente l'un des premiers maillons de l'INTERNET en Afrique de l'Ouest et plus particulièrement au Sénégal. On citera également le réseau Fidonet qui dispose au Sénégal de points d'accès situés le plus souvent dans des ONG (ENDA,...).

Les partenaires de l'ORSTOM au Sénégal (centres de recherche et organismes universitaires) ont très tôt été associés à l'extension du RIO. Grâce à l'utilisation des supports de télécommunications (RTC et X25) existant dans notre pays, et à des coûts de raccordement abordables, les organismes de recherche sénégalais ont pu bénéficier des services de ce réseau de communication électronique. Le Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye a été le premier institut à disposer d'un réseau local Ethernet et d'un serveur RIO sur SENPAC.

Les autorités gouvernementales ont pris conscience très tôt de la nécessité de promouvoir la création de réseaux de communication électronique par la mise en place de maillons essentiels au développement de l'information scientifique et technique :

- Le Réseau national d'information scientifique et technique (RNIST).
- Le Réseau d'information des institutions académiques africaines (RINAF) dont le nœud régional pour l'Afrique de l'Ouest est le CNDST (Centre national de documentation scientifique et technique)

Les premiers objectifs d'un réseau recherche-éducation doivent être de mettre à profit le développement de l'INTERNET et des réseaux informatiques pour :

- permettre la circulation de l'information scientifique et technique,
- favoriser le partenariat entre les laboratoires du Nord et du Sud,
- encourager l'émergence et la structuration de la communauté scientifique afri-

Dans le domaine de la recherche et de l'éducation, le réseau informatique permet non seulement l'accès à l'information en un temps record (nouveautés dans son domaine de travail, contacts avec des chercheurs du même domaine, etc.), mais constitue également une autre façon de conduire la recherche en permettant une confrontation continue d'idées venant d'horizons divers.

Nous nous proposons dans ce document de décrire l'état de la situation des réseaux au Sénégal, en montrant l'apport de l'École supérieure polytechnique, et de proposer des solutions qui pourront conduire à l'installation d'un serveur du domaine « SN », condition nécessaire pour la mise en place d'un réseau national fiable, opérationnel au niveau international en s'appuyant sur l'utilisation des supports de télécommunications (RTC et X25) existant dans notre pays. Aujourd'hui, les Universités de Dakar, de Saint-Louis, les Écoles d'ingénieurs (ESP, ENEA) et autres organismes (agences de presse, ONG, etc.) sont rattachés uniquement à la messagerie électronique.

SITUATION DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE POLYTECHNIQUE

Pour continuer le développement du réseau et assurer sa pérennité, l'ORSTOM a initié une convention de coopération technologique avec son partenaire universitaire principal, le département Génie informatique de l'École supérieure polytechnique depuis 1991 afin de lui transmettre son savoir-faire.

Premier institut d'enseignement et de recherche technologique du Sénégal, l'École supérieure polytechnique, née de la fusion de l'École nationale supérieure universitaire de technologie (ENSUT), de l'École polytechnique de Thiès (EPT) et de l'École normale supérieure d'enseignement technique et professionnel (ENSETP), reprend l'essentiel des missions confiées à ces établissements.

Il abrite le département Génie informatique chargé de la formation des techniciens supérieurs et des ingénieurs en informatique, et constitue de ce fait le centre de ressources par excellence pour jouer un rôle de promoteur et de bâtisseur du domaine Sénégal.

Cette collaboration a conduit à la déclaration commune du domaine SN auprès des autorités de gestion d'INTERNET et a permis de déclarer comme gestionnaire du domaine le département Génie informatique de l'ESP.

Le gestionnaire de domaine a pour fonctions principales de mettre en place le serveur de noms (DNS) du domaine et d'effectuer l'attribution des numéros IP (reconnaissance des sous-domaines auprès d'INTERNET).

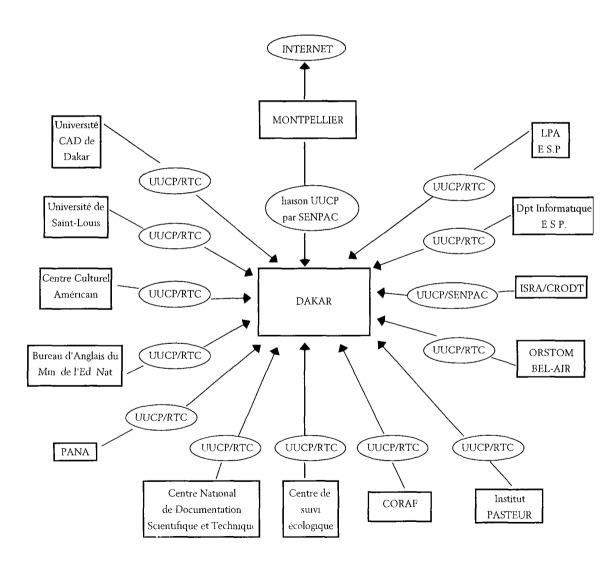
L'École supérieure polytechnique est donc actuellement la mieux placée pour vulgariser et propager l'utilisation des réseaux informatiques de par ses missions de formation technologique des techniciens et des ingénieurs pour l'industrie et des formateurs pour notre système éducatif, l'objectif étant de leur permettre d'acquérir le savoir-faire nécessaire pour :

- maîtriser la gestion d'un nœud INTERNET,
- gérer les adresses d'un sous-domaine du Sénégal,
- diffuser les services de l'INTERNET auprès de la communauté scientifique et universitaire sénégalaise.

A plus long terme, le Sénégal devrait pouvoir disposer d'un réseau totalement maîtrisé et géré par un organisme qui aura pour rôle de promouvoir et de faciliter l'utilisation des réseaux de communication électronique.

ORGANISATION GÉNERALE DU RÉSEAU SÉNÉGALAIS

L'accès à INTERNET au Sénégal se fait suivant une topologie en étoile. Le nœud principal des accès sur le réseau RIO est la machine Dakar installée au centre ORSTOM de Dakar-Fann. La même structure est conservée pour le réseau REFER de l'AU-PELF-UREF installé au sein de l'Université Cheikh Anta Diop raccordant les principaux nœuds SYFED du Sénégal.



Les moyens de communications des serveurs installés sont :

- des circuits virtuels sur le réseau à commutation de paquets SENPAC, à 9600 kb/s
- des accès banalisés sur lignes RTC (V22, V22bis, V34).

Pour le réseau RIO, six connexions journalières sont établies avec Montpellier (6 h, 9 h, 11 h, 13 h, 15 h et 17 h), le serveur du réseau REFER au Sénégal bénéficiant d'une connexion permanente avec le nœud installé à Paris. Les nœuds secondaires peuvent se connecter aux serveurs 24h/24.

TECHNIQUES ET PROTOCOLES UTILISÉS AU SÉNÉGAL

Les serveurs au Sénégal utilisent le RTC (Réseau téléphonique commuté) et le réseau public SENPAC.

Le protocole mis en œuvre est le protocole UUCP (Unix to Unix CoPy). UUCP qui utilise le mécanisme « store and forward ». Le principal avantage de cette solution est son faible coût. C'est aussi une solution très fiable, supportant l'exécution de commandes à distance et compatible avec le protocole TCP/IP.

Les coûts de raccordement d'un nœud s'articulent autour de plusieurs éléments :

- La création d'un nœud constitué d'un PC/AT ou d'un Macintosh avec modem revient à environ 3 millions de Francs CFA.
- La mise en place d'un serveur (station UNIX) rattaché à un réseau local nécessite des investissements plus lourds de l'ordre de 6 à 12 millions de Francs CFA.
- L'installation d'une ligne téléphonique dédiée par la société nationale des télécommunications revient approximativement à 150.000 Francs CFA (1500 FF).
- L'abonnement pour une ligne du réseau transmission de données par paquets (SENPAC) est relativement plus coûteux, 650.000 Francs CFA par an pour une ligne X25 à 9600 bauds.

LES SERVICES DISPONIBLES AU SÉNÉGAL

La messagerie électronique

C'est le service de base du réseau. La messagerie électronique permet de correspondre

avec tous les utilisateurs des réseaux internationaux : INTERNET, EARN, Bitnet, Fidonet, etc. Au total elle relie plusieurs millions de correspondants dans les secteurs de la recherche, de l'enseignement supérieur et des industries de pointe.

Les réseaux longues distances utilisent en général les normes RFC822 qui n'incluent a priori que des caractères purement ASCII. Il n'est donc pas possible d'envoyer des caractères accentués à ses correspondants. Pour pallier cet inconvénient, des interfaces utilisatrices sont disponibles sur les micro-ordinateurs connectés au REFER et au RIO.

L'AUPELF et l'ORSTOM ent mis à la disposition des utilisateurs des logiciels appelés respectivement XRef et XRio. Ce sont pour les utilisateurs non informaticiens :

- des outils simples et fiables,
- gérant les caractères accentués,
- disposant de l'annuaire des correspondants en ligne
- et capables d'assurer des transferts de fichiers binaires.

Les forums

Le forum électronique est un outil de débat scientifique. Chaque forum est placé sous la responsabilité d'un animateur. Il en demande l'ouverture et est à même de répondre à toutes les questions concernant le sujet, les participants et la nature des contributions attendues. Les forums sont gérés au niveau des nœuds principaux et accessibles à tous les utilisateurs intéressés par un thème (santé, océanographie, projets scientifiques de la CEE,...).

Le transfert de fichiers et d'images

La transmission de documents consiste en l'envoi de :

- rapports ou articles, préparés avec un logiciel de traitement de texte, contenant divers polices et corps de caractères, des indications de styles, de justification, des tableaux, graphiques,...
- fichiers binaires qui peuvent être des images, du son, des exécutables, etc.

Ces informations sont transmises sur le réseau, via les différentes interfaces sous forme compressée et encodée.

Les infoserveurs

Un infoserveur est un système de bases de données dont la consultation s'effectue en temps différé.

Ce service a été mis en place sur le réseau RIO pour les publications de cet organisme. Le réseau REFER étant le principal serveur documentaire du Sénégal, il offre un accès aux bases de données documentaires francophones par ses points d'accès SYFED

PERSPECTIVES DE LA CONNECTIVITÉ INTERNET AU SÉNÉGAL

La SONATEL met en place actuellement un service de raccordement à INTERNET. Dans la perspective de cette offre, ce document plaide pour la tarification préférentielle du domaine de la recherche et de l'éducation sénégalaises.

Il présente une estimation du volume de données transitant par le RIO. Ce réseau n'est pas le seul de son genre au Sénégal, c'est néanmoins l'un des plus importants dans le secteur recherche/éducation. Aussi les chiffres présentés ci-dessous doivent être pris comme une limite inférieure du trafic INTERNET généré par le domaine de la recherche et de l'éducation.

Il présente également les raisons pour lesquelles il faut favoriser la connexion IN-TERNET au sein des structures sénégalaises de recherche et d'éducation.

VOLUME DE DONNÉES TRANSITANT PAR LES SERVEURS

Trafic « Email »

Les données transitant actuellement par les serveurs sont principalement issues de la messagerie électronique. Les utilisateurs de la messagerie se répartissent entre 52 nœuds (estimation août 1995). Ce dernier chiffre est en progression de 126 % sur un an.

Trafic dû à la création de serveurs WWW

L'ORSTOM a créé un serveur WWW sur Dakar dès novembre 1994 (URL http://www.orstom.sn) et l'ESP a installé le sien en avril 1995 (URL http://www.esp.sn.). La mise en service on-line à travers IP/X25 étant trop onéreuse, on a choisi de créer un site miroir sur un serveur en France : c'est le site Web de Bondy (URL http://www.orstom.fr) sur lequel on reverse systématiquement les données du Web de Dakar. Lorsqu'une solution de type full-IP abordable sera disponible, le serveur miroir sera supprimé.

Il est communément admis que le trafic généré par l'interrogation de serveurs WWW représente environ entre 75 et 80 % du trafic IP dans INTERNET, contre 10 à 15 % pour le courrier électronique. En tenant compte de ces estimations, et en sachant actuellement que 25 Mo de courrier sont échangés mensuellement, on peut évaluer à plus de 150 Mo le volume de données mensuel dû à l'interrogation de serveurs WWW par les utilisateurs recherche/éducation au Sénégal.

ÉVOLUTION DES ACCÈS INTERNET

En ce qui concerne le « Email », l'évolution des modes de gestion permet aujourd'hui de créer un nombre illimité de « boîtes aux lettres » par site. Cela se traduit actuellement par une très forte augmentation du nombre d'utilisateurs dans les Universités et les Écoles supérieures (le nombre d'utilisateurs est multiplié par un facteur de 5 à 10). Ces nouveaux utilisateurs prennent conscience des possibilités de la messagerie électronique, et vont générer progressivement un volume de données proportionnel à leur nombre. En terme de nombre de nœuds raccordés, une croissance au moins similaire à celle de l'année passée est à prévoir si aucun service INTERNET n'est proposé par ailleurs au Sénégal. Le trafic prévu fin 95 est de l'ordre de 20.000 messages/mois pour le « Email » (40 Mo environ).

Plusieurs autres serveurs WWW sont en travaux dans le domaine de la recherche et de l'éducation. C'est le cas des serveurs de l'AUPELF-UREF, de l'ESP et de l'UCAD. L'ESP a par ailleurs été chargée de réaliser un serveur WWW consacré au tourisme au Sénégal. Un serveur Web est également envisageable, à terme, par institut ou école.

De nombreux projets en termes de serveurs WAIS et Gopher existent par ailleurs. Il s'agit de rendre accessible par INTERNET l'ensemble des bases bibliographiques du domaine recherche-éducation sénégalais, via des serveurs WAIS. Citons par exemple l'installation du serveur WAIS de l'ORSTOM, qui permettra d'accéder à la base Horisen (3500 références). Un autre serveur est en cours de développement à l'AU-PELF-UREF, en collaboration avec l'UCAD. Il permettra d'accéder à la base bibliographique des ouvrages disponibles à la bibliothèque de l'UCAD ainsi qu'à l'ensemble des travaux réalisés dans les Écoles supérieures (thèses, doctorats...)

IMPORTANCE ET ENJEUX DE L'ACCÈS INTERNET POUR LA RECHERCHE ET L'ÉDUCATION

Malgré l'accroissement des services commerciaux et l'apparition du « cyberbusiness », l'INTERNET reste le réseau de communication de référence pour le domaine de la recherche et de l'éducation. Selon la revue « Internet Society NEWS », 61 % des utilisateurs sont affiliés à ce domaine, représentant 46 % des machines (édition Vol 2. N° 4 Winter 94).

Pour un laboratoire universitaire ou une École supérieure, si le raccordement était il y a quelques années un avantage, le non-raccordement est devenu aujourd'hui un handicap majeur freinant développement et évolution.

L'accès est en effet vital pour au moins 3 raisons :

- Il rompt l'isolement en permettant de communiquer avec ses homologues de la Communauté internationale.
- La philosophie de l'INTERNET reste le partage et la gratuité de l'information, du moins dans sa partie recherche/éducation.
- La publication d'informations sur INTERNET est libre.

Les conséquences pour une équipe de recherche (par exemple) sont multiples. Cette équipe peut collaborer avec des homologues nationaux ou étrangers, elle peut accéder et retirer l'information pertinente (interrogation de bases de données, transfert de fichiers) mise à sa disposition par des milliers de serveurs. Elle peut participer à des forums internationaux de discussion, participer à l'actualité scientifique en organisant ou en s'inscrivant facilement à des symposiums, colloques ou autres manifestations. Elle peut publier ses résultats immédiatement auprès de la communauté scientifique. Elle peut récupérer gratuitement des logiciels adaptés à ses besoins.

Ces avantages sont en fait les conditions « sine qua non » d'un secteur recherche/éducation fort et dynamique. Cela vaut davantage encore au Sénégal, où la communauté recherche/éducation souffre de plus d'isolement et de manque de moyens que dans les pays du Nord.

NÉCESSITÉ D'UN TARIF PRÉFÉRENTIEL POUR LE DOMAINE RECHERCHE/ÉDUCATION

Le raccordement à INTERNET constitue donc un enjeu primordial pour l'avenir de la recherche et l'éducation au Sénégal.

Aider le domaine recherche/éducation en lui proposant un tarif préférentiel, c'est certes lui donner la chance de se redynamiser et de jouer un nouveau rôle, mais c'est aussi favoriser l'émergence parmi les étudiants et les élèves d'une nouvelle génération au fait des réalités économiques et technologiques.

D'autre part, certains services peuvent atteindre un intérêt national immédiat et évident, tel qu'un serveur WWW sur le tourisme au Sénégal. Les retombées d'un tel service, en favorisant l'accroissement du tourisme, s'étendent à tout le pays.

Fermer l'INTERNET par des prix élevés, c'est occulter le fantastique potentiel de formation et d'éducation de l'INTERNET au seul profit de son aspect commercial. Seuls des entreprises privées ou des organismes internationaux se raccorderaient depuis le Sénégal, c'est-à-dire ceux qui *a priori* n'en ont pas l'urgence. Le paradoxe serait alors que les entreprises à but lucratif tirent bénéfice de leur connexion tandis que les Universités seraient alors dans l'incapacité de mettre en place des services gratuits.

Plus concrètement, quelle forme pourrait prendre l'aide au développement que serait une tarification préférentielle ?

Un forfait à l'année suivant un tarif spécifique, ou un forfait d'heures gratuites, sont deux exemples de solutions envisageables. Il est nécessaire, parallèlement à ce choix, de définir de manière explicite ses bénéficiaires : Universités et Écoles supérieures reconnues par l'État par exemple.

FACTEURS ESSENTIELS À L'ÉMERGENCE DU RÉSEAU

L'introduction de ces nouvelles technologies au niveau de la recherche et de l'éducation et plus particulièrement au sein des institutions chargées de les diffuser au sein de nos pays, nécessite le redéploiement des efforts de coopération vers un renforcement de la coopération technologique dans les domaines émergents de l'Information scientifique et technique (IST), parmi lesquels nous pouvons citer :

- le multimédia
- les télécommunications
- la veille technologique

Elle passe également par l'INFORMATION et la SENSIBILISATION des utilisateurs aux possibilités offertes par les réseaux de communications à travers la mise en place d'un réseau de sensibilisation national (couverture géographique).

La FORMATION des TECHNICIENS à travers l'intégration des formations réseaux dans le cadre des formations existantes et des filières nouvelles est aussi un facteur important dans la pérennisation de l'utilisation et de la maîtrise de ces nouvelles technologies.

La FORMATION des FORMATEURS permettrait d'intégrer à cette stratégie les méthodologies liées à la maintenance de premier niveau des sites à travers l'animation de sessions de formation aux nouvelle technologies.

CONCLUSION

La mise en place du réseau national recherche/éducation au Sénégal passera par la définition d'un réseau national coopératif intégrant des passerelles entre les initiatives existantes à travers un serveur national SN, prenant en compte la maîtrise des coûts de communication et constituant un centre de veille technologique.

Pour cela deux comités ont été créés au Sénégal :

- le comité technique piloté par l'ORSTOM et l'ESP a été chargé d'élaborer les canevas techniques et juridiques de la mise en place d'une telle structure (à l'exemple du réseau RENATER en France).
- le comité technique piloté par l'AUPELF (REFER) élabore un canevas de mise en place de bases de données nationales.

Les objectifs assignés à une telle structure seront :

- d'atteindre le degré de CONNECTIVITÉ MAXIMALE offrant le maximum de confort aux utilisateurs
- de PRODUIRE des bases de données pour le Sénégal et les diffuser par ces nouvelles techniques
- et de PARTICIPER à l'effort de développement national à travers l'information scientifique et technique.

Une réelle expansion d'un réseau recherche/éducation passe également par l'installation au sein des universités et des établissements de recherche sénégalais de moyens matériels, difficiles à acquérir dans la situation financière actuelle de notre pays, permettant de mettre à la disposition du plus grand nombre d'utilisateurs ces outils modernes de communication et de recherche documentaire.

Lot Tcheeko

Administrateur Système et Réseau Enseignant, École Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé

Administration d'un réseau informatique dans un contexte d'enseignement et de recherches : expériences, précautions

RÉSUMÉ

Dans le cadre des VI^{es} Journées Internationales de Technologie, il nous a paru intéressant de partager l'expérience d'administration et de gestion d'un réseau local informatique fonctionnant sous UNIX, dans une École d'ingénieurs.

Le projet PAESRUC a mis en place un réseau fédérateur de campus, à base de technologie ETHERNET, offrant des accès performants (10 Mb/s) dans tous les départements scientifiques. Le réseau est basé sur la mise en œuvre de stations de travail scientifiques sous UNIX, à usage des personnels scientifiques et des étudiants dans le cadre des filières de formations avancées. Par une gestion globalisée des moyens répartis (espace disque, cpu, imprimante), les utilisateurs ont une vision transparente de la localisation des ressources d'où une gestion souple et évolutive du parc.

Dans notre exposé, il s'agit de répondre à quelques préoccupations importantes :

- En quoi le réseau a-t -il facilité l'administration ?
- En quoi le réseau a-t -il compliqué/facilité l'enseignement ?
- La technique est-elle suffisante et que coûte le réseau ?

Une approche de conclusion insistera sur les réflexions qui ont été menées pour la mise en place d'un tel outil (qualité des installations, fonctionnalités répondant aux exigences du libre-service, formation des utilisateurs,...), mais aussi l'impact sur les activités de recherche de l'ouverture du réseau au monde INTERNET.

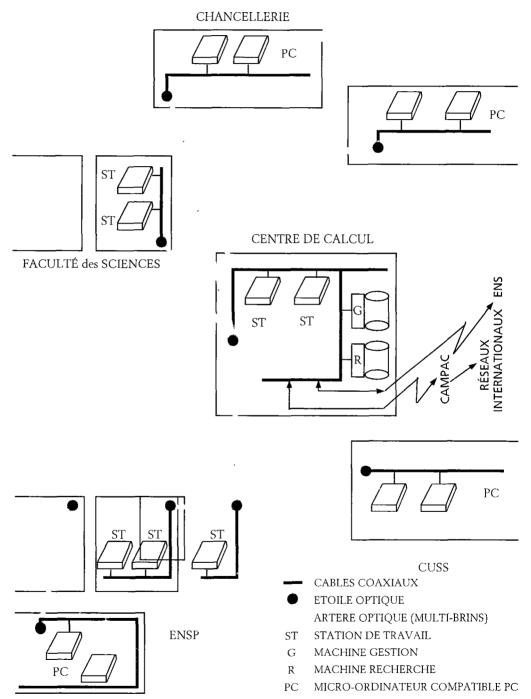


Schéma: Organisation générale des Ressources

1. INTRODUCTION

L'essor rapide de la micro-informatique au début des années 80 s'est traduit, à l'École nationale supérieure polytechnique (ENSP), par une multiplication des postes de travail autonomes. Mais la perspective d'un ordinateur par bureau et le cloisonnement qu'induirait cette nouvelle donne ont mis en évidence la nécessité de partager les ressources, logicielles et matérielles, et d'améliorer la communication entre les différents départements utilisateurs.

La solution apportée dès le début de 1990 a consisté en l'intégration des équipements informatiques au sein d'un réseau local. Le rôle assigné au réseau local est double :

- assurer la communication entre les différents postes de travail, en mode conversationnel (travail collectif sur un même fichier, messagerie locale) ou en mode transfert (échanges de données entre postes),
- rationaliser l'utilisation d'équipements périphériques (disque dur de grande capacité, imprimante laser, ...) par leur partage entre les différents utilisateurs.

Tout en décrivant les résaux informatiques existants au sein de l'ENSP, nous présenterons les retombées de l'utilisation d'un réseau informatique dans l'enseignement et la recherche sans distinguer les problèmes que ceci engendre.

2. UN SYSTÈME RÉSEAU À VISÉE ÉDUCATIVE

2. 1. Les composantes de base du système support

De base Ethernet, le réseau est agencé autour de deux ordinateurs de grande puissance situés au Centre de calcul et à l'École nationale supérieure polytechnique (ENSP). Des postes de travail sont répartis dans chacun des établissements connectés et permettent d'accéder à distance aux ressources des serveurs, en particulier à tous les logiciels de base. Le schéma mis en annexe donne un aperçu du réseau. Ainsi qu'on peut le constater sur ce schéma, la solution implémentée présupposait une adéquation entre les répartitions fonctionnelle et physique des départements. L'ossature (backbone) principale du réseau est à base de fibre optique, de même que l'ossature propre à l'ENSP. Les branches dédiées aux départements et à l'administration sont en câble coaxial, puisque situées à l'intérieur des bâtiments et donc à l'abri des intempéries. L'acquisition de stations de travail SUN présente plusieurs avantages. Tout d'abord leur interface graphique permet d'atteindre des résolutions graphiques de 1000 x 1000, la qualité et les dimensions de leur écran, leur capacité à évoluer tant au niveau processeur central ou mémoire qu'au niveau coprocesseur arithmétique ou graphique permet d'atteindre

des vitesses de traitement difficilement égalables sur micro-ordinateurs, ce qui fait d'elles des outils particulièrement adaptés à toute application de XAO.

2. 2. La problématique des réseaux informatiques

L'évolution des systèmes informatiques vers des configurations réparties est la conséquence des développements technologiques tels que l'apparition des micro-ordinateurs (et plus récemment des stations de travail) et des systèmes de télécommunication de plus en plus performants.

Le terme « systèmes informatiques répartis ou distribués » ne possède pas une définition simple et universellement acceptée. Il est utilisé couramment pour désigner des outils informatiques constitués d'unités de traitement ou de sauvegarde de programmes coopérant dans la réalisation d'une tâche commune ou dans le partage de ressources communes [corn81]. Ainsi, un réseau informatique peut être vu comme un ensemble de systèmes classiques, reliés par un système de communication auquel est ajouté un ensemble d'interfaces permettant une connexion à distance entre eux, sans pourtant modifier la structure fondamentale de chaque système.

La mise en place du dispositif décrit au §2.1. ne va pas sans poser quelques difficultés dans un environnement de formation.

2.3. Problèmes de l'enseignement traditionnel

Les supports didactiques utilisés dans les activités d'enseignement sont encore dans la plupart des Écoles de formation d'ingénieurs de type classique : tableau noir, rétroprojecteur, etc. Il est donc tout à fait normal que l'utilisation de ces supports corresponde à une méthode d'enseignement directive. Le problème dans cette approche traditionnelle est justement cet aspect directif (hérité du temps de Socrate) car ceci allie fortement l'efficacité de l'enseignement à la didactique de l'enseignant.

Plus généralement, pour l'enseignement de domaines techniques ce problème devient important car les thèmes associés exigent, dans la plupart des cas, une bonne interaction bidirectionnelle enseignant-élève, à cause de la complexité et de l'inter-dépendance de ces thèmes.

Dans un environnement X comme le nôtre, il a fallu dès le début penser à une politique de gestion commune du matériel souvent difficile à faire comprendre ou à mettre en œuvre, à la qualité des installations (utilisation du câblage fibre optique) ainsi qu'aux fonctionnalités répondant aux exigences du libre service.

2.4. Exemple de difficulté dans un environnement hétérogène

L'environnement informatique à l'ENSP est constitué de stations de travail SUN, de terminaux X (TX) et de micro-ordinateurs disposant de logiciels qui leur permettent une accessibilité complète aux ressources du serveur Polytech. Ces TX et micro-ordinateurs fonctionnent par l'intermédiaire de l'application X qui est XDM (X Display Manager). Le serveur X fonctionne en permanence sur le serveur Polytech et est donc prêt à chaque fois que les utilisateurs mettent en fonctionnement leur TX. Les exécutions du serveur X posent à première vue un certain nombre de problèmes et de confusion à l'utilisateur qui ne voit pas s'exécuter ses fichiers de démarrage. Pire encore, toutes les variables d'environnement initialisées dans ces fichiers ne sont pas prises en compte dans la session X en cours. En réalité aucune de ces variables n'est prise en compte avant le début de l'exécution de l'application X.

Pour pallier ce désagrément, l'administrateur système doit initialiser ces variables d'environnement dans le fichier .xinitrc. Mieux encore, ces variables peuvent se trouver dans le fichier .xsession et .xinitrc faisant appel à ce dernier par la ligne \$HOME/.xsesion. Ceci a l'avantage de maintenir une séparation entre le fichier de démarrage et l'application X qui commence la session de travail.

3. UNE VUE DES RÉSEAUX EXISTANTS À L'ENSP

Jusqu'ici les seuls pays africains ayant une connectivité INTERNET étaient l'Afrique du Sud, l'Egypte et la Tunisie. Toutefois, plusieurs Etats africains possèdent une connectivité à d'autres types de réseaux (Fidonet, Healthnet, UUCP), ce qui leur permet une accessibilité limitée à l'INTERNET.

Jusqu'à présent au Cameroun, on connaissait les dispositifs médiatiques traditionnels - presse, radio, télévision - bâtis sur le modèle de l'étoile. Un centre y parle à des récepteurs isolés, qui constituent une communauté passive. On connaissait aussi le réseau téléphonique, avec lequel on ne communique que de un à un. Ce qui est nouveau dans l'interconnexion des micros, c'est la possibilité offerte à tous de parler avec tous. C'est un réseau, mais du point de vue conceptuel, cela fonctionne comme un espace. Un espace varié et mouvant, que chacun contribue à construire, et sur lequel chacun peut trouver sa place. [levy95] pense qu'avec ces réseaux, du type d'INTERNET, on assiste à une construction coopérative d'un contexte commun. Ce qui est nouveau ici, c'est de pouvoir s'adresser librement, sans intermédiaire, à un vaste public international, sans que quiconque ne décide à votre place de ce qui est important et de ce qui ne l'est pas.

Le réseau Healthnet est un projet initié par SatelLife, une ONG américaine, pour la mise en place d'un réseau satellite d'échange d'informations médicales à moindre coût

dans les pays sous-développés en général. Il est mis en place à l'École nationale supérieure polytechnique (ENSP) de Yaoundé depuis avril 1993 et permet d'envoyer et de recevoir des messages par liaison satellite. Les principaux services fournis sont le courrier électronique entre utilisateurs et la consultation de banques de données. En facilitant les consultations gratuites pour le compte des étudiants de la Faculté de médecine, en permettant le télé-enseignement par l'unité d'Epidémiologie clinique, Healthnet contribue par ce biais à l'éclosion de la recherche médicale au Cameroun. Forte des compétences en informatique et en électronique dont elle dispose, l'ENSP abrite et administre le serveur de ce réseau.

A la différence des autres types de réseaux, les réseaux UUCP (Unix to Unix CoPy) ne sont pas centralisés. Les connexions UUCP permettent à des systèmes d'accéder directement au réseau INTERNET en faisant transiter l'information venant de l'INTERNET par un ordinateur connecté à celui-ci. Cette information peut ensuite aller vers le système visé lors d'un appel UUCP. La connexion entre les deux systèmes n'utilise donc pas un processus d'assignation spéciale. Il suffit que les deux systèmes utilisent UUCP et s'accordent pour s'appeler. Le Réseau intertropical d'ordinateurs (RIO) est un réseau UUCP mis en place par l'organisme français ORSTOM et permettant l'accès à l'INTERNET uniquement pour le courrier électronique (fig 2).

Fonctionnant autour d'une architecture matérielle comprenant une station de travail Sun Sparc, une liaison asynchrone à 9600 bps, une liaison synchrone à 2400 bps, deux modems et trois interfaces Ethernet, le réseau RIO est le seul à utiliser le protocole UUCP sur des lignes X25 alimentées par le réseau à commutation de paquets du Cameroun (CAMPAC). Outre le courrier électronique déjà opérationnel, d'autres outils de l'INTERNET tel le tranfert de fichier distant (FTP), la consultation de NEWS sont envisagés.

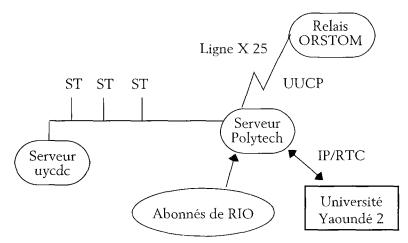


Fig. 2 : Une vue fonctionnelle du réseau

4. GESTION D'UN RÉSEAU INFORMATIQUE DÉDIÉ À L'ENSEIGNEMENT

Ces différents réseaux brièvement présentés au paragraphe précédent constituent un moyen de partage de ressources communes (matériels, logiciels, données, etc.) entre plusieurs systèmes informatiques. Ils constituent également un médium efficace de communication. Leur utilisation s'est développée à l'ENSP ces deux dernières années.

L'impact du réseau sur la vie de l'université en général peut se résumer en trois grands éléments, à savoir : la communication entre individus, la promotion de nouvelles activités d'enseignement et de recherche, et enfin le bannissement des frontières transnationales par l'INTERNET.

Dans ce qui suit, nous citerons les retombées de l'utilisation du réseau dans l'enseignement sans distinguer les bénéfices des problèmes de gestion d'un parc qui peuvent en résulter.

- 🖾 Le réseau a favorisé l'éclosion de la recherche et du développement par le partage de ressources (équipement de grande puissance de calcul). Cette contribution se trouve dans des domaines aussi variés que la santé, la recherche fondamentale et appliquée.
- El Le réseau a facilité l'administration par la suppression des problèmes de virus. En effet, l'utilisation de station de travail sans disque (TX) entraîne la disparition des supports amovibles que sont les disquettes qui sont des agents transporteurs de virus. Cette administration est aussi facilitée par le contrôle d'accès et donc la gestion du flux d'étudiants de même que la mise en place de salles dédiées entraîne un gain en souplesse.
 - 🖾 Le réseau a facilité l'enseignement par l'apparition de nouveaux outils que sont :
 - le courrier électronique
 - les manuels en ligne unifiés pour UNIX
 - le travail de groupe dans le cadre des projets d'étudiants
 - les espaces dédiés aux enseignants pour la mise à disposition de corrigés et énoncés d'exercices de Travaux pratiques.

Toutefois, comme nous l'avons déjà souligné, les infrastructures disponibles apportent quelques complications au regard des problèmes de l'enseignement traditionnel

Du côté des enseignants, l'utilisation du réseau informatique à des fins pédagogiques suppose :

- ☑ une plus grande rigueur dans l'élaboration des exercices de Travaux pratiques ;
- ☑ une connaissance minimale du fonctionnement du réseau ;
- une dépendance vis-à-vis du serveur.

Du côté des étudiants, elle suppose la maîtrise de la procédure d'accès et de changement de mot de passe, ainsi qu'une connaissance minimale du réseau.

La technique est-elle suffisante?

Pour répondre à cette question nous allons faire un certain nombre de constatations :

- un produit mal adapté à l'enseignement peut entraîner des surcoûts non contrôlés (argent dépensé en vain) ou non chiffrables (en personne);
- les constructeurs et éditeurs de logiciels n'ont, en général, aucune idée des problèmes que rencontrent les administrateurs confrontés aux problèmes spécifiques de l'enseignement;
- ☑ il est vain de mettre en place des outils sophistiqués d'administration si les utilisateurs n'ont pas une formation préalable ;
- □ plus la masse d'utilisateurs est importante, plus l'aspect psychologique de leur « prise en main » a d'importance.

Ces insuffisances de la technique peuvent être solutionnées par la formation des utilisateurs dès la première séance, par la mise en place de manuels en ligne sur le serveur ainsi que la protection contre la création de comptes banalisés.

5. CONCLUSIONS

Les réseaux locaux informatiques ont connu un développement considérable ces dix dernières années. La dimension internationale des échanges interuniversitaires impose que cette technologie soit intégrée dans la formation des ingénieurs de l'an 2000. Le développement de réseaux de campus capables d'interconnecter tous les postes de travail est un des grands objectifs d'une école d'ingénieurs.

Si l'enthousiasme suscité est réel, les premières expériences sont empreintes d'une certaine lenteur dans leur mise en œuvre que ne saurait expliquer, seule, la complexité du nouvel outil qu'est le réseau local. Les obstacles rencontrés montrent que l'intégration de l'informatique répartie dans le quotidien de la formation, réussie au niveau du département d'Informatique, s'avère plus problématique quand celui-ci entreprend de l'étendre à tout l'environnement de l'ENSP.

Références bibliographiques

- [RENAUD 92] P. RENAUD et H. CHEVILLOTTE : Création d'un réseau de communication électronique entre les pays membres de la CORAF, in CARI, Yaoundé, Cameroun, octobre 1992.
- [CHRIST 95] CHRISTIAN Pélissier : UNIX : Utilisation, administration système et réseau, seconde édition, HERMES, 1995.
- [CORNAF 81] CORNAFION : Systèmes informatiques répartis, concepts et techniques, Dunod, 1981.
- [LEVY 95] P. LEVY : L'intelligence collective Pour une anthropologie du cyberspace, in SVM nº 128, juin 1995
- [IRISA 95] Rapports internes IRISA, Rennes, 1995.

Amine Mounir Alaoui

École Mohammadia d'Ingénieurs de Rabat (Maroc)

CHAMA: le réseau interuniversitaire marocain

1. PETIT HISTORIQUE

Depuis plus de dix ans, la communauté scientifique marocaine pense à mettre en place une structure de communication qui la mettrait en rapport avec ses homologues aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du Maroc.

Une première tentative à la fin des années 80 visait à mettre en place une liaison avec EARN (European Academic and Research Network). Malheureusement, le manque de moyens financiers des institutions universitaires a fait avorter le projet. Il faut dire qu'à l'époque, un système de communication de données semblait un luxe hors de portée et d'une utilité douteuse pour beaucoup de gens, y compris les enseignants et les chercheurs.

Au début des années 90, Internet s'est définitivement imposé comme la maquette préfigurant ce que seront les autoroutes de l'information de l'avenir. La quasi-totalité des réseaux interuniversitaires s'appuient dessus que ce soit en Europe, aux Etats-Unis ou ailleurs dans le monde. La plupart des réseaux externes à Internet s'y intègrent ou disparaissent. Ainsi, on peut citer le cas d'EARN qui est aujourd'hui totalement intégré à Internet.

Les raisons de ce succès sont multiples :

- indépendance totale vis-à-vis des constructeurs et des éditeurs de logiciels mais aussi des pays ou des ONG ;
- gestion collégiale basée essentiellement sur la bonne volonté des utilisateurs ;

- ensemble de services de base simples et normalisés.

Les défauts d'Internet sont quasiment les mêmes que ses qualités mais vus sous un autre angle :

- une certaine anarchie règne sur le réseau;
- personne ne peut assurer le bon fonctionnement de l'ensemble ;
- le réseau sera saturé de par sa structuration dans quelques années.

C'est ainsi qu'en 1992, l'École Mohammadia d'Ingénieurs s'est mise à travailler sur la possibilité de connexion à Internet, au moins au niveau de la messagerie électronique.

2. NAISSANCE DE CHAMA

CHAMA est un acronyme pour CHAbakat MAghrib, qui signifie réseau marocain en arabe, mais c'est également un prénom féminin.

Le premier objectif de CHAMA a été de développer une structure au niveau de l'Université marocaine ayant les ressources matérielles et humaines à même de mettre en place un embryon de réseau qui devrait se développer de lui-même par la suite.

En effet, si la recherche dans le domaine des communications de données est relativement développée à l'EMI, le côté purement pratique des connexions, du paramétrage des logiciels, etc. était totalement inconnu. De plus, la volonté de se connecter à Internet étant acquise, comment faire, qui contacter, étaient à l'époque des questions que tous se posaient.

Les relations existant entre l'EMI et l'INRIA ont permis un premier transfert de savoir-faire et d'informations. Ainsi, un service messagerie électronique a été mis en place à partir de juin 1993 grâce à une passerelle avec l'INRIA puis avec une relation de partenariat officiel avec « Eunet », et plus particulièrement sa branche française « Eunet France ».

Physiquement, la liaison était assurée par une simple ligne téléphonique, utilisée deux fois par jour pour communiquer les messages en attente dans les deux sens (Maroc-France et France-Maroc). Ce moyen relativement onéreux était le plus efficace et immédiatement disponible.

Point extrêmement important : en décembre 1993, l'EMI déclare le domaine marocain au niveau d'Internet (le domaine.ma) ce qui permet d'avoir à partir de ce moment-là des adresses purement marocaines pour les échanges de messages.

3. LE DÉVELOPPEMENT DE CHAMA

En janvier 1994 commencent donc les premières connexions d'établissements universitaires avec l'EMI. Ces connexions permettent des échanges de messages entre ces établissements mais également d'envoyer et de recevoir, via la connexion de l'EMI, des messages vers et à partir de l'étranger.

Au même moment, les premiers contacts avec les autres pays du Maghreb sont pris, ce qui permet de faire circuler informations et expérience d'une manière régionale.

Au niveau de l'École Mohammadia d'Ingénieurs, les outils standards d'Internet ont immédiatement été développés de façon à habituer les utilisateurs du Centre de calcul à ces outils quand bien même ils ne seraient pas disponibles sur un réseau international.

C'est ainsi qu'un serveur ftp anonyme contenant logiciels et documentation a été mis en place pour permettre la mise à disposition de tous les éléments de travail indispensables.

Un serveur Web fonctionne également. Il met à la disposition des étudiants et des enseignants des pages d'information sur l'École et ses activités. Certaines bases de données sont accessibles à partir de ce serveur, ainsi une base des chercheurs marocains à l'étranger et une autre à propos des programmes d'enseignement des différents établissements de l'enseignement supérieur sont également disponibles. Les résumés de l'ensemble des projets réalisés à l'École ainsi que des thèses soutenues sont également en ligne.

Une partie de ce serveur est ouverte aux étudiants pour qu'ils puissent eux aussi présenter les informations dont ils disposent à l'ensemble de la communauté universitaire et l'utiliser pour leurs activités extra-éducatives.

Dès sa naissance, CHAMA s'est énormément appuyé sur la volonté des enseignants-chercheurs à le développer et à le gérer au quotidien. Les liaisons se sont donc établies petit à petit, en fonction de l'intérêt de groupes de personnes particulièrement motivées.

On en est ainsi arrivé à une dizaine d'établissements connectés et plus de 200 mes-

sages par jour qui transitaient par l'EMI. Cependant, cette structure simpliste a commencé à s'essouffler.

En effet, de la même manière qu'une motivation peut naître au sein d'une entité, elle peut également disparaître. La pérennité de la communication entre universitaires était donc tributaire de la disponibilité d'une poignée de volontaires. Le développement de CHAMA était donc remis en question, et surtout, il a été impossible de dégager les fonds nécessaires pour remplacer la ligne téléphonique par une liaison spécialisée qui aurait permis d'accéder aux autres services que la messagerie au niveau d'Internet.

Au même moment, un certain nombre d'institutions en dehors de l'Université marocaine ont commencé à s'intéresser de près à Internet et à ses possibilités. Il a donc été décidé d'attaquer le problème sous un autre angle : pousser à la mise en place d'une structure commerciale globale d'Internet au Maroc dont pourraient profiter les universitaires pour se connecter à un prix raisonnable, et parallèllement, faire un battage médiatique autour d'Internet pour qu'un maximum d'institutions et de personnes sachent de quoi il retourne et expriment le vœu de s'y connecter.

4. LES JOURNÉES INTERNET AU MAROC

C'est ainsi qu'en octobre 1994 ont été organisées les premières journées Internet au Maroc dont l'objectif essentiel était de présenter Internet au plus grand nombre et de sensibiliser l'opinion nationale à ce phénomène. Ces journées ont connu une large couverture médiatique et la présence de plus de 200 participants.

Au terme de ces journées, il a été décidé de mettre en place un comité de suivi qui assurerait une continuité à la manifestation. Ce comité, formé essentiellement d'universitaires, a ainsi entamé un certain nombre d'activités telles que la tenue de conférences dans un certain nombre de villes au Maroc et la mise en place des deuxièmes journées Internet au Maroc en novembre 1995.

Les deuxièmes journées, comme les premières, ont été un franc succès (près de 200 participants dont la moitié universitaires, plus de 400 demandes de participation n'ont pu être satisfaites). Il a été décidé de faire de ces deuxièmes journées des ateliers pratiques avec initiation à la manipulation des logiciels d'accès à Internet.

Au terme de ces deuxièmes journées, une association à but non lucratif pour la promotion d'Internet ainsi que pour la formation et l'information aux réseaux de transmission de données a été créée. Cette association se nomme Moroccan Internet Society.

Les premiers effets de ces journées ont été de pousser l'ONPT (les PTT nationaux marocains) à mettre en place aussi rapidement que possible un service Internet national. Ainsi, les responsables de CHAMA ont-ils été mis à contribution pour aider à la définition d'un projet d'implantation d'Internet au Maroc ainsi que pour mettre à la disposition de l'ONPT leur expérience et leur savoir-faire en la matière.

L'ONPT a donc inauguré son service Internet au lendemain des deuxièmes journées Internet au Maroc, service dont les tarifs sont tout à fait abordables. Les moyens d'accès physique à un coût raisonnable sont donc enfin disponibles et utilisables par tous, et en particulier par les universitaires.

5. L'AVENIR

Au niveau universitaire, il faut obtenir maintenant une priorité pour les connexions ainsi que des tarifs préférentiels de manière à démocratiser au maximum cet outil indispensable pour la recherche. Il est également indispensable d'établir des liaisons permanentes entre les différents établissements pour développer la communication nationale autant qu'internationale.

Du point de vue « contenu », il faut absolument développer les bases de données nationales de manière à pouvoir accéder à un maximum d'informations localement. Dans ce sens, les premières expériences sont très encourageantes.

Mais d'une manière générale, il est nécessaire de restructurer CHAMA de manière à le transformer du prestataire de service qu'il était, en organe de réflexion sur le développement de la communication interuniversitaire de manière à organiser et à structurer les échanges entre les établissements universitaires au Maroc.

C'est cette réflexion qu'est en train de mener l'École Mohammadia d'Ingénieurs, en effet, après avoir été un précurseur et avoir montré le chemin d'Internet, elle doit exploiter cet outil au mieux.

Génie Electrique Université Mcgill

Formation, coopération et assistance technique à distance médiatisées¹

RÉSUMÉ

Les Écoles d'ingénieurs ne doivent ménager aucun effort afin de s'impliquer activement dans le développement et l'intégration des technologies novatrices de formation. Ce concept fédérateur représente la symbiose de l'Enseignement assisté par ordinateur (EAO), de la Conception assistée par ordinateur (CAO) et de la Formation à distance (FAD). La mise en œuvre des outils hypermédias interactifs et l'application des stratégies pédagogiques appropriées telles que l'apprentissage constructiviste guidé par la simulation et l'exploration permettent d'atteindre des objectifs mesurables du point de vue de l'amélioration du processus d'apprentissage. Le développement rapide des moyens de télécommunications favorise le partage des ressources entre les institutions de formation et de recherche d'une part, et les industries ou employeurs de l'autre. Cette association s'impose d'elle-même à cause du virage anticipé vers la formation continue, à la carte ou juste à temps en milieu de travail. Dans cette communication, nous allons, dans un premier temps, exposer le concept de formation et d'assistance technique à distance. Nous allons ensuite mettre en évidence l'indispensable participation, dans un projet commun de recherche-action-formation, de tous les acteurs concernés, notamment les enseignants-chercheurs, les apprenants et les employeurs. Nous présenterons également tous les avantages liés à l'utilisation des environnements flexibles de formation assistée par ordinateur. Ces environnements sont évolutifs de par leur architecture et adaptatifs parce qu'ils tiennent compte des styles cognitifs des usagers. Ce dernier élément justifie la nécessaire contribution de tous les partenaires à tous les niveaux allant de l'identification des besoins à l'administration du système en passant par sa conception, son développement et son implantation. Cette approche doit favoriser l'émergence de produits culturellement adaptés aux besoins des utilisateurs. Un survol de l'apport des concepts empruntés aux sciences humaines et naturelles dans le développement des nouveaux produits d'apprentissage interactifs sera effectué afin

de supporter la dimension culturelle de cette technologie de la formation. Tout ceci nous conduit vers de nouvelles façons d'apprendre, d'enseigner et de travailler et contribue à l'émergence d'un nouveau concept d'écoles sans frontières. Un projet de formation et d'assistance technique à distance dans le domaine de l'énergie soumis à l'Institut d'énergie des pays ayant en commun l'usage du français (IEPF) sera présenté en appui à cette communication.

INTRODUCTION

Dans le contexte complexe de globalisation de l'économie mondiale dont les caractéristiques principales sont fondées sur l'innovation, le savoir et le savoir-faire, les institutions de formation doivent promouvoir une formation de qualité à l'intention d'élèves d'origines et de cultures diverses. Une École d'ingénieurs futuriste doit s'engager à servir, sans discrimination, aussi bien son environnement géographique immédiat que les besoins en matière de formation et de développement d'autres zones qui deviendront les partenaires stratégiques de demain. La relation employeur-employé du futur ne sera plus un employeur/plusieurs employés; le même employé devra servir plusieurs employeurs qui œuvrent parfois dans des domaines connexes, complémentaires ou totalement disjoints. La pluridisciplinarité ou la capacité du travailleur à accéder à d'autres ressources sera certainement considérée comme un critère de compétence. De plus, comme c'est déjà la tendance dans les institutions de formation, le lieu de travail deviendra progressivement une aire ouverte au monde (Ljutic, 1991; Gerber, 1990; Kaye, 1986; REPARTIR, 1990). Le développement rapide des technologies de télécommunication et leur libéralisation dans plusieurs pays promettent cette transformation.

La diversité grandissante des connaissances rend l'approche traditionnelle de l'enseignement difficile à supporter par une seule institution en termes de coûts et d'expertises requises. Il n'est donc pas possible d'offrir une formation initiale à la carte comprenant de nombreux programmes spécialisés. Il faudrait alors penser à former des diplômés capables de s'adapter dans des milieux de travail où la capacité d'apprendre rapidement par soi-même constitue de loin la première qualité attendue par un employeur.

Le développement des technologies de l'information nous offre de nouvelles perspectives afin de changer nos façons d'enseigner (Wenger, 1987; Depover, 1987; Barfurth, 1991), d'apprendre (Chomienne, 1987) et de travailler (Puterbaugh, 1989). Ces technologies ont déjà un impact indéniable sur la structuration du contenu des enseignements dispensés par les institutions de formation.

Le concept de l'humain en situation d'apprentissage continu étant de plus en plus

accépté par toutes les sociétés du monde, la mise en place de programmes de formation à distance conjoints constitue l'une des avenues à explorer. La participation effective de tous : les apprenants, les industries, les entreprises, les écoles et les gouvernements dans un processus de recherche-action est indispensable pour atteindre les exigences du nouvel ordre de la formation. A cet effet, il faudrait établir un modèle de partenariat actif entre institutions nationales et institutions étrangères. Le réseau ainsi constitué servirait d'épine dorsale nécessaire pour une collaboration effective validée par la mise en place de programmes académiques et de recherche conjoints.

Une telle collaboration et une coopération effective sont possibles dans la mesure où :

- 1) Les institutions de formation, surtout celles des pays industrialisés, concrétisent leur appellation d'écoles sans frontières en proposant des programmes qui, grâce à des protocoles d'entente inter-établissements, permettent la mobilité des élèves et des formateurs ainsi que le partage des ressources tant académiques que didactiques.
- 2) Les secteurs industriels du Nord, par un mécanisme de partenariat stratégique et, conscients des enjeux de la nouvelle ère technologique, contribuent à la formation dans les pays les moins nantis. Ces pays ne seraient plus considérés comme des consommateurs ou des fournisseurs de matières premières mais plutôt comme des collaborateurs potentiels dans le marché de l'industrie de la connaissance qui représente maintenant la base de tout développement.

1. CONCEPT DE FORMATION ET D'ASSISTANCE TECHNIQUE À DISTANCE

1. 1 Le concept de la formation à distance

La formation à distance s'applique dans un contexte où les apprenants et les formateurs effectuent des tâches respectives, séparément, tout en restant en contact selon divers moyens (Meunier, 1991). L'idée d'intégrer les ressources disponibles sur les réseaux informatiques dans le processus change de manière substantielle la définition traditionnelle qui considère deux pôles : celui des formateurs et celui des apprenants. Les mécanismes modernes utilisant les ressources informatiques mettent en œuvre un système de formation à distance ouvert qui crée une dynamique évolutive du groupe en situation d'apprentissage. Le ou les formateurs deviennent alors des animateurs, des modérateurs, ou des facilitateurs qui, tout en participant activement à la résolution des problèmes, gèrent subtilement le mécanisme pour s'assurer de la présence des sept principes de base qui garantissent le succès d'un programme de formation à distance (Dalceggio, 1990) :

1) l'activité et la dynamique des apprenants ; 2) l'intégration de la pratique et de

l'expérimentation; 3) les feed-back ou rétroaction; 4) l'identification des objectifs à atteindre; 5) l'utilisation des principes pédagogiques de l'apprentissage graduel; 6) la prise en compte des aspects cognitifs et affectifs qui, du reste, sont étroitement liés; 7) l'utilisation des approches multisensorielles interactives.

Considérant le cas de la formation de techniciens et d'ingénieurs, qui sont déjà familiarisés avec l'outil informatique, et considérant le développement fulgurant des ressources télématiques, la viabilité d'un programme de formation et d'assistance technique médiatisée à distance n'est plus à démontrer. Le succès du concept repose essentiellement sur les principes de partage des ressources et la coopération-participative des individus. La figure l donne une image globale de ce concept.

1.2 L'assistance technique et la formation

1.2.1 Le passé et le présent

Il ne sera pas question dans cette communication de faire le procès de l'assistance technique telle que pratiquée jusque-là au niveau de l'éducation et de la formation. Nous allons tout simplement rappeler que le principe fondamental était, à l'origine, basé sur les vestiges de la colonisation. L'assistance technique, symbolisée par l'aide apportée aux pays moins nantis par les pays industrialisés, était unidirectionnelle du Nord vers le Sud. Elle se caractérisait par la substitution du personnel local par des expatriés qui étaient parfois des spécialistes du domaine ou en étaient à leurs premières armes. Une infime partie du personnel local a pu recevoir des formations dans les métropoles. Ces formations, bien que souvent d'un haut niveau de qualité, ne peuvent être transférées dans les pays en développement pour des raisons que nous n'évoquerons pas dans cette communication faute d'espace. Une autre caractéristique non moins importante est celle de l'aide en équipements qui, liée par des considérations politiques, ne répond pas, la plupart du temps, à de nombreux facteurs locaux.

1.2.2 Le futur

Un bassin de compétences et de connaissances existe maintenant au Sud. Une collaboration bidirectionnelle est plus que nécessaire pour répondre aux besoins de tous et ainsi gagner le pari du *village global* que nous promettent les moyens de télécommunications. La suite de cette communication nous en dira un peu plus sur cette perspective futuriste.

1.3 Le système électronique de support à la performance

Le concept de Formation et d'assistance technique à distance médiatisées (FATDM) se

définit de la façon suivante : un environnement électronique fédérateur disponible et facilement accessible par chaque utilisateur pendant l'exécution de sa tâche (Puterbaugh, 1989). Cet outil est configuré pour permettre l'accès à l'espace cybernétique. Le concept combine diverses technologies, incluant la formation par ordinateur, l'intelligence artificielle, les systèmes à base de connaissances, les hypertextes et les hypermédias, des outils conventionnels de base de données ainsi que diverses technologies de communication. Toutes ces ressources sont intégrées par le biais de stations de travail très conviviales centrées sur l'utilisateur. Ces plates-formes décentralisées, grâce à leur haut niveau d'interactivité, permettraient un dialogue avec l'utilisateur et favoriseraient une expression des besoins et une aide à la structuration des requêtes (Vidal, 1989). En plus de servir de support à la performance des usagers, les postes de travail sont des outils de formation sur le lieu de travail tel que prôné par les ténors des technologies de la formation (Gerber, 1990). Nous savons tous également, comme le dit Puterbaugh (1989), que seulement une partie des enseignements reçus est effectivement assimilée ; l'oubli constitue un facteur humain souvent lié au temps, il symbolise la faculté d'apprendre. L'approche de l'Intelligence artificielle distribuée (IAD) (Erceau et Ferber, 1991) couplée à la simulation contribue d'une manière significative à gérer le concept proposé. En outre, du point de vue pédagogique, de nombreux outils de développement et d'évaluation de logiciels de formation existent.

1.4 Une approche souple et évolutive pour la mise en place du système

Une approche flexible et évolutive doit être adoptée pour atteindre les objectifs d'apprentissage. Plusieurs raisons militent en faveur d'un tel choix. En effet, les nombreuses expériences de création de matériel de formation à distance montrent de façon générale que les projets réussis ont été ceux qui ont le plus respecté les besoins exprimés par les utilisateurs. Adopter *a priori* un ou des modèles d'enseignement dans des contextes culturels et géographiques très variés nous semble inapproprié. Une approche par étapes et l'établissement de procédures systématiques d'évaluation et de feed-back sont nécessaires pour atteindre effectivement le but du concept.

La mise au point d'une formule d'encadrement adéquate que requiert tout système de formation à distance fait l'objet d'une attention particulière lors du design. L'idée d'un « tuteur distribué » est la clé maîtresse de la problématique de formation d'un groupe séparé par une distance temporelle et spatiale. Le système de tutorat distribué est constitué, d'une part, par l'expert ou par le groupe d'experts humains du domaine et, d'autre part, par le système à base de connaissances intégré à l'environnement informatique local.

Les moyens technopédagogiques modernes (Merril, 1991) repoussent les limites de la formation.

L'analyse des échanges entre les utilisateurs permet une mise à jour des bases de connaissances pour pallier le caractère jugé immuable du contenu des cours généralement développés. Les messageries électroniques, les groupes de discussions, les ressources W3, les mécanismes de transfert de fichiers que nous offrent les réseaux, ainsi que les plates-formes informatiques dédiées, favorisent l'interactivité entre les utilisateurs d'une part et entre les utilisateurs et les « tuteurs » d'autre part. Les tuteurs dans ce cas sont symbolisés par les « maîtres de poste » et les « modérateurs » des groupes de discussions. L'utilisateur ne se contente plus uniquement de recevoir et d'assimiler un contenu et l'enseignant de le transmettre ; tous participent à une dynamique stimulée par une stratégie pédagogique évolutive du système de formation.

2. LA DIMENSION CULTURELLE

2.1 L'apport des concepts empruntés aux sciences humaines et naturelles

La neuroscience mobilise de nombreux chercheurs à l'heure actuelle. Les uns s'activent pour percer le mystère du cerveau et les autres pour poser les jalons vers la voie des ordinateurs du futur qui eux, toujours plus vite, seraient capables d'apprendre par les exemples ou par l'expérience. La base fondamentale de cette nouvelle branche repose sur le connexionisme. En effet, depuis fort longtemps, psychologues et biologistes pensent que l'apprentissage se réalise par des liens qui se forment au niveau des neurones biologiques suite à la réception de messages sensoriels (Pavlov, 1927). Grâce à la fusion des mathématiques, de l'informatique et de l'électronique, on a contribué à rendre effective l'exploitation du concept de connexionisme. Les réseaux de neurones artificiels offrent déjà de nombreuses applications industrielles très prometteuses.

Il n'est pas possible dans cette communication de développer toute la portée des changements que nous imposent les résultats des recherches qui sont déjà utilisés dans le domaine de l'intelligence artificielle. Il est également difficile de mesurer le rayonnement de leur avènement. Nous pouvons néanmoins constater, par l'examen des domaines couverts par cette science, le rétrécissement du fossé entre les sciences dites exactes et les sciences humaines. Les réseaux de neurones artificiels peuvent être maillés pour simuler le raisonnement humain ou le comportement des organisations telles que la coopération, la collaboration ou la compétition pour la résolution de problèmes.

Les algorithmes génétiques, quant à eux, composent une famille très intéressante d'algorithmes d'optimisation. Le concept repose sur le principe de l'évolution des espèces par le mécanisme de la sélection naturelle de Darwin. Cette intéressante analogie de la survie du plus fort est exploitée dans de nombreux domaines de l'ingénierie. Les quatre étapes de la mise en œuvre des algorithmes génétiques standards sont la sélection, la reproduction, l'évaluation et le *remplacement*. Une population initiale d'in-

dividus est générée dans un premier temps et le mécanisme d'évaluation permet d'affecter un coût à chacun d'eux. La sélection utilise le principe : « meilleur est le coût d'un individu, plus sa probabilité de sélection est grande ». Un individu représente une solution au problème. Dans un deuxième temps, un processus itératif passant séquentiellement par les quatre étapes permet à l'algorithme de converger vers la « bonne » solution. L'application d'opérateurs génétiques (croisement et mutation) sur les individus dans la phase dite de reproduction permet d'en générer de nouveaux.

2.2 Culture et environnement informatiques

Il est très ambitieux de traiter ce sujet dans un espace aussi réduit que celui de cette communication; Bureau et de Saivre ont présenté de nombreux exemples dans leur ouvrage (1986). Notre but est tout simplement d'attirer l'attention, une fois de plus, sur le fait que la participation et la collaboration de tous sont plus que nécessaires pour atteindre les exigences d'environnements adaptatifs interactifs d'apprentissage et de travail futuristes. Ceux-ci doivent être rapides et devraient intégrer des interfaces homme-machines appropriées afin de satisfaire les besoins pédagogiques de convivialité et d'interactivité. Ils tiennent compte à la fois de l'ergonomie cognitive du système, des modes de représentation des objets et des concepts, des stratégies de résolution des problèmes ainsi que de l'utilisation des codes iconiques et pictographiques orientés vers le langage naturel. Ces paramètres, comme il est aisé d'en convenir, sont intimement liés à la culture.

Afin de combler les limites des ordinateurs actuels, ces exigences conduisent irrémédiablement à l'utilisation des techniques combinant la neurologique, l'intelligence artificielle et les systèmes à base de connaissances, la logique floue, etc. Les fondements scientifiques de ces techniques qui étaient il n'y a pas si longtemps controversés, se trouvent maintenant réhabilités par la force des choses.

3. LA PARTICIPATION

La mise en place d'un programme de formation à distance médiatisée ne peut se concevoir sans la participation effective de tous les acteurs concernés qui sont, en premier lieu, les élèves ou les apprenants. Viennent ensuite les employeurs, les enseignants-chercheurs, les entreprises du secteur public ou privé nationales et internationales et les gouvernements des pays concernés. Une démarche anthropopédagogique planifiée et vécue ou recherche-action-formation intégrale (Morin, 1992) qui favorise le maximum d'implication à tous les niveaux, devrait conduire à la formation ou au recyclage de techniciens et d'ingénieurs qualifiés prêts à affronter la mouvance socio-technologique perpétuelle. Cette approche, qui associe la stratégie pédagogique d'apprendre en faisant apparentée à l'enseignement par projet, est du reste appropriée dans le cadre de la formation des ingénieurs.

« Tout problème qui nécessite une participation humaine de plusieurs individus pour un changement a de grosses chances de nécessiter une recherche action co-opérative particulièrement dans les sphères de l'éducation, du travail social et de la gestion participative. » (Morin, 1992).

4. LE PARTAGE DES RESSOURCES ET DES COMPÉTENCES

Les ressources

Les ressources peuvent être de natures diverses ; la forme et le mode de délivrance revêtent une grande importance. Elles peuvent être constituées de : notes de cours, fascicules de travaux pratiques, catalogues, nomenclatures de composants, cartes, plans, dessins ou schémas, codes ou programmes informatiques, données climatiques, données financières sur les entreprises, publications, travaux, rapports de recherche, projets des étudiants, etc. En outre, des ententes peuvent être conclues afin de permettre l'accès à distance aux machines informatiques plus performantes ou à celles qui hébergent des programmes informatiques spécifiques.

Les compétences

Le moule scientifique est la base universelle qui permet à tous les participants de collaborer et de coopérer.

5. LE PROJET FATDM EN ÉNERGIE PROPOSÉ À L'IEPF

Motivation

En réponse à l'invitation de l'IEPF, le groupe VDAI, dont je faisais partie, a présenté, le 25 juin 1992, à l'ensemble des membres de l'Institut son concept de FATDM (Formation et assistance technique à distance médiatisées).

But et objectifs de l'étude de faisabilité

Le **but** de l'étude était de décrire précisément les conditions de mise en œuvre d'un programme de FAO et d'appui technique à distance par l'IEPF et de préparer les termes de référence du projet pilote qui constitue la seconde phase de l'implantation du programme.

Les objectifs de l'étude consistaient à valider les hypothèses suivantes :

• La FAO répond aux besoins et aux attentes de diverses catégories de clientèles des

organismes actuellement bénéficiaires des interventions de l'Institut.

- L'environnement technique des pays membres de la Francophonie peut recevoir les diverses technologies liées au projet .
- Les conditions techniques des systèmes de communications internationales des pays membres sont adaptées au système de messageries électroniques envisagé par le projet .
- Les aspects techniques suivants auront été précisés :
 - La méthode de design pédagogique est effectivement opérationnelle ;
 - Les partenaires pour la production de logiciels sont identifiée ;
 - Les fournisseurs potentiels d'équipements, leurs produits et leurs coûts sont répertoriés.

Contexte et stratégie pédagogique

Notre préoccupation dans le cadre de ce projet étant d'étudier le processus d'apprentissage, d'acquisition de connaissances, d'interaction et d'appropriation dans un environnement pédagogique informatisé, les stratégies et techniques pédagogiques ouvertes que nous allons favoriser sont l'exploration et la découverte guidée ainsi que la simulation. Le contexte de cette expérience, l'objet de l'exercice (formation d'un comité de gestion de l'énergie) et la caractéristique du public visé nous dictent sans équivoque un modèle participatif de formation (Morin, 1992).

Outils et ressources

Chaque participant aura à sa disposition un poste intégré de travail-formation doté d'un logiciel, un manuel de l'utilisateur et des guides d'activités. La mise en œuvre de la méthodologie permettra de recueillir une multitude d'informations sur la facilitation ou l'animation, l'environnement et les ressources, l'apprentissage, les plénières, les études de cas et les simulations.

Évaluation des résultats

L'évaluation de cette expérience sera basée sur une double triangulation :

• Plusieurs sources de données sont exploitées :

Les traces constituées par les dossiers informatisés créés pendant les sessions d'exploration découverte permettraient de reconstituer les profils d'apprentissage individuels et ceux des groupes.

L'observation participante, qui est une des activités les plus importantes de la recherche qualitative, permet de noter les comportements et les différentes interactions pendant les études de cas ou au cours des simulations.

Une évaluation du projet sera faite par chaque participant à partir d'une grille qui lui sera proposée ; cette activité permettra d'apprécier la qualité des produits et également de recueillir toutes les suggestions et remarques des utilisateurs.

• Les stratégies de formation sont variées :

Une pédagogie ouverte basée sur l'exploration et la découverte ainsi que la simulation.

6. LE COURS DE L'UNIVERSITÉ MCGILL SUR « LES SYSTÈMES EXPERTS ET CONCEPTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR EN GÉNIE ÉLECTRIQUE »

Dans cette section, pour fixer les idées, nous présentons très brièvement la conduite du cours de système experts et de conception assistée par ordinateur à laquelle je participe en tant qu'assistant aux enseignements.

Le public apprenant : Etudiants de grade supérieur en génie électrique, informatique et biomédical inscrits à temps plein ou à temps partiel (travailleurs) ; groupe multiculturel d'anglophones et de francophones composé d'Asiatiques, de Français, d'Africains, etc.

Objectifs d'apprentissage:

En deux volets:

- 1. Acquisition de connaissances procédurales pour la résolution de problèmes de conception par la mise en œuvre de systèmes à base de connaissances.
- 2. Expérimentation de l'interaction sociale et des relations interpersonnelles dans les équipes ainsi formées.

Mode du cours : Cours bimodal : enseignements magistraux et assistance à distance par le réseau informatique.

Ressources pédagogiques : Notes de cours (document papier).

Ressources informatiques

- Disquettes contenant le manuel de l'utilisateur et le manuel de référence de la coquille de systèmes experts ;
- Numéro de courrier électronique de chaque étudiant, du professeur et de son assistant ;
- Informations sur le système *gopher*
 - 1. Syllabus du cours
 - 2. Notes de cours
 - 3. Guide de présentation des travaux
 - 4. Autres messages

Stratégies pédagogiques : Jeux de rôle, simulations et enseignements directifs.

Activités : a) Travaux informatiques individuels ; b) Projet de conception en génie électrique : simulation d'un projet en équipes pluridisciplinaires (ou plutôt spécialisées) composées de clients, d'utilisateurs, de programmeurs-analystes.

Evaluation : Les programmes informatiques soumis par les étudiants sont testés par l'assistant à l'enseignement ; l'étudiant peut, en différé, communiquer avec ce dernier soit par courrier électronique ou par IRC sur rendez-vous électronique. Le cahier de charges est présenté en plénière par chaque équipe. La copie finale est transmise au professeur et à l'assistant. L'équipe des programmeurs-analystes et les évaluateurs présentent en plénière le produit final simulé par ordinateur.

Observations sur l'utilisation du médium informatique

L'utilisation du courrier électronique permet aux étudiants de développer leur style de communication. Comme il doit écrire sa requête en peu de mots, l'étudiant doit faire l'effort afin de structurer sa pensée. Le mode asynchrone d'interaction permet d'assouplir les contraintes géographiques imposées aux élèves et aux enseignants par le système traditionnel. En effet, le professeur peut librement assister à des conférences à l'étranger ou participer à des enseignements ailleurs tout en gardant le contact avec ses étudiants. Ces derniers quant à eux peuvent travailler à temps partiel en parallèle ou effectuer des stages pratiques industriels à l'extérieur de la ville. Le professeur ou l'assistant peut prendre le temps de consulter ses ressources pédagogiques avant de donner une réponse concise et personnalisée à une requête parvenue par le courrier électronique. L'évaluation des travaux est plus rapide ; dans ce cas précis du cours de

Conception assistée par ordinateur, les codes informatiques transmis par courrier électronique sont directement testés dès leur réception. Du point de vue interaction sociale, nous voyons apparaître des leaders à travers les messages qui sont transmis. Il y a autocréation d'un mini-groupe de discussions sur le réseau. On peut également observer la naissance d'une approche d'apprentissage collectif. La mise en œuvre demande une bonne préparation pour donner les feed-backs immédiatement afin de garder le dynamisme du groupe.

7. PISTES DE RECHERCHE-ACTION-FORMATION

Plusieurs pistes de concertations sont possibles pour la mise en œuvre de la collaboration active que nous voulons voir naître. Citons-en brièvenment quelques-unes cidessous.

Sciences de l'éducation et technologies de la formation

 Conceptions pédagogiques pour produire, utiliser, évaluer ou adapter des environnements pédagogiques favorisant l'interactivité tels que ceux relatifs aux didacticiels et à la mise en œuvre des ressources disponibles dans les réseaux informatiques.

Sciences sociales et humaines et linguistique

- Analyse des comportements de groupes délocalisés de diverses cultures en interaction en mode synchrone ou asynchrone.
- Conception des interfaces cognitifs usagers flexibles et adaptables qui respectent le modèle de l'apprenant (Clancey, 1986).
- La voix étant l'un des premiers médias de communication, les recherches sur l'interprétation du langage naturel et la traduction assistée par ordinateur offrent une perspective prometteuse pour les interfaces humain-ordinateur.

Génie électrique, informatique et mécanique

La maîtrise des techonogies appliquées intégrant les télécommunications, l'informatique, l'électronique et l'automatique a permis l'émergence de nouveaux créneaux tels que la *robotique* et la *mécanotronique* qui favorisent les tâches de télémaintenance, télé-contrôle, télé-enseignement, télé-médecine, télé-travail, etc. Le Cybermonde virtuel créé par le développement fulgurant des réseaux informatiques a favorisé l'avènement de l'instrumentation virtuelle. Cette approche permet de pallier

l'absence, dans les institutions de formation, d'appareils et d'instruments industriels trop onéreux à acquérir, en simulant des démonstrations ou des séances de travaux pratiques indispensables à toute formation technique.

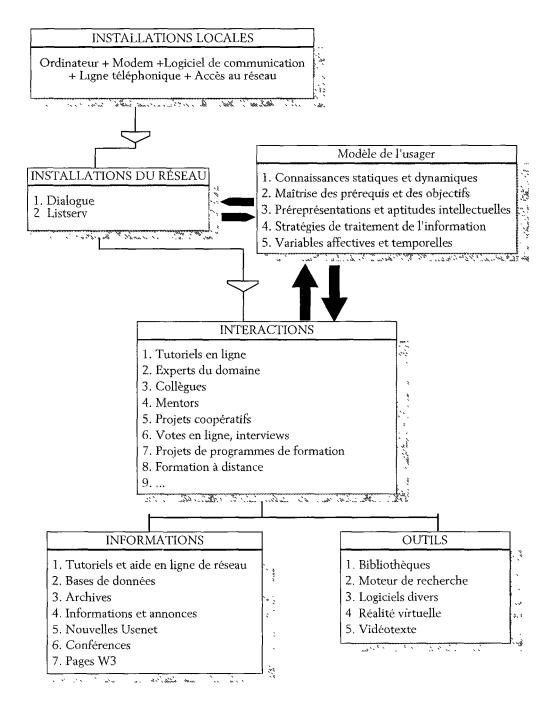
Pour répondre à l'émergence des nouvelles technologies de la formation, les programmes en génie électrique, informatique et mécanique dans les Écoles d'ingénieurs futuristes doivent mettre l'accent sur :

- Le développement de cours sur les interfaces de mesures et d'acquisition de données, sur les capteurs et les actionneurs. L'émergence des nouveaux genres de produits et d'équipements industriels accessibles à distance par les liens de télécommunication favorise en effet la télé-maintenance et le télé-contrôle (Beaulieu, 1995).
- L'informatique industrielle axée sur la programmation des interfaces de communication intégrant les systèmes experts, les réseaux neuronaux et la logique floue.
- Les systèmes auteurs appropriés pour la génération de ressources pédagogiques sur le W3 aideraient à la réalisation d'environements interactifs de qualité (Nkambou, 1995).

8. CONCLUSION

L'émergence rapide des nouvelles technologies remet en question aussi bien les méthodes d'enseignement que les contenus des cours dispensés dans les Écoles d'ingénieurs et de techniciens. Pour relever le défi, la collaboration et le partage des ressources sont plus que nécessaires. Aucune institution ne peut acquérir tous les équipements et tous les instruments industriels requis pour former ses élèves. Les enseignants, quant à eux, ne peuvent isolément supporter aussi bien l'énorme quantité de matières à enseigner que le rythme du développement technologique qui requiert des mises à jour fréquentes des notes de cours. Un des objectifs généraux sera de former des techniciens et des ingénieurs ayant une « vue d'ensemble », capables d'apprendre par eux-mêmes tout le long de leur carrière. Il faudrait dans ce cas innover dans le domaine de la formation continue sur le lieu de travail.

Figure 1



Références bibliographiques

- ADAMS D. et CARLSON H. (1991). Cooperative learning and educational media; collaborating with technology and education. Educational technology publication.
- BARFURTH, M.A., WINER, L. R. (1991). Des outils de recherche qualitative dans les environnements pédagogiques informatisés in La technologie éducative à la croisée des disciplines, CIPTE, 1991.
- BEAULIEU, Alain (1995). Maintenance d'avion à distance, Direction informatique, octobre 1995, p. 3.
- BUREAU, R. et De SAIVRE, D. (1986). Apprentissage et cultures : les manières d'apprendre (colloque Cerisy), Karthala.
- CHOMIENNE, M. (1987). L'enracinement des applications pédagogiques de l'ordinateur : une étude de cas dans la région de Montréal, Thèse de M. Chomienne, Université Concordia.
- CLANCEY, W. J. (1986). Qualitative student models. Traub, J. E. (Ed) Annual Reviews of Computer Science, vol. n° 1, pp. 381-450. Annual Review, Inc., Palo Alto, California.
- DALCEGGIO, Pierre (1990). La formation à distance, Service Pédagogique, Université de Montréal.
- DEPOVER C. (1987). L'ordinateur média d'enseignement. Bruxelles, de Boek, Université.
- ERCEAU J. et FERBER J. (1991). L'intelligence artificielle distribuée ; La Recherche n° 233, juin 1991, vol. 22, pp. 750-758.
- GERBER, B. (1990). Goodbye classrooms (redux); Training, Jan 1990.
- Groupe REPARTIR (1990). L'école de demain et les nouvelles technologies de l'information, Québec.
- KAYE, T. (1986). La télématique comme outil de communication en formation à distance, le Bulletin de l'IDATE, printemps 1986.
- LINDSAY, P.H. et NORMAND, D.A. (1980). Traitement de l'information et com-

- portement humain : une introduction à la psychologie, Éditions Études Vivantes Ltée.
- LJUTIC, A. (1991). Promising the earth as classroom: Telecomputing in the schools, Presented at The Canadian Learned Societies; Canadian Communication Association Annual Conference, Queen's University Kingston, May 31, 1991.
- MERRILL, D. et autres (1991). Instructional Transaction Theory: an Introduction; Educational Technology June 1991, pp. 7-11.
- MEUNIER, C. (1991). Les médias et leur efficacité dans les systèmes de formation à distance au Québec : une proposition d'analyse fondée sur les systèmes symboliques et les modes de présentation. Rapport de recherche.
- MORIN, A. (1992). Recherche-action intégrale et participation coopérative, volumes 1 et 2, André Morin, Université de Montréal.
- NKAMBOU, R., GAUTHIER, G., MAJDA, E. (1995). Génération de ressources pédagogiques sur le WWW destinées à un système tutoriel intelligent : application à l'enseignement du code routier québécois, Troisième Journée internationale sur l'hypermédia et l'apprentissage, France.
- O'SHEA, T. et SELF, J. (1983). Learning and teaching with computers. Harvester.
- PAVLOV, I. (1927). Conditioned Reflexes: An Investigation of Physiological Activity of the Cerebral Cortex, tran. G.V. Anrep. London and New York: Oxford University Press.
- PUTERBAUGH, G et al (1989). Performance Support Tools : a Step Beyond Training; Performance & Instruction, Nov-Dec 1989.
- VIDAL, M. (1989). Interactivité et enseignement : utilisation du vidéodisque dans un contexte multimédia. Actes du séminaire sur l'intégration de la micro-informatique à la formation technique et professionnelle. Québec, 18-29 septembre 1989, tome 2, pp. 105-114.
- WENGER, E. (1987). Artificial Intelligence and tutoring systems; computational and cognitive approaches to the communication of knowledge; Morgan Kaufmann.
- 1. Cette recherche a bénéficié d'un financement de l'Agence canadienne de développement international (ACDI).

Table ronde II

Déployer de nouvelles coopérations internationales

L'évolution des Écoles d'ingénieurs au 21e siècle

INTRODUCTION

Un établissement d'enseignement supérieur a pour mission de fournir à des étudiants ayant une solide formation de base, les outils qui leur seront nécessaires pour évoluer dans leur carrière. La tâche n'est pas simple lorsqu'il s'agit d'ingénieurs, car il est très difficile de cerner avec précision les fonctions que remplit un ingénieur dans la société, a fortiori de prévoir leur évolution dans les 40 années d'activités professionnelles de chaque élève. Néanmoins, il est possible de dégager quelques grands principes d'où découlent les caractéristiques d'une École d'ingénieurs moderne.

LES GRANDS PRINCIPES

Un ingénieur est d'abord quelqu'un dont la formation est essentiellement scientifique et technique : l'art de l'ingénieur étant par nature pluridisciplinaire, il faut que cette formation soit suffisamment large pour qu'il dispose d'une panoplie étendue d'outils scientifiques lui permettant de tirer parti de toutes les innovations. Il faut également qu'il ait eu l'occasion d'approfondir un sujet donné pendant un temps suffisant pour qu'il puisse apprécier la complexité de toute discipline dès qu'on cherche à la maîtriser raisonnablement.

Mais un ingénieur est aussi appelé à animer un groupe d'hommes et doit pouvoir être capable d'accéder à des responsabilités de décideur : c'est pourquoi il doit raisonnablement disposer des connaissances nécessaires au gestionnaire en matière économique et sociale.

Enfin, et surtout, il doit avoir l'esprit ouvert et curieux, attentif aux évolutions de l'environnement local et international, et il doit prendre conscience du fait que la formation à l'École n'est qu'un début et non une fin.

Comment réussir, dans un délai acceptable (généralement 4 ou 5 ans) à atteindre un objectif aussi ambitieux ? Il faut que l'institution dans laquelle se trouve l'étudiant lui montre des exemples de nature à entraîner son adhésion à la fois grâce au corps enseignant et grâce à des activités qui demandent à l'étudiant un engagement personnel.

C'est pourquoi les Écoles d'ingénieurs modernes sont construites selon des schémas très semblables et de plus en plus complexes.

LE SCHÉMA D'UNE ÉCOLE D'INGÉNIEURS

Une École est, d'abord, une équipe d'enseignants qui en forme l'armature de base. Ce corps enseignant est lui-même engagé dans l'ensemble des activités qui ont, toutes, pour but d'améliorer la compétence des enseignants en leur permettant d'être en contact et en compétition avec le monde extérieur. A l'excellence technique et scientifique s'ajoute la capacité à évoluer, voire à changer de discipline.

Pour cela, une École réunit, autour d'un projet pédagogique commun :

- des activités de recherche.
- des activités de formation continue, qui permettent d'apporter à des professionnels des synthèses sur les avoirs nouveaux, mais qui enrichissent les enseignants du fruit de l'expérience des élèves,
- un réseau de relations internationales, dont la constitution est facilitée par les activités de recherche et par les contacts avec les milieux économiques.

Le cas échéant, elle doit être aussi capable d'accompagner les efforts de ceux qui souhaiteraient pouvoir innover et créer leur propre entreprise.

Il est donc clair que l'École est une entreprise elle-même : cette évolution est d'autant plus marquée que les questions de financement deviennent de plus en plus préoccupantes. Avec la réduction progressive des financements publics, la recherche de sources de fonds diversifiés est de plus en plus nécessaire.

A titre d'exemple, nous donnons en annexe un document qui résume les principales données concernant l'École des Mines de Paris.

LA COOPÉRATION INTERNATIONALE

Celle-ci se présente sous deux formes différentes.

Lorsqu'il s'agit de deux institutions de structure et de niveau semblables, il peut être bénéfique de réunir deux équipes dans un projet de recherche commun qui sera financé en partie par un industriel, ou un organisme, de l'un ou l'autre des deux pays. Dans le cas où un industriel de chaque pays peut être mobilisé, les deux Écoles peuvent alors jouer le rôle d'incitateurs de coopérations industrielles entre les deux pays. C'est, par exemple, la logique des « actions intégrées » de la Conférence des Grandes Écoles, le mot intégré signifiant que dans chaque action, participent des étudiants, des enseignants et des industriels de chacun des pays concernés.

En revanche, lorsqu'il s'agit d'institutions qui appartiennent l'une à un pays développé, l'autre à un pays en cours de développement, le sens de l'action est différent. De toutes les expériences passées, celles qui se sont montrées les plus fructueuses sont celles qui présentaient les deux caractéristiques suivantes :

- elles s'inscrivent dans la durée,
- elles visent à construire dans l'institution des pays en voie de développement une recherche adaptée au pays en question.

Cette coopération peut avoir de nombreuses retombées : notamment pour ce qui nous concerne plus spécifiquement, à savoir la formation des ingénieurs, chaque institution peut aider l'autre à organiser des stages pour les étudiants d'un pays dans l'autre. Cette manière d'exposer les étudiants aux réalités professionnelles d'un pays autre que le leur est devenue une nécessité, dont la mise en pratique est difficile.

CONCLUSION

Le mot ingénieur désigne des réalités tellement diverses selon les époques, les pays, les professions qu'il est difficile de donner des indications générales.

Il est clair qu'il est l'homme-clé, lorsque la production est l'objectif essentiel et, à ce titre, dans les pays qui ont entamé un processus d'industrialisation, la bonne formation des ingénieurs est la condition sine qua non du succès. Il est vrai que rien n'est possible, non plus, si les masses financières nécessaires aux investissements ne sont pas là : mais, en fin de compte, une usine ne marche que si les technologies sont maîtrisées.

Mais, même dans les pays où la production mobilise de moins en moins de monde grâce aux gains fabuleux de productivité des dernières années, les ingénieurs ont un rôle essentiel à jouer, tant les technologies complexes envahissent toutes les activités. C'est pourquoi il est si important pour un pays que ses Écoles d'ingénieurs sachent se montrer à la hauteur de la tâche.

L'ÉCOLE DES MINES DE PARIS, C'EST...

DE LA FORMATION... 1012 étudiants en 1995-1996

Formation d'ingénieurs

- ◆ Cycle des ingénieurs civils (3 ans) 120 diplômés par an
- ⇔Cycles de l'Institut supérieur des techniques (3 ans, en alternance) 12 diplômés par an

Formations spécialisées de 3e cycle 120 diplômés par an

Destinées à des ingénieurs ou autres titulaires d'un diplôme « Bac+5 ans » (DEA, DESS).

- ☆ Institut supérieur d'informatique et d'automatique (ISIA 2 ans)
- ❖ Centre d'études supérieures de matières premières (CESMAT, 1 an) : 4 cycles

Études doctorales (1 an de DEA, puis 3 ans de thèse) 100 thèses de doctorat par an

- **☼** Elle est habilitée à délivrer des doctorats dans 17 spécialités

Formation continue

- ☼ Cycles courts interentreprises ou réalisés à la demande d'une entreprise, en France ou à l'étranger : plus de 20 000 hommes jours de formation (séminaires, stages, journées d'études)
- ☼ Cycles longs : 35 étudiants des formations spécialisées de 3e cycle et les 26 étudiants de l'Institut supérieur des techniques ont une expérience professionnelle

ET DE LA RECHERCHE-INNOVATION

18 CENTRES DE RECHERCHE ACTIFS DANS 5 DOMAINES

où travaillent 700 personnes dont 300 enseignants-chercheurs et 400 élèves-chercheurs

- ❖ Sciences et Génie des Matériaux 130 chercheurs
- ♦ Sciences de la Terre et de l'Environnement 130 chercheurs
- → Mathématiques appliquées, Informatique, Automatique, Robotique 100 chercheurs,
- ☆ Génie des Procédés et Énergétique 80 chercheurs
- **❖** Sciences Économiques et Sociales 60 chercheurs

POUR FOURNIR AUX ENTREPRISES DES RESPONSABLES DE HAUT NIVEAU

- ❖ L'École forme des ingénieurs généralistes polyvalents, aptes à répondre aux besoins d'une économie en mutation rapide.
- ❖ 60 % des travaux de recherche sont financés par des contrats avec des entreprises ou des organismes publics, pour un montant d'environ 120MF/an.
- ❖ 50 % des docteurs formés par l'École des Mines de Paris travaillent dans l'industrie à l'issue de leur thèse.

Filières francophones universitaires, nouvelle orientation vers l'avenir

1. INTRODUCTION

Avant 1954, dans les pays indochinois, le français a été utilisé comme langue officielle à l'école. Après 1954, les documents et revues scientifiques et techniques en français ont cédé la place à des documents et revues en russe fournis par l'ex-Union soviétique.

Avec l'aide considérable de l'URSS dans la formation des cadres, l'enseignement du russe a été généralisé dans presque toutes les écoles vietnamiennes.

Durant ces dernières années, les politiques d'ouverture économique du Vietnam lui ont permis d'importants échanges économiques avec l'extérieur et un taux de croissance assez élevé. Le développement à grande vitesse de la communication à l'époque actuelle exige que le programme de formation dans les écoles soit amélioré pour pouvoir saisir les plus récents progrès scientifiques et techniques du monde, d'où l'importance de l'apprentissage des langues étrangères, surtout des langues telles que l'anglais, le français, l'allemand, le japonais, le russe et le chinois...

Ayant des relations de coopération de longue date avec les pays francophones et étant un pays membre de la Francophonie, le Vietnam possède un nombre assez important de francophones concentrés surtout dans les vieilles générations. La proportion de jeunes qui parlent français étant moins importante que celle des anglophones, il est necessaire de prendre des mesures pour developper l'apprentissage et l'utilisation du français au Vietnam.

2. FILIÈRES FRANCOPHONES: RAISONS D'ÊTRE ET OBJECTIFS

Les besoins de perfectionner et d'utiliser le français, d'élargir des échanges internationaux dans les domaines économique, scientifique et technique expliquent l'implantation des filières au Vietnam. Actuellement, beaucoup de filières y ont été déployées, et ce à tous les niveaux : primaire, secondaire et universitaire.

Les objectifs principaux des filières francophones sont les suivants :

- développer et généraliser l'enseignement du français, contribuant ainsi à la réalisation des politiques d'ouverture économique et de la réforme éducative du pays;
- encourager les jeunes et leur créer des conditions favorables pour apprendre le français, maintenir la place d'une langue qui a été beaucoup utilisée au Vietnam ;
- former un contingent d'élèves, d'étudiants excellents en français, qui serviront de pont dans l'avenir entre le Vietnam et l'extérieur ;
- accélérer l'intégration et augmenter la contribution de l'éducation vietnamienne à l'éducation mondiale et surtout son intégration à l'association universitaire mondiale.

3. LES FILIÈRES FRANCOPHONES: ORGANISATION ET ACTIVITÉS AU VIETNAM

3.1 Le réseau des filières

A partir de l'année 1994-1995, avec l'aide de l'AUPELF-UREF, 41 filières francophones ont été créées au Vietnam dont 12 dans les établissements supérieurs techniques, regroupant un total de 2028 étudiants (587 en 1994 et 1441 en 1995). Le nombre d'étudiants dans chaque filière varie de 25 à 75 personnes, en fonction des spécialités (cf. tableau 1).

Tablea	u 1: Répartitions des t	filières francophones	unive	ersita	ires
2.70	= 11.			-	

Nº	Etablissements supérieurs (par groupe de spécialité)	Nombre de filières
1	Sciences fondamentales	13
2	Technique	12
3	Droit et Economie	8
4	Biologie, Médecine, Pharmacie, Agronomie	6
5	Autres spécialités	2
	Total	41

3.2 Recrutement

Le recrutement des étudiants dans les filières francophones se fait sur les deux critères suivants :

- + Avoir des notes élevées au concours d'entrée dans les établissements supérieurs. A l'IPH, par exemple, si la base d'admission ici est de 14/30, celle dans la filière d'informatique est de 23/30 et 19/30 dans la filière agroalimentaire.
- + Souhaiter apprendre le français et le choisir comme 1^{re} langue étrangère. Certaines priorités ont été réservées à ceux qui avaient appris le français dans l'enseignement général.

3.3 Programme et mode de formations

Pendant les deux premières années à l'Université, l'enseignement des sciences fondamentales se déroule en vietnamien, parallèlement à 8-10h de français par semaine. A partir de la troisième année, certains modules sont enseignés en langue française, environ de 2 à 3 modules, à compter du 1^{er} semestre de l'année 1996-1997. En quatrième et cinquième année, le nombre de modules enseignés en français sera augmenté afin de permettre aux étudiants d'écrire leur mémoire en français.

L'objectif à long terme des filières francophones est de faire en sorte qu'après la sortie de l'école, les étudiants puissent utiliser le français comme seconde langue (cf. tableau 2).

Grâce à l'aide des écoles-partenaires, membres du consortium mis en place à Paris en mai 1995, nous sommes en train d'améliorer le programme de formation pour atteindre le niveau des pays avancés. Les professeurs de spécialité feront des stages et élaboreront des manuels dans les écoles partenaires.

Tableau 2: Nbr d'heures et de cours enseignés en français (Nbr = Nombre)

	1 ^{re} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année
Nbre total d'heures de cours	600	745	960	870	300
Nbre total d'heures de cours de français	140	140	120		
Nbre de cours de sciences fondamentales enseignés en français			2	3	
Nbre de cours de spécialités enseignés en français					5

3.4 Equipement pédagogique

Les établissements supérieurs mettent à la disposition des filières francophones des « salles francophones » équipées des moyens audiovisuels ; magnétophones, documents et revues en français. En dehors des heures de cours, leurs étudiants peuvent y venir pour consulter des documents, regarder des films, discuter... ou participer à d'autres activités organisées par les filières. Les documents en français ainsi qu'une bourse locale leur sont aussi attribués. L'été dernier, une centaines d'étudiants ont été choisis et sont partis en France pour faire leur stage linguistique. Dans l'avenir, avec les bourses accordées par CIME, certains étudiants seront sélectionnés pour continuer leur cinquième année et écrire leur mémoire de fin d'études en France.

4. LES DIPLÔMÉS DES FILIÈRES FRANCOPHONES

Dans un avenir proche, les filières francophones fourniront à la société un bon nombre de diplômés qui travailleront dans les entreprises individuelles, les écoles, les sociétés commerciales, les J.V. et dans les bureaux de représentation étrangère dont le nombre n'a cessé d'augmenter durant ces dernières années :

Tableau 3 : Les bureaux de représentations à Hanoi

Pays	Quantité
France Suisse Canada Belgique	68 26 13 3
Total	110

L'expansion rapide des filières francophones mettra au jour une communauté de cadres scientifiques et techniques qui participeront activement :

- au développement éducatif, à la modernisation du programme d'enseignement, d'abord dans le cadre des filières mais après dans l'enseignement en général;
- à l'échange des cadres scientifique et technique, de projets scientifiques entre le Vietnam et les pays francophones ;
- à l'établissement des liens étroits entre les sociétés vietnamiennes et francophones.

5. LE RÔLE ET LES TÂCHES DES ORGANISMES FRANCOPHONES

L'investissement dans l'éducation est un investissement stratégique, en particulier, l'investissement dans l'enseignement du français.

Les tâches de la communauté francophone sont donc les suivantes :

- augmenter l'investissement dans les filières francophones, les déployer dans d'autres établissements. Améliorer le programme de formations pour atteindre le niveau international,
- renforcer la coopérations et l'échange entre les pays francophones dans les domaines de formation et de recherche scientifique et en particulier dans les filières francophones ,
- embaucher des diplômés des filières francophones. C'est le plus grand moteur qui contribue à développer l'enseignement du français.

6. CONCLUSION

L'implantation des filières francophones par l'AUPELF-UREF est un grand pas pour consolider et développer l'enseignement du français au Vietnam et dans les pays indochinois. Les programmes d'été réalisés ou en réalisation permettront des réformes dans l'éducation et dans la recherche scientifique.

Professeur Université « Politehnica » de Bucarest

Une école tournée vers l'avenir : la filière francophone du Département des sciences de l'ingénieur

Réalités de la période de transition

Les profondes mutations, provoquées dans l'économie des pays de l'Europe centrale et orientale par l'effondrement du système communiste après 1989, ont aussi ébranlé l'économie roumaine. La Roumanie se trouve, après la révolution de 1989, dans une période de profondes transformations économiques et confrontée à de grandes difficultés. L'économie roumaine a été une économie planifiée, développée selon des plans quinquennaux dans lesquels les raisons politiques et les indications des chefs politiques prévalaient. Une pareille économie a abouti dans un mur ; fait confirmé par tous les États ex-communistes de l'Europe centrale et orientale après 1989.

Aujourd'hui l'État roumain est en train de transformer son rôle de dirigeant de l'économie en celui d'éclaireur des voies de développement d'une économie libre. Mais certaines voies il les éclaire mal. Un des moyens les plus importants de cette transformation est la privatisation des entreprises ; mais cette activité traîne depuis 5 ans pour des raisons politiques. Les investisseurs étrangers se heurtent à une bureaucratie démesurée bien que la Roumanie ait des atouts nécessaires pour attirer les investissements : stabilité politique, potentiel humain et économique remarquables. De ce fait, l'industrie roumaine ébranlée par la compétition sur le marché libre de ses produits tributaires de technologies vétustes (des années 70-80), avec des produits occidentaux plus performants et moins chers, se redresse avec difficulté ou même ne se redresse pas. Il y a beaucoup d'entreprises industrielles qui ont restreint leur activité d'une façon dramatique, d'où un nombre important de chômeurs. Le résultat est que le nombre de jeunes, qui s'orientent vers l'enseignement supérieur technique, diminue. L'Université « Politehnica » de Bucarest est le plus grand établissement d'enseignement supérieur technique de Roumanie avec un caractère multidisciplinaire, regroupant 12 écoles d'ingénieurs appelées « facultés » qui forment des ingénieurs à Bac + 5 années d'études [1]. Eh bien, le nombre de candidats au concours d'admission en première année a constamment diminué depuis 1990 jusqu'à l'année 1994 (figure 1).

La cause de cette situation n'est pas seulement la diminution de l'intérêt pour l'enseignement technique, mais aussi la création de nouvelles facultés techniques dans les villes de province assez proches de Bucarest (env. 100 km). Les étudiants habitant aux environs préfèrent y aller au lieu de venir à Bucarest se loger dans les foyers d'étudiants mal équipés, bien que l'enseignement dispensé n'a pas la qualité de celui de l'Université « Politehnica » de Bucarest.

Le revirement de 1995, observé dans la figure 1, s'explique par un certain essor annoncé de l'industrie et par de nouvelles spécialisations dans le profil des facultés.

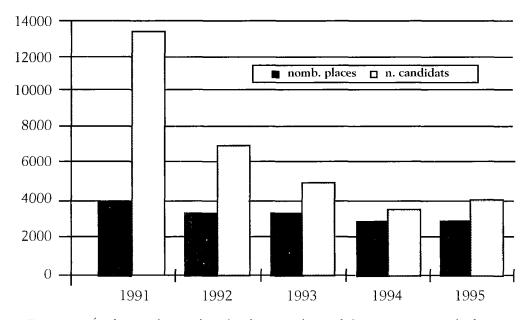


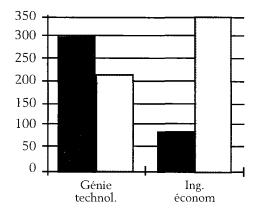
Figure 1. Évolution du nombre de places et de candidats au concours d'admission à l'Université « Politehnica » de Bucarest entre 1991 et 1995

Impératifs de modernisation de l'enseignement

Le renouveau de l'industrie roumaine devra se faire en tenant compte de son impact sur l'environnement et des nouvelles sources d'énergie; d'où la nécessité d'introduire, dans les grandes unités de la métallurgie et dans le secteur énergétique (centrales thermiques) de nouvelles technologies de production assurant la protection de l'environnement. Il faut aussi mieux produire, avec une efficacité économique supérieure,

donc des connaissances économiques solides (comptabilité, finances, marketing, management industriel) sont indispensables pour un ingénieur.

Pour répondre à ces impératifs, et éveiller ainsi l'intérêt des jeunes, l'Université « Politehnica » propose dès la première année d'études de nouvelles spécialisations et a restructuré les cursus existants en prévoyant, entre autres, des cours nouveaux de profil économique. C'est une autre cause possible de la hausse du nombre des candidats en 1995 par rapport à l'année précédente, visible dans la figure 1. Si on analyse, par exemple, la répartition des candidats d'après les spécialisations de deux facultés de profil mécanique, on constate un très grand intérêt des candidats pour la spécialité ingénieur-économiste à la faculté de Génie et management des systèmes technologiques (figure 2) et pour la mécatronique à la faculté de Mécanique (figure 3).



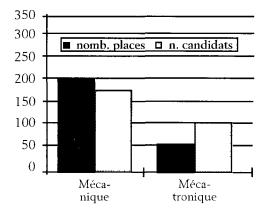


Figure 2. Nombre de places et de candidats à la fac. de Génie technologique

Figure 3. Nombre de places et de candidats à la fac. de Mécanique

Les facultés de profil électrique (4 facultés : Électronique et télécommunications, Automatique et ordinateurs, Électrotechnique, Énergétique) ont toujours eu des candidats, leur nombre dépassant chaque année le nombre de places disponibles. La qualité de ces candidats est remarquable, notamment pour les facultés d'Automatique et d'Électronique. Par exemple, à la fac. d'Automatique la dernière moyenne d'admission a été de 8,62 (sur 10).

Tous les autres candidats, ayant réussi avec une moyenne inférieure, ont été dans d'autres facultés, restées plus ou moins vides après le concours d'admission. Dans la figure 4, on présente l'évolution du nombre des places et des candidats à la faculté d'Automatique les 5 dernières années.

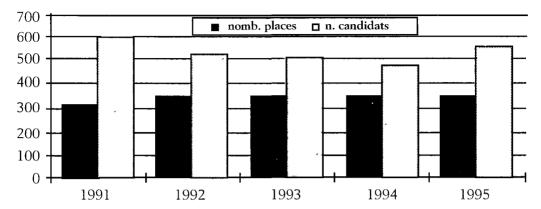


Figure 4. Évolution du nombre de places et de candidats à la faculté d'Automatique entre 1991-1995

Quant à la restructuration des cursus, je donne un seul exemple lié directement à l'activité de la CITEF. Aprè les V^{es} JIT de Tunis, en 1992, je suis rentré à Bucarest avec le livre de M. Claude Marty, professeur à l'INSA de Lyon, « Le mieux produire ».

Ce livre a enthousiasmé le doyen de la faculté d'Électrotechnique qui, lui-même, a été chef d'entreprise de machines électriques ; comme résultat le cours de management a été complètement refait et il a eu un succès éclatant auprès des étudiants. L'année suivante l'expérience a été généralisée dans l'université.

Création de la filière francophone du Département des sciences de l'ingénieur

La survie des industries de pointe, comme l'industrie électronique, automatique, d'ordinateurs, de l'aviation, automobile, etc. sera possible uniquement par une coopération avec les grandes entreprises occidentales qui peuvent prévoir les dépenses nécessaires à la recherche indispensable pour le progrès technologique. Cette coopération a commencé déjà par des entreprises mixtes de moyenne et petite taille qui demandent des ingénieurs à formation moderne.

Cette formation doit tenir compte des nouvelles orientations dans l'activité industrielle : informatisation importante de cette activité, implication importante du facteur économique dans les décisions, utilisation de technologies non polluantes et doit assurer la maîtrise d'une langue moderne de grande circulation.

Pour répondre aux demandes de l'industrie roumaine moderne on a donc mis sur pied à l'Université « Politehnica » de Bucarest un enseignement technique entièrement dispensé en langues étrangères de grande circulation : anglais, français, allemand, dans le cadre du Département des sciences de l'ingénieur (DSI). Ce département est la 12^e faculté de notre université.

La filière francophone du DSI a été créée le 1^{er} octobre 1991 et compte maintenant quatre sections:

- Génie électrique et informatique
- Génie mécanique et mécatronique
- Génie chimique
- Sciences des matériaux

La dernière section remplace le « génie civil » qui figurait au commencement et qui est devenu une filière séparée fonctionnant auprès de l'Institut de Génie civil de Bucarest.

On sélectionne les étudiants pour le DSI en première année parmi les candidats ayant réussi au concours d'admission dans les facultés de profil correspondant aux sections. Cette sélection est réalisée, avant le 1^{er} octobre, d'après un test de langue (française pour la filière francophone) et d'après la moyenne d'admission au concours en première année. Chaque section a un nombre limité de places : 20 étudiants roumains et quelques étudiants étrangers.

La sélection des enseignants pour la filière francophone est rigoureuse. Chaque année, les enseignants-candidats ont dû passer un test de langue française (écrit et oral) supervisé par les Services culturels de l'ambassade de France à Bucarest.

Les candidats qui ont réussi on suivi un cours de perfectionnement donné par un professeur français des Services culturels qui travaille à la Médiathèque de français, de notre Université, deux fois par semaine deux heures. Depuis 1994, toujours avec le soutien des Services culturels de l'ambassade, les enseignants de la filière ont passé les examens du DALF (Diplôme approfondi de langue française). Aujourd'hui, on n'enseigne à la filière francophone que si on possède le DALF.

Assurer un enseignement d'ingénieurs de haute qualité, répondant aux besoins de la nouvelle industrie roumaine

L'objectif principal de la filière francophone est d'assurer un enseignement de haute qualité (cinq années d'études après le bac), compatible avec celui des grandes Écoles d'ingénieurs européennes, notamment françaises, conduisant à un diplôme d'ingénieur équivalent à celui délivré par les ENSI de France.

A cette fin on a réalisé un module d'enseignement technique supérieur moins spécialisé dans les deux premières années, commun aux quatre sections dans les grandes lignes mais avec des nuances spécifiques dès la deuxième année.

Dès la troisième année, en dehors des cours obligatoires, on propose aux étudiants un choix de disciplines, correspondant aux spécialisations de la section. Ainsi pour la section électrique qui a deux spécialisations (• électronique et télécommunications • informatique), on propose les options de cours du tableau 1.

Tableau 1. Options de cours d'après la spécialisation

III ^e année	IV ^e année
Génie du logiciel Sciences des matériaux	Base de données Conv. électromécanique et entraînement Traitement des images
Machines électriques Transmissions de données	Conception des compilateurs Techniques d'optimisation Transmission analogique et numérique
Mesures électriques et transducteurs Physique des semi-conducteurs	Simulation et concep. des circuits intégrés Systèmes d'exploitation Techniques hautes tensions

Pour chaque année les étudiants doivent choisir trois cours entre ceux des trois groupes de cours proposés. Après chaque année, l'expérience acquise a permis de perfectionner les cursus qui ont été adaptés aussi aux innovations proposées dans les actions de coopération internationale.

Les cours à caractère économique ont droit à une attention toute particulière. Des professeurs des pays francophones, spécialistes en économie, sont venus enseigner à Bucarest

Par exemple, M. Martin Houle, enseignant du Canada (Québec), a donné des cours complets (cours magistraux et T.D.) de microéconomie et de macroéconomie, pendant l'année universitaire 1992-1993.

Maintenant les étudiants de chaque année d'études ont la possibilité de choisir un cours économique de 2 heures par semaine entre ceux proposés au tableau 2.

Tableau 2. Option de cours économiques

II ^e année	III ^e année
Bases comptables et financières	 Marketing
Bases juridiques	• l'Entreprise

Afin d'élargir l'horizon des étudiants les cursus prévoient des cours de sciences humaines et sociales. Par exemple, le cours « Histoire des idées » a été enseigné par M. Rémy Laville, professeur français, pendant deux années, en parallèle avec le même cours donné par M^{me} Allana Shabac, professeur roumain de langue française et aussi administrateur du projet TEMPUS PEC 2745-91.

Le perfectionnement des cursus a été accompagné par la modernisation des méthodes d'enseignement. Premièrement les cours d'informatique prévus pour chaque année disposent d'un laboratoire informatique avec 18 ordinateurs en réseau. Les étudiants disposent aussi d'un réseau de 7 ordinateurs (P.C.) utilisés en dehors des heures didactiques.

Pour certains cours on peut utiliser des transparents (avec un rétroprojecteur). Un cours très moderne, « Qualité et fiabilité du logiciel », est expliqué à l'aide de cassettes vidéo ; des explications sont données avec des transparents. Le professeur a enseigné ce cours aussi à Télécom-Paris en 1994

Tous les professeurs sont encouragés à rédiger leur cours sur ordinateur, ayant la possibilité de les multiplier ; un nombre suffisant d'exemplaires sont donnés à la bibliothèque de la filière, pour que chaque étudiant puisse en avoir un. Si un cours est trop volumineux, en attendant sa rédaction, un résumé du cours est mis à la disposition de chaque étudiant.

En plus, les étudiants trouvent à la médiathèque de français un nombre important de livres français scientifiques et techniques, de culture générale, ainsi que des revues.

La bibliothèque de la médiathèque a bénéficié de dons importants de livres de la part de l'AUPELF-UREF et des Services culturels de l'ambassade de France dès l'année 1992. D'ailleurs, le 14 avril 1992, le conseiller culturel et scientifique M. Th. Vielle a inauguré officiellement cette bibliothèque.

Etroite coopération avec la France et les pays francophones ; équivalence des études

Un autre objectif de la création de la filière francophone du DSI a été de faciliter les échanges d'étudiants dans le cadre des actions de coopération avec des universités ou des écoles d'ingénieurs francophones (directe ou dans le cadre TEMPUS), ayant en vue l'équivalence des études, même pour des périodes plus courtes (un semestre ou une année).

Ces mobilités ont été possibles grâce au soutien de l'AUPELF-UREF et de l'ambassade de France, soutien déjà mentionné plus haut, ainsi que, grâce au projet TEM-PUS PEC 2745-91, dont la filière francophone du DSI a bénéficié entre 1991-1994. Ce projet a été coordonné par l'INP de Toulouse (représenté par les professeurs M. Alquier et J-P. Laval) avec la participation de plusieurs établissements d'enseignement supérieur francophone : les Universités de Poitiers, de Louvain et de Bruxelles, les INSA de Lyon et de Rennes, l'INP de Grenoble, l'ESIEE de Noisy-le-Grand, l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Grâce à ce projet, on a pu doter la filière d'un équipement informatique et de multiplication haut de gamme : ordinateurs, imprimante laser et photocopieuse performante.

Ce soutien multiple a permis le financement des échanges d'étudiants et de professeurs entre notre Université et les pays francophones, avec une forte composante dans le sens Roumanie-France. Ainsi 121 étudiants ont bénéficié de bourses pour un stage pratique ou d'études entre 1991-1994 (tableau 3).

Tableau 3

Nombre d'étudiants	Durée du stage en France
28	1÷ 1 1/2 mois
59	$3 \div 6$ mois
34	l l mois à une année

Quant aux enseignants, plusieurs professeurs français, de l'INPT, l'ESIEE,... sont arrivés à la filière pour donner des cours intensifs d'une semaine. Comme exemple plus récent, entre le 22-27 mai 1995 le professeur J-M. Le Nôtre de l'ESIEE a donné 12 h de cours sur « Analyse et synthèse des filtres actifs ». Des questions sur ce cours ont été proposées aux étudiants à l'examen de fin d'année du cours correspondant.

Enfin, plusieurs fois par année, les missions de M. le professeur J-P. Laval assurent la sélection des étudiants et des professeurs roumains et ainsi le déroulement des mobilités vers la France. A leur tour, les enseignants de la filière ont bénéficié aussi de bourses de stages de 3 à 4 semaines pour recyclage (mise à jour, stage informatique, stage pédagogique)

Tableau 4. Stages en France, pour enseignants

Années	Nombre d'enseignants
1991-92	24
1993-94	17
1994-95	8

La participation effective des enseignants roumains au processus d'enseignement pendant les stages pédagogiques et de formation, dans les écoles de France et de Belgique, a permis de connaître le contenu des heures de cours, de vérifier comment se fait le transfert de connaîtsances du professeur aux étudiants, de connaître les méthodes par lesquelles on éveille l'intérêt des étudiants et les moyens techniques mis à leur disposition, de vérifier les termes techniques français utilisés dans les cours suivis. Les stages informatiques ont assuré la familiarisation avec des logiciels performants et avec l'utilisation d'un équipement haut de gamme.

Les effets multiplicatifs de ces stages sont importants : amélioration des cours donnés aux étudiants de la filière (comme contenu et forme) ; meilleure organisation du processus d'enseignement ; l'expérience acquise pendant les stages a été communiquée aux autres enseignants qui peuvent bénéficier du matériel didactique apporté à la bibliothèque de la filière ; l'équivalence des études a été facilitée par une meilleure évaluation des cursus

Les stages pratiques ont permis aux étudiants de se familiariser avec le travail dans des entreprises françaises (organisation de la production, respect du travail accompli). Pendant les stages d'études nos étudiants ont connu la vie universitaire dans les grandes Écoles d'ingénieurs de France, ils se sont habitués à penser plus librement.

En fin de compte, ces stages ont assuré une importante ouverture de l'horizon des étudiants et enseignants.

Une école ouverte vers la vie active

Un aspect important de cet acquis a été l'organisation du « Forum étudiants - entreprises » au mois de mai, depuis 1994. Les étudiants ont répondu avec enthousiasme à l'idée lancée par M. Jan Erick Cardon des Services culturels de l'ambassade de France. Le soutien de celle-ci a été important : matériel et logistique. Après la première édition du 26 mai 1994 (à laquelle ont participé 25 entreprises mixtes), l'ambassade a envoyé des lettres à toutes les entreprises mixtes dans lesquelles on remerciait les participants et, pour les non-participantes, on louait la réussite du forum.

Les étudiants, qui ont travaillé à la préparation du forum, ont formé une équipe enthousiaste, chacun ayant la conscience du travail qui doit être fait et bien fait. La deuxième édition, du 18 mai 1995, a eu un succès éclatant : 55 entreprises mixtes ont participé, dépassant le nombre que les étudiants s'étaient proposés d'atteindre (figure 5).

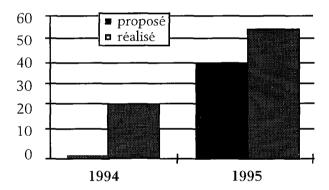


Figure 5. Nombre d'entreprises mixtes participant au forum

Les principaux sponsors ont été : l'ambassade de France, l'AUPELF-UREF par le bureau Europe centrale et orientale de Bucarest, Rhône-Poulenc, la Société Générale, TANDEM International, ARPO-SA. Les entreprises ont été présentes non seulement avec des brochures publicitaires, mais avec du matériel important (équipements, maquettes), des spécialistes pouvant faire des démonstrations techniques, ce qui a permis aux visiteurs de se faire une idée très claire du profil de chaque entreprise.

Le double but du forum a été atteint :

• la connaissance réciproque a permis l'établissement de liens solides entre les entreprises et l'école, les étudiants étant les futurs ingénieurs de celles-ci (déjà plus de 30% des étudiants de V^e année travaillent dans des entreprises mixtes) ;

• les sujets de projets de fin d'études seront orientés vers la solution de problèmes techniques dans ces entreprises. Donc, la filière francophone est une école orientée vers la vie active.

Avenir et perspectives de développement

Les résultats obtenus à la filière francophone du DSI sont le fruit du travail déployé par les étudiants et les enseignants conduits par le directeur de la filière M. le professeur César Fluerasu et de la coopération internationale matérialisée par le soutien important de l'AUPELF-UREF et de l'ambassade de France à Bucarest.

L'importance accordée par la France aux résultats obtenus ici est soulignée par la présence parmi les étudiants de la filière de M. Jacques Toubon, alors ministre de la Culture et du directeur de l'AUPELF-recteur de l'UREF, M. Michel Guillou, lors de leur visite à Bucarest en avril 1995, ainsi que par l'attention avec laquelle l'ambassadeur de France, M. Bernard Boyer, veille au développement de la filière. Plusieurs fois par an Son Excellence se trouve parmi les étudiants de la filière. Pendant sa dernière visite, le 7 novembre dernier, il a présenté la conférence « L'économie, un métier ou un art ? » dans laquelle ont été présentés les principaux problèmes posés à l'économie durant les derniers siècles ainsi que ceux très complexes posés par la période de transition en Roumanie et par le développement mondial.

En plus, comme préambule à sa conférence, on a annoncé la création d'une nouvelle direction d'approfondissement d'études économiques en VI^e année, dont le soutien principal est assuré personnellement par l'ambassadeur. C'est un développement de la filière qui répond aux besoins ardents de l'industrie roumaine en voie de modernisation et qui confirme les bons résultats obtenus jusqu'à présent.

Ces résultats seront matérialisés par un événement important pour l'école, qui aura lieu à la fin de cette année universitaire : la première promotion d'ingénieurs sortira des portes de la filière francophone du DSI de l'Université « Politehnica » de Bucarest.

La filière francophone du DSI est un exemple remarquable d'une nouvelle école d'ingénieurs capable d'assurer un enseignement, en étroite liaison avec les pays francophones, tourné vers l'avenir et la vie active.

Pour son avenir il est indispensable de bien travailler et aussi de développer et d'approfondir la coopération internationale.

Référence

1. Al. Nicolae, La coopération internationale : un élément vital pour l'enseignement dans la période de transition, « Préparer les ingénieurs pour l'an 2000 - Un défi du nord et du sud », pp. 426-428, Actes des V^{es} JIT de Tunis, mai 1992.

Les Écoles d'ingénieurs, la recherche et la coopération internationale

PRÉAMBULE

On ne peut aujourd'hui parler des Écoles d'ingénieurs et de la recherche, ou a fortiori de la coopération internationale, sans se référer à deux ouvrages devenus incontournables. Ces ouvrages rendent compte de deux grandes manifestations qui, à mon sens, ont consacré la modernisation, l'ancrage et la légitimité de l'AUPELF-UREF au cours de ces dernières années. Ce sont bien sûr les V^{es} JIT et les Assises francophones de la recherche.

Je commencerai par emprunter une citation à chacune de ces manifestations :

- « Nous devrons former des hommes capables de promouvoir le développement des capacités scientifiques endogènes dans les pays du Sud. Ces acteurs constitueront progressivement une masse critique de chercheurs performants au niveau international. Des hommes de science capables d'identifier leurs besoins, de définir leurs programmes prioritaires et de les réaliser avec l'aide, si nécessaire, de la communauté scientifique internationale. Ces chercheurs contribueront à gérer des connaissances susceptibles de guider les choix politiques et technologiques essentiels au développement » (K. Seddoh, Ass. Fr. Rech).
- « Pour les pays du Sud, la meilleure voie d'accès à la compétition mondiale en matière de recherche industrielle passe par la coopération internationale, surtout par la mise en place de stratégies de formation des formateurs, lesquels font cruellement défaut en sciences de l'ingénieur dans de nombreux pays du Sud. » (M. Besbes, Actes des V^{es} JIT).

Ces deux références, qui reflètent bien les sentiments des chercheurs et des res-

ponsables des formations d'ingénieurs du monde francophone, mettent en exergue un certain nombre de convictions que l'on peut présenter ainsi :

- 1. La recherche scientifique et technique constitue l'une des clés essentielles de développement dans les pays du Sud.
- 2. Seules des capacités nationales sont en mesure de guider nos politiques dans les choix technologiques essentiels au développement et de définir les moyens nécessaires à leur réalisation.
- 3. En recherche scientifique et technique, la seule voie est celle de l'excellence. Nous sommes donc condamnés à mettre en place des équipes compétitives au niveau international ou à ne pas être.
- 4. La formation à la recherche et le renforcement des capacités du sud constituent la priorité des priorités.
- 5. La coopération internationale se présente pour le Sud comme la voie la plus rapide et la plus efficace pour assurer des formations doctorales de qualité, pour renforcer les capacités existantes et pour accéder à la compétition mondiale.

Mais revenons d'abord au sens du mot « coopération ». Il est défini dans le Robert comme « l'action de participer à une œuvre commune ». Ce terme implique donc bien des acteurs qui participent à une œuvre. Malheureusement, la coopération est souvent entendue au sens d'assistance, et ceci a été à l'origine de nombreux échecs.

Pour cette raison, il est préférable de substituer au terme coopération celui de partenariat, qui met plus clairement en valeur les notions d'échanges et de compétition. On est partenaires dans une compétition économique, aussi bien que dans une compétition sportive. Cette image sportive est d'ailleurs tout à fait justifiée en recherche scientifique. Le chercheur est comme l'athlète : il s'exerce en permanence, tout arrêt lui est fatal. Il fait partie d'une équipe, dirigée par un chef expérimenté et incontesté. La recherche, comme le sport, nécessite des fonds importants pour se hisser au niveau international. Ce sont les compétitions nationales d'abord, puis régionales qui permettent d'identifier les meilleures équipes.

Malheureusement, et à l'image de ce qui se passe dans le monde sportif, les plus grandes vedettes scientifiques du Sud œuvrent dans les laboratoires du Nord où leur sont offertes les conditions aussi bien financières qu'environnementales les plus propices à leur épanouissement.

Enfin, et j'en termine avec le sport, personne n'aurait l'idée de commencer une carrière sportive à l'âge de 25 ans ! La culture de l'excellence commence beaucoup plus tôt. Il serait donc vain d'espérer la qualité de la recherche scientifique si nous n'avons pas veillé à assurer l'excellence des formations initiales dans nos écoles d'ingénieurs.

LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS ET LA RECHERCHE

La recherche à l'École

Le système de recherche dans une École d'ingénieurs possède cinq composantes ou FONCTIONS (tab.1) interdépendantes, dont le développement est fortement lié à l'international.

En effet : Articles, Congrès, Brevets, Licences, Contrats, Sessions de Formation Continue, Réseaux, sont tous des mots-clés à forte connotation internationale et de coopération.

L'état de la recherche en S & T

L'état de la recherche dans une institution peut être qualifié à l'aide d'indicateurs (cf. T2) qui autorisent l'EVALUATION. Ce processus et sa réussite reposent, entre autres facteurs, sur l'impartialité et l'objectivité des évaluateurs. Ainsi, et bien que l'évaluation des programmes et des institutions relève de la souveraineté des nations, le recours à la coopération internationale dans ce domaine prend une très grande importance, dans beaucoup de grands pays, et a fortiori dans les petits pays, où il se présente comme une nécessité incontournable.

Le tab.2 dresse la liste des principaux indicateurs de l'état de la recherche.

Les formations S & T

Examinons les formations d'ingénieurs & TS en Afrique francophone. Source : Guide CITEF (voir tab.3). Cette information n'est pas exhaustive, mais elle indique les tendances. Ainsi : l'Algérie représente le tiers de la capacité du Continent, et le Maghreb près des deux tiers, et ceci en nombre d'établissements.

Il faut souligner que la très grande majorité des établissements n'ont pu être créés et se développer que grâce à la coopération internationale.

Les formations doctorales

Formations doctorales en sciences de l'ingénieur d'Afrique francophone. Source : Guide CITEF (voir tab.4).

C'est une information à caractère non exhaustif, mais qui révèle tout de même la grande pauvreté de ces formations et leur incapacité actuelle à relever les défis à venir : former des formateurs capables de prendre en main et la formation des futures générations d'ingénieurs et la Direction des programmes de recherche S & T en mesure d'éclairer les choix technologiques et d'impulser les modèles de développement.

Aucun progrès, ni indépendance intellectuelle, n'est en effet possible sans la constitution d'une capacité nationale de directeurs DE RECHERCHE. Et c'est précisément là qu'une coopération internationale intelligente peut être, très rapidement, la plus efficace et à moindres frais.

LA COOPÉRATION SCIENTIFIQUE

Comment est vue la coopération scientifique avec l'autre, respectivement vue du Nord et vue du Sud ? Pour tenter de répondre à cette question fondamentale, car il n'est d'« œuvre commune » que si l'on est deux à exister, et l'œuvre ne peut être bien faite que si elle est l'objet d'une volonté également partagée, nous avons analysé les rubriques « Coopération internationale » des deux documents suivants :

- le GUIDE de la RECHERCHE dans les Grandes Écoles, édité en 1985 par la Conférence des Grandes Écoles ;
- le GUIDE CITEF 1995.

Le premier document, qui porte sur 110 Écoles d'ingénieurs françaises, est censé représenter le point de vue du Nord. Le second porte sur un échantillon de 66 Écoles d'ingénieurs du Sud. L'analyse consiste à inventorier les pays, établissements ou laboratoires cités comme partenaires en coopération internationale par chaque institution figurant dans chacun des deux Guides.

Le résultat (cf. tab. 5) est tout à fait significatif : si le Nord se réclame du Nord, le Sud ne se réclame pas du Sud, mais bien du Nord. Pour troublant que ce résultat paraisse, il était facilement prévisible et explicable par :

- la quête du partenariat le plus performant,

- les mécanismes financiers de soutien à la coopération internationale, qui pénalisent les relations Sud-Sud.

Tab. 1 : Le système de recherche dans une École d'ingénieurs

FONCTION	ORGANE	PRODUIT	CIBLE
RECHERCHE	Laboratoire	Articles, Congrès, Ouvrages, Thèses	Ingénieurs et Scientifiques
DEVELOPPEMENT	Centre de Développement	Brevets, Conventions	Grandes Entreprises
VALORISATION	Filiale	Licences, contrats	Entreprises
PERFECTIONNEMENT	Centre de Formation Continue	Sessions de formation	Ingénieurs et Cadres d'entreprises
ENSEIGNEMENT	Laboratoire, Réseaux	Immersion	Elèves, Enseignants

Tab. 2 : Principaux indicateurs de l'état de la recherche

Effectifs & Concentration des chercheurs	Formations S & T	
Dépenses en R & D ; Effort financier de l'Etat	Formations doctorales	
Effectifs Ingénieurs, Techniciens & Docteurs	Coopération internationale	
Les laboratoires & leurs caractéristiques	Régionalisation	
Publications scientifiques		

Tab. 3 : Formations d'ingénieurs & techniciens en Afrique francophone (Guide CITEF)

ALGERIE	33	TCHAD	3
TUNISIE	19	BENIN	2
MAROC	11	BURKINA	1
COTE D'IVOIRE	6	BURUNDI	1
ZAIRE	5	GUINEE	1
CAMEROUN	4	MALI	1
MADAGASCAR	4	CENTRAFRIQUE	I
GABON	3	RWANDA	1
SENEGAL	3	TOGO	1
		TOTAL	100

Tab. 4: Formations doctorales (Guide CITEF)

PAYS	ETABLISSEMENT	D.E A.	DOCTORAT
ALGERIE	E.N.P.		X
	ENS.H.	X	-
	I.A P	X	-
	I.N G M.	X	-
	I N M.C.	X	-
	UST.HB	X	X
	U.S T O.	X	X
CAMEROUN	E N.S P.Y.	X	X
COTE D'IVOIRE	E.N S E A.	*	-
	E.N.S.T.P	*	-
GABON	E.P M.	*	-
MALI	ENI	*	-
MADAGASCAR	ESPANTAN	X	X
MAROC	EMI	X	X
	E.N.I M	X	X
	E N.S.E M	*	
TOGO	E N.S I	я	-
TUNISIE	E N.I.S.	X	X
	E.N I T.	X	X
	FST	X	X
	I N A.T	-	X
ZAIRE	F P K.I.N	-	X

X: Existant; - Inexistant; * En projet.

Tab. 5 : La coopération internationale

		VUE DU NORD (1)	VUE DU SUD (2)
Nombre de fiches Activité de « Coop. Int ».	а Ъ	105 50	66 50
Partenaires cités du NORD : - Pays - Etab./Labos	c d	82 408	60 233
Partenaires cités du SUD : - Pays - Etab./Labos	e f	23 49	11 33
RATIOS : - COOP (b/a) - NN & SN (d/b) - NS & SS (f/b)		0,48 8,2 1,0	0,76 4,7 0,66

⁽¹⁾ Guide de la Recherche dans les Grandes Écoles (1989)

⁽²⁾ Guide CITEF (1995)

Présentation de l'Institut du développement rural (IDR)

1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

1.1. Historique et phases évolutives

L'Institut du développement rural (IDR) est un établissement d'enseignement supérieur créé en novembre 1973 au sein de l'Université de Ouagadougou, Burkina Faso. A ce titre, il est placé sous la tutelle du ministère des Enseignements secondaire, supérieur et de la recherche scientifique.

A sa création, l'IDR avait pour missions :

- de développer l'enseignement scientifique et technique en vue de la formation en cinq ans (Bac + 5) des ingénieurs de conception spécialisés en agronomie, en zootechnie ou en eaux et forêts ;
- de promouvoir la recherche fondamentale et appliquée dans les domaines du développement rural ;
- de participer à l'étude de tout projet national ou international de sa compétence qui lui est soumis :
- de contribuer au rayonnement de l'Université de Ouagadougou.

Au cours de ses 22 années d'existence, l'IDR a subi de nombreuses mutations tendant à améliorer sa performance pour mieux servir le Burkina Faso.

En 1979, la formation de Bac + 5 ans fut doublée d'une filière de formation courte

(Bac + 3 ans) d'ingénieurs d'exécution, dénommés Ingénieurs des travaux du développement rural (ITDR). Après dix ans de fonctionnement, cette dernière fut supprimée en 1989 à cause de nombreux problèmes qu'elle a suscités, notamment des conflits de compétences sur le terrain entre les ITDR et les ingénieurs de conception et l'usurpation supposée par les ITDR des postes de direction et de responsabilité dans les ministères employeurs.

En 1985, l'IDR fut scindé en deux instituts dont l'un portait son nom et l'autre le nom de l'Institut des sciences de la nature (ISN) chargé, entre autres, de la formation des étudiants des deux premières années de l'IDR. L'IDR et l'ISN formaient, jusqu'en 1991, une seule entité appelée ISN-IDR.

En 1991, l'IDR redevient autonome et l'ISN fut rattaché à la Faculté des sciences et techniques (FAST) de l'Université de Ouagadougou.

Depuis 1991, la formation à l'IDR s'effectue en 3 ans après le DEUG II dispensé à la FAST.

1.2. Organisation administrative

L'IDR est administré par un directeur élu par l'assemblée de l'établissement. Le directeur est assisté par :

- un directeur des études élu ;
- un directeur de stages et de placement ;
- un responsable des stations de recherche ;
- un responsable de la cellule de formation continue et d'ingénierie ;
- quatre chefs de départements (Agronomie, Elevage, Eaux et Forêts, Sociologie et Économie rurales) ;
- un responsable des services administratifs, financiers et comptables (CSAFC).

A l'exception du CSAFC, tous les responsables administratifs de l'IDR sont des enseignants-chercheurs.

1.3. Le corps enseignant

Le corps enseignant compte vingt-cinq membres, dont trois coopérants français. La répartition par département est la suivante :

- Département d'Agronomie : 7 enseignants ;
- Département d'Elevage : 10 enseignants ;
- Département des Eaux et Forêts : 5 enseignants ;
- Département de Sociologie et d'Économie rurales : 3 enseignants.

1.4. Infrastructures et équipements

L'Institut dispose :

- de 10 salles de cours dont un amphi de 200 places ;
- de 4 laboratoires d'enseignement et de recherche ;
- de bureaux d'enseignants ;
- de deux salles d'informatique pour étudiants et enseignants équipées d'une vingtaine d'ordinateurs ;
- d'une bibliothèque comportant 6 000 ouvrages ;
- de deux stations de recherche au Centre et au Sud du pays ;
- d'un parc automobile d'une dizaine de véhicules.

2. ORGANISATION DES ÉTUDES

2.1. Recrutement

Jusqu'en 1993, le recrutement à l'IDR s'effectuait par l'orientation systématique des nouveaux bacheliers. Cela entraînait des problèmes d'effectifs pléthoriques de l'ordre de 250 étudiants/an et aussi des problèmes d'erreur d'orientation engendrant un manque de motivation des étudiants d'où un taux d'échec constaté de plus de 90 %.

A partir de 1993, un concours d'entrée fut institué, il s'adresse principalement aux étudiants titulaires d'un DEUG II B, d'un DEUG II Agro ou de tout autre diplôme équivalent.

Les professionnels, titulaires d'un diplôme d'ingénieur des techniques et justifiant d'au moins 3 années d'expérience de terrain, sont admis sur titre.

Dans le souci de bien assurer un encadrement théorique et pratique adéquat, le quorum retenu chaque année est limité à une trentaine.

2.2. Déroulement des études

Au cours des deux premières années de formation, les étudiants suivent des enseignements transversaux en « tronc commun » à hauteur de 75 % en 1^{re} année et de 25 % en 2^{e} année, et des enseignements spécialisés de leur option.

La troisième année est entièrement consacrée à un stage pratique de 10 mois sur le terrain. Le stage est sanctionné par un mémoire soutenu publiquement devant un jury de 5 membres, dont au moins deux membres extérieurs à l'Université et issus du développement rural ou de la recherche.

2.3. Profil de formation

L'enseignement est organisé dans le sens d'une adaptation de la formation au marché du travail et d'une pluridisciplinarité importante. L'accent est mis sur une pédagogie du réel et de l'action : visites de terrain, démonstrations, travaux personnels, interventions des professionnels et stages appuient grandement les prestations des enseignants.

Le diplôme délivré aux étudiants à l'issue de leurs études à l'IDR est intitulé Diplôme d'Ingénieur du Développement rural, Option Agronomie, Elevage, Eaux et Forêts, cours sociologie de l'économie rurale.

Les Travaux dirigés (TD), les Travaux pratiques (TP) et les sorties de terrain représentent jusqu'à 50 % du volume horaire des enseignements.

Des voyages d'études au Burkina Faso et dans les pays limitrophes sont aussi organisés à l'intention des étudiants tout au long de leur formation afin de compléter les connaissances de leur futur environnement professionnel.

2.4. Formation continue

En plus de la formation initiale diplômante d'ingénieurs, l'IDR a initié depuis deux ans la formation continue. Celle-ci s'adresse aussi bien aux anciens étudiants de l'Institut désireux d'acquérir de nouvelles compétences qu'aux professionnels et producteurs ruraux voulant approfondir des connaissances spécifiques.

Les domaines couverts par la formation continue à l'IDR incluent :

- la gestion des coopératives agricoles ;
- les techniques de pêche et d'aquaculture ;
- les méthodes de DRS/CES;
- les techniques d'embouche et de production laitière.

Des études sont en cours pour identifier et inclure de nouveaux domaines en accord avec les structures de développement évoluant dans le pays.

2.5. Processus de révision des programmes

Dans le but de maintenir une meilleure adéquation entre la formation qu'il dispense et le marché de l'emploi, l'IDR procède fréquemment à l'évaluation et, au besoin, à la révision de ses programmes. Les méthodes utilisées incluent des enquêtes auprès des employeurs potentiels, les évaluations internes et les évaluations externes.

En 1985, la tenue d'un séminaire national sur les programmes de formation de l'IDR a conduit au renforcement des enseignements pratiques (TD, TP et sorties de terrain) et des enseignements transversaux pour répondre aux besoins de nouveaux employeurs que sont les projets de développement et les Organisations non gouvernementales (ONG).

En 1990, une évaluation par le bureau d'études STIMULANS, portée surtout sur les stations de recherche, préconisa la « professionnalisation » des stations en étendant leur champ d'action à la formation continue pour les professionnels et les producteurs ruraux.

Une mission d'évaluation du Pr JOUVE (CNEARC/Montpellier) en 1991, précédant un atelier interne et un séminaire national, a permis la réorientation des programmes de l'IDR vers une plus grande professionnalisation, une redéfinition des stages et la création d'un département de sociologie et d'économie rurales.

En 1993, les discussions non formelles avec les ingénieurs sortis de l'IDR ont conforté l'Institut dans la nécessité de poursuivre la professionnalisation de sa formation et le renforcement de la filière de formation continue.

3. PROGRAMMES DE RECHERCHE

Conformément à l'une des missions qui lui sont confiées, l'IDR, par le biais de ses enseignants-chercheurs, est impliqué dans plusieurs programmes de recherche. La recherche à l'IDR vise non seulement au renforcement des programmes d'enseignement, mais aussi à la promotion de la carrière des enseignants-chercheurs étroitement liée aux publications scientifiques annuelles. Typiquement pluridisciplinaire, la recherche à l'IDR reste aussi spécifique aux domaines d'intérêt de différents départements.

Certains programmes de recherche pluridisciplinaire conduits à l'IDR sont :

- recherche multidisciplinaire sur la conservation des ressources naturelles de la zone sahélienne du Burkina Faso ;
- impact de la migration des populations, sur l'utilisation des sols et la viabilité des foyers au Burkina Faso ;
- amélioration et gestion de la jachère en Afrique de l'Ouest;
- approche pluridisciplinaire intégrée à l'aménagement des sols.

Les thèmes de recherche par département incluent, entre autres :

3.1. Recherches agronomiques

- établissement des seuils de dommages économiques des ennemis des cultures par la technique des tables de mortalité;
- processus de dégradation et régénération des sols dégénérés ;
- évaluation des ressources phytogénétiques (sorgho, mil, karité, Sesbania sp.) ;
- maladies foliaires de l'arachide.

3.2. Recherches zootechniques et vétérinaires

- évaluation des paramètres de reproduction des ovins et caprins ;

- profil des lipoprotéines plasmatiques chez la chèvre mossi ;
- profil enzymatique chez le mouton nouveau-né;
- influence du parasitisme sur la nutrition chez le mouton mossi.

3.3. Recherches forestières

- associations symbiotiques et l'amélioration de la production ligneuse des essences locales du Burkina Faso;
- dynamique et exploitation des pêcheries artisanales du Burkina Faso ;
- optimisation des mesures biométriques appliquées aux formations ligneuses sahéliennes, définition des outils d'inventaire propres à satisfaire les besoins des planificateurs;
- impact des perturbations naturelles et anthropiques sur la dynamique des communautés végétales : description et quantification du processus.

4. RELATIONS EXTÉRIEURES

L'IDR entretient des relations de collaboration avec plusieurs institutions d'enseignement et de recherche/développement tant au niveau national, régional qu'international. Au plan national, les partenaires de l'IDR incluent les instituts de recherche et d'enseignement, tels que l'INERA, l'IRBET et l'EIER, les projets et ONG impliqués dans le développement rural (PSB/GTZ, PSB/UNSO, PSB/Pays-Bas, PDRI HKM, etc.). Concrètement, les échanges inter-institutionnels se font sous forme d'encadrement commun des étudiants, de participation dans des projets de recherche collaborative et sous forme d'échanges d'expériences à travers l'organisation des séminaires et des ateliers.

Les Universités de la sous-région, nommément la Faculté d'agronomie de Niamey, l'École supérieure d'agronomie de Lomé et l'École nationale des sciences agronomiques (ENSA) de Yamoussoukro entretiennent toutes des relations étroites avec l'IDR, et ce dans le domaine crucial de conception des programmes d'études.

Toujours dans sa volonté de s'ouvrir à d'autres expériences, l'IDR a signé des conventions de collaboration de recherche avec plusieurs Universités européennes et américaines. Parmi celles-ci, l'on peut citer :

- l'Université de Groningen

- l'Université d'Amsterdam
- l'Université de Copenhague
- University College of London
- le CNEARC de Montpellier
- l'ENSA de Rennes
- l'Université de Géorgie à Athens, USA.

5. SITUATION DE L'EMPLOI DES JEUNES DIPLÔMÉS

Bien que depuis 1988 la fonction publique burkinabé n'engage presque plus les ingénieurs de développement rural, la situation de l'emploi des jeunes diplômés de l'IDR est satisfaisante. En effet, à la date de juin 1994, moins de 8 % des diplômés étaient réellement sans emploi continu.

Le faible taux de chômage des diplômés de l'IDR résulte des efforts que l'Institut ne cesse de déployer pour venir en aide à ses diplômés :

- création récente d'une direction de stages et de placement qui reste en contact permanent avec les seuls employeurs potentiels que sont les projets de développement et les ONG;
- organisation des séminaires annuels incitant les jeunes diplômés à « oser » s'installer à leur propre compte;
- réorientation de plus en plus prononcée des stages des instituts de recherche vers les structures de développement rural travaillant directement avec les producteurs agricoles;
- création interne d'emplois ;
- organisation par l'IDR des concours ou tests de recrutements des cadres au compte des projets et les ONG.

6. PERSPECTIVES D'AVENIR

Au cours de ses vingt-deux ans d'existence, l'IDR a indéniablement fait ses preuves :

plus de 1050 ingénieurs formés, dont plus de 90 % sont activement impliqués dans le développement rural du Burkina Faso et de plusieurs autres pays africains (Niger, Tchad, Madagascar, Côte d'Ivoire, etc.) ; des relations tissées avec de nombreux partenaires de développement ayant abouti un tant soit peu à l'amélioration des conditions de vie des paysans.

Loin de dormir sur ses lauriers, l'IDR reste convaincu que son avenir est étroitement lié à sa capacité d'adapter continuellement ses programmes de formation au marché de l'emploi, de s'ouvrir de plus en plus à de nouvelles expériences, et, surtout, d'avoir une vision régionale du développement rural, et partant de renforcer ses liens de collaboration avec les institutions sous-régionales de même nature.

Professeur à l'Institut National Polytechnique de Grenoble

Directeur ALERT Géomatériaux

Un nouvel outil de coopération internationale : le réseau de formation et de recherche

1. INTRODUCTION

La notion de réseau est une idée relativement neuve. Elle a été, de fait, mise en application à une échelle relativement large lors de la création en France, par le Centre national de la recherche scientifique, des « GRECO » (Groupement de recherches coordonnées), il y a 20 ans environ. Ces GRECO, « laboratoires hors les murs », regroupaient un certain nombre de laboratoires autour d'un programme de recherches.

Aujourd'hui la notion de réseau de laboratoires a été institutionnalisée au plan européen par les programmes successifs « SCIENCE », « CAPITAL HUMAIN et MOBILITE » et « FORMATION et MOBILITE DES CHERCHEURS ». Dans ces trois programmes, l'une des actions vise explicitement à soutenir la mise en place de « réseaux de laboratoires ».

Parallèlement à la mise en place de ces réseaux de recherche on assiste au développement de réseaux d'établissements tant au plan français (on parle ainsi des réseaux des Instituts nationaux polytechniques, des Écoles centrales, des Écoles normales supérieures et des Instituts nationaux des sciences appliquées) qu'au plan européen (réseaux « CLUSTER », « CESAER » pour rester dans le domaine des sciences de l'ingénieur).

Il semble donc que la notion de réseau corresponde aujourd'hui à un besoin assez largement ressenti et nous consacrerons le premier paragraphe de ce texte à en définir les contours en tant que nouvel outil de coopération nationale et internationale.

Mais, ces Journées Internationales de Technologie de l'AUPELF-UREF se fixant comme objectif d'être (entre autres) un espace de confrontation d'expériences, nous

ne voulons pas en rester à des généralités et nous vous présenterons brièvement dans les paragraphes suivants successivement un réseau de laboratoires national : le GRECO « Géomatériaux », puis un réseau de laboratoires européen : l'ALERT « Géomatériaux » et enfin un réseau d'universités européennes : CLUSTER.

2. LES RÉSEAUX DE FORMATION ET DE RECHERCHE

Les réseaux paraissent correspondre à une nécessité historique dans le contexte du développement scientifique et technique général et de l'accroissement du corpus des connaissances, sans cesse plus ramifiées et par là plus spécialisées. De manière schématique, on pourrait sans doute dire que les enseignants-chercheurs ont été tout d'abord, au début de ce siècle, des individualités souvent solitaires embrassant un large pan de la connaissance et maîtrisant ainsi l'ensemble des étapes de leur démarche scientifique et technique.

Puis, vers le milieu du siècle, des spécialisations sont apparues : les « expérimentateurs », les « théoriciens », les « numériciens », ... et la notion d'équipe de recherche s'est imposée. C'est elle qui permet de regrouper, autour d'un problème scientifique ou technique ou d'un axe de recherche, les compétences désormais multiples nécessaires à sa solution. L'équipe regroupe des spécialistes qui ne sont plus interchangeables et les résultats trouvés sont affichés à travers les publications, les conférences, les brevets,... comme œuvre commune.

Aujourd'hui, ces équipes paraissent rechercher un deuxième niveau de structuration à travers les réseaux, identifiés à des plans régionaux, nationaux, européens ou, plus largement encore, internationaux. Le thème de recherche central reste le facteur d'identification et d'unification du réseau, mais les compétences multidisciplinaires des différents membres du réseau sont recherchées. Aujourd'hui les problèmes socio-économiques ou industriels majeurs tels que le traitement ou le stockage des déchets radioactifs, la voiture électrique,... ou des questions proprement scientifiques telles que les changements globaux de climat, le calcul parallèle,... ne peuvent plus être traités dans un cadre strictement monodisciplinaire.

L'extrême ramification scientifique et technique s'est traduite par une extrême spécialisation des chercheurs, rendant indispensable la coopération interdisciplinaire pour une poursuite des avancées scientifiques. Le réseau est sans doute l'une des réponses institutionnelles à ce besoin.

Par ailleurs, de manière plus prosaique, le développement scientifique se révèle être de plus en plus coûteux et les pays cherchent tous les moyens pour réduire les coûts de recherche et de formation. La détection de directions de recherche menant à des im-

passes scientifiques et le refus d'équipements expérimentaux redondants peuvent de deux manières différentes concourir à de telles économies à niveau de production scientifique comparable.

Sur ces deux plans, les réseaux peuvent apporter une réponse efficace puisque la confrontation d'idées représente un bon moyen pour dégager les voies sans avenir d'une part et, d'autre part, la mise en commun d'équipements lourds au sein des réseaux permet d'éviter les duplications de moyens expérimentaux.

En somme, un réseau permet de structurer une communauté, identifiée autour d'une thématique, en permettant de développer les coopérations et les échanges pour une meilleure production scientifique globale, tout en évitant les redondances en terme d'axes de recherche et de matériels.

3. UN EXEMPLE DE RÉSEAU NATIONAL DE RECHERCHE : LE GRECO « GÉOMATERIAUX »

Le Groupement de recherches coordonnées géomatériaux était un laboratoire hors les murs du CNRS, créé en 1986 par son département des Sciences pour l'ingénieur, également composante du Programme de recherches pour le génie civil (PROGEC), action incitative conjointe des ministères en charge de l'équipement et de la recherche. D'autres partenaires institutionnels et privés ont également apporté leur soutien.

Ayant pour objectif de structurer la recherche amont en France dans le domaine du génie civil, le GRECO a centré son programme scientifique autour du thème de la modélisation numérique des géomatériaux et des structures et ouvrages construits avec ou reposant sur des géomatériaux. Le terme générique « géomatériaux », regroupant les sols, les bétons et les roches, a permis de caractériser et de regrouper la communauté scientifique concernée, jusque-là relativement cloisonnée. De fait, le GRECO a permis une structuration de cette communauté par un double décloisonnement : au plan thématique, les domaines de spécialités « sol », « roche » et « béton » sont regroupés sous le terme « géomatériaux », au plan institutionnel par ailleurs grandes Écoles, Universités, Centres techniques, grands organismes et bureaux d'études ont accepté d'échanger, de coopérer puis finalement de produire ensemble.

Le thème central de la modélisation numérique est décliné en cinq axes, présentant chacun sa cohérence scientifique interne en mettant en œuvre tant des concepts de nature fondamentale, que des expérimentations et des modélisations numériques. Ces cinq axes correspondent également à des enjeux scientifiques et techniques bien identifiés :

- la dynamique des géomatériaux (comportement des ouvrages sous séismes, chocs et explosions),
- la localisation des déformations plastiques (rupture par glissements de terrains ou macrofracturation),
- les géocomposites (terre armée, nouveaux bétons...).
- les couplages thermo-hydro-mécaniques (stockage des déchets, en particulier radioactifs),
- la validation des codes de calcul (le calcul des structures et ouvrages).

Chaque axe, placé sous la responsabilité d'un « animateur », était lui-même structuré en projets, chacun étant coordonné par un « pilote ». L'ensemble regroupait environ 280 membres, appartenant à 35 organismes différents (voir la carte ci-jointe des principaux membres du GRECO).

Le GRECO lui-même était sous l'autorité d'un directeur, assisté de deux directeurs adjoints et d'un comité de direction interne composé de membres élus. Un comité scientifique, principalement constitué de personnalités externes, se réunissait tous les deux ans et intervenait sur les orientations stratégiques.

Enfin, un comité de planification, composé de représentants des différentes tutelles, arrêtait le programme et le budget annuel.

En somme, le GRECO a constitué un pivot autour duquel se sont développés de nouveaux concepts théoriques et de nouveaux outils expérimentaux et numériques, et se sont organisés les échanges entre des équipes de statuts très divers (grandes Écoles d'ingénieurs, Écoles normales supérieures, Instituts nationaux des sciences appliquées, Universités, Centres techniques, grands organismes, bureaux d'études).

Le GRECO s'est progressivement imposé comme pôle de référence, fournissant chaque année un panorama de la recherche à travers son rapport annuel d'activités et sa réunion scientifique annuelle. Il a contribué à porter les outils français de calcul et de conception des ouvrages et structures en génie civil, pétrolier et minier au meilleur niveau international et cela s'est traduit très précisément en terme de publications dans les journaux scientifiques, de communications orales dans les congrès et de contrats passés avec le monde professionnel.

4. UN EXEMPLE DE RÉSEAU INTERNATIONAL DE RECHERCHE : L'ALERT « GÉOMATERIAUX ».

En 1989, la Commission des communautés européennes retenait, dans le cadre du programme SCIENCE, une action dite alors de « jumelage » intitulée « Modélisation numérique des géomatériaux » qui regroupait six organismes. Cinq autres universités rejoignaient ce noyau initial pour constituer en juin 92 l'Alliance de laboratoires européens pour la recherche et la technologie (ALERT) Géomatériaux (voir la carte cijointe présentant ces 11 partenaires).

L'ALERT Géomatériaux a été conçue dès l'origine comme un réseau de laboratoires, en ce sens que les 11 membres ont cosigné une charte constitutive définissant les objectifs, le mode de fonctionnement et les droits et devoirs de chacun des membres. Deux annexes précisent d'une part le programme de recherche et l'apport de chacun des membres en termes de personnels et de moyens expérimentaux et numériques (logiciels et machines de calculs).

La charte constitutive place l'ALERT sous la responsabilité d'un directeur, assisté d'un comité de direction, qui se réunit une fois par an dans les locaux du ministère français de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Le comité de direction est constitué de 15 représentants des universités, membres de ALERT, et de 4 personnalités, parmi lesquelles est choisi le président du comité.

Le programme de recherches est structuré autour de cinq axes, reprenant ceux mis en place au sein du GRECO. Une réunion scientifique annuelle permet de faire le bilan des travaux menés et de dégager les directions de recherche pour l'année suivante. L'évaluation de la production scientifique est menée essentiellement à travers les publications, communes à au moins deux membres, paraissant dans les journaux internationaux et les actes de congrès.

L'ALERT a été retenue par la CCE en novembre 93 comme réseau de laboratoires européens, centre d'excellence pour le génie civil, et est soutenue dans le cadre du programme Capital humain et mobilité.

Par ailleurs, parallèlement au travail de recherche au sein du réseau, se tient annuellement une École « Géomatériaux » principalement destinée aux chercheurs européens en préparation de thèse au sein du réseau. Elle regroupe près de 80 étudiants, chaque année, pendant une semaine. L'objectif visé à travers cette école est de parvenir progressivement à la définition d'un langage commun et à une meilleure connaissance mutuelle des méthodes et outils, utilisés dans les différents laboratoires, pour bâtir in fine une École de pensée européenne « Géomatériaux ».

5. UN EXEMPLE DE RÉSEAU INTERNATIONAL D'UNIVERSITÉS : CLUSTER

CLUSTER a été créé en 1990, comme réseau d'universités européennes, sous un nom signifiant « Coopération liant des universités de science et de technologie pour l'enseignement et la recherche ». Onze Universités en font aujourd'hui partie :

Politecnico di Torino (Italie)
Trinity College Dublin (Irlande)
Imperial College London (Royame-Uni)
Eindhoven University of Technology (Pays-Bas)
Technische Hochschule Darmstadt (Allemagne)
Universität (T.H) Karlsruhe (Allemagne)
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse)
Université Catholique de Louvain (Belgique)
Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm (Suède)
Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelone (Espagne)
Institut National Polytechnique de Grenoble (France).

La structure interne de CLUSTER repose sur onze départements : mathématiques appliquées et modélisation, physique appliquée, génie mécanique, génie civil, science des matériaux, génie de l'environnement, génie chimique, génie électrique, sciences et technologies de l'information, génie industriel, technologies du papier. Cinq groupes de travail transversaux constituent des « task forces » dans les domaines suivants : organisation générale et communication, télé-enseignement et multimédia, formation continue et transferts de technologie, dimension européenne des formations, co-opération avec l'Europe de l'Est.

Aujourd'hui CLUSTER se considère comme un consortium d'universités, constituant la première université européenne de technologie et représente tout à la fois une remarquable puissance de recherche, un énorme réservoir de cadres de haut niveau, un support pour le lancement de formations novatrices et internationales, mais également un club de réflexion sur l'enseignement de la technologie et un laboratoire d'expérimentations sur l'université de demain.

Deux points font l'objet actuellement d'une attention particulière :

- mise en place de cours de qualification portant le label « CLUSTER » depuis des cours de niveau recherche très spécialisés jusqu'à des enseignements de formation continue.
- développement de la mobilité aussi bien pour les enseignants-chercheurs que pour

les étudiants avec, dans ce dernier cas, une généralisation du système CCTS d'unités de valeur, reconnues en interne, analogues à ECTS et la possibilité de doubles diplômes avec certains partenaires du réseau.

En somme, CLUSTER est aujourd'hui une entité pleinement européenne, soutenue par les programmes ERASMUS puis SOCRATES, et qui apporte une valeur ajoutée concrète à ses différents membres en se basant sur le principe de subsidiarité.

6. CONCLUSION

A travers les trois exemples de réseaux, que nous avons tenté de présenter de manière concrète, la généralité et l'intérêt de cette notion de réseau ont été illustrés. Nul doute que ce nouvel outil de coopération internationale ne s'étende encore plus à l'avenir pour faire face au besoin croissant d'échanges et de mobilité. C'est, entre autres, à travers la multiplication des réseaux que se dessinent sans doute dans un futur encore lointain les contours de ce village planétaire que nous attendons tous.

Figure 1 : Carte des principaux membres du GRECO « Géomatériaux », réseau de laboratoires français.

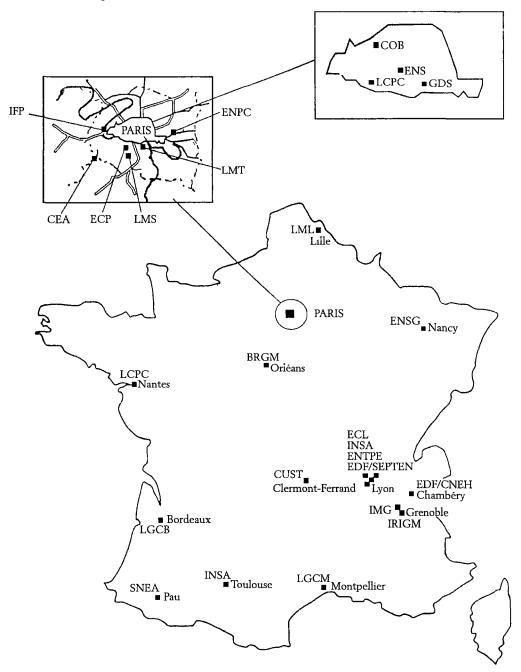
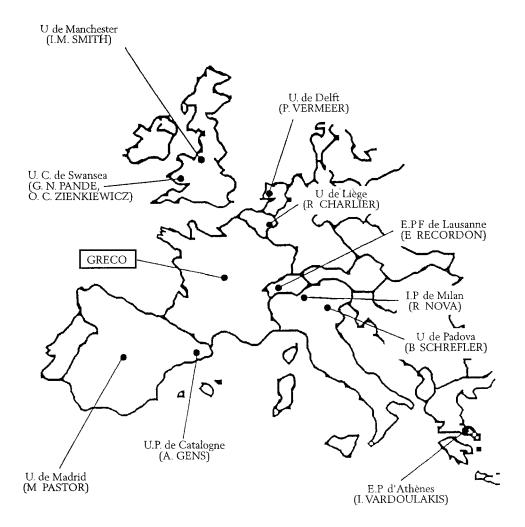


Figure 2 : Carte des partenaires de l'ALERT « Géomatériaux », réseau de laboratoires européens.



Abdoulaye Diakite

Directeur général adjonit à la Recherche de l'Institut Polytechnique Unwersité de Conakry, Guinée

Vers une reconfiguration de la formation technologique en Afrique

RÉSUMÉ

A l'heure où, tout près de nous, l'Europe prépare le prochain millénaire en fédérant ses ressources pour faire face à ses grands concurrents traditionnels, notamment sur le terrain fondamental de la formation et de la recherche au travers de programmes opérationnels et stratégiques tels Erasmus, Tempus, Esprit, Eurêka, etc., l'Afrique se doit de revoir de fond en comble sa démarche et les actions qu'elle a menées dans le domaine durant les deux dernières décades.

Face à la contre-performance des institutions et outils d'intégration déjà proposés ou mis en œuvre et sur la base du bilan critique de leur fonctionnement, il sera esquissé les contours d'une revitalisation des ressources impliquées dans le domaine clé de la formation et la recherche pour y assurer la sécurité minimale de l'Afrique. A l'opposé des méthodes bureaucratiques de regroupement géographique, grand compte sera fait dans cette projection des mutations heureuses induites par les autoroutes de l'information et de la communication ainsi que de la prolifération et la facilité relative d'accès des nouveaux moyens de maillage des unités de formation et de recherche à l'échelle nationale, régionale, continentale et planétaire.

En outre, le modèle de mise en relation s'appuiera sur le préalable indispensable de la normalisation et de l'harmonisation des formations et de la recherche par le truchement de la reconnaissance et de l'équivalence des diplômes, titres, grades et capacités académiques et scientifiques. Plus perspectives semblent la spécialisation des grandes écoles, sur une base consensuelle, systémique et objectivement évaluée, et la création du titre d'INGÉNIEUR AFRICAIN. Les critères de sélection proposés recèlent les modalités de transformation à terme des établissements retenus en véritables pôles d'excellence dans leurs domaines de compétences, mais également en centres d'inter-

action technologique avec l'environnement économique local, à préserver et à promouvoir. Des programmes correspondants devront être conçus et mis en œuvre pour concrétiser ces concepts et contraintes structurants dans les diverses pratiques nationales, régionales et africaines.

L'expérience d'institutions africaines comme le CAMES, francophones comme l'AUPELF-UREF et le savoir-faire des différentes structures et instances d'appui associées pourront être mis à profit pour accélérer la mobilité et l'excellence universitaire et scientifique en Afrique. Ce faisant, l'Afrique de la formation technologique aura rattrapé du retard sur la « libre circulation des biens et des personnes » prônée et appliquée depuis quelques années dans certains sous-espaces africains, en l'occurrence la CEDEAO ou Communauté économique des Etats de l'Afrique occidentale.

1. INTRODUCTION

Au lendemain de nos indépendances, et voire avant, nos pays avaient la légitime ambition de se doter de structures adéquates et de cadres compétents pour assurer leur développement. Ils voulaient, ici comme dans d'autres secteurs également prioritaires, brûler les étapes. Sur une base la plupart du temps volontariste, ignorant et méprisant dans certains cas les contraintes de l'économique, ils voulaient édifier en quelques années ce que l'Europe et le Nouveau Monde ont mis plusieurs siècles à bâtir. Les politiques et scenarii envisagés se sont révélés à la longue contre-productifs dans la majorité des cas.

L'indépendance ayant été programmée la plupart du temps de façon fragmentée et individuelle, il était difficile pour le nouvel État de s'appuyer sur des structures fédérales ou voisines même si elles existaient. Il fallait dans la plupart des cas forger de toutes pièces l'enseignement supérieur et la recherche scientifique sur les vestiges d'un système caduc. L'école et la science étaient alors érigées en instruments de souveraineté et de développement dont il fallait s'emparer. L'université était au centre même de ce débat et il fallait pour chaque État disposer à tout prix de la sienne et souvent sans évaluation adéquate de l'environnement académique et socio-économique.

Deux décennies plus tard, l'état des lieux alarmant de l'enseignement supérieur et de la recherche, dressé de-ci de-là, a montré l'urgence des mesures à prendre pour juguler la dégénérescence précoce de nos universités. Les diagnostics continuent depuis et se ressemblent. Les dysfonctionnements s'aggravent, les difficultés s'accumulent et les solutions ou esquisses d'embellie s'éloignent. Le débat sur la mise en œuvre de la nécessaire régionalisation des institutions d'enseignement et de recherche s'éternise et s'enlise dans les marécages des intérêts particuliers et des tribulations sur l'avenir du continent.

Les grandes Écoles et par extension l'enseignement et la recherche technologique n'échappent paradoxalement pas à ce panorama fort sombre. Dernier arrivé, relativement mieux dimensionné et sollicité fortement par le progrès scientifique, industriel et les services, l'on était en droit de penser que ce sous-système aurait pu échapper à la déferlante ravageuse qui frappe de plein fouet tout le système de production et de reproduction du savoir et du savoir-faire en Afrique. C'était sans compter avec les crises économiques, l'insuffisance du couplage entre d'une part les grandes Écoles et la recherche et d'autre part entre ces dernières et les tissus industriel et des services naissants. C'était sous-estimer également le poids des futures politiques de restructuration proposées pour rétablir les « grands » équilibres macroéconomiques qui fort malheureusement n'ont pas toujours envisagé correctement et dans ses déterminations fondatrices et ultimes la question universitaire, celle des grandes Écoles encore moins. Les interactions mutuellement bénéfiques Université-Économie n'ont pas été envisagées comme un élément moteur ou à tout le moins une composante d'avenir des diverses opérations de restructuration. Il est pourtant reconnu que la prise en compte de la capacité d'intervention des Universités et grandes Écoles consolide et pérennise le développement du pays tout entier.

Si l'on prend en compte les coûts relativement élevés de fonctionnement des grandes Écoles, l'on comprend alors mieux la détérioration du paysage de la formation et de la recherche technologique en Afrique ainsi que l'immobilisme qui les caractérise depuis un certain temps.

2. LES PREMIERS EFFORTS DE REGROUPEMENT

Malgré la faiblesse des résultats, l'on ne peut nier l'ampleur des efforts déployés depuis deux décennies au niveau des différents États africains pour engager la cohérence voire l'intégration du dispositif d'enseignement et de recherche existant ou en projet. L'on note deux mouvements convergents principaux : l'un dans le cadre d'ensembles politiques ou économiques régionaux (CEAO puis CEDEAO en Afrique occidentale par exemple), l'autre animé par la coopération multilatérale (Unesco, ACCT, AUPELF-UREF, etc.). Plusieurs modèles de régionalisation des filières et des centres d'excellence ont été tentés dans chaque cas avec plus ou moins de bonheur :

- la création d'écoles inter-États dont le financement était basé sur les contributions des États membres
- la mise en place d'institutions responsables et de substitution selon le modèle RAIST /Unesco de fédération des ressources.

La recherche d'outils de rationalisation des ressources a conduit à avancer ré-

cemment la création de filières sous-régionales de recherche judicieusement réparties entre les différentes structures participantes. Le projet UNITWIN et Chaires Unesco, le programme « Priorité Afrique » de l'Unesco ainsi que d'autres projets multilatéraux encourageants s'inscrivent dans la même dynamique du soutien à la coopération inter-universitaire avancée en faveur des pays en développement en général et de l'Afrique en particulier.

Des instances ont été créées ou mises à contribution pour concevoir, évaluer ou suivre les différentes propositions : CONFEMEN, CONFEMER, CAMES, CASTAFRICA I et II, RAIST, etc. Une place de choix revient en francophonie à l'AUPELF-UREF et au CAMES dont les efforts intégrateurs ont permis de consolider les acquis et d'explorer de nouveaux axes de coopération interuniversitaire africaine.

La caractéristique dominante de ces efforts intégrateurs est l'insignifiance de la part due aux conventions interuniversitaires. Il semble naturel, pour éviter toute bureaucratisation de la question, de supposer que la régionalisation des filières de formation et la création de pôles de recherche incombe prioritairement aux universités ellesmêmes ainsi qu'aux structures scientifiques concernées. Les États devraient apporter leur contribution dans la définition des orientations fondamentales, l'amélioration de l'environnement global et le soutien à la mise en œuvre des conventions dans le secteur et s'abstenir des interventions autoritaires en la matière.

Une autre caractéristique, importante pour les grandes Écoles, est que les instruments intégrateurs les plus efficaces à ce jour, comme le CAMES, n'ont pas véritablement pris en compte la spécificité des formations en génie dans leurs divers programmes de promotion, d'évaluation et de reconnaissance.

Les grandes Écoles africaines ont été longtemps vues comme des pendantes de l'Université et non comme des partenaires majeurs et incontournables du développement des pays concernés.

Par ailleurs, comme l'attestent les travaux du Séminaire international sur la coopération multilatérale des grandes Écoles de l'Afrique subsaharienne dans la recherche (Yamoussoukro, 28-30 juin 1995), c'est courant 1994/95 que certaines grandes Écoles africaines ont inclus la recherche dans leurs activités! Cette marginalisation des formations d'ingénieurs et de techniciens est la conséquence de la faible visibilité et de la quasi-absence des ingénieurs et des techniciens africains eux-mêmes dans les prises de décision au niveau des différentes sphères de la vie nationale et internationale. Ce qui est fort paradoxal quand on pense à leur apport réel au développement.

Ce constat qui n'est d'ailleurs pas inhérent à l'Afrique s'apparente à celui établi par la FMOI - Fédération mondiale des organisations d'ingénieurs - selon lequel les in-

génieurs et techniciens sont loin de jouer le rôle qui devrait être le leur dans la société contemporaine pourtant basée sur la technologie et le fruit de leur génie. De même, faut-il rappeler que la CITEF, créée en mai 1986, n'a réellement commencé à fonctionner que cinq ans plus tard! Il va sans dire que ces constats ne sont pas sans conséquences sur la faculté des écoles de technologie à prendre conscience d'elles-mêmes et à développer des actions de coopération solidaire.

3. PROPOSITION ET OUTILS DE RECONFIGURATION

L'importance de l'enseignement et de la recherche technologique est reconnue par tous les pays africains dans la constitution des ressources humaines indispensables au développement. Tous s'accordent également sur l'impératif de la régionalisation du dispositif en place pour circonscrire les dysfonctionnements, les insuffisances et les manques de tous ordres qui handicapent de façon endémique depuis bientôt deux décennies nos grandes Écoles et centres de recherche en technologie.

Toutefois l'unanimité est loin de se faire sur les orientations fondamentales, les stratégies, le planning et les moyens de mise en œuvre de la régionalisation. A ce niveau, plusieurs scenarii macrostructurels ont déjà été formulés dans le passé récent et de nouveaux vont l'être probablement. Cette voie, trop souvent tributaire des politiques et des États, est délibérément écartée ici pour explorer une autre, pragmatique, basée sur la participation effective et consentie des grandes Écoles et centres de recherche concernés en vue de donner une réponse concrète, adaptée et évolutive à la crise actuelle. Cette approche pose comme préalable l'identification, la connaissance précise et réciproque des institutions concernées, la définition conséquente des formes et modalités d'association par classes d'institutions, ainsi que l'établissement de critères d'excellence sur chaque classe grâce aux données mesurables, critères fondés sur l'écart entre les paramètres principaux de chaque institution et les standards existants ou à déterminer sur sa classe d'appartenance

De nos jours, les grandes Écoles (resp. les centres de recherche technologique) sont de véritables systèmes complexes, agrégeant interactivement de nombreuses et onéreuses ressources dynamiques (unités d'enseignements et de recherches propres et associées, enseignants-chercheurs, administrateurs, bailleurs de fonds, auditeurs, etc.), dont chacune, malgré ses critères de qualité et d'efficacité propres, n'en contribue pas moins à l'atteinte des finalités assignées aux systèmes respectifs à travers filières, programmes, projets et activités définis.

Les remèdes à la complexité des systèmes passent généralement par la structuration. Dans ce texte, les concepts structurants qui permettent de maîtriser la complexité des grandes Écoles et qui déterminent pour l'essentiel l'architecture de leur reconfiguration

ont pour noms : harmonisation, intégration, modernisation et financement par programmes. Ils préfigurent les outils de reconfiguration qui se rattachent à eux.

L'harmonisation des structures, procédures et pratiques de formation et de recherche s'entend, vise à développer un cadre de cohérence, de convergence ou de complémentarité entre politiques, finalités et moyens déployés en la matière au niveau de chaque entité concernée. Elle s'appuie sur les standards nationaux et régionaux objectifs de régulation de l'enseignement et de la recherche technologique, standards existants ou à bâtir, contribuant ainsi à faciliter la communication et l'interopérabilité au sein des structures impliquées. Contrairement à l'uniformisation appauvrissante et à la réglementation abusive et sclérosante, l'harmonisation participe de la structuration dynamique et promotionnelle de l'espace de formation et de recherche tout en intégrant les atouts et potentialités de chaque structure participante.

Pour y parvenir, il est proposé ici un modèle de normalisation à six strates ou couches essentielles d'interaction entre les grandes Écoles et centres de recherche technologique : la couche institution, la couche unité, la couche programme, la couche projet, la couche personnel et la couche étudiant.

- 1. La couche institution: il s'agira de typer l'unité en fonction de ses caractéristiques fondamentales et des paramètres quantifiables comme la taille (étudiants, enseignants-chercheurs, chercheurs), les unités constitutives (départements, centres et laboratoires), les cycles ou divisions d'enseignement, les diplômes délivrés, les filières et axes de recherche dominants, la base matérielle (infrastructure, laboratoires, ateliers, moyens audiovisuels, informatiques, salles spécialisées, polygones d'essais, etc.), les ressources documentaires et de reproduction (bibliothèques, centres de documentation et de consultation électronique, banques de données, facilités de reprographie et outils multimédias), les réseaux de compétences et institutionnels nationaux, africains, francophones ou autres dans lesquels l'unité est impliquée, etc. Une grande École par exemple pourrait être classée nationale, interafricaine, francophone, internationale ou autre selon qu'elle satisfait tel ou tel critère d'excellence initialement normalisé sur l'espace de ces caractéristiques et paramètres. L'ensemble des paramètres déterminant les caractères de chaque classe ainsi que le format correspondant des documents et des données sont arrêtés à ce niveau. Il mérite d'attirer l'attention sur l'aspect dynamique et structurant implicite du format au-delà de la simple identification à laquelle certains seraient enclins à le réduire.
- 2. La couche unité : ici l'on s'intéresse aux structures de base impliquées directement dans la réalisation des programmes et des projets intra ou inter-institutionnels. Il reste entendu que tous les attributs et ressources d'une institution ne sont pas nécessaires pour la réalisation d'un projet particulier et qu'une unité fonctionnelle (département, laboratoire ou structure équivalente) suffise amplement pour ce faire.

Cette dernière héritera de tous les caractères de l'institution indispensables pour la réalisation efficace et autonome de tout ou partie des programmes dans lesquels l'institution est contractuellement impliquée à travers l'unité en question. La typologie de ces unités doit être également fixée par un format approprié.

3. La couche programme: les activités principales de formation, de recherche et de prestations de l'unité concernée étant définies sous forme de programmes, il importe de formuler pour chacun d'eux la nature (stratégique, opérationnelle, prioritaire, intégrée ou fédératrice, etc.), les objectifs, les indications et approches méthodologiques de mise en œuvre, la planification et l'enchaînement dans le temps des sous-programmes, projets ou modules d'exécution constitutifs, le contenu des activités, les résultats attendus, les procédures d'évaluation, de certification ou de valorisation, de reconnaissance et d'équivalence des capacités académiques ainsi que toute autre question d'intérêt. L'ensemble de ces éléments sera fixé dans un format adéquat du modèle proposé d'harmonisation à six couches de l'enseignement et de la recherche technologique.

C'est sur la base de la similitude ou de la complémentarité des programmes existants au sein d'institutions préalablement typées que peut être facilitée la suggestion ou la formulation de propositions d'actions en coopération aussi bien que des nouveaux programmes intégrateurs et mobilisateurs africains. Des programmes stratégiques et fédérateurs seront ainsi proposés à côté des programmes opérationnels, prioritaires ou spéciaux tous normalisés pour le législateur et le gestionnaire comme pour les acteurs de terrain que sont les enseignants-chercheurs et les étudiants. Dans la perspective de la régionalisation, l'installation du doctorat, du DEA ou d'un magistère est un exemple de programme prioritaire et fédérateur pour la réalisation duquel plusieurs projets particuliers seront montés entre les grandes Écoles et centres de recherche nationaux, interafricains et francophones.

Dans les propositions de reconfiguration, une attention particulière sera portée à l'enracinement promotionnel de l'institution ou de l'unité dans son environnement économique.

4. La couche projet: il importe de savoir pour un projet son degré d'affiliation à un programme, sa nature appliquée ou fondamentale, son caractère intégrateur, multidisciplinaire et perspectif, la facilité de sa mise en œuvre, sa visibilité et son utilité sur le renforcement ou la rénovation des enseignements ou de la recherche, son incidence environnementale et son impact socio-économique, etc. La dominance des paramètres essentiels dans tel ou tel projet fournit la clé de sélection selon les contraintes du moment. Comme dans la relation entre institution et unité, un projet peut hériter de tout ou partie des attributs du programme dont il est issu ou auquel il est censé être rattaché.

Une des exigences essentielles pour la réalisation des projets est la nécessité de la collaboration de plusieurs acteurs au sein d'équipes pédagogiques, de recherche ou de prestation. Cette nécessité est prise en compte dans la couche personnel examinée plus bas.

5. La couche personnel porte sur :

• les enseignants-chercheurs y compris les chercheurs, valorisateurs et développeurs, etc. Cette sous-couche est très nuancée en dépit de la cohabitation de ses membres dans la même alma mater. En effet elle comporte des personnels à temps plein et des vacataires, des spécialistes confirmés et des assistants que l'on ne peut assimiler sans compromettre l'essor de la science et de la technologie dont un des traits marquants de nos jours est la démassification constructive du dispositif de création du savoir et de la richesse.

Un autre trait, non moins significatif, est la nécessité de structuration des acteurs en équipes d'enseignement, de recherche ou de prestation, équipes impliquées en tant que telles dans le cycle de vie des projets. Bien entendu la mobilité en leur sein, tant qu'elle ne s'assimile pas à la fuite des cerveaux, est un témoin de la qualité des personnels concernés ainsi que du dynamisme et de l'étendue des échanges inter-universitaires;

• les personnels de gestion et de soutien : administrateurs, financiers, juristes, promoteurs, documentalistes, éditeurs, techniciens de laboratoire, vulgarisateurs, etc., tous spécialisés dans le secteur grandes Écoles et centres de recherche associés. Les insuffisances notées à leur niveau justifie leur prise en compte dans le modèle et par conséquent dans les interrelations. Il est illusoire de reconfigurer les institutions concernées sans en assurer la saine administration et la gestion efficace. Il en va de même de la définition et de la mise en œuvre de structures, de procédures et d'outils adéquats correspondants.

L'épanouissement de ces personnels ainsi que l'arrivée de nouvelles forces vives sont conditionnés par l'existence et la mise en œuvre correcte d'un statut incitateur. L'on doit en tenir grand compte dans la création des nouveaux pôles universitaires de technologie.

6. La couche étudiant : c'est la couche bénéficiaire et témoin de la performance des autres couches. Plusieurs programmes et projets de mise à niveau, d'échanges ou de promotion sont envisageables à ce niveau depuis les programmes d'échanges d'étudiants du type CIME/AUPELF jusqu'à la dotation documentaire et matérielle (viatique, mallette, vade-mecum, etc.) en passant par les concours et jurys interafricains, bourses d'excellence africaines, les passerelles inter-grandes Écoles, les stages, etc. Une

attention sera prêtée à la forme et au contenu de la structuration des étudiants en clubs scientifiques, littéraires, artistiques et sportifs, en junior-entreprises, etc, autant d'indices de leur dynamisme et de leur esprit d'initiative et de responsablité. Il en est de même de leur penchant pour le troisième cycle et les études spécialisées.

Il demeure que les formats des documents de gestion de l'harmonisation ainsi qu'un échéancier assorti restent à convenir au niveau de chacune des couches identifiées. La constitution d'une si importante base de données réclame un travail préparatoire et de concertation à sa dimension ainsi que des mesures d'accompagnement appropriées pour assurer l'adhésion de toutes les forces motrices impliquées. A côté de la sensibilisation et des études nécessaires à mener, un rôle efficace pourrait être joué par un système d'échange électronique de données entre les grandes Écoles. Le projet associé qui s'intitulerait EDITERA - Echange de données informatiques de l'enseignement et de la recherche technologique en Afrique - se bâtirait progressivement et au rythme de la création de la base de données. La systématisation et l'accélération de la circulation de l'information que permet un tel réseau sont la clé de voûte de la reconfiguration. C'est grâce à elles que l'on se libère de façon significative du facteur temps dont la longueur handicape trop souvent les projets de regroupement, parce que laissant la pesanteur et les habitudes se reconstituer. Il est à noter que cette approche systématique s'appliquera autant que possible à tous les concepts essentiels de la reconfiguration.

L'intégration se propose, dans un premier temps, d'assurer sur la base du modèle d'harmonisation à six niveaux, la mobilisation de plusieurs institutions, unités ou équipes d'enseignants-chercheurs autour de programmes reconnus d'intérêt et d'actualité tant pour la connaissance que pour l'essor national et régional.

Dans un second temps, elle permettra, au vu des performances et de la conformité aux règles communautaires, l'émergence de pôles régionaux maillant les institutions, unités ou équipes qui se sont ainsi distinguées par leur excellence académique.

Il est de règle de créditer l'historicité et la durée d'un grand poids dans les processus d'intégration. Cependant, force est de convenir que l'état actuel des grandes Écoles concernées, l'impossibilité de reproduire le passé que leur impose cet état, la performance des outils de communication dont elles peuvent se doter, l'impératif extérieur de la globalisation caractéristique de cette fin de siècle à laquelle n'échappent pas les grandes Écoles d'Afrique, bref l'ensemble des conditions objectives et subjectives permettent aujourd'hui d'atténuer sensiblement le poids de la contrainte temps et du même coup d'impulser l'intégration. Celle-ci n'a pas uniquement les économies d'échelle comme finalité, mais aussi et surtout la quête de l'excellence par le truchement de la synergie et des complémentarités bénéfiques qui sont l'apanage d'un vé-

ritable partenariat bâti sur le partage des responsabilités et des risques entre les institutions participantes.

S'appuyant sur les atouts de la normalisation, elle favorise l'harmonie de fonctionnement du système dans la phase de rapprochement, en anticipant les conflits d'intérêt et de préséance, les problèmes de compatiblité et d'adaptation sans entraver ni le dynamisme des équipes, ni l'indispensable vertu de flexibilité des unités participantes. Elle n'est nullement synonyme d'embrigadement, tant il est vrai que la collaboration qui est proposée aux unités comme antidote à leur glissement vers le chaos est de type conscient et partagé.

Elle n'est pas non plus en contradiction avec le principe clé de la démassification tant des programmes que des unités et des équipes. L'intégration envisagée s'entend différentielle, i.e. respectueuse des acquis et attributs les plus valorisants et utiles des uns et des autres.

Il s'agit d'une coalition contractuelle conclue par des parties convenant librement de s'agréger en vue de surmonter les obstacles et limites actuels de croissance auxquels fait face chacune d'elles. En mettant ensemble leurs ressources propres, en coordonnant et en resserrant plus efficacement leurs actions, ensemble elles sauront mieux conquérir les ressources manquantes et fructifier leurs atouts respectifs ainsi que leur fonds commun.

Il faut souhaiter que les institutions consentent à concrétiser et à valoriser les potentialités de l'intégration nationale tout en cherchant à créer et à consolider la coopération sous-régionale et extérieure. Bien entendu elles veilleront à intensifier les échanges avec les pays développés du Nord et avant tout avec les grandes Écoles francophones dont l'appui garantit le succès de l'entreprise.

Un programme intégrateur majeur d'actualité peut être celui du diplôme ou titre d'ingénieur africain (resp. d'expert africain) qui constituera un test de la volonté des grandes Écoles, des partenaires économiques et des États à réaliser une véritable mutation dans le champ de l'enseignement et de la recherche. Ce programme à lui seul suffit, dans sa conception, sa réalisation et la collation du titre, pour mettre en œuvre le modèle d'interaction à six couches proposé ici comme moyen concourant à une reconfiguration rapide et consensuelle de l'espace de la formation et de la recherche dans les grandes Écoles et les centres de recherche associés.

L'expérience du CAMES, de l'AUPELF-UREF, de l'Unesco, de l'Union européenne ainsi que celle des grandes Écoles africaines existantes peuvent aider puissamment à la création et à la collation de ce nouveau titre unificateur et fédérateur. Par ce biais, la

régionalisation recevra une impulsion qui la propulsera sur des cimes si hautes que sa dynamique en deviendra irréversible.

Il reste entendu que pour la réalisation de ce programme INGENAF (s'il faut un acronyme pour ingénieur africain), plusieurs projets concourants relatifs aux cursus, curricula, jurys d'examen et de diplôme, stages, passerelles, etc. seront à élaborer, chacun requérant son format spécifique. Il n'en demeure pas moins vrai qu'un tel programme profile le paysage des divers programmes fédérateurs urgents à concevoir et à réaliser pour la promotion de l'école et de la technologie africaines.

La modernisation vise quant à elle l'extension et la rénovation des outils, méthodes, principes, approches et domaines de l'enseignement et de la recherche technologique. Sans attendre les bienfaits de l'intégration, chaque institution, unité, équipe ou acteur particulier se doit parallèlement de rénover son outil de travail, ses approches et ses méthodes en vue de l'intensification et de la qualification du processus d'enseignement et de recherche.

Le rôle de la modélisation dans les percées actuelles de l'enseignement et la recherche tout comme de la science n'est plus à décrire. Si elle a de tout temps existé, la modélisation doit ses lettres de noblesse en grande partie à l'informatique et présentement à ce qu'il est convenu d'appeler les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC). La dominante de ces nouvelles technologies est le recours systématique à la numérisation dans la construction et la résolution des modèles de la réalité étudiée. Il ne s'agit certes pas que des usages courants des équipements et techniques numériques qui se développent partout à une vitesse déroutante. Il est question de l'approche même et de l'attitude de l'enseignant-chercheur ainsi que de ses principes et outils de travail qui sont remis en cause dans le sens d'une intégration rénovatrice des NTIC dans l'environnemment de l'apprentissage et de la recherche. Nos grandes Écoles doivent s'y employer et s'engager résolument dans l'ère informationnelle que nous côtoyons de plus en plus.

Des séminaires et ateliers ont été organisés dans le passé sur les outils technologiques et les méthodes modernes d'accroissement de l'efficacité dans les formations en génie (Unesco [Paris, 1987], Aupelf [Dakar, 1988]). Bien d'autres ont été tenus depuis et le seront encore à l'avenir. Il s'agit d'une démarche résolue vers la rénovation des cursus, des curricula, des méthodes d'apprentissage, des protocoles de recherche, des méthodologies et outils d'évaluation des résultats, bref de l'introduction systématique des techniques d'intensification du savoir et des travaux scientifiques au sein des grandes Écoles et des futurs pôles universitaires.

Il s'agit de concentrer les ressources sur la solution des attentes actuelles, mais aussi

de briser le spectre de la perpétuation du décalage entre le Nord et le Sud, l'Afrique et le reste de la francophonie et du monde.

Les méthodes à intensification du savoir, permettant de réduire le cycle de la création, de minimiser l'écart entre l'invention et l'implémentation de solutions, d'optimiser les protocoles de recherche et les procédés de fabrication, ces méthodes alliées à d'autres facteurs sont un moyen d'y parvenir. Les futurs pôles doivent s'en inspirer pour bâtir leur propres cartes de l'avenir.

La modernisation touche également les outils de communication. La montée en puissance des inforoutes avec INTERNET en vedette, mais aussi REFER de l'AUPELF-UREF pose les jalons de la construction de l'épine dorsale pour EDITERA, ce qui facilitera la mise en œuvre de la reconfiguration du domaine. Mais d'ici là, un échange par les voies classiques et améliorées peut être envisagé à travers le support papier et les supports magnétiques (disquettes, CD-Rom, cartouches), traduisant la nécessité d'une constante adaptation du processus aux données du moment.

Enfin le *financement par programmes* à travers un fonds universitaire pour l'enseignement et la recherche est un concept structurant et stimulant clé permettant la mise en œuvre originale des trois premiers concepts. Outre le financement propre des institutions concernées, en plus des apports des divers fonds de coopération inter-universitaire, il s'agit de conférer, par la loi, aux grandes Écoles et aux centres de recherche technologique le statut d'opérateur privilégié pour tout ce qui a trait aux offres éducatives et de recherche que recèlent les volets études et assistance technique des différents projets de développement national ou régional.

Le credo du libéralisme étant le dégagement d'une plus-value au niveau de chaque PME ou unité impliquée dans le procès socio-économique en vue de sa prise en charge conséquente ou de son renforcement, l'enseignement et la recherche technologique, désormais tributaires d'institutions autonomes, devraient bénéficier d'un tel statut pour peu que l'on se soucie de leur établissement et de leur essor en tant que force motrice du développement. Si l'on convient que le développement envisagé sera de plus en plus affaire de matière grise et de moins en moins question de matières premières, tout placement pour la valorisation et le jaillissement de la ressource humaine à travers le savoir est du meilleur des investissements. C'est ainsi que les États, les ensembles régionaux, sous-régionaux et les divers opérateurs économiques apporteront un appui véritable et substantiel à la reconfiguration d'institutions viables et à l'émergence de pôles universitaires solides dans le domaine de la technologie.

4. LA COORDINATION ET LE CALENDRIER DE LA RECONFIGURATION

La Conférence des grandes Écoles africaines, proposée en juin 1995 à Yamoussoukro, est une structure qui pourrait, si elle voyait le jour, coordonner les efforts déployés dans le domaine. Elle s'appuierait sur l'AUPELF-UREF et ses réseaux spécialisés comme la CITEF et les réseaux de compétences en technologie. Le pilotage effectif sera délégué à un organe de type ternaire comprenant des membres du bureau de la Conférence des grandes Écoles africaines associés aux enseignants-chercheurs africains indépendants en qualité d'experts, aux partenaires économiques africains et aux représentants francophones et internationaux de l'enseignement supérieur et de la recherche.

La reconfiguration sera découpée en deux phases de 5 années chacune. La phase initiale comporte deux étapes. La première étape de deux ans sera consacrée à la préparation, au formatage et la validation des données d'harmonisation ainsi que l'affinage des autres composantes essentielles du projet. La seconde portera sur la mise en œuvre des premiers programmes de coopération et de reconfiguration. La deuxième phase consolidera et développera les acquis de la précédente et consacrera les pôles régionaux universitaires de technologie associant de façon synergique les grandes Écoles qui se sont distinguées à l'issue de la phase I, les centres de recherche technologique, la recherche fondamentale et la recherche appliquée. L'an 2001 est la charnière entre les deux phases.

5. CONCLUSION

C'est à travers une identification précise et rapidement construite sur une base convenue et grâce à des documents, également formatés et véhiculables sur les supports ordinaires comme sur les inforoutes, que des plages de convergence et de coopération vont se dégager sur lesquelles s'édifieront les pôles d'excellence technologique, balises fiables à l'horizon de l'an 2001 de la carte de la formation, de la recherche et des prestations dans le domaine de la technologie et des applications de la science au développement de l'Afrique. Il revient aux États et aux sous-ensembles régionaux de soutenir cet effort inédit des institutions concernées afin de donner réellement corps à la liberté et à la mobilité académique en Afrique. Ce faisant, la reconfiguration de l'espace de l'enseignement et de la recherche technologique profilera les cartes du futur immédiat de l'Afrique, mais aussi celles du développement durable du continent.

Sigles et acronymes utilisés :

CONFEMEN - Conférence (francophone) des ministres de l'Éducation CONFEMER - Conférence (francophone) des ministres de l'Enseignement et de la Recherche CAMES - Conseil africain et malgache pour l'enseignement supérieur CASTAFRICA - Conférence des ministres des États membres africains chargés de l'application de la science et de la technologie pour le développement

RAIST - Réseau africain des institutions scientifiques et technologiques

UNITWIN et Chaires UNESCO - Programme de soutien Unesco à la coopération interuniversitaire avancee en faveur des pays en développement

ERASMUS - Programme européen d'échanges d'étudiants entre pays de l'Union européenne

TEMPUS - Programme de mobilité d'étudiants entre l'Europe de l'Ouest et de l'Est.

ESPRIT - Programme stratégique européen de recherche en technologies de l'information

EUREKA - Projet européen de recherche dans les technologies de pointe

CIME - Programme AUPELF-UREF de mobilité d'étudiants

REFER - Réseau électronique francophone pour l'enseignement et la recherche

Table ronde III Faire évoluer les cursus

Taïeb Bennani

Recteur de l'Université Chouaib Doukkali Président de la Commission Nationale des Grandes Écoles d'Ingénieurs et des Classes Préparatoires

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'efficience 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 tiersmonde, 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 *tri-plement* 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 doublement 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 (doublement 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'Egypte, 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'énergétique 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.

Christian Bouquegneau

Prorecteur de la Faculté Polytechnique de Mons, Belgique

Innovation et qualité

INTRODUCTION

Au cours des V^{es} Journées Internationales de Technolgie 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, voila la clé de la réussite » ; mieux que quiconque, Bill Gatas 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...

Innover 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 plaidons 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'éclose 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 « computique-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 naıves, 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

- 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'envergure 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 devrons 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.

Faculté des Sciences Appliquées Université catholique de Louvain, Louvain la Neuve, Belgique

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 ».

1re 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 Interdisziplinaire Techniforschung, de l'Université de Darmstadt (Zentrum für Interdisziplinaire 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 » doive 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 étudiantsingénieurs, 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, 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

P. R. Dubois, J. Beedassy et R. Mohee

Faculté de Génie. Université de Maurice

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 a 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'entreprenariat 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 débuter 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 technicoscientifiques 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 débuter 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 ou 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 ellemême 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 les dits 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 INFORMATICIENS

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, soustendent 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 cogniticiens 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 grand 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 α technicien supérieur à Bac α α α 0.

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 ingenieur. 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-

diants 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.

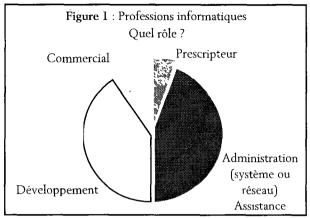
Références

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.



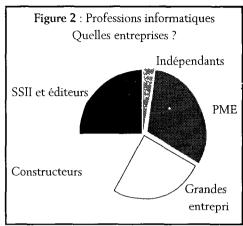


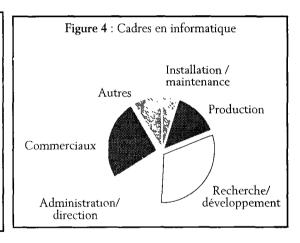
Figure 3 : Professions de l'informatique
Quel environnement de système ?

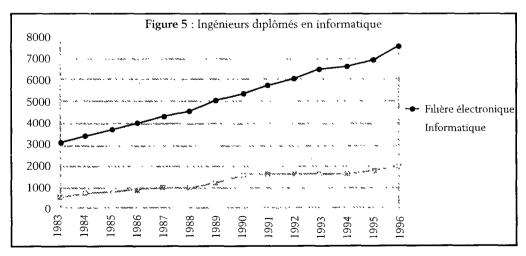
Minis et
moyens
systèmes

Micro

Grands
systèmes

UNIX et
systèmes
ouverts





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'Haiti. 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 cohabitation

- 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.

Table ronde IV Évaluer les systèmes de formation

Ahmed Friaa

Professeur à l'ENIT*

Ancien Président du CREDIT**

Conférence prononcée par Hamed Kedya, Directeur de l'ENIT

Sur l'évaluation des formations d'ingénieurs et de techniciens supérieurs

1. INTRODUCTION

Les décideurs ayant en charge l'épineux dossier de la formation sont souvent confrontés à des problèmes d'arbitrage, quant aux formations à créer ou à renforcer, entre plusieurs choix possibles, impliquant, chacun, des dépenses dont il convient d'apprécier la pertinence et l'opportunité.

Cette question devient plus pressante de nos jours du fait d'une demande sans cesse croissante, dans des spécialités où la formation est souvent coûteuse, comme c'est le cas des spécialités techniques en général.

Dans les pays en voie de développement, cette problématique est aggravée par l'étroitesse des marges de manœuvre imposée par la faiblesse des ressources mobilisables et l'importance des besoins dans d'autres domaines, au moins aussi prioritaires.

Si bien que l'évaluation des projets en général, celle des formations en particulier, devient de plus en plus indispensable et ceci relève du simple bon sens.

Elle doit intervenir à l'amont, préalablement au démarrage effectif d'une formation projetée, pour en apprécier la pertinence et le bien-fondé des choix qui y sont retenus, de même qu'à l'aval pour en évaluer les résultats, compte tenu des objectifs visés et des moyens mis en œuvre et pour y apporter éventuellement les correctifs nécessaires.

Néanmoins, cette mission d'évaluation est loin d'être facile pour de multiples raisons comme nous le verrons plus loin.

Il convient cependant de souligner d'ores et déjà que, même si elle s'appuie sur des principes généraux et universels, elle se doit, pour être efficace et concluante, de tenir compte de la spécificité de l'environnement socio-économique et culturel dans lequel elle est censée s'opérer.

Il convient également, avant d'aborder la problématique de l'évaluation en général, de procéder à une esquisse même rapide des principales mutations que vit le monde aujourd'hui et qui peuvent avoir un impact important sur la formation des ingénieurs et des techniciens supérieurs.

2. MUTATIONS ACTUELLES ET IMPACT SUR LES FORMATIONS TECHNOLOGIQUES

Les mutations rapides que connaissent les sciences et les technologies modernes avec en particulier les possibilités actuellement offertes en matière de stockage et de traitement de l'information, le développement du génie des logiciels, de l'imagerie de synthèse permettant de reproduire et de visualiser les phénomènes physiques les plus complexes et de pénétrer les secrets de la matière, toutes ces données nouvelles ont bouleversé considérablement le métier d'ingénieur et celui de technicien. Elles peuvent, par conséquent, influer sensiblement sur la méthodologie et le contenu des formations correspondantes.

En fait, l'ingénieur et le technicien se trouvent être parmi les principaux artisans de ces mutations, mais également à l'avant-garde de ceux qui en subissent les retombées.

Par ailleurs, et parallèlement à ces mutations technologiques rapides et importantes, nous assistons à une mondialisation de l'économie, à une ouverture des marchés et à une multidisciplinarité grandissante des problèmes qui deviennent plus complexes et interdépendants.

Si bien que les champs de compétence des différents spécialistes, se chevauchent et s'imbriquent faisant de la communication un enjeu majeur. Celle-ci est nécessaire aux échanges et aux indispensables contacts entre partenaires.

Par le terme « communication », on entend ici non seulement les techniques d'expression permettant l'établissement de rapports avec autrui, l'échange de messages et d'idées, le travail en équipe et l'ouverture sur l'extérieur, mais aussi la maîtrise des langues vivantes et la possession d'un minimum de culture générale, de nature à faciliter et à renforcer la coopération et l'entente mutuelle.

L'ingénieur se doit par conséquent de disposer, en plus des connaissances pratiques,

de terrain, d'aptitudes réelles à la communication. Car, et il ne faut jamais le perdre de vue, l'objectif principal de l'ingénieur et du technicien est de parvenir grâce à un dosage subtil et à un usage intelligent des sciences, des techniques, d'un savoir-faire et d'un savoir-communiquer, à concevoir, fabriquer, tester et mettre sur le marché des produits matériels ou immatériels en vue de leur commercialisation pour créer davantage de richesse.

L'ingénieur et le technicien sont et doivent être des agents de progrès et de développement durable !

Cependant et aussi paradoxalement que cela puisse paraître, c'est au moment où tout appelle à davantage de spécialisation, qu'un tronc commun, à l'ensemble des spécialités, de plus en plus large se dessine avec clarté.

Il serait à base de sciences de l'ingénieur, de langues, de techniques de communication, de sciences sociales et de connaissances de l'environnement national et international. Il serait relayé par une formation plus spécialisée et par l'apprentissage de techniques spécifiques grâce notamment à des études de cas réels, de stages et de projets en milieu professionnel ou en étroite collaboration avec celui-ci.

Ainsi, armé d'un bagage scientifique solide, d'une culture technologique suffisante, d'aptitudes à la recherche, à la communication et à la gestion, l'ingénieur fraîchement sorti des bancs de l'École ou de la Faculté serait-il capable de s'adapter facilement aux tâches qui lui seraient confiées et de se familiariser rapidement avec les technologies et les process qu'il aurait à utiliser.

Ce sont donc une formation de base solide portant surtout sur des « invariants » relayée par une formation continue bien pensée et un encadrement efficace « in situ » qui constituent la clé de la réussite de toute formation moderne de l'ingénieur et du technicien supérieur.

Pour s'adapter à ces nouvelles données, les institutions concernées sont appelées à une remise en question permanente et à une rénovation périodique de leurs méthodes de travail et des mentalités sous-jacentes.

Le succès passe désormais par la capacité à transformer d'une manière optimale les intelligences individuelles en une véritable intelligence collective, source de progrès et d'épanouissement de chacun.

Tout ceci montre à quel point les actions d'évaluation des formations concernées sont devenues à la fois indispensables mais en même temps difficiles et délicates.

Car elles portent de plus en plus sur des matériaux et des concepts en mutation rapide et continue et s'opèrent dans un système dynamique dont de nombreux aspects sont difficilement prévisibles.

3. L'ÉVALUATION DES FORMATIONS D'INGÉNIEURS ET DE TECHNICIENS : PRINCIPES GÉNÉRAUX ET DIFFICULTÉS

Quatre aspects méritent en particulier d'être couverts par toute action d'évaluation de formation d'ingénieurs ou de techniciens supérieurs :

- la pertinence, en vue de savoir si la formation concernée répond bien à des besoins actuels ou potentiels ;
- la conformité de cette formation avec le profil réellement recherché;
- l'applicabilité, en vérifiant si les plans d'études et les programmes d'enseignement sont conformes, dans la réalité, à ceux initialement établis ;
- la qualité de la formation dispensée ce qui suppose une référence tacite ou explicite à un standard, en termes de performances, et une appréciation a posteriori de la formation concernée, par le recours à des enquêtes auprès des promotions antérieures et des principaux employeurs.

Parallèlement, il convient de ne pas perdre de vue les contraintes objectives qui influent sensiblement sur la pertinence de toute évaluation sérieuse.

Celles-ci sont de différents ordres :

- Budgétaires, englobant l'ensemble des moyens matériels consentis, souvent d'ailleurs en deçà des besoins réels nécessaires ;
- Humains, relatifs aux ressources humaines mobilisées pour les besoins de la formation concernée (effectifs et qualifications);
- Socio-culturels englobant les différentes dimensions : sociales, administratives, juridiques,... dont l'impact peut s'avérer déterminant et qui doivent être pris en compte.

En fait, toute mission d'évaluation doit permettre de répondre aux deux questions principales qui sont :

- 1) Les objectifs initialement fixés sont-ils réalisés et dans quelles proportions ?
- 2) Le rapport qualité/coût est-il optimal et, d'une manière subsidiaire mais néanmoins importante, quelles mesures opérationnelles faut-il prendre pour améliorer les résultats et procéder à un meilleur usage des moyens disponibles ?

Il apparaît dès lors un certain nombre de difficultés d'ordre général. D'abord, l'identification de critères pertinents et mesurables permettant de quantifier le degré de réalisation des différents objectifs dont il est question, en admettant, ce qui n'est pas toujours le cas, que ceux-ci sont clairement définis. Prendre ensuite les précautions nécessaires pour minimiser le côté subjectif, naturellement présent dans toute entreprise de ce genre.

La question se complique davantage quand, comme c'est le cas de nos jours, l'environnement lui-même dans lequel s'effectue l'évaluation se trouve être en constante évolution.

C'est en effet après avoir précisé le type de profil recherché, c'est-à-dire après avoir identifié les besoins, que sont arrêtés les plans d'études et les programmes de formation correspondants, lesquels sont confiés, pour leur mise en application, à des enseignants et des formateurs devant répondre à des critères de qualification déterminés.

La formation est alors assurée par des institutions devant être équipées à cet effet, en collaboration dans la mesure du possible avec les milieux socio-professionnels concernés.

Mais alors comment établir et préciser des profils de formation pour répondre à une demande potentielle incertaine, dans un environnement technologique en mutation constante ?

Ce sont autant de défis lancés aux responsables de formation de même qu'aux évaluateurs. Ces défis sont encore plus redoutables s'agissant des pays en voie de développement où les moyens font souvent défaut et où l'expérience en la matière est relativement jeune.

L'échange d'expériences et la coopération véritable, et non le copiage aveugle, permettent d'asseoir la démarche sur des bases solides et d'éviter les errements, voire même les fautes, sources de gaspillage de moyens et de perte de temps inutile . Il faut cependant insister de nouveau sur l'importance d'une prise en compte effective du contexte socio-culturel dans lequel s'effectue toute entreprise d'évaluation.

4. EXPÉRIENCE TUNISIENNE EN MATIÈRE D'ÉVALUATION - LE CAS DU CREDIT

La Tunisie, pays de traditions séculaires, a opté relativement tôt pour un enseignement tourné vers la modernité en y incluant, dès la fin du siècle dernier, les mathématiques, les sciences de la nature, les langues étrangères et même des disciplines technologiques. En témoigne le collège Sadiki, crée en 1875 par le réformateur Khereddine et où se dispensaient, dans une harmonie totale, l'Algèbre, la Géométrie, la Technique, l'Arabe bien sûr mais également le Français, l'Italien et le Turc, à côté d'enseignements plus classiques de Théologie, d'Histoire et de Géographie.

On y accueillait de jeunes élèves, certes sélectionnés, mais issus des différentes couches de la population, qu'on formait dans le respect de leur appartenance culturelle, tout en leur offrant une ouverture sur l'universalité, c'est-à-dire au fond sur la tolérance et l'acception de l'autre.

Néanmoins, il a fallu attendre la fin des années 60 pour que soit créée la première École d'ingénieurs polyvalente : l'École nationale d'ingénieurs de Tunis. Elle vient de fêter, en 1994, son vingt-cinquième anniversaire non sans être fière d'avoir enfanté en si peu de temps une quinzaine d'établissements similaires, sans compter les nombreux instituts de technologie en activité ou en cours de réalisation.

La multiplication de ces institutions, leur répartition géographique à travers l'ensemble du territoire national, la recherche d'une plus grande optimisation des moyens, matériels bien sûr, mais surtout humains et d'une meilleure adéquation formationemploi rendirent indispensable la mise en place d'une structure nationale d'évaluation, de coordination et d'habilitation. C'est ainsi que fut créé en 1992 le Comité de rénovation des études d'ingénierie et technologiques (CREDIT) dont l'auteur lui échut l'honneur d'en être le premier président.

Les attributions de ce comité sont triples :

- Veiller à la qualité des formations d'ingénieurs et de techniciens supérieurs en présentant des propositions de nature à en améliorer le contenu et l'efficience, en tenant compte en particulier de l'évolution des technologies et des besoins de l'Économie nationale.
- Veiller à la cohérence de la politique de formation des ingénieurs et des techniciens supérieurs par l'institution d'une procédure d'habilitation fiable et pertinente permettant de se prononcer sur l'opportunité de créer ou d'abandonner des formations dans une spécialité donnée, selon des critères objectifs tenant compte des moyens disponibles, de l'environnement socio-économique et du coût, au sens large du terme, de ces formations.

- Assurer une mission d'audit et d'évaluation des formations d'ingénieurs et de techniciens supérieurs en vue d'une meilleure affectation des ressources humaines et matérielles et d'une plus grande adéquation entre ces formations et les besoins effectifs ou potentiels de l'Économie nationale en cadres techniques qualifiés.

Ce comité est formé de personnalités universitaires, non directement impliquées dans la gestion d'un établissement de formation, de personnalités du monde socio-professionnel, connues pour leur compétence en matière d'ingénierie et leur intérêt pour la formation de cadres techniques de haut niveau de même que de représentants d'organisations concernées (Conseil de l'ordre des ingénieurs, patronat).

Il fait, en outre, appel, chaque fois que nécessaire, à des groupes d'experts pour l'examen de questions techniques relatives à des programmes d'enseignement ou à des agencements de plans d'études. Ces experts sont choisis parmi les enseignants de l'université et les ingénieurs en activité.

La création du CREDIT a coïncidé avec la rentrée en vigueur d'une réforme des études d'ingénieurs et de techniciens supérieurs dont les caractéristiques principales sont :

- la révision de la durée des études : 5 ans pour les ingénieurs, et 2 à 3 ans pour les techniciens supérieurs ;
- l'instauration du concours d'accès aux formations d'ingénieurs après 2 années de préparation dans des Instituts spécialisés et autonomes;
- la création des Instituts supérieurs des études technologiques (ISET), spécialisés dans la formation des techniciens supérieurs, pouvant accueillir chacun jusqu'à 2000 étudiants dans de nombreuses spécialités ;
- l'adoption d'un système modulaire de formation, avec des modules obligatoires et des modules laissés au choix de l'étudiant qui participe ainsi à la confection de son cursus;
- la mise en place d'un projet ambitieux de rénovation des études universitaires, avec une dotation budgétaire importante.

Ce fut ainsi une occasion propice pour exiger de l'ensemble des établissements concernés une refonte de leurs plans d'études et de leurs programmes d'enseignement en fonction des profils de formation qu'ils auraient identifiés et dont ils auraient justifié la pertinence.

C'est ainsi que le CREDIT procède à une vaste opération d'évaluation-habilitation nécessitant parfois le recours à des missions d'audit qu'accomplirent avec beaucoup d'enthousiasme et de sérieux certains de ses membres.

Les dossiers d'habilitation sont d'abord examinés par des experts, puis discutés au sein du CREDIT. Des questions sont alors adressées par écrit aux promoteurs des projets qui sont conviés à une séance d'entretien avec les membres du comité.

L'avis de celui-ci est prononcé à la lumière des éléments suivants :

- le dossier fourni par les promoteurs du projet, éventuellement remanié;
- le rapport des experts ;
- une appréciation des besoins d'après les enquêtes déjà effectuées à cet effet et les prévisions des plans de développement économique et social ;
- les renseignements complémentaires fournis lors de la séance d'entretien avec les promoteurs du projet.

Il s'agit, à chaque fois, d'évaluer :

- l'opportunité de la formation projetée;
- sa faisabilité (ressources humaines et matérielles disponibles);
- la qualité et la cohérence des plans d'études et des programmes projetés ;
- l'environnement socio-économique du projet ;
- le coût du projet au regard d'un certain nombre d'éléments tels que le flux minimum d'étudiants prévisible.

Certes cette expérience est relativement jeune, mais il est possible d'affirmer qu'elle fut bénéfique à plusieurs titres. Elle permit en effet la mise en place, dès la rentrée 1993-94, de la réforme indiquée avec des plans d'études et des programmes d'enseignement rénovés, et un système modulaire adapté. Elle permit également de réduire, dans une large proportion, les disparités sensibles qui existaient dans l'ancien système, entre certaines formations similaires conduisant théoriquement aux mêmes qualifications. Et c'est précisément grâce à cette vaste opération d'évaluation que fut possible l'identification de certaines formations « à problèmes » : absence de débouchés, faibles effectifs, redondances, etc., et qui furent abandonnées.

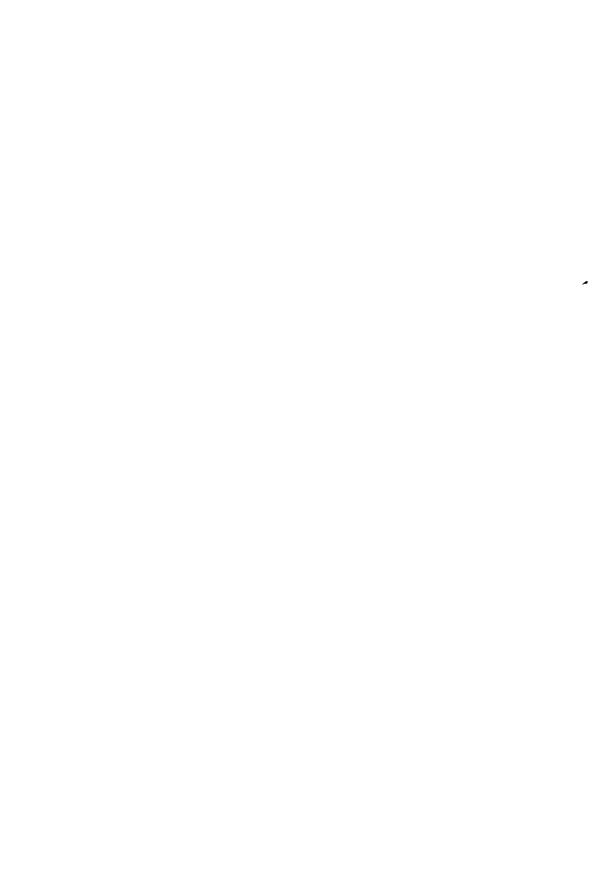
Il a fallu cependant beaucoup de temps et de patience pour vaincre certaines réticences et convaincre la communauté scientifique concernée de l'utilité d'une telle entreprise. Expliquer que l'objectif majeur n'est point de sanctionner des échecs éventuels, mais plutôt d'aider, par une analyse objective et sereine des faiblesses identifiées, à une meilleure utilisation des ressources disponibles pour aboutir à une formation de meilleure qualité, répondant à des besoins en relation avec le développement constant et durable du pays.

En conclusion, l'expérience vécue par l'auteur à la tête du CREDIT lui a permis de mesurer à quel point l'évaluation des formations d'ingénieurs et de techniciens supérieurs est difficile et délicate mais combien aussi elle est utile, féconde et passionnante par certains de ses aspects.

Elle nécessite de la patience, exige de l'humilité et permet de paraphraser un adage bien connu des économistes : « trop d'idéalisme tue les bonnes idées ! »

^{*} ENIT . École nationale des ingénieurs de Tunis

^{**} CREDIT . Comité de rénovation des études d'ingénierie et technologiques (Tunisie).



Les agréments en Amérique du Nord

LE CONSEIL CANADIEN DES INGÉNIEURS

Le Conseil canadien des ingénieurs (CCI) a été fondé en 1936 et s'appelait alors « Dominion Council of the Associations and Corporations of Professional Engineers of Canada ». Il s'agit d'un organisme national qui coordonne les activités des associations provinciales chargées de réglementer la profession. Le CCI aujourd'hui est une fédération regroupant dix associations provinciales et deux associations territoriales.

Le CCI a pour objectif premier d'aider ses associations constituantes à coordonner leurs activités dans des domaines tels que l'agrément, l'exercice de la profession, la formation et l'établissement de critères minimaux de compétence des ingénieurs. Pour atteindre ces objectifs, le CCI a élaboré un certain nombre de programmes qui sont administrés par son personnel en étroite collaboration avec quatre organismes permanents du Conseil.

Le Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie (BCAPI) approuve les programmes d'études en génie dispensés au Canada qui sont conformes ou supérieurs aux normes établies par les associations professionnelles des provinces et des territoires du Canada. De plus, il s'assure que les méthodes d'accréditation en usage dans d'autres pays sont équivalentes et acceptables, et il négocie des ententes de reconnaissance mutuelle avec les organismes dont les méthodes d'accréditation sont acceptables.

Le Bureau canadien des conditions d'admission en génie (BCCAG) s'occupe des questions relatives aux conditions d'admission à la profession d'ingénieur, particulièrement pour les candidats qui ont étudié à l'étranger et qui ne détiennent pas un diplôme reconnu.

Le Bureau canadien de conscientisation du génie (BCCG) a pour objectif premier de sensibiliser l'industrie, les gouvernements et le public au rôle important que jouent les ingénieurs pour assurer le développement et la croissance soutenus de l'économie canadienne ainsi que la création d'une richesse collective dont peuvent bénéficier tous les Canadiens.

Le Bureau canadien des ressources humaines en génie (BCRHG) constitue le service d'information statistique et économique du CCI.

Il y a plus de 156.000 ingénieurs au Canada. Ce nombre représente environ 80 % des gradués en ingénierie. Les femmes représentent 5 % de ce nombre. Il y a environ 41.000 étudiants inscrits à des programmes de génie dont 18 % sont des femmes. Chaque année environ 8.000 diplômes en génie sont accordés par les programmes accrédités du BCAPI.

LE BUREAU CANADIEN D'ACCRÉDITATION DES PROGRAMMES D'INGÉNIERIE (BCAPI)

En 1965, le Conseil canadien des ingénieurs (CCI) a établi le Bureau canadien d'accréditation (BCA), maintenant connu sous le nom de Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie (BCAPI), pour accréditer les programmes de génie qui atteignent ou même excèdent les standards exigés pour l'émission des permis d'exercice au Canada. Au 30 juin 1995, il y avait 208 programmes accrédités dans 33 établissements.

Le BCAPI est également responsable de l'évaluation des systèmes d'accréditation d'autres pays et de négocier des ententes de réciprocité avec les organismes dont les systèmes d'accréditation sont jugés acceptables par le CCI et de conseiller et aider le CCI dans toute affaire concernant la formation en génie.

Le BCAPI est composé de 13 membres bénévoles, soit le président, le vice-président, le président sortant et dix autres membres dont quatre viennent de la profession en général et un de chacun des territoires ou provinces suivants : la Colombie-Britannique ou le Yukon, l'Alberta ou les Territoires du Nord-Ouest, la Saskatchewan ou le Manitoba, l'Ontario, le Québec et les provinces à l'est du Québec.

Tous doivent être des ingénieurs enregistrés au Canada. Les membres du BCAPI sont choisis de façon à conserver le meilleur équilibre possible entre les milieux universitaires et non universitaires ; on tient compte également d'une représentativité des disciplines du génie les plus répandues. Les membres du BCAPI sont nommés par le Conseil d'administration du CCI pour des mandats de trois ans pouvant être prolongés pour une période maximale de neuf ans.

Le BCAPI se réunit trois fois par année pour formuler les décisions d'accréditation et discuter des politiques et procédures. Le rapport annuel du BCAPI décrit en détail le mandat, les normes et les procédures d'accréditation. Il inclut la liste de tous les programmes qui sont présentement accrédités ainsi que ceux qui ont déjà été accrédités.

Pour recevoir l'accréditation, des normes qualitatives et quantitatives sur le contenu du programme d'études et sur l'environnement du programme doivent être atteintes. Un programme accrédité doit inclure une demi-année de mathématiques, une demi-année de sciences fondamentales, deux années de sciences du génie et de conception en ingénierie dont chaque élément doit couvrir au moins une demi-année, ainsi qu'une demi-année d'études complémentaires. Les communications et des études traitant de l'économique de l'ingénierie et de l'impact de la technologie sur la société, des humanités et des sciences sociales sont essentielles et sont incluses dans les études complémentaires.

Des expériences de laboratoire appropriées ainsi que l'application des ordinateurs doivent faire partie intégrante du programme. Les étudiants doivent être exposés aux questions de santé et de sécurité du public et des travailleurs, à des activités innovatrices en ingénierie ainsi qu'à des travaux de recherche et de développement. L'environnement du programme est évalué en termes de la qualité des étudiants (critères d'admission, politique d'intégration d'acquis), du corps professoral (nombre, qualifications académiques, expérience) et des installations matérielles (laboratoires, bibliothèques, ordinateurs). Les membres du corps professoral chargés de l'enseignement des sciences du génie et de la conception en ingénierie doivent être membres d'une Association/ Ordre des ingénieurs au Canada.

Une visite d'accréditation ne se fait qu'à la demande expresse d'un établissement et avec l'assentiment de l'association constituante pertinente du CCI. Une équipe d'ingénieurs seniors est constituée sous la direction d'un membre du BCAPI. Un questionnaire détaillé est complété par l'établissement et transmis à l'équipe avant la visite. Une visite dure normalement deux jours. Au cours de la visite, l'équipe fait l'évaluation qualitative de facteurs tels que l'ambiance intellectuelle, le moral et l'aptitude professionnelle. Ces derniers sont évalués par le biais de rencontres avec les membres du personnel administratif de haut niveau, le corps professoral et des groupes d'étudiants ; de visites des installations et de revue de travaux d'étudiants. Une analyse qualitative et quantitative du contenu du programme d'études est effectuée afin de s'assurer qu'il rencontre les normes minimales. A la fin de la visite, l'équipe rencontre le doyen d'ingénierie et les directeurs de département responsables des programmes afin de passer en revue les points forts et les faiblesses perçus. Le président rédige un compte rendu des constatations de l'équipe sur le ou les programme(s) examiné(s)en détaillant les

points forts, les faiblesses, les convergences et les divergences en rapport avec les normes du BCAPI. Le compte rendu ne doit contenir aucune recommandation au BCAPI concernant l'accréditation. Les constatations de l'équipe telles qu'exposées dans le rapport, sont transmises à l'établissement afin d'en obtenir la réaction et pour qu'il puisse vérifier si tout est exact et complet. L'établissement peut profiter de l'occasion pour faire part d'améliorations déjà mises en place dans l'année en cours.

Pour en arriver à prendre une décision suite à une visite d'accréditation, le BCAPI prend en considération les antécédents en matière d'accréditation, les données contenues dans le questionnaire rempli par l'établissement en réponse au rapport de l'équipe de visiteurs, les réactions de l'établissement en réponse au rapport de l'équipe, toute autre correspondance explicative et toute autre information pertinente. Le doyen peut assister à la partie de la réunion du BCAPI où le rapport de l'équipe de visiteurs est présenté, mais il doit se retirer au moment où débutent les délibérations conduisant à la décision d'accréditation.

La période maximale d'accréditation peut être inférieure à six années. L'accréditation est accordée lorsque le BCAPI juge que le programme satisfait aux normes officielles du BCAPI au moment où la décision est prise. Si le BCAPI juge qu'un programme non accrédité ne satisfait pas au normes officielles du BCAPI, l'accréditation n'est pas accordée.

Tout diplômé d'un programme accrédité par le BCAPI satisfait aux standards exigés pour l'émission du permis d'exercice dans les provinces ou territoires du Canada. Aucun examen technique additionnel n'est requis. Conséquemment, il y a un lien très étroit entre l'accréditation et la réglementation professionnelle des ingénieurs. Tous les programmes au Canada sont virtuellement accrédités. Les programmes dont l'accréditation est mise en doute sont améliorés ou abandonnés par l'établissement concerné.

ÉQUIVALENCE MUTUELLE DES SYSTÈMES D'ACCRÉDITATION

Les Etats-Unis accréditent des programmes d'ingénierie depuis 1936. Le CCI a tiré parti de la richesse de leur expérience lorsqu'il a établi les critères d'accréditation au Canada. Conséquemment, des relations étroites se sont développées entre les deux organismes d'accréditation et, en 1980, une Entente équivalente mutuelle (EEM) a été signée entre le BCPAI et « l'Engineering Accreditation Commission » (EAC) de « l'Accreditation Board for Engineering and Technology » (ABET).

L'EEM reconnaît que les deux systèmes d'accréditation des programmes de génie

sont substantiellement équivalents et que les programmes accrédités par les deux organismes satisfont aux exigences académiques pour la pratique professionnelle de l'ingénierie. L'EEM inclut des activités mutuelles de suivi telles que la participation aux rencontres et aux visites d'accréditation.

Il s'avère important de noter que, bien que les deux systèmes d'accréditation soient similaires, il existe encore des différences significatives. A titre d'exemple, la BCAPI exige 3,5 années de programme d'études tandis que ABET n'en exige que 3. Par ailleurs, ABET a des normes spécifiques par programme alors que le BCAPI n'en a pas. ABET exige une expérience majeure en conception ; le BCAPI non. Au Canada, les professeurs qui enseignent les sciences du génie et la conception en ingénierie doivent être membres d'une Association/Ordre des ingénieurs du Canada ; il n'y a pas d'exigences de ce genre aux Etats-Unis.

La différence la plus importante entre le Canada et les États-Unis ne réside peut-être pas dans le système d'accréditation mais dans la politique d'émission de permis de pratique et du rôle de l'accréditation à l'intérieur de cette politique. Au Canada, les personnes désirant exercer la profession d'ingénieur doivent être membres d'une association. Aux États-Unis, la majorité des États ont une exemption dans leur législation et environ 75 % des personnes qui exercent la profession d'ingénieurs ne sont pas légalement tenus de détenir un permis d'exercice pour pratiquer la profession. Une telle exemption n'existe pas au Canada. Une distinction additionnelle porte sur le contrôle du processus d'accréditation. Au Canada, les associations qui émettent les permis d'exercice contrôlent le processus d'accréditation.

En raison de ce lien direct, les associations n'exigent aucun examen additionnel au plan technique. Aux États-Unis, le processus d'accréditation est orchestré par un organisme indépendant composé de représentants de sociétés techniques. Les associations ne jouent qu'un rôle indirect et, en plus de l'accréditation, ont ajouté des examens comme prérequis à l'exercice de la profession. L'objectif de l'EEM signée par les organismes d'accréditation portait sur l'équivalence de la préparation académique, et non sur les qualifications professionnelles.

Vers le milieu des années 1980, des pourparlers avec d'autres pays ont été entamés dans le but d'évaluer si une entente internationale pouvait être conclue. Six pays étaient impliqués : Canada, États-Unis, Royaume-Ùni, Irlande, Australie et Nouvelle-Zélande. Ces pays avaient plusieurs points en commun : 1) chacun avait un système d'évaluation pour les programmes de génie ; 2) la qualité de leurs systèmes d'éducation était comparable tel qu'en témoignait la performance des étudiants acceptés aux programmes des 2^e et 3^e cycles des autres pays ; et 3) l'anglais était la langue commune.

Les discussions initiales reconnaissaient que le but ultime était l'équivalence mutuelle des qualifications professionnelles. Cependant, il a été convenu qu'une entente relative aux systèmes d'accréditation semblait plus facile à atteindre et pouvait paver la voie à l'équivalence des qualifications professionnelles.

En 1988, des représentants des six pays se sont rencontrés à Washington, DC aux États-Unis et ont élaboré une Entente internationale d'équivalence (EIEM). Cependant, ni le Royaume-Uni, ni le Canada n'ont signé cette entente, chacun ayant des particularités qui n'étaient pas adéquatement représentées dans le libellé de l'EIEM.

L'année suivante, à l'occasion de la rencontre du « World Federation of Engineering Organizations » à Prague, la phrase « sujet à une vérification satisfaisante » était ajoutée à l'EIEM et les représentants officiels de tous les pays ont procédé à la ratification de l'entente. A cause de ses origines, l'entente est connue comme « Entente de Washington ». L'intention sous-jacente à cette entente était la même que l'EEM entre le Canada et les Etats-Unis, à savoir que les systèmes d'accréditation des programmes de génie sont substantiellement équivalents et que les diplômes de programmes accrédités par les autres organismes satisfont aux exigences académiques pour la pratique professionnelle de l'ingénierie.

Depuis la signature de l'Entente de Washington, il y a eu deux rencontres des signataires - une à Montebello, Québec, Canada en 1993 et une à Dublin, Irlande en 1995. Lors de ces deux rencontres, il est apparu évident que l'Entente de Washington avait grandement favorisé une meilleure compréhension du génie dans les autres pays et que des liens étroits s'étaient tissés. De plus, l'Entente de Washington a reçu une telle reconnaissance qu'il y a eu des demandes émanant de plusieurs pays dans le monde. A la rencontre de Montebello, l'Afrique du Sud a été admise, et à la rencontre de Dublin, Hong Kong est à son tour devenu signataire. A Dublin, qui plus est, il y a eu des observateurs du Mexique, de la Nouvelle-Guinée et de la « Fédération européenne d'associations nationales d'ingénieurs » (FEANI).

Alors que le nouveau libellé de l'Entente de Washington est élaboré, l'entente préalable demeure en vigueur avec la clause « sujet à une vérification satisfaisante ». Cependant, aucun nouveau signataire ne sera ajouté tant que le libellé final ne sera pas accepté. Il est prévu que le tout se concrétise avant la prochaine rencontre des signataires en 1997. Un autre aspect important de ces rencontres est la volonté d'aller de l'avant avec une entente portant sur les qualifications professionnelles. Cet aspect est considéré comme un élément essentiel à la mobilité mondiale des ingénieurs.

Compte tenu que le CCI n'a aucune autorité légale, il ne peut que recommander la mise en force des ententes d'équivalence mutuelles par les associations responsables de

l'émission des permis d'exercice au Canada. En général, de telles ententes ont été bien acceptées par les associations.

DÉVELOPPEMENT DE NOUVEAUX SYSTÈMES D'ACCRÉDITATION

a) Accord de libre-échange nord-américain (ALENA)

En juin 1995, dans le cadre de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA), une entente relative à l'équivalence mutuelle d'ingénieurs professionnels a été signée par des représentant du Canada, des États-Unis et du Mexique. Selon les modalités de l'entente, qui a nécessité trois années de discussions, un ingénieur professionnel diplômé d'un programme accrédité et détenant un minimum de 12 années d'expérience acceptable peut obtenir un permis de pratique temporaire sans examen technique additionnel. Les diplômés d'un programme non accrédité qui détiennent un permis de pratique doivent avoir pour leur part 16 années d'expérience acceptable. Une connaissance de la langue et de la législation est également nécessaire. Les permis de pratique temporaire peuvent être accordés pour une période de trois années ou pour la durée d'un projet.

L'objectif de l'entente vise à faciliter la mobilité des ingénieurs professionnels ayant une expérience significative. Trois prémisses étaient sous-jacentes aux négociations :

1) les ingénieurs professionnels de chacun des trois pays sont compétents ; 2) dans chaque pays, il existe un système permettant de valider la compétence individuelle ; et 3) il n'existe aucune intention de limiter la mobilité d'ingénieurs professionnels autrement que sur la base de leur compétence et de la santé et de la sécurité du public. Un élément non négligeable de cette entente a été de surmonter les obstacles reliés à différents systèmes de même qu'au fait qu'aucun système d'accréditation n'existait au Mexique. En réponse à ces négociations, le Mexique a mis en place un système d'accréditation basé sur les modèles du BCAPI et de l'ABET. La première visite d'accréditation s'est déroulée en 1995.

L'application de l'ALENA pour l'ingénierie n'est pas évidente. Obtenir l'accord de 12 juridictions autonomes au Canada, 55 aux Etats-Unis et de 32 Etats au Mexique présente un défi de taille. Le comité tripartite de négociation va poursuivre ses rencontres afin de superviser la mise en place de l'entente.

b) Union Panamericana de Associaciones de Ingenerios (UPADI)

Le CCI collabore avec l'« Union Panamericana de Associaciones de Ingenerios » (UPADI) à un projet visant à établir un cadre pour l'accréditation des programmes d'ingénierie en Amérique latine.

Le projet a débuté en 1994 avec l'appui financier de l'Agence canadienne de développement international (ACDI). Pour des raisons logistiques et financières, le projet a été limité à cinq pays - Mexique, Costa Rica, Colombie, Pérou et Chili. Les cinq pays étaient également représentatifs de la gamme de régions géographiques et de développement économique en Amérique latine. Des représentants du BCAPI et d'ABET y participent également. Les membres de l'équipe du projet ont eu l'occasion d'observer des visites d'accréditation et de participer à une réunion d'accréditation. Les représentants canadiens ont déjà visité les cinq pays d'Amérique latine afin d'amorcer les discussions avec le gouvernement et l'industrie. Il est à prévoir que les cinq pays partageront les expériences et les retombées du projet avec d'autres nations d'Amérique latine. Plusieurs retombées sont anticipées, dont notamment : 1) l'amélioration ou l'élimination de programmes d'ingénierie inférieurs aux standards internationaux ; 2) l'identification des programmes respectant les standards internationaux ; 3) la possibilité d'une reconnaissance internationale de la formation en ingénierie, augmentant ainsi la mobilité des ingénieurs d'Amérique latine à travers les Amériques ; et 4) le renforcement des liens entre les organismes d'ingénierie à travers les Amériques.

Déjà d'autres pays ont manifesté un intérêt. Le bureau régional de science et technologie de l'UNESCO pour l'Amérique latine et les Caraïbes supporte également le développement de systèmes d'accréditation pour les programmes d'ingénierie.

Il est prévu que le projet financé par l'ACDI se termine en 1997 et qu'au moins un ou deux systèmes d'accréditation aient été établis et qu'un ou deux soient en voie de développement. Bien que les contextes politiques et économiques varient grandement en Amérique latine, la clé de l'implantation réussie d'un système d'accréditation réside dans le support de l'industrie (particulièrement celles qui emploient des ingénieurs), des universités et du gouvernement (qui est responsable de la protection du public).

EN PERSPECTIVE

Dans le contexte où le monde des affaires devient de plus en plus tributaire de la technologie, le bien-être économique, social et culturel de tous les pays devient de plus en plus dépendant de l'expertise en ingénierie. Le droit de pratique est normalement limité par la loi et accordé à ceux ayant obtenu un diplôme universitaire en ingénierie et ayant acquis une expérience appropriée. La qualité des programmes universitaires en génie est donc d'importance critique au développement de tous les pays. L'accréditation constitue un outil objectif permettant de déterminer si les programmes en génie satisfont à des normes spécifiques. Les normes sont établies afin de s'assurer que les besoins de la profession et de la société sont satisfaits. Le Canada et plusieurs autres pays ont conclu qu'une formation adéquate en ingénierie se concrétisait par l'obtention d'un diplôme d'un programme accrédité.

Le succès entourant les systèmes d'accréditation s'est traduit par la signature d'ententes internationales d'équivalence. Pour le Canada, plusieurs retombées découlent de son implication à des activités internationales à savoir :

- 1. Les données sur les conditions requises à l'admission étant continuellement mises à jour, elles fournissent une information importante au processus.
- 2. L'échange d'idées et d'informations avec les autres organismes d'ingénierie fournit l'occasion d'apprendre sur les méthodes utilisées pour atteindre des objectifs similaires. Cette information peut être utilisée pour améliorer ou valider les processus au Canada.
- 3. La qualité et les réalisations des ingénieurs canadiens peuvent être mises en évidence et donc permettre d'augmenter la mobilité des ingénieurs canadiens.
- 4. La possibilité de maintenir des standards élevés dans la formation et la pratique canadienne en ingénierie est accrue.
- 5. La possibilité de partager les expériences canadiennes et d'influencer les développements reliés en formation et à la pratique du génie est également accrue.

Conséquemment, le Canada, par le biais du Conseil canadien des ingénieurs, entend continuer à apporter une contribution majeure à l'éducation, la pratique et la réglementation professionnelle des ingénieurs à l'échelle mondiale. Le Canada demeure positif et ouvert à toute possibilité de partenariat.

Références bibliographiques

- 1. Wendy Ryan-Bacon, Axel Meisen, International Engineering Accreditation, World Conference on Engineering Education, Minneapolis, MN, USA, 1995.
- 2. Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie, « Rapport annuel 1994 », Conseil canadien des ingénieurs, 401-116, rue Albert, Ottawa, Ontario, Canada, K1P5G3 (1994).
- 3. Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie, « Rapport annuel 1995 », Conseil canadien des ingénieurs, 401-116, rue Albert, Ottawa, Ontario, Canada, K1P5G3 (1995).

« Docimasie des formations d'ingénieurs »

À PROPOS DE PRÉAMBULE

Soucieux « d'évaluer » les formations d'ingénieurs dans le cadre de ces Journées Internationales de Technologie sur « les nouveaux défis des écoles d'ingénieurs », il semble opportun de commencer par répondre aux trois questions fondamentales suivantes :

- Qu'est-ce qu'un ingénieur en cette fin de notre XX^e siècle ?
- Que doit être une formation au sein d'une école pour satisfaire à la mission qui lui est dévolue à l'aube du troisième millénaire ?
- En quoi consistent les nouveaux défis d'aujourd'hui et surtout de demain?

Des réponses, issues de l'expérience et d'une certaine intuition, inductive et prédictive, s'appuyant sur une logique cartésienne en excellente harmonie avec notre culture scientifique francophone, doivent servir de base à des propositions constructives en vue des évolutions recommandables des formations d'ingénieurs et pour l'emploi d'instruments de mesure destinés à quantifier leur évaluation.

Loin d'avoir la prétention de se donner en exemple, quelques réalisations ou objectifs développés au sein de l'Institut national polytechnique de Toulouse (qui rassemble dix écoles et départements de formation) seront présentés pour illustrer des propos relatifs à cet exposé et pour conforter l'intérêt grandissant de ce sujet de réflexion qui nous rassemble.

À PROPOS DES INGÉNIEURS

Dans notre monde moderne, en perpétuel réaménagement, où les échelles d'espace et du temps ont subi des décréments nombreux et notables qui obligent à travailler dans de nouveaux référentiels homothétiques, l'**ingénieur** est doté de dimensions nouvelles couvrant un large spectre de compétences et caractérisé par de multiples critères induisant des qualificatifs variés.

Ces qualificatifs convoités peuvent traduire un rang social, une fonction dans l'entreprise, un titre de reconnaissance personnelle s'appuyant sur une qualification reconnue, un diplôme de telle ou telle école ou formation accréditée et aussi un métier dont les limites et attributions sont diverses et parfois floues.

Issu de l'homme de génie, à l'esprit ingénieux, il est devenu au fil des ans celui qui possède des connaissances scientifiques de base, qui maîtrise les technologies avancées, qui sait conduire des hommes et des projets grâce à son talent de gestionnaire et à ses capacités au travail en équipes polyculturelles. A son intuition et à son imagination, il doit pouvoir adjoindre un esprit d'analyse et de synthèse, des qualités en communication, animation, innovation, abstraction,...

Qu'il soit ingénieur de conception, de fabrication, de recherche, de gestion, de production ou de commercialisation, cet homme doit être en mesure d'utiliser simultanément son savoir, son savoir-faire, son savoir-être et de faire preuve d'une adaptabilité de tous les instants dans sa carrière intimement tributaire de son environnement et des contingences socio-économiques de son temps.

Il s'agit bien sûr, vous l'aurez remarqué, d'un profil idéalisé qui n'est toujours qu'approché à travers les qualités intrinsèques de la personne elle-même auquel doit contribuer la formation reçue pour en faire un ingénieur digne de ce nom. Sa valeur est devenue comparable à celle d'un « produit » qui comme d'autres produits sera apprécié, recherché, exporté, voire monnayé!

À PROPOS DES ÉCOLES

C'est alors qu'il nous faut parler de l'élaboration de ce « produit » qui se fait dans une école ou une formation d'ingénieurs.

Qu'elle ait une durée de cinq années après le baccalauréat ou de trois ans après une préparation de type premier cycle de deux ans, la formation qui doit réaliser un produit aussi « fini et conforme » que possible, travaille à partir d'un matériau (qu'est la personne) mis sous forme d'ébauche (modelée au cours de la préparation suivie an-

térieurement à son intégration). Les filtrages à l'entrée font partie des spécificités de chaque système qui satisfont à des critères de qualité et de compétence compatibles avec les objectifs visés. Au sein de l'enseignement secondaire et de l'enseignement supérieur, la diversification des sources d'élèves-ingénieurs contribue à la pluralité des profils tout à fait enrichissante et appréciée de leurs employeurs et de nos experts.

Qu'ils soient de type généraliste, spécialiste ou encore mixte comme le plus souvent, les accès à la qualification d'ingénieur se font à partir de formations initiale, continue, permanente, par l'apprentissage, en alternance ou encore par validation d'acquis professionnels. Une école à fort potentiel doit être en mesure d'offrir telle ou telle de ces voies de préparation car les besoins exprimés sont très divers compte tenu de la situation actuelle des pays industrialisés. Des passerelles doivent être lancées entre ces différents modes pour répondre à des changements de parcours inhérents aux cas personnels et dont la faisabilité est liée à la souplesse du système de formation. Notons qu'il s'avère toujours délicat de satisfaire à la diversité des cursus et à la cohérence nécessaire des études.

Toutes ces considérations relatives aux Écoles et formations d'ingénieurs, qu'elles soient grandes ou moins grandes, publiques ou privées, universitaires ou pas, sont empreintes des concepts d'ouverture et de partenariat. Il est largement dépassé le temps où l'élève-ingénieur s'établissait pour trois années rue des Saints-Pères ou rue de la Montagne Sainte-Geneviève comme dans un noviciat monastique et où il n'avait de contacts qu'avec les « Docteurs de la Science ».

Partenariat avec l'entreprise, principal utilisateur du « produit » et acteur de la formation qui doit jouer un rôle remarquable dans la vie de l'école :

- en accueillant des stagiaires pour effectuer des stages d'immersion, de fin d'études, de pré-embauche, indispensables à l'acquisition du métier et régis par une politique volontariste ;
- en mandatant des conseillers et experts pour infléchir les cursus dispensés à travers des conseils de perfectionnement par exemple ;
- en proposant des enseignants vacataires ou des tuteurs qui interviennent auprès des élèves pour leur transmettre quelques expériences liées à leur environnement professionnel ;
- en participant directement aux procédures de l'apprentissage et de l'alternance.

Contact avec la recherche qui est à l'origine des progrès scientifiques et techniques d'aujourd'hui et des évolutions technologiques de demain. Cette obligation est en général bien satisfaite par le corps d'enseignants-chercheurs affectés aux formations d'ingénieurs et par la cohabitation entre écoles et laboratoires, qu'elle soit administrative, thématique ou géographique. La possibilité de débuter une carrière de chercheur par le biais d'un Diplôme d'ètudes approfondies, préparé en dernière année d'école, contribue à ce rapprochement naturel indispensable.

Ouverture internationale à l'échelle de notre planète en phase avec notre époque et conforme à nos mœurs nouvelles. Cette démarche devenue systématique, qui pour être équilibrée doit être à double sens, implique la pratique de langues véhiculaires (en essayant de garder à la langue française qui nous unit ses lettres de noblesse !...), mais aussi la mise en commun de cultures qui enrichissent mutuellement ceux qui les côtoient. La société de demain sera polyculturelle ou ne sera pas. « Mettons en commun ce que l'on a de meilleur et enrichissons-nous de nos différences » écrivait Paul Valéry. A tous les niveaux des formations, voyages, missions, échanges, stages, qui s'adressent aux formés et aux formateurs, sont à privilégier autant que faire se peut.

À PROPOS DES DÉFIS

Avec ce dernier aspect, on aborde les nouveaux défis lancés aux formations d'ingénieurs. Mieux : ce qui est digne de notre intérêt est l'ingénieur de demain et, en ce sens, il est préférable de parler des futurs défis qui imposent des exigences évolutives de chaque proposition et une analyse permanente des aménagements à privilégier.

Les domaines à traiter dès aujourd'hui pour avoir quelques chances de réussite demain font l'objet de la liste non exhaustive suivante :

- le devenir de certains métiers en relation avec l'évolution des débouchés et le développement de nouvelles disciplines de transfert (urbanisme, communications et réseaux, environnement, cogni-sciences, procédés, matériaux, agro-industries,...);
- l'actualisation des savoirs et des technologies liées aux besoins des consommateurs qu'ils associent à leur bien-être ;
- les transformations de la pédagogie en relation avec les possibilités offertes par l'informatique d'assistance, les moyens multimédias de présentation de la connaissance, les techniques de communications,...;
- les extensions de formations de base à l'acquisition de « double compétence », ou de « spécialisation avancée » dans un domaine familier, ou encore l'accession à la

multidisciplinarité induite par des actions transversales entre formations classiques ;

l'introduction de disciplines plus récentes qui, bien que n'étant pas fondamentalement des sciences dures n'en sont pas moins utiles à l'adéquation de l'ingénieur à son métier. Par exemple citons la prévention des risques, la qualité, la fiabilité, l'environnement, la sécurité du travail, le droit de l'entreprise, les aspects sociaux, l'économie,...

Toutes ces considérations prospectives qui vont de l'adaptation des compétences à l'intégration de nouveaux concepts en passant par l'ajustement des flux et par la diversification des modes d'accès et des critères de recrutement sont prises en compte, à juste titre, dans les procédures d'évaluation et de certification des formations offertes, des qualifications visées et des orientations envisagées dont il va être question ciaprès.

À PROPOS DES ÉVALUATIONS

Il est patent, pour toutes les raisons évoquées qui caractérisent une large diversité de compétences associées à la richesse et à la complexité des profils, que des évaluations multiples, régulières et objectives, doivent être réalisées vis-à-vis des hommes et à travers eux des formations qu'ils ont reçues et de celles qui, en gestation, leur sont destinées.

De telles expertises, à caractère statistique ou heuristique, peuvent être situées :

- A l'amont de la formation, puisque son habilitation est la condition nécessaire à sa création d'une part, et que le choix des étudiants pour telle ou telle école est intimement lié à sa renommée qui est souvent une caution de ses qualités, d'autre part.
- Au sein et au cours de la formation qui est en examen continu lors des divers et fréquents conseils tenus auxquels il est bon de faire participer des personnalités extérieures influentes et reconnues, issues de milieux représentatifs.
- A l'aval de la formation, à travers le marché de l'emploi qui juge implicitement, lors des embauches de ses ingénieurs, ses atouts et son adéquation aux besoins exigés par nos économies modernes.

La conjonction des résultats fournis par ces instruments de mesures prédictives ou correctives, leur analyse objective, parfois critique et toujours constructive, contribuent à induire des évolutions, des réaménagements, voire des restructurations pédagogiques

régulières pour satisfaire au mieux les demandes éminemment variables, ceci en tenant compte du déphasage temporel et incontournable qu'il y a vis-à-vis de l'offre.

De telles adaptations concernent essentiellement les contenus et programmes de formation, les méthodes pédagogiques mises en œuvre, les objectifs visés, l'ensemble faisant l'objet du **projet pédagogique** qui doit être soumis à une réflexion permanente pour répondre :

- à l'émergence de nouveaux besoins,
- à l'ouverture de formations nouvelles,
- à la dynamique de l'enseignement supérieur au sein d'un environnement fluctuant,
- à la prise en considération du « retour » de la part des employeurs.

Des instances étatiques responsables cautionnent en général la mise en place des formations, leur bien-fondé, leur viabilité, leur efficacité et délivrent avec justesse et justice les habilitations nécessaires à leur création et à leur accréditation. En France, par exemple, citons le ministère en charge de l'Enseignement supérieur, la Commission des titres d'ingénieurs, le Centre d'étude des formations d'ingénieurs, le Conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche ou encore le Comité national d'évaluation des établissements publics à caractère scientifique, culturel et professionnel : il va sans dire que les précautions prises sont nombreuses vis-à-vis de la naissance et de la vie des 230 et quelques écoles d'ingénieurs françaises existantes ou de celles à venir!

Une fois la formation en phase de « production », ce sont les employeurs (formateurs, industriels, entrepreneurs, responsables de laboratoires ou d'organismes de recherche,...) qui apprécient la qualité des personnes formées. Ils doivent donc être systématiquement associés à la vie de l'école et aux procédures d'enseignement comme cela a été mentionné précédemment.

Enfin, pour faire de bons « produits » il faut non seulement de bons « outils », mais aussi de bons « matériaux » bien préparés : pour faire de bons ingénieurs, il faut recruter de bons éléments qui ont suivi de bonnes préparations ; leurs choix, très hiérarchisés entre les écoles, même s'ils peuvent être parfois influencés par des modes, des aspirations personnelles ou des considérations pratiques, constituent une évaluation assez pertinente et souvent rigoureuse de leur future école et donc de leur prochain diplôme : on doit y prêter la plus grande attention.

À PROPOS DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE

« Charité bien ordonnée commençant par soi-même », quelques modestes initiatives prises par notre établissement peuvent faire l'objet d'un intérêt général. Quatre Grandes Écoles d'ingénieurs couvrant sept domaines scientifiques et techniques, trois départements de formation à vocation multidisciplinaire et douze laboratoires de recherche ayant reçu des labels appréciés du CNRS ou de l'INRA et accueillant de nombreux étudiants-chercheurs en DEA ou en thèse, constituent un ensemble idéal pour être reconnu comme Grande Université Technologique au sein d'une ville et d'une région qui se tient à l'avant-garde du progrès technologique universel dans de nombreux secteurs d'activités.

Au cœur de ce système, complexe mais riche de possibilités, des innovations peuvent servir les objectifs qui viennent d'être développés. Citons-en brièvement quatre :

Les transferts thématiques des disciplines traditionnelles vers les métiers nouveaux. En mettant en œuvre des actions trans ersales entre unités de formation, on peut passer, au cours des études d'ingénieur, de la chimie pure aux sciences des matériaux, du génie chimique au génie des procédés, de la mécanique des fluides aux transferts énergétiques et à l'environnement, de l'électronique aux systèmes de communications et réseaux, de la biologie aux agro-industries ou encore rassembler des compétences diversifiées dans le cadre du génie des systèmes industriels, pour ne citer que quelques exemples des réalisations effectives et réussies.

La diversité évolutive des méthodes didactiques, qui vont des cours ex-cathedra classiques aux stages en entreprise à différents stades de la formation, en passant par les travaux dirigés, pratiques et d'initiation à la recherche, les enseignements assistés par ordinateur *in situ* ou à distance, ceux qui s'appuient sur des méthodes audiovisuelles sophistiquées, les visites et voyages d'études, les travaux autonomes ou de groupes; toutes ces formes comportant des évaluations personnelles ou collectives adaptées aux modes d'apprentissage. L'emploi de ces procédures modernes d'enseignement permet d'élargir notablement les domaines couverts et les publics intéressés.

La mise en place d'un Cycle préparatoire polytechnique, pour préparer de futurs élèves-ingénieurs à l'intégration dans l'une des 21 écoles des trois Instituts nationaux polytechniques. Récemment ouvertes, ces formations ont été adaptées aux besoins répertoriés par nos écoles pour optimaliser la préparation des diplômes d'ingénieurs qui y sont dispensés, tant vis-à-vis du niveau et du degré de généralité que pour ce qui est de l'adéquation au suivi des cursus thématiques disponibles. Les premiers résultats s'avèrent des plus encourageants.

La formation aux métiers de la recherche, à l'autre extrémité des missions dévolues à notre établissement, fait l'objet de beaucoup de soins et d'attention car l'insertion du nouvel ingénieur de recherche dans le monde industriel s'avère particulièrement délicate, bien qu'il soit très recherché. Il s'agit d'associer aux travaux de thèse proprement dits des mesures d'accompagnement relatives à une meilleure connaissance du monde entrepreneurial et à l'assimilation des problèmes auxquels il est confronté et dont le jeune ingénieur devra fournir rapidement des éléments de solutions.

EN GUISE DE MESSAGE

Nous venons de parcourir, à grande enjambées, quelques aspects prospectifs associés aux formations d'ingénieurs et aux défis qui leur sont adressés. Cette rapide analyse et les quelques approches stratégiques qu'elle suggère induisent des obligations de suivi : il faut être capable de mesurer l'impact des évolutions discrètes ou continues que nécessite l'actualisation des méthodes, des objectifs et des moyens rassemblés pour satisfaire aux demandes du marché de l'emploi, lui-mème à la merci de facteurs sociologiques variables qui le rendent particulièrement instable.

Des expertises fréquentes de chaque système de formation d'ingénieurs impliquent, de la part des responsables que nous sommes, une attitude dynamique assortie d'une remise en cause permanente et en temps réel des convictions et des décisions. Elle doit toucher la redéfinition d'objectifs, l'adaptation de programmes, l'évolution de méthodes, le renouvellement de matériels, l'adéquation des structures et toute transformation nécessaire au maintien de l'intérêt commun. Notre démarche doit être de type « prédictive-corrective » et faire l'objet d'une régulation « Proportionnelle Intégrale et Dérivée » comme aimeraient à le souligner des automaticiens.

De telles améliorations innovantes découlent des évaluations dont chaque responsable apprécie l'intérêt pour accomplir la tâche humaniste qu'il s'est fixée en vue de donner des formations optimales pour préparer au passionnant métier d'ingénieur dont il est comptable.

L'ingénieur de demain n'est plus seulement « l'honnête homme » du XX^e siècle, il doit être aussi dès maintenant « l'homme-orchestre » du 3^e millénaire et « l'homme de bonne volonté » de nos nouvelles sociétés.

A nous de le préparer à relever ces défis !

Vincent Mintsa Mi Eya

Conseiller technique au muistère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique Libreville - Gabon

Évaluer les systèmes de formation

Depuis les années 1960, la décennie des indépendances a eu un impact significatif sur le développement de l'enseignement supérieur en Afrique. Ceci fut très remarqué dans la croissance en nombre des institutions et des étudiants. Les gouvernements indépendants nouvellement établis ont revendiqué leur droit de souveraineté à s'approprier et à contrôler ces institutions (d'où l'échec des tentatives de création d'ensembles sous-régionaux d'enseignement supérieur). L'intention des gouvernements de chercher à contrôler les universités fut souvent conditionnée afin de les rendre plus sensibles au plan de développement. En fait, les gouvernements se soucièrent beaucoup moins des programmes que du contrôle administratif, la nomination du recteur, des doyens et chefs de départements - le but étant d'assurer le support politique ou, à tout moment, d'éliminer l'opposition de la communauté universitaire.

Depuis, de nombreux pays africains ont commencé à mettre en place des structures universitaires devant répondre aux larges besoins des populations. Il serait difficile, voire impossible, de considérer ou de mesurer l'accomplissement de ces institutions sans procéder à une évaluation.

POURQUOI L'ÉVALUATION

Le but de l'évaluation, en matière de formation, est de comparer les performances du système éducatif avec les objectifs qui lui sont assignés, en tenant compte des facteurs sociaux, culturels et politiques.

L'évaluation vise à établir clairement les résultats atteints aux différents niveaux d'un processus, en faisant ressortir ses points forts et ses points faibles afin de pouvoir en tirer des leçons. Il s'agit donc de dresser le bilan global des différentes interventions en axant l'analyse sur les résultats et l'impact obtenus et en soulignant les avantages et les inconvénients d'un projet du point de vue de ses sources de financement.

L'évaluation doit exploiter les quatre axes d'analyse suivants : le bien-fondé du projet, son efficience, son efficacité et son impact.

LE BIEN-FONDÉ

Cet axe vérifiera la cohérence du projet. D'abord en fonction du contexte socioéconomique et des besoins du pays en matière de formation, ensuite en fonction des politiques et orientations de l'aide.

Il s'agit également de vérifier la pertinence intrinsèque du projet, à savoir l'articulation des rapports entre les intrants utilisés et les extrants produits, ainsi que les buts et les objectifs visés.

Le bien-fondé concerne aussi les principes de base du projet en matière de transfert de technologie et de service.

Les stratégies ou approches utilisées, telles que la formation d'homologues et la livraison de matériel didactique sont-elles justifiées compte tenu des conditions locales de réalisation ?

Ces stratégies offrent-elles des possibilités de développement durable ?

L'EFFICIENCE

L'efficience est l'axe qui permet, au niveau opérationnel, de vérifier la qualité de la gestion du projet. Il consiste à déterminer si les résultats obtenus l'ont été dans les meilleures conditions techniques et aux meilleurs coûts. Les évaluateurs auront à examiner si l'utilisation des services, biens et équipements s'est effectuée de manière rentable et dans des conditions de gestion saines. Il s'agit donc de faire le point sur la mise en opération du projet compte tenu du rapport qualitatif et quantitatif des résultats obtenus par rapport aux moyens mis en œuvre.

L'EFFICACITÉ

L'efficacité se mesure par la vérification du degré d'atteinte des extrants, de buts et des objectifs du projet. Il s'agira de considérer les retombées du processus de transfert. Alors que l'efficience mesure les résultats opérationnels, l'efficacité mesure les résultats en terme de développement.

L'axe de l'impact concerne les retombées globales du projet et permet de juger si celui-ci rejoint réellement la finalité visée. Les évaluateurs chercheront à mesurer la

durabilité des effets (positifs ou négatifs, prévus ou imprévus) induits par le projet sur le développement du système éducatif. Les impacts, qui sont des ordres politique, économique ou social se mesurent à court, moyen ou long terme. Le succès d'un projet dépendra de son impact en terme d'effets d'entraînement positifs.

LES ÉVALUATEURS

L'évaluation doit être effectuée par un groupe d'experts. Les experts en évaluation ne doivent pas être juge et partie. Ils ne sont pas seulement des spécialistes dans les domaines qu'ils examinent ; ils doivent également être pertinents, déployer leur bon sens scientifique et technique. Dans le groupe d'évaluateurs, une idéologie, une école scientifique ou un point de vue préétabli ne doivent pas dominer. Il faut absolument qu'un équilibre, de ce point de vue, soit assuré et respecté.

Il faut veiller tout particulièrement à choisir des experts ayant à la fois la disponibilité et la crédibilité nécessaires à l'accomplissement de leur mission. De la qualité et la crédibilité des évaluateurs dépendra l'intérêt de l'évaluation. En effet, le jugement de la qualité étant de dimension nationale et internationale, l'analyse des recherches dans des disciplines nouvelles, interdisciplinaires ou marginales doit s'effectuer avec un esprit d'ouverture.

Une évolution importante des critères d'évaluation devrait, au demeurant, permettre de lever de nombreux obstacles au développement de la recherche finalisée dans les domaines pluridisciplinaires dans lesquels les chercheurs ont actuellement des difficultés à être reconnus. Dans ce sens, pour la carrière des enseignants-chercheurs, l'évaluation de l'enseignement doit être prise en compte au même titre que celle de la recherche. L'évaluation doit être un processus largement ouvert : elle doit d'abord reposer sur un dialogue sincère entre les évaluateurs et les acteurs du programme à évaluer. Ensuite, les résultats de l'investigation doivent être portés à la connaissance de la communauté. Enfin, elle doit se renouveler régulièrement avec une périodicité précise (tous les deux ou trois ans par exemple), ou à l'occasion du passage d'un programme à un autre, d'un palier à un autre.

Le suivi des recommandations ou des conclusions du groupe d'évaluation est absolument nécessaire.

CAS PRATIQUE DU GABON

Afin de répondre aux besoins du pays en matière de développement en formant des cadres adaptés à son contexte, le gouvernement gabonais a mis en place l'Université des sciences et techniques de Masuku (USTM) qui regroupe en son sein une faculté des

sciences, une école polytechnique et un Institut national supérieur agronomique et biotechnologique (INSAB).

La finalité de l'institution est la formation d'un certain type de cadres techniques : des ingénieurs, des techniciens supérieurs et des chercheurs.

Cette expérience importante dans le domaine de la formation constituait la première étape d'une large politique à l'échelon national.

Les coûts de ce projet se sont répartis entre le Gabon (84 %) et le Canada (16 %) qui a opéré par le truchement du Centre canadien d'études et de coopération internationale (CECI) de 1986 à 1991, le CEGEP Saint-Jean-sur-Richelieu de 1988 à 1992 et de 1992 à 1995.

Le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique, conscient de l'enjeu d'un tel projet dans un monde en mutation, a pensé qu'une telle institution universitaire ne peut progresser que par un processus continuel d'évaluation interne et externe. En mars et avril 1992, à la fin du programme d'assistance technique entre le Gabon et le Canada, le ministre d'alors forma une commission d'évaluation des programmes dans tous les domaines de l'École polytechnique et de la Faculté de sciences.

Une commission mixte Gabon-Canada a donc procédé à l'évaluation de l'Université des sciences et techniques de Masuku, en fin de projet. Il s'est agi de fournir à l'ACDI et au Gabon une évaluation de l'efficience et du bien-fondé du projet d'appui au département d'Électromécanique de l'École polytechnique et de la formation technique et scientifique à frais partagés. D'une part, il fallait prendre en considération la détermination du Gabon à se doter d'un système d'enseignement supérieur de qualité, et d'autre part, l'ACDI ne pouvait pas se départir de sa mission d'aide au développement. De ce fait, elle devait établir des priorités non seulement à partir des secteurs clés, mais aussi en regard des besoins des pays les plus démunis. La conjugaison heureuse de ces deux priorités a reposé nécessairement sur un certain nombre de compromis.

L'évaluation s'est déroulée dans un contexte où l'ACDI finalisait ses orientations stratégiques dans la région.

APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Dans les principes d'évaluation, l'axe de l'efficience a consisté à vérifier les données suivantes :

- l'adéquation entre les résultats obtenus et les ressources utilisées ; la compétence des ressources humaines eu égard aux tâches à accomplir ; la pertinence des choix du matériel didactique et des équipements en fonction des services à rendre ;
- la fonctionnalité de la structure de gestion du projet mis sur pied ;
- les procédures, méthodes et normes de gestion mises en place pour gérer le projet conformément à l'accord de contribution ;
- le processus de mobilisation des ressources humaines d'un pays du Nord, en l'occurrence le Canada, l'accueil et l'insertion de ces ressources dans les unités de travail au Sud, ainsi que les méthodes et les normes utilisées pour l'obtention et la livraison de biens et équipements canadiens ;
- les ententes, le système de communication, le mode d'échange d'informations et le mode de prise de décisions entre les intervenants du projet ;
- les mécanismes de planification et d'évaluation des activités mis en place ;
- le fonctionnement du principe de cogestion ;
- les modalités arrêtées pour assurer le fonctionnement optimal du principe d'homologation ;
- la qualité du système de reportage (rapports d'activités et rapports financiers) ainsi que son utilité pour le suivi du projet ;
- les goulets d'étranglement dans le fonctionnement optimal du projet.

Dans l'axe de l'efficacité il s'est agi de :

- déterminer dans quelle mesure les extrants prévus ont été réalisés et expliquer les écarts, le cas échéant;
- examiner le niveau d'appropriation relatif des extrants produits par les individus, groupes et institutions impliqués; plus particulièrement, voir à préciser si les méthodes pédagogiques et les équipements et biens fournis ont été adoptés dans leur milieu d'insertion;
- faire ressortir le degré de satisfaction des partenaires locaux quant aux services et biens fournis ;

- identifier les effets du projet sur le renforcement institutionnel des ministères de tutelle à court et à moyen terme ;
- identifier les principales contraintes à la réalisation des extrants et buts du projet.

Il s'est agi enfin de mesurer l'impact de l'institution universitaire sur :

- les relations d'adéquation entre le système éducatif et le marché de l'emploi gabonais, en particulier au niveau des secteurs où les coopérants sont intervenus ;
- l'adoption de méthodes pédagogiques par d'autres unités d'enseignement et de recherche que celles où ont été affectés les coopérants ;
- la demande en biens et services éducatifs venant d'autres secteurs que celui de l'éducation ;
- les retombées du projet d'un point de vue canadien, en termes économiques (augmentation ou non de l'exportation de services éducatifs, accroissement des revenus, impôts, etc.);
- impact à long terme sur le développement de la société et de l'économie gabonaises.

Les évaluateurs ont choisi une approche globale utilisant à la fois des instruments relativement souples et des méthodes simples pour recueillir et analyser les données à partir des sources les plus diverses.

LES ENTREVUES

La validité des données recueillies a été affinée au cours d'entretiens avec d'anciens coopérants rentrés au Canada ou restés au Gabon, ainsi qu'avec leurs supérieurs immédiats

Les documents dont ils disposaient ont également servi de base de travail : aussi bien les notes de cours que les projets éducatifs individuels, les projets de recherche, les rapports d'étape et les évaluations effectuées par les agences d'exécution.

Les méthodes utilisées pour recueillir les données ont été choisies en fonction de la nature de ces données et de leurs sources.

LA MÉTHODE DES SCÉNARIOS

La méthode des scénarios a été utilisée pour compléter les recommandations, et principalement parce qu'elle permet d'établir des hypothèses liées à certains paramètres importants.

Cette méthode favorise également la préparation de décisions en faisant varier les paramètres selon divers facteurs et en décrivant les avantages et inconvénients de chacun des scénarios.

CONCLUSION

Des résultats de cette évaluation, il est ressorti que :

- Promouvoir l'excellence en enseignement supérieur et en recherche universitaire ne peut se faire à court ou à moyen terme, mais à long terme.
- L'excellence exige de la rigueur, ce qui impose des voies et moyens particulièrement sophistiqués et coûteux pour soutenir notamment les programmes scientifiques et techniques.
- L'excellence suppose une constante remise en question des principes et des pratiques. Les premières promotions issues de l'École polytechnique trouvaient un emploi dès leur sortie. Aujourd'hui, la situation socio-économique du pays ne privilégie plus les diplômés de cette école qui ont désormais du mal à trouver un premier emploi. Cependant, les perspectives d'emploi pour les ingénieurs et les techniciens supérieurs pourraient se développer dans les PMI et les PME, œuvrant dans les secteurs intermédiaires, notamment les services d'entretien et de réparation en électromécanique. D'autant que ces secteurs les préservent des fluctuations du marché de l'emploi soumises aux aléas économiques des grandes compagnies pétrolières et minières qui constituent un des principaux pourvoyeurs d'emplois du secteur privé au Gabon.

Ces quelques conclusions indiquent à quel point l'évaluation est une opération nécessaire en ce qu'elle permet de mesurer l'efficacité d'un système éducatif et de voir s'il est en phase avec les besoins de développement du pays. Elle rend compte des aspects fondamentaux des projets, permettant des recentrages et redéfinitions d'orientations tendant vers un objectif : l'excellence technologique.

Francis Couillet, Responsable Assurance Qualité
Janusz Mielcarek, Directeur des Études
Gérard Leroy, Directeur de l'École
École d'Ingénieurs CESI - France

L'assurance de la qualité, un nouveau défi pour les Écoles d'ingénieurs

Les démarches d'assurance de la qualité mises en place dans divers secteurs de l'industrie ont pour ambition d'apporter la preuve de la maîtrise par le fournisseur des caractéristiques d'un produit que le client exige conformes à ses spécifications.

De telles démarches d'assurance de la qualité sont-elles adoptables par les prestataires de services intellectuels, et présentent-elles des intérêts particuliers dans le domaine de la formation ? Telles ont été nos interrogations, et nous souhaitons partager ici quelques-unes de nos premières conclusions et réalisations.

1. FAISABILITÉ DE LA MESURE DE LA QUALITÉ

Il convient certainement de s'interroger en premier lieu quant à la faisabilité de la mesure de la qualité d'une formation. Sans vouloir relancer les débats ancestraux quant à l'évaluation, voire les évaluations de la formation, nous nous attacherons à relever, à la lumière de la qualité industrielle, quelques particularités des produits « formation ».

L'évaluation d'un dispositif de formation nécessite la définition a priori de critères permettant d'attribuer ou de ne pas attribuer le qualificatif de « bonne formation » à un système mûrement réfléchi. On ne saura qu'après une première expérience, s'il est en mesure de correspondre aux ambitions pour lesquelles il a été créé.

Telle est bien la problématique de la qualité d'une formation : une formation n'est une formation de qualité que lorsque les « produits » finaux qui en sont issus s'avèrent être les produits recherchés. Les industriels parleraient ici de produits et de procédés spéciaux dont la réussite dépend avant tout du degré de maîtrise de l'ensemble des paramètres qui entrent en interaction.

Sans prétendre entrer dans les détails, certainement développés en d'autres communications, nous citerons quelques-uns des éléments d'une formation ayant à supporter une appréciation qualitative :

- la juste détermination des objectifs, qu'ils soient de formation ou pédagogiques, qui conditionne non seulement le dispositif de formation, mais encore le système d'évaluation des formés et du dispositif de formation;
- les règles de définition des pré-requis et de leur atteinte ;
- les modalités de réalisation du dispositif, séparées en deux grandes classes :
- les compétences et les qualités pédagogiques de ceux qui ont à intervenir au sein du dispositif de formation,
- les moyens matériels et supports pédagogiques mis à la disposition des formés.

Ainsi sommes-nous enclins, en matière de formation, à parler de qualité plus en termes de projets que de produits, et à mettre en place, parallèlement à des indicateurs de performance, un système de mesure de pertinence et de cohérence d'objectifs, moyens et méthodes.

2. VERS UN SYSTÈME QUALITÉ

Maîtriser la qualité de la formation passe par trois grandes étapes:

- 1. mettre en place un système propice à la maîtrise des paramètres de la qualité ;
- 2. mettre en place un système de mesure constante de ces paramètres ;
- 3. mettre en place un système d'amélioration de la qualité mesurée.

Ceci correspond largement aux définitions acceptées d'un système qualité.

Dans ce contexte, l'assurance de la qualité peut-elle apporter d'autres innovations qu'une tentative de systématisation d'activités que, à degrés et ampleurs divers, chaque formateur et chaque organisme de formation exercent.

Ainsi, l'une des principales difficultés de la mise en place de l'assurance de la qualité est-elle l'acceptation de l'un des multiples référentiels proposés, sous forme de charte qualité, labels, normes spécifiques ou d'ordre général.

La mise en place d'un tel système ne saurait être une garantie pour un interlocuteur extérieur à une École d'ingénieurs, que si les critères de mesure et d'obtention de la qualité sont des critères lisibles et universellement reconnus sous la forme d'un référentiel.

En France, la Commission des Titres d'Ingénieur, la Conférence des Grandes Écoles sont ainsi des organismes garants de la conformité de dispositifs de formation mis en place à des références reconnues. Dans le respect intégral de ces référentiels, nous avons été amenés à nous intéresser à un référentiel d'origine purement industrielle, le système de normes de la série ISO 9000, qui en quelques années, et à l'échelle largement internationale, est devenu un langage commun aux diverses entreprises dans lesquelles les ingénieurs que nous formons sont amenés à exercer.

3. LA NORMALISATION DE L'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

La norme ISO 9001 décline et fixe ce que doivent comprendre des systèmes d'assurance de la qualité pour ce qui concerne les relations entre un client et son fournisseur. La garantie de la conformité du système qualité à cette norme peut être donnée, sous la forme d'une certification, par un organisme accrédité, qui, en quelque sorte au nom de tous les clients, vient auditer de manière précise et factuelle les dispositions prises par le fournisseur pour maîtriser l'ensemble des paramètres constitutifs de la qualité de sa production, et ce, tout au long des différentes phases du cycle de vie du produit.

L'ambition de cette norme est de pouvoir être considérée en tant que référentiel quels que soient le type d'activité professionnelle et l'entité concernée. Les seuls éléments autorisés permettant d'interpréter diversement le texte figé de la norme consistent à établir une nuance entre produit, service, logiciel et processus continu. L'activité de formation est, bien évidemment, considérée en tant que prestation de services intellectuels.

Une telle norme, qui se veut générique, nécessite, pour qui veut l'appliquer, une interprétation en fonction du contexte et de l'activité. Cette interprétation n'est pas toujours des plus aisées. La définition de la qualité d'une formation n'est guère explicitée par la définition normalisée de la qualité : « ensemble des caractéristiques d'une entité qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés et implicites ».

Les origines de cette norme et des démarches d'assurance de la qualité sont purement industrielles. Les textes normatifs sont fortement marqués de l'empreinte de la production mécanique. L'un des vingt points de la norme ISO 9001 concerne, par exemple, « la manutention, le conditionnement, la livraison et la préservation des pro-

duits », ce qui, outre les supports pédagogiques, semble relativement éloigné des activités des Écoles d'ingénieurs. Il n'en reste pas moins, qu'après une large vague d'entreprises industrielles, de nombreuses entreprises de prestations de services s'intéressent à ce système normatif, et parmi elles, nombre d'entreprises de prestations de services intellectuels, organismes de conseil ou de formation.

La norme ISO 9001 répertorie, sous forme d'exigences, vingt points constitutifs d'un système d'assurance de la qualité, qu'il convient de comprendre en tant que système de définition de responsabilités en matière de qualité, et de dispositions prises dans le cadre de ces responsabilités pour pouvoir assurer la maîtrise de la qualité.

Nous distinguerons ces vingt points en trois grandes catégories :

La première concerne le management de la qualité au sein de l'entité soumise à assurance de la qualité. Ce management doit être exercé au plus haut niveau, notamment par la définition d'une politique en matière de qualité, la définition des fonctions et des responsabilités pour faire appliquer, pour appliquer et vérifier l'application de cette politique.

Une seconde catégorie concerne l'ensemble du cycle de vie du service concerné, qu'en matière de formation nous envisageons selon la séquence :

- détection et expression du besoin de formation ;
- ingénierie pédagogique ;
- préparation ;
- réalisation ;
- évaluation.

A ce niveau, quelques exigences de la norme nous semblent particulièrement impliquantes pour une École d'ingénieurs :

- la notion de revue de conception ;
- l'évaluation et la sélection des sous-contractants ;
- la maîtrise des procédés.

- 1. La notion industrielle de revue de conception engage à la planification de toutes les activités d'ingénierie et de développement d'une promotion. Le terme de planification est à considérer en tant qu'attribution de responsabilités et d'activités identifiées à des personnes qualifiées, la réalisation de ces activités faisant l'objet de réunions de validation à termes connus.
- 2. L'évaluation des sous-contractants consiste en la mise en place d'un système élaboré de cahier des charges des prestations demandées aux intervenants extérieurs permettant à l'issue de leurs prestations une évaluation en commun. Ce point est sans doute l'un des plus délicats à mettre en œuvre, car, s'il précise les relations entre l'intervenant et l'institution, il induit parfois des sentiments d'entrave à un exercice libéral de l'activité de face-à-face pédagogique.
- 3. La maîtrise des procédés en matière de formation passe par l'explication formalisée des méthodes pédagogiques et de l'organisation de la formation. L'esprit de l'assurance de la qualité consiste à :
- écrire ce que l'on fait,
- faire ce que l'on écrit,
- prouver que l'on a fait ce qui est écrit, ou changer ce que l'on a écrit.

Cette documentation des activités, sous forme de procédures écrites, représente un exercice certes fastidieux, mais d'une puissance extraordinaire dans l'optimisation du fonctionnement d'une entité. Il s'agit bien évidemment d'un travail collectif, qui doit mobiliser ou pour le moins concerner l'ensemble du personnel.

Fédéré autour d'un projet commun d'amélioration de la qualité, l'ensemble du personnel participe généralement de manière active à la recherche d'optimisation des modes de fonctionnement.

Cependant, tout ne se passe pas toujours sans quelque heurt. La mise à plat soulève par nature des ambiguïtés de deux ordres :

- à la systématisation de procédés, l'on opposera la nécessité de créativité,
- au démontage de circuits informels de communication largement en vigueur dans les activités de face-à-face pédagogiques et à leur restructuration en séquences logiques, l'on opposera la variété des situations rencontrées où s'exercent l'art et la manière du professionnel.

C'est qu'en fait, dans une École d'ingénieurs comme dans toute entreprise, la maîtrise de la qualité repose en premier lieu sur le management de la qualité. Il s'agit bien plus de déterminer la voie par laquelle sont réunies les conditions de réussite d'un projet de formation que de figer le processus d'une formation.

4. L'EXPÉRIENCE DU CESI D'EVRY

L'origine de notre volonté de lancer une « démarche qualité » dans notre établissement est le point de rencontre entre :

- la nature même de notre activité d'École d'ingénieurs par la voie de la formation continue qui nécessite une constante interface avec les entreprises. Et celles-ci expriment de plus en plus d'exigences et cherchent à obtenir de la part des organismes de formation les mêmes que celles qu'elles entendent obtenir de leurs fournisseurs ;
- la nécessaire évaluation et reformulation de l'organisation et des méthodes au moment où une extension des projets pédagogiques nous semble opportune pour répondre aux diverses sollicitations et demandes;
- la volonté de collaborer à notre échelle à une mouvance « qualiticienne » apparue tant dans les entreprises qui accueillent nos ingénieurs que dans les diverses instances de l'éducation et de la formation.

Notre démarche est avant tout celle d'une conduite de projet.

Une instance de référence et de décision, réunie chaque mois et intitulée Comité de pilotage, a délégué au Responsable Assurance Qualité la mission de mise en place d'un système qualité commun aux diverses activités de l'établissement.

Après une première étape, quelque peu fastidieuse de formalisation de nos activités, la mise en commun a permis de dégager points forts et points faibles. Il s'en est suivi une recherche d'optimisation et de mise sous surveillance de points ayant une influence sur la qualité. Certes, les exigences de la norme ISO 9001 n'apportent pas toujours un éclairage particulièrement aisé pour ce qui concerne une application aux activités d'enseignement.

La mise en place du système qualité a sans doute un impact direct et démonstratif bien plus important à l'interne qu'envers nos interlocuteurs, vis-à-vis desquels elle est demeurée en grande partie transparente. Nous n'en voudrons pour preuve que la redéfinition des circuits d'informations, quelque peu douloureuse à l'interne, et sans autre incidence majeure palpable de l'externe qu'une amélioration relative de leurs efficacités.

Il a pourtant fallu nous rendre compte que nos activités de prestations de service résultent, comme l'affirment les normes d'assurance de la qualité, des informations échangées lors d'une interface client-fournisseur et prendre les dispositions adéquates pour en assurer la qualité.

Dans nos activités, deux types d'acteurs en marge de notre organisation ont été concernés, à titre particulier par la mise en place du système qualité. D'autre part, les relations avec les intervenants extérieurs ont été largement reprécisées, au sein d'une charte qualité prenant en compte tant la formulation de nos exigences que l'expression de leurs avis. D'autre part, les élèves-ingénieurs participent au système qu'ils connaissent, non seulement en tant que « consommateurs », mais également en tant que force de proposition, selon des mécanismes préétablis, dont l'un des effets réside dans la « démystification » des démarches qualité abordées sur un plan encore peu concret lors des enseignements.

Au total, la mise en place d'un système qualité qui nous est apparue comme une expérience nécessaire s'est avérée être un outil de management par la qualité. Si la rencontre avec la norme ISO 9001 n'est pas toujours aisée, il en ressort des précisions de notre mode de fonctionnement dans la préparation et la réalisation de nos projets de formation. Mais également, en mettant en place un système de mesure, nous faisons l'apprentissage de notre autoévaluation. Nous ne saurions affirmer que le système d'assurance qualité nous fait réussir tout à coup. Seule l'identification de notre nonqualité permet d'améliorer la qualité de nos prestations, de celles de nos intervenants, et celles de nos élèves-ingénieurs.

Koffi-Sa Bedja

Directeur de l'École nationale supérieure d'ingénieurs Université du Bénin Lomé - Togo

Nécessité de l'évaluation des systèmes de formation

C'est avec un grand plaisir que j'ai accepté l'invitation de l'AUPELF-UREF à me rendre à cette rencontre. C'est une occasion inespérée pour moi de faire la connaissance d'un aréopage d'hommes de sciences venus d'horizons si divers, d'échanger avec des collègues et pourquoi pas de nouer des relations pour moi-même et pour l'institution que je représente ici. Je voudrais donc exprimer ma reconnaissance aux autorités de l'AU-PELF-UREF et dire mes sincères remerciements à Monsieur le Directeur de l'Institut de Technologie du Cambodge qui nous reçoit si bien.

Par ailleurs, je me sens un tout petit peu mal à l'aise, non seulement parce que je ne suis pas un excellent conférencier mais aussi et surtout parce que je ne suis pas un spécialiste des sciences de l'éducation et moins encore de l'évaluation en éducation.

Je sais mieux parler d'électronique, des lignes de transmissions que des préceptes pédagogiques de Rabelais, de Montaigne ou de Rousseau. Je suis plus à l'aise dans la manipulation des oscilloscopes, des générateurs des signaux que dans l'analyse des taxonomies des objectifs pédagogiques de Bloom, de Krathwohl, de Harrow,...

Si je n'ai pas réussi à traiter adéquatement des problèmes que vous considérez comme pertinents, veuillez m'en excuser et daignez accepter mon intervention comme une introduction à un débat que la contribution des uns et des autres enrichira.

L'évaluation est, aujourd'hui, partout. On évalue le rendement des employés dans une entreprise ; on évalue un programme (ensemble de projets) ou un projet ; on évalue les apprentissages ; on évalue aussi l'institution scolaire...

L'évaluation en éducation n'est pas une préoccupation nouvelle. Depuis quelques années déjà, elle est devenue un point névralgique de nombreuses discussions et objet

de plusieurs rencontres entre les gens de l'éducation. Si souvent l'évaluation est perçue comme une activité de l'apprentissage impliquant enseignant et apprenant, aujourd'hui l'importance de l'évaluation pour les administrateurs de l'éducation (cadres des ministères, doyens de facultés, directeurs des écoles et instituts) n'est plus à démontrer. Et je suis heureux que les organisateurs de cette rencontre aient inscrit ce sujet à l'ordre du jour.

C'est donc sous l'angle des préoccupations du gestionnaire de l'éducation que je voudrais analyser le sujet de ma communication, à savoir l'évaluation des systèmes de formation.

Il faut bien admettre que le sujet ainsi libellé est vaste et que je n'ai pas la prétention de pouvoir clarifier entièrement la question. Vous me permettrez donc d'aborder le thème en esquissant des réponses aux deux questions suivantes :

- 1 Qu'est-ce que évaluer, et que peut-on évaluer?
- 2 Pourquoi évaluer et comment le faire ?

1 - Qu'est-ce que évaluer et que peut-on évaluer?

Parce que le terme évaluation se retrouve dans tous les domaines, ses utilisateurs en font le plus souvent une définition qui est loin d'être univoque. Même dans le secteur de l'Éducation, les mots examen et évaluation sont employés l'un pour l'autre comme s'ils recouvraient, tous, la même réalité. En réalité, l'examen, c'est la mesure qui quantifie un degré de réalisation de performance ou d'atteinte d'objectifs à l'aide des tests pertinents. La mesure est une étape très importante d'un processus qui s'appelle évaluation.

En effet, pour les spécialistes, l'évaluation est un processus, une démarche qui comporte quatre étapes étroitement liées qui sont :

- les intentions (pourquoi évaluer, qu'est-ce que je veux savoir en engageant l'évaluation ?)
- la mesure (comment, avec quels instrument évaluer ?)
- le jugement (qu'est-ce que je pense des informations fournies par la mesure ?)
- la décision (qu'est-ce que je décide de faire).

Des définitions proposées par des auteurs ayant élaboré des modèles, retenons deux de celles qui se rapprochent de nos préoccupations du moment.

Pour D. Stufflebeam, l'évaluation est « un processus par lequel on délimite, obtient et fournit des informations utiles permettant de juger des décisions possibles »¹. On retrouve là, de façon un peu implicite, les différentes opérations du processus énoncé plus haut. Appliquée à un système de formation, l'évaluation :

- « établit les limites du système, le décrit et l'analyse ;
- en décrit les valeurs et les buts ;
- reflète une connaissance théorique et pratique du système ;
- identifie les besoins non satisfaits et les occasions favorables non saisies à l'intérieur du système et de l'environnement ;
- recherche de nouvelles valeurs d'orientation à l'extérieur du système. »²

Pour nous, évaluer un système de formation c'est :

- vérifier tous les aspects vitaux du système pour constituer une banque de données actives concernant son rendement;
- c'est aussi scruter l'avenir en s'interrogeant sur les futurs besoins et valeurs de la société :
- c'est enfin tirer les conclusions qui s'imposent, ou prendre des décisions qui découlent logiquement de ce long processus. Ces conclusions et décisions doivent permettre d'engager des actions de correction ou de réajustement.

Cette clarification de sens me permet, à présent, de répondre à la deuxième partie de la première question, à savoir que peut-on évaluer dans un système de formation ?

Dans un système de formation comme d'ailleurs dans toute organisation (entreprise privée, administration publique) tout est mesurable, tout est évaluable.

L'approche systémique enseigne que toute organisation d'une certaine taille a au moins cinq sous-systèmes. Et l'évaluation d'un système peut se faire à travers ces sous-systèmes. Ainsi on peut évaluer :

- le sous-système raison d'être. Ici, l'évaluation peut porter sur le niveau de réalisation

- * des missions du système (résultats obtenus dans la formation initiale, dans la formation continue, au niveau de recherche appliquée ...)
- * des profils des apprenants (leur adéquation avec les besoins du marché ou avec les emplois pour lesquels le système est censé les former)
- * des politiques de formation (filières longues, filières courtes, durée du stage).
- le sous-système psycho-social. On peut vérifier, à ce niveau, la qualité des prestations en s'interrogeant sur :
- * le personnel enseignant (sa compétence technique et son savoir-faire pédagogique ...)
- * le personnel administratif (sa qualification professionnelle ...)
- * les modes de gestion des ressources humaines (les mesures d'incitation mises en place, primes de recherche, primes de consultation, les système de communication dans l'organisation ...).
- sous-système technologique. L'évaluer peut tendre à :
- * déterminer la pertinence des méthodes pédagogiques
- * estimer le niveau et la performance des équipements (laboratoire de TP)
- * faire le point du matériel didactique (bibliothèque, supports pédagogiques)
- * apprécier la fonctionnalité des infrastructures (bâtiments des cours)
- * s'interroger sur la politique de formation du personnel enseignant (voyages d'études, séminaires, colloques, aides à apporter aux jeunes collègues ...).
- Au niveau du sous-système structurel, on peut chercher à vérifier :
- * si la répartition et la coordination des tâches permettent au système de fonctionner harmonieusement
- * si l'organigramme permet une bonne circulation des informations à l'intérieur du système.

- Au niveau du sous-système managériel (la direction de l'École, de l'Institut). On peut s'interroger sur les habiletés managérielles du doyen, du directeur ; ses capacités de diriger, de conduire les hommes vers la réalisation des missions du système.

On peut aussi s'intéresser:

- * au style de direction (autoritaire, permissif, flexible ...)
- * à la manière de répartir et de gérer les ressources (humaines, matérielles et financières ...)
- * à la manière de prendre des décisions (seul, après concertation ; en suivant une démarche logique ...).

Cette analyse des différents sous-systèmes tend en réalité à mesurer deux choses :

1 - L'efficacité du système. C'est le rapport :

2 - Le rendement du système

Résultats obtenus
= ------Ressources utilisées

Résultats obtenus
= ------
Résultats obtenus
= -------
Activités accomplies

2 - Pourquoi évaluer et comment le faire ?

Le niveau d'atteinte des missions et buts constitue l'objet principal de l'évaluation d'un système de formation. On évalue donc pour connaître exactement sa position (savoir où l'on est) par rapport aux buts fixés. Ainsi l'évaluation permet

- d'identifier les résultats ou les effets réels des actions engagées et de saisir l'écart entre ceux-ci et les prévisions initiales ;
- d'intervenir le cas échéant, pour améliorer.

Ainsi l'évaluation pour un administrateur de l'éducation peut être :

- * un instrument de contrôle (des activités, de l'efficacité des moyens, du rendement de l'institution ...)
- * un instrument de gestion et de décision : l'évaluation doit inciter à remettre en cause, à se remettre en cause, à prendre des mesures pour corriger, pour réajuster en vue d'améliorer le rendement de son institution
- * l'évaluation est enfin un acte de responsabilité. Un gestionnaire est assujetti à l'obligation de résultats. L'évaluation lui permet de rendre compte de ses actions, de rendre compte de sa gestion.

L'évaluation d'un système de formation intéresse donc, au premier chef, les cadres et les administrateurs de l'éducation qui doivent juger de la compétence des étudiants, de la qualité de l'enseignement dispensé dans les différents matières, de l'appréciation que les utilisateurs (organisations privées ou publiques) font des produits sortis du système.

Comment évaluer ?

L'évaluation ne peut plus faire l'objet d'un amateurisme même éclairé. Il existe aujourd'hui des techniques d'évaluation et donc des spécialistes en évaluation (experts, consultants, cabinets d'audit...). C'est vers eux naturellement que doit se tourner un administrateur, un doyen de faculté, un directeur d'École ou d'Institut qui se propose de recueillir des informations fiables et utiles sur son unité de formation. Malheureusement, les spécialistes ne courent pas les chemins et les moyens pour les commettre ne sont pas toujours disponibles.

A défaut d'une évaluation systématique et méthodique on peut recourir (et c'est notre cas) à deux organes qui donnent le feed-back sur les actions engagées :

 le conseil d'étude regroupant les chefs de département et le personnel enseignant.
 Il a pour principale attribution l'étude et le réaménagement des programmes d'études en fonction des difficultés d'apprentissage; - le conseil de perfectionnement qui se réunit tous les quatre ans se compose des représentants du patronat, utilisateurs des produits du système des représentants du ministère de tutelle ; des spécialistes des sciences de l'Éducation ; des représentants des anciens élèves en activité dans les entreprises, des représentants de la Direction des études et programmes de l'Université, et l'ensemble du personnel enseignant. C'est l'occasion d'avoir la rétroaction sur l'adéquation formation-emploi et de procéder à une révision des programmes, le cas échéant.

L'association des anciens élèves de l'École ou Institut, si elle existe, peut être une source d'informations (feed-back) sur les inputs et les outputs du système.

Le conseil d'étude, le conseil de perfectionnement et l'association des anciens élèves ne peuvent se substituer à une véritable évaluation, et constituent, comme on le voit, les moyens de contourner les difficultés du comment évaluer.

Comment évaluer un système pose d'abord le problème des compétences (qui peut le faire), des ressources financières et matérielles, nous l'avons évoqué plus haut.

Il pose aussi le problème d'objectif. « Pas d'évaluation correcte sans objectifs clairs » dit De Landsheere³.

Généralement l'État définit les missions de nos Écoles et Instituts dans les textes de création. Mais souvent au niveau opérationnel, nous faisons peu d'efforts pour définir les objectifs de nos actions. Le profil des étudiants par filière n'est pas toujours clairement défini, les objectifs de chaque cours ne sont pas souvent bien spécifiés (les enseignants n'ont pas tous reçu de formation pédagogique ...), peu de place à une planification rigoureuse des activités et ressources (le directeur et le doyen se retrouvent dans des tâches d'administration et de gestion sans un complément de formation...).

L'évaluation est un processus d'appréciation en quantité ou en qualité, des résultats par rapport aux objectifs assignés à une action. Il est pratiquement impossible de parler d'évaluation sans développer, au préalable, des objectifs.

Il pose enfin le problème des décisions à prendre suite à l'évaluation. La mise en œuvre des recommandations des experts et cabinets dépasse parfois la seule compétence du directeur de l'École ou du doyen de Faculté. Il faut remonter jusqu'au gouvernement, à l'Assemblée nationale pour obtenir des crédits nécessaires, modifier les textes (textes organiques, statut du personnel...) Le statut administratif (établissement public) de la plupart de nos universités et écoles en Afrique francophone peut constituer un obstacle à une gestion dynamique et diligente (lenteur administrative, lour-deur des procédures...), à une réorientation rapide des actions pour répondre aux besoins du marché de travail.

Que faire devant ces difficultés ?

- 1. La coopération interinstitutionnelle, sous-régionale et régionale bilatérale ou multilatérale peut fournir des experts, transférer le savoir-faire.
- 2. Les systèmes de formation doivent se donner les moyens de leur action en s'ouvrant au marché du travail.

S'ouvrir au marché, c'est être en permanence à l'écoute de ses besoins mais aussi et surtout contribuer à son développement par des activités de recherches appliquées, financées par des firmes et entreprises, par des études et des consultations.

Bien qu'organisations publiques et donc liées par les textes de loi, le règlement, nos Écoles et Instituts de formation doivent, à la manière des nord-américains, se donner les moyens de leurs actions en s'ouvrant au marché du travail.

S'ouvrir au marché du travail, c'est être en permanence à l'écoute de ses besoins, c'est permettre aux cadres d'entreprises d'intervenir dans la formation, c'est encourager les stages en entreprise.

Mais s'ouvrir au marché c'est aussi et surtout aider les entreprises à résoudre leurs problèmes (recherches appliquées, études et consultations). Les recettes tirées de ces activités peuvent aider à apporter au système les corrections révélées nécessaires par l'évaluation.

L'évaluation est un outil de gestion, un instrument de décision. Un système de formation régulièrement évalué a des chances d'améliorer son rendement, de maintenir ou d'accroître son efficacité à condition que l'administrateur du système accepte de se réajuster et de réajuster sa planification (buts, ressources...).

NOTES

- Stufflebeam D. et Loll. L'évaluation en Éducation et la prise de décision trad. par J. Dumas Ed NHP. Victoriaville, Québec.
- 2. Définition inspirée par Seriven ibid.
- 3. V. G. De Landsheere. Définir les objectifs pédagogiques PUF. 1977

Roger Martin

Coordonnateur des programmes de premier cycle, École polytechnique de Montréal, Québec, Canada

L'évaluation des programmes de formation d'ingénieurs à l'École polytechnique de Montréal

RÉSUMÉ

Depuis le début des années 60, l'École polytechnique, comme toutes les institutions de formation d'ingénieurs au Canada, est soumise à une visite d'agrément, au cours de laquelle le comité visiteur vérifie que les normes minimales de qualité sont bien respectées. Cette vérification a lieu tous les 6 ans.

Notre monde change, les ressources financières diminuent, le taux de chômage chez les ingénieurs n'est plus négligeable. Les ingénieurs que nous formons respectent les standards minimaux, fort bien. Mais sont-ils compétitifs ? Nos programmes sont-ils bien adaptés au monde d'aujourd'hui, et surtout au monde de demain ?

Pour répondre à ces questions, une évaluation en profondeur des 10 programmes de l'École a été décidée en juin 1994, opération qui a pris fin en décembre 1995. Ce texte décrit les procédures utilisées, les difficultés rencontrées, les considérations pratiques à prendre en compte pour la réalisation de l'opération, son coût et ses limites.

«...l'évaluation est le processus par lequel on délimite, obtient et fournit des informations utiles permettant de juger des décisions possibles...»¹

En lançant l'opération d'évaluation de ses programmes de formation du premier cycle (formation d'ingénieurs), l'École polytechnique de Montréal devait inventer un processus approprié ; les programmes d'études supérieures (maîtrise et doctorat) faisaient déjà l'objet d'évaluations périodiques, mais c'était, en 1994, la première fois qu'une opération de ce genre allait s'appliquer aux programmes de premier cycle.

1. LE CONTEXTE ÉDUCATIF AU QUÉBEC

En Amérique du Nord, le Québec fait figure originale en créant, en 1967, des « collèges d'enseignement général et professionnel » (cégeps), niveau d'enseignement qui s'intercale entre les niveaux secondaire et universitaire.

La figure 1 résume la formation typique de l'ingénieur au Québec, en la comparant à la formation française : l'École polytechnique accepte des étudiants de 19 ans, titulaires d'un « Diplôme d'études collégiales » (DEC), et leur octroie le diplôme d'ingénieur en 4 ans.

En pratique, tout titulaire du DEC n'a pas accès à l'École : cette dernière sélectionne ses candidats, sur dossier, et refuse quelque 25 % des demandes. Comme partout, les études d'ingénieur sont ardues. Le fait de ne pas imposer un concours d'entrée - ce serait presque impensable au Québec - conduit à une sélection par les résultats : 25 % des nouveaux arrivants ne « survivent » pas à la première année, 66 % obtiennent leur diplôme, au bout de 4½ ans en moyenne. Pour compléter ce portrait, l'apparition du chômage dans la profession fait réfléchir les candidats, et la diminution des contingents met en conséquence une pression financière sur les institutions. Ce contexte favorise une remise en question, qui passe d'abord par une évaluation.

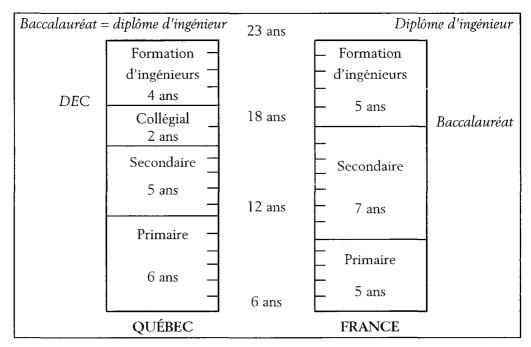


Figure 1: La formation d'un ingénieur au Québec et en France.

2. LES NORMES D'ÉVALUATION DES PROGRAMMES DE FORMATION D'INGÉNIEURS

Au Québec, comme ailleurs en Amérique du Nord, la profession d'ingénieur est régie par un « Code des professions » : seuls les membres dûment enregistrés ont le droit de porter le titre d'ingénieur ; pour pouvoir s'enregistrer auprès de l'« Ordre des ingénieurs du Québec » (OIQ), il faut avoir obtenu son diplôme d'une école ou université « accréditée », ou, si l'on est diplômé d'une autre école d'ingénieurs, prouver ses capacités en passant des examens de contrôle.

Au Canada, un organisme central regroupe les corporations professionnelles provinciales : le « Conseil canadien des ingénieurs » (CCI), qui lui-même a formé un « Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie » (BCAPI) qui a la responsabilité d'« accréditer » les programmes de formation d'ingénieurs, en s'assurant que des normes de qualité suffisante existent en ce qui concerne les programmes, les enseignants, les enseignements, le matériel pédagogique, les espaces, etc.

2.1 Les normes d'accréditation

« L'objectif des normes [...] est d'assurer une base solide en mathématiques et en sciences fondamentales, des connaissances étendues en sciences du génie et en conception en ingénierie ainsi que l'acquisition de connaissances générales des aspects non techniques qui sont complémentaires à la partie technique du programme d'études »^{it}.

Les principaux minimums à respecter sont les suivants :

- 195 UA¹ en mathématiques ;
- 225 UA en sciences fondamentales (physique, chimie, sciences de la vie et de la terre);
- 900 UA en sciences du génie et en conception en ingénierie (dont au moins 225 UA en sciences du génie et au moins 225 UA en conception en ingénierie) ;
- 225 UA en études complémentaires (humanités, sciences sociales, arts, économique de l'ingénierie, gestion et communications) ;
- 1800 UA pour l'ensemble du programme.

2.2 Les normes d'évaluation

Au Québec, les établissements universitaires ont établi une table de concertation : la « Conférence des recteurs et des principaux des universités du Québec » (CREPUQ). Cet organisme a lui-même créé une « Commission de vérification de l'évaluation des programmes » qui a un double mandat :

- elle doit d'abord vérifier que les établissements universitaires évaluent leurs programmes d'études selon des conditions et normes acceptablesⁱⁿ;
- elle doit ensuite s'assurer que les pratiques d'évaluation sont conformes à la politique en vigueur dans chacun des établissements.

3. L'ÉVALUATION DES PROGRAMMES, UNE OPÉRATION STRATÉGIQUE

3.1 La décision

Jusqu'en 1994, l'École polytechnique s'est contentée de faire accréditer ses programmes de formation d'ingénieurs par le BCAPI, s'assurant ainsi que ses diplômés respectent les normes minimales d'accès à la profession d'ingénieur.

Respecter des normes minimales, c'est bien sûr essentiel, mais ce n'est plus suffisant aujourd'hui, alors que les établissements universitaires sont soumis à une concurrence qui s'internationalise, alors que nos jeunes diplômés ne trouvent plus automatiquement un emploi à la mesure de leurs aspirations. Autrement dit, il est maintenant nécessaire de poser des questions plus difficiles : nos diplômés se comparent-ils avantageusement aux diplômés des autres institutions, les employeurs trouvent-ils chez nos diplômés tout ce qu'ils en attendent ?

Pour trouver la réponse à ces questions, l'École polytechnique a donc décidé de procéder à une évaluation conforme aux exigences de la CREPUQ; comme l'opération BCAPI devait avoir lieu en 1994, il a été décidé d'utiliser les données statistiques nécessaires à l'accréditation comme base pour une évaluation stratégique de nos programmes.

3.2 Le processus adopté

Dans l'évaluation des programmes de premier cycle, l'École veut que chaque programme soit évalué comme «un ensemble intégré, cohérent et organisé d'objectifs, d'objets d'apprentissage, d'activités d'enseignement, d'activités d'apprentissage et de ressources, orientés vers la satisfaction des besoins de formation des étudiantes et des

étudiants de même que des besoins manifestés ou anticipés dans la société ».¹º C'est pourquoi l'École veut une évaluation globale, prenant en compte, dans une vision d'ensemble, « ...les objectifs, les contenus, les méthodes d'enseignement, les moyens d'évaluation des apprentissages, la structure du programme, les ressources humaines et matérielles, etc. Dans ce contexte, l'École souhaite que chaque département évalue le degré de pertinence ainsi que le niveau de qualité de ses activités dans le programme d'études concerné »^v.

Concrètement, l'École a demandé que l'autoévaluation des programmes par les départements soit faite selon les cinq critères ci-dessous :

- le degré de rigueur scientifique et de compétence technique acquis par les étudiants dans le programme (à cette fin, une comparaison avec des programmes offerts par d'autres universités s'impose);
- le degré d'intégration des connaissances réussi par les étudiants dans le programme (ce sont surtout les commentaires des employeurs qui permettront de faire une telle évaluation);
- l'équilibre de la formation vécu dans le programme (les commentaires des diplômés et de leurs employeurs devraient en donner une juste perception) ;
- la pertinence du programme en regard des besoins (des enquêtes auprès des diplômés, des employeurs et des sociétés professionnelles permettront d'obtenir un tel indicateur) ;
- la qualité des activités pédagogiques du programme (des rencontres avec des étudiants et la synthèse des évaluations des enseignements permettront d'évaluer ce paramètre).

Pour réaliser cette opération, l'École a mis en place la structure organisationnelle de la figure 2, qui fait essentiellement appel à des services et comités déjà existants ; un comité central (CCEP) a pour rôle essentiel de coordonner l'opération et de rédiger un rapport synthèse final.

Les principales opérations sont les suivantes :

- un comité départemental (CAEP) fait l'autoévaluation du programme ; il s'appuie en cela sur :
- les commentaires faits par le BCAPI;

- les résultats d'enquêtes faites par le Service pédagogique auprès d'anciens diplômés et de leurs supérieurs immédiats ;
- la synthèse des évaluations des enseignements (par les étudiants), réalisée par le Service pédagogique ;
- des rencontres faites avec les professeurs et avec des étudiants ;
- la comparaison du programme avec ceux d'au moins deux universités de bonne réputation (dont au moins une hors Québec).

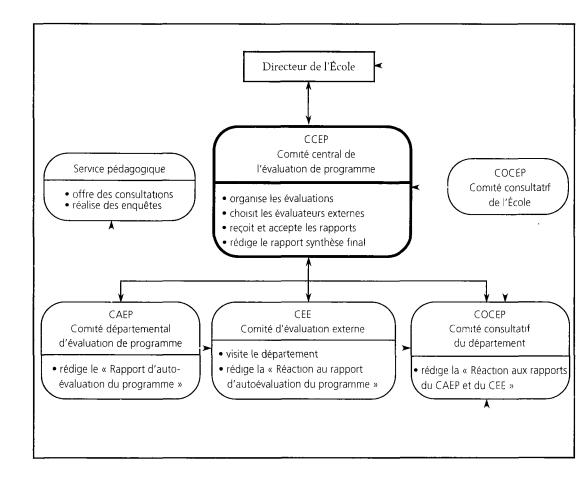


Figure 2 : Structure organisationnelle de l'évaluation des programmes.

- un comité d'évaluateurs externes (CEE) étudie le rapport fait par le CAEP, visite le département, rencontre éventuellement les personnes qu'il désire voir, et rédige un rapport qui présente sa réaction au rapport d'autoévaluation.
- le comité consultatif départemental (COCEP départemental), constitué d'ingénieurs en exercice, prend connaissance des deux rapports précédents, et fait lui-même ses commentaires dans un bref rapport ;
- le comité central d'évaluation de programme (CCEP) est composé des personnes suivantes :
- un président (ancien directeur des études de l'École) ;
- un professeur;
- le Coordonnateur des programmes de premier cycle ;
- un étudiant ;
- deux ingénieurs, l'un président du COCEP de l'École, l'autre membre du Conseil d'administration de l'École.

Ce comité, qui a un rôle central dans l'opération, reçoit les résultats des enquêtes et les différents rapports. Il a pour tâche de coordonner l'opération, d'approuver les universités choisies pour comparaison, d'approuver le choix des évaluateurs externes, et de faire une synthèse des résultats, synthèse qui se traduira par :

- des recommandations sur les enseignements communs à tous les programmes ;
- des recommandations particulières à chacun des programmes évalués.

4. LE BILAN DE L'OPÉRATION

4.1 La synthèse des évaluations

Même si l'opération n'est pas tout à fait terminée, on peut déjà voir s'amorcer des changements importants, qui porteront sur les sciences humaines, les mathématiques de base, et surtout sur l'intégration des connaissances et l'accent à mettre sur la partie conception du programme. Parallèlement, des recommandations sont à prévoir qui porteront sur l'évaluation de l'enseignement et sur l'accroissement de la participation de l'entreprise à la formation des ingénieurs. Contrairement aux opérations d'agrément

habituelles, cette évaluation débouchera donc sur une remise en question importante, qui affectera la structure même des programmes.

4.2 Les difficultés rencontrées

Certaines difficultés sont d'ordre organisationnel.

4.2.1 Données manquantes

L'enquête faite auprès des diplômés récents et de leurs employeurs a été plutôt décevante : sur plus de 1000 questionnaires expédiés (l'École accorde le diplôme à plus de 600 élèves chaque année), 281 seulement ont été renvoyés par les diplômés, et seulement 75 par leurs supérieurs immédiats.

Quand on divise ces chiffres par les 10 programmes offerts par l'École, il est clair que dans certains cas les réponses obtenues étaient inexploitables (par exemple, seulement 2 réponses d'employeurs de diplômés en génie informatique).

4.2.2 Programmes non évalués

Certaines circonstances ont empêché la réalisation complète de l'opération pour trois programmes : les discussions de fusion et de restructuration des départements responsables de ces programmes n'ont pas permis le respect des délais.

4.2.3 Retards

L'opération devait être terminée en juin 1995 ; dans la pratique, l'échéance a été reportée à décembre. Le calendrier prévu faisait suivre l'opération BCAPI par l'opération d'évaluation ; dans la pratique, cette double opération a été très exigeante pour les départements, et un décalage entre les deux évaluations sera recommandé lors de la prochaine ronde (qui est prévue, selon le rythme du BCAPI, tous les 6 ans).

D'autres problèmes sont apparus lors de l'analyse des rapports.

4.2.4 Les enseignements communs

La première année d'études, appelée tronc commun, est commune à tous les programmes, car elle finalise les connaissances fondamentales nécessaires à tout ingénieur. Les départements responsables des programmes spécialisés, bien que responsables de certains cours de cette première année, ne se sentent pas responsables d'évaluer le tronc commun dans son ensemble. Les renseignements obtenus des évaluations sont suf-

fisants pour en tirer des recommandations utiles, mais des réflexions supplémentaires sur la formation fondamentale des élèves-ingénieurs sera nécessaire. Le guide d'évaluation devra en conséquence mieux insister sur l'évaluation de la formation fondamentale.

4.2.5 La comparaison avec d'autres établissements

Plusieurs départements se sont contentés de faire une comparaison sur une base de crédits ; d'autres sont allés jusqu'à comparer des examens, ce qui est évidemment beaucoup plus révélateur. Il faudra donc mieux expliciter ce que l'École attend par cette comparaison de programmes.

4.2.6 Les évaluateurs externes

Dans un cas, le comité des évaluateurs externes s'est contenté de remarques à toutes fins pratiques inutiles sur le rapport d'autoévaluation. Pour éviter cette situation, ce que l'École attend du comité des évaluateurs externes devra être mieux explicité.

4.3 Le coût de l'opération

Le coût d'une telle opération ne doit pas être sous-estimé. Si l'on exclut les coûts indirects que constituent les nombreuses heures de travail effectuées par le personnel de l'École, les coûts directs ont été les suivants (approximatif) :

- reprographie de documents	2 000 \$
- frais de transports et de représentation à l'École	2 000 \$
- honoraires des membres externes du CCEP	15 000 \$
- honoraires des évaluateurs externes	10 000 \$
- frais de transport et d'hébergement des évaluateurs externes	6 000 \$
Total	35 000 \$

5. CONCLUSION

Mener une opération d'évaluation de programme sérieuse, à des fins stratégiques, est une opération lourde, coûteuse et difficile. En la menant pour tous ses programmes de premier cycle à la fois, l'École s'engageait dans un défi qu'elle n'a relevé qu'incomplètement, mais suffisamment toutefois pour en dégager des éléments importants pour la révision des programmes.

À l'heure où les gouvernements imposent des contraintes financières importantes, les Écoles d'ingénieurs, tout comme les autres établissements universitaires d'ailleurs, doivent se pencher sur l'efficacité de leurs actions éducatives, afin de mieux connaître leurs forces et leurs faiblesses. Nantie de ces renseignements, la direction de ces établissements pourra alors prendre les décisions éclairées qui s'imposent.

NOTES

- 1. 1 UA = 1 heure d'enseignement théorique ou 2 heures d'enseignement pratique.
- i Stufflebeam, D.L. et coll. Educational evaluation and decision making Traduit par J. Dumas, 1980, Québec; Les Éditions N.H.P. Cité par France Fontaine, Université de Montréal, 1992, dans Guide pour la création et la vision d'un programme d'études, p. 45
- ii. Bureau canadien d'accréditation des programmes d'ingénierie, Rapport annuel 1995, partie 2
- uii Commission de vérification de l'évaluation des programmes, Protocole de vérification, CREPUQ, 1994
- 1v Allaire H et Moisan C., L'évaluation des programmes de formation dans les collèges, Guide opérationnel, deuxième version, Commission de l'évaluation, juin 1993, p.11
- v. Courville L., Guide d'évaluation des programmes de premier cycle, École Polytechnique de Montréal, Projet, février 1994, p.5

Table ronde V Élargir les missions

Liens universités et entreprises

Il est intéressant de noter qu'au cours des dernières années, plusieurs organismes nord-américains ont cru opportun de se questionner sur l'avenir de la formation des ingénieurs et partant, de leur rôle dans le développement technologique et économique de leurs sociétés.

Leurs préoccupations ne se sont pas seulement limitées au niveau de la formation de premier cycle, ces études ont aussi porté sur la question beaucoup plus générale de la recherche en génie dans les universités.

A tous les niveaux de la formation de l'ingénieur, baccalauréat, maîtrise et doctorat, on reconnaît l'importance de rapidement renforcer le rapprochement amorcé entre l'université et le milieu industriel. Ces Journées Internationales de Technologie, qui ont pour objectif de débattre des nouveaux défis que doivent relever les Écoles d'ingénieurs, sont donc une excellente occasion pour faire le point sur les échanges qui existent déjà, ou ceux qui devraient exister entre ces deux mondes, celui de l'université et celui de l'entreprise, et surtout, une excellente occasion pour chercher à mieux connaître et apprécier nos besoins et objectifs respectifs, de sorte que nous puissions dans un futur immédiat maximiser ces échanges.

Pour que cet environnement se crée de façon efficace et rapide, il devient de plus en plus important que les membres de la haute direction, c'est-à-dire les recteurs d'universités et les présidents de compagnies, apprécient les cultures respectives de leurs établissements, s'engagent directement dans la formulation et la mise en œuvre de politiques reliées à la recherche, et créent des moyens de permettre à leur personnel d'échanger et de collaborer. Notre colloque vient donc à point nommé.

Tout récemment, deux importants organismes du Canada, le Conference Board du

Canada et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), unissaient leurs efforts pour la tenue d'un symposium sur les partenariats universitéindustrie en recherche et développement [1]. Les quelques 175 leaders des milieux universitaire, industriel et gouvernemental présents ont pu explorer les partenariats possibles et les moyens à mettre en œuvre pour les faciliter. On a constaté l'existence d'un écart culturel important entre les deux secteurs, cependant les dirigeants des universités et de l'industrie sont très réceptifs au concept de la collaboration en recherche et développement.

On a reconnu les rôles distincts des deux secteurs qui ne devraient pas changer. On a plutôt recommandé la définition et la reconnaissance de certains objectifs communs qui aideraient les deux secteurs à travailler ensemble.

Ayant jusqu'ici partagé presque également mes quelques années de travail d'abord dans le milieu de l'entreprise, ensuite dans le milieu universitaire, comme professeur en ingénierie, je suis particulièrement sensible à toute cette question. Je suis convaincu de l'urgence d'apporter des changements dans notre façon de former les ingénieurs, au niveau du baccalauréat, de la maîtrise et du doctorat. Je rejoins, dans ce souhait, les auteurs de plusieurs études québécoises et canadiennes.

Au Québec, le Conseil des universités a poursuivi sa réflexion sur l'étude sectorielle qui avait déjà fait l'objet d'un rapport en 1985 [2]. Suite à des consultations auprès des universités, le Conseil a produit un nouveau rapport, en 1992, « Le développement du secteur de l'ingénierie, une mise à jour » [3]. L'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ), à l'invitation du Conseil des universités, a réuni plusieurs tables de consultation sur ce sujet et a présenté un mémoire avec recommandations, en octobre 1992 [4].

Pendant cette même période, le Conseil canadien des ingénieurs (CCI) et le Comité national des doyens en génie et sciences appliquées (CNDGSA) a complété une étude sur le même sujet : « L'avenir de la formation des ingénieurs au Canada » [5]. Pour sa part, l'Académie canadienne du génie a réuni un groupe de travail qui, en septembre 1993, a présenté le résultat de ses réflexions dans un rapport intitulé « La formation des ingénieurs dans les universités canadiennes » [6].

L'Académie canadienne du génie avait, quelques années auparavant, en 1991, présenté un rapport intitulé : « La recherche en génie dans les universités canadiennes » [7]. Ce rapport ne fut pas remisé sur une tablette. Il fut en effet à l'origine d'un atelier national, organisé en avril 1992, par le CRSNG afin de faire le point sur les questions relatives à la recherche en génie. Un rapport, « Tendances 2000, l'avenir du génie au Canada » [8], fut présenté suite à cet atelier.

Cette énumération n'est pas exhaustive. On pourrait mentionner les rapports du ministère de l'Industrie de la Science et de la Technologie du Canada, de l'Association canadienne de la gestion de la recherche, du rapport de la Conférence nationale sur l'avenir du génie organisée conjointement en 1990 par Emploi et immigration Canada, le Bureau canadien des ressources humaines en génie et le CCI et de nombreuses études plus spécifiques touchant plus particulièrement certaines disciplines.

Constat intéressant, plusieurs de ces études ont porté sur la formation de l'ingénieur aux trois cycles (baccalauréat, maîtrise, doctorat). Je reviendrai tantôt à ces études. Les recommandations qu'elles contiennent auront des répercussions sur notre façon de percevoir la formation des ingénieurs et la recherche en génie au Canada. Elles proposent aussi des liens universités-entreprises à forger.

Nous ne vivons pas en vase clos et nos voisins du sud se posaient, pendant cette même période, des questions fort similaires. Vous avez sans doute entendu parler du rapport « Made in America » [9] publié en 1989 par la Commission sur la productivité industrielle mise sur pied par le MIT aux États-Unis. Cette commission avait pour mission de découvrir les faiblesses qui expliqueraient les piètres performances de l'industrie américaine dans le développement des produits. Il y a deux causes qui furent particulièrement bien identifiées :

- 1. les lacunes dans la formation en design, fabrication et production qui se répercutaient directement dans les industries manufacturières,
- 2. le peu d'importance accordée au travail d'équipe qui se traduisait par un manque de coopération, les spécialistes se complaisant dans leur petit monde spécialisé...

J'ai lu quelque part qu'un président d'une importante firme japonaise s'était permis la boutade suivante auprès d'un collègue américain : « Aux États-Unis vous avez de merveilleuses équipes d'étoiles, mais je constate toutefois que vos équipes sont souvent perdantes... »

Le rapport du MIT a établi clairement que des coups de barre importants étaient nécessaires, particulièrement au niveau de la formation des ingénieurs, pour redonner une place importante au secteur design/fabrication et au développement de l'esprit d'équipe. On retrouve ces préoccupations dans les études canadiennes.

En août 1992, toujours aux États-Unis, l'Engineering Foundation a tenu une conférence de trois jours à Santa Barbara : « Making an Engineer, Learning from International Comparisons » [10]. Y ont participé, des industriels et des éducateurs provenant du Japon, de l'Allemagne, de l'Angleterre, d'Israël, des États-Unis et du Canada.

Pour résumer le résultat de cette conférence, on peut dire que chaque pays teinte à sa façon son cadre de formation qui est ainsi différent de celui des autres. Cependant, ces systèmes ont un objectif commun, celui de former des ingénieurs qui sauront concevoir, produire et faire le marketing de produits destinés à un marché global. Un autre rapport américain, « A Vision for the Future of US Engineers » [11] publié aussi en 1992 par la National Society of Professional Engineers, prévoit que l'ingénieur américain du 21e siècle aura une formation de base plus étendue et recherchera des diplômes d'études supérieures plus spécialisés.

Si nous revenions maintenant aux études canadiennes.

Quels messages intéressants ces nombreuses études mentionnées plus haut nous livrent-elles ? Sont-ils divergents ou convergents ? Rejoignent-ils les préoccupations internationales ?

Je vous cite un passage du rapport 1992 du Conseil des universités du Québec [3]: « D'importants changements se préparent au chapitre de la formation initiale en ingénierie à l'échelle de l'Amérique du Nord. Les réformes des programmes s'inspireront d'une définition renouvelée du rôle de l'ingénieur, vu moins comme un scientifique aux connaissances très spécialisées et très fouillées, et plus comme un innovateur, un expert de la synthèse des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques dans le design et la production de biens et de services, dans la gestion des technologies. » Dans le paragraphe suivant le Conseil poursuit en invitant les établissements universitaires à accélérer leurs travaux de révision des programmes de premier cycle pour répondre aux attentes nouvelles formulées à l'endroit des ingénieurs.

A tous les niveaux de la formation de l'ingénieur, baccalauréat, maîtrise et doctorat, on reconnaît dans ces études l'importance de rapidement renforcer le rapprochement amorcé entre l'université et le secteur industriel. Par exemple dans le rapport CCI/CNDGSA [5] on propose plus spécifiquement certains objectifs :

Au niveau du 1er cycle

- Développement de la compétence des étudiants pour le design et la solution de problèmes pratiques.
 - Développement des qualités de leadership et de travail d'équipe.
 - Contacts avec la pratique du génie.

Au niveau des études supérieures (2^e et 3^e cycle)

• Participation des ingénieurs de l'industrie.

En effet, l'enseignement à temps partiel et la participation à des projets de recherche de gens de l'industrie pourraient contribuer à orienter certains travaux de cycles supérieurs vers des problèmes industriels et faciliter les transferts de technologie.

• La création de programmes spécialisés de maîtrise.

Cette démarche est déjà bien établie chez nous en génie aérospatial. 14 entreprises et 5 universités travaillent conjointement dans ce secteur. Une démarche similaire vient de démarcre en génie logiciel.

• L'augmentation de l'appui financier aux étudiants de cycles supérieurs.

La mise en marche d'un plus grand nombre de projets université/industrie impliquant des étudiants gradués est possible.

Le rapport CCI/CNDGSA a aussi fait des recommandations concernant le corps professoral. Par exemple, on souhaite voir augmenter le nombre de professeurs ayant une expérience industrielle. On souhaite voir l'affectation provisoire, à l'université, d'ingénieurs de l'industrie plus particulièrement dans les domaines du design et de la recherche appliquée. Finalement, on souhaite que les professeurs d'ingénierie puissent évoluer dans un contexte leur permettant de se tenir au courant des pratiques industrielles.

Ce sont là des objectifs ambitieux, certes, mais il faut relever le défi. Alors seulement nous offrirons aux étudiants ingénieurs l'environnement requis pour bien les préparer à inventer, concevoir et créer des objets, produits ou procédés techniques.

Theodore Von Karman a écrit : « Un scientifique découvre ce qui existe. Un ingénieur crée ce qui n'a jamais existé. » A cet égard, la spéculation scientifique n'est pas nécessairement la meilleure formation pour un ingénieur. Dans un article récent de la revue de l'ASME [12], « Mechanical engineering in the information age », on suggère que les Écoles de génie auraient avantage à prendre exemple sur les Écoles d'architecture et les Écoles de musique qui savent faire vivre à leurs étudiants l'expérience des grands maîtres et ainsi susciter chez eux l'envie et le sens de la création. Si l'on fouillait un peu l'histoire on découvrirait fort probablement que certains grands ingénieurs le sont devenus parce qu'ils avaient reçu une formation de type artistique. Leonard de Vinci [13], ingénieur et architecte, en est un bon exemple.

Nous avons évoqué des actions qui permettraient d'améliorer la formation en génie aux trois cycles. Les liens université/entreprise y occupent une place de choix. Mais qu'en est-il de la recherche en génie qui est l'axe porteur des études supérieures (maîtrise et doctorat) et qui évidemment influence au plus haut point le type d'enseignement dispensé au ler cycle ?

Le génie et les sciences entretiennent certes des rapports étroits qu'alimentent des besoins et avantages mutuels. Cependant la recherche universitaire en génie, très forte en sciences analytiques, a peut-être été beaucoup trop faible dans les domaines de la synthèse et du design, sûrement influencée par le modèle de la recherche du secteur des sciences.

Le rapport de l'Académie canadienne du génie [7] et le rapport du CRSNG [8] sont assez explicites sur cette question. On recommande aux ingénieurs de mieux définir la recherche en génie. Parmi les premiers principes qui devraient caractériser cette recherche on retrouve :

- une contribution à la résolution de problèmes réels ou potentiels dans la société,
- la satisfaction, de manière rentable et opportune, des besoins de l'usager,
- l'élaboration de principes précis reliés à la conception, la synthèse et l'optimisation de produits et de systèmes,
- un mariage du savoir et de l'expérience,
- un travail mené en équipe.

La recherche en génie, vue dans cette optique, s'approche beaucoup du processus conduisant à l'innovation technologique. En effet, lors d'un colloque traitant de l'innovation technologique j'avais pris soin de noter particulièrement trois commentaires :

- Le modèle linéaire actuel du développement de la technologie et de l'innovation est par trop simpliste. Beaucoup de financement en sciences fondamentales, à l'entrée, ne devrait pas être le seul modèle retenu pour assurer des applications technologiques à la sortie. On peut faire preuve d'un peu plus d'imagination.
- L'innovation technologique est souvent alimentée par les utilisateurs, à l'inverse de ce que l'on pense généralement suivant le modèle chercheur/développeur/utilisateur. On sous-estime trop l'importance des « retours d'expérience ».

- Le succès d'une démarche conduisant à l'innovation est tributaire d'un travail d'équipe.

Ces commentaires, je puis les appliquer directement à la recherche en génie.

En terminant, j'exprime un souhait: le dialogue entre les deux secteurs universités et entreprises s'est amorcé, il ne faut pas que nos différences soient l'aspect principal mis en évidence. Dans le secteur du génie, nous avons beaucoup en commun, il faut miser sur nos collaborations pour développer des relations dans le respect de nos différences

Références

- « Symposium sur la R & D, Synergie université-industrie », Toronto, 20-21 septembre 1995, CRSNG et Conference Board du Canada, 255, chemin Smyth, Ottawa, Ontario, Canada, K1H 8M7.
- 2. « La formation et la recherche dans le secteur de l'ingénierie », Comité pour l'étude sectorielle en génie, Conseil des universités, Québec, avril 1985.
- 3. « Le développement du secteur de l'ingénierie, une mise à jour », Conseil des universités, Québec, octobre 1992.
- 4. « Mémoire au Conseil des universités sur l'étude sectorielle en génie », Ordre des ingénieurs du Québec, octobre 1992.
- 5. « L'avenir de la formation des ingénieurs au Canada », Conseil canadien des ingénieurs et Comité national des doyens en génie et sciences appliquées, octobre 1992 (Conseil canadien des ingénieurs, suite 401, 116 rue Albert, Ottawa, Ontario, K1P 5G3).
- 6. « La formation des ingénieurs dans les universités canadiennes », Académie canadienne du génie, août 1993 (130, rue Albert, suite 1414, Ottawa, Ontario, K1P 5G4).
- 7. « La recherche en génie dans les universités canadiennes », Académie canadienne du génie, août 1991.
- 8. « Tendances 2000, l'avenir du génie au Canada », CRSNG, avril 1992 (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, 200, rue Kent, Ottawa, Ontario, K1A 1H5).

- 9. « Made in America : Regaining the Productive Edge », Massachusetts Institute of Technology Commission, 1989. M.I.T. Press.
- 10. « Making an Engineer : Learning from International Comparisons », Special Issue, Vol. 9, Number 1, 1993, The International Journal of Engineering Education.
- 11. « A Vision for the Future of US Engineers », Report of the 2000 Task Force, National Society of Professional Enginers Annual Meeting, USA, July 1991.
- 12. « Mechanical Engineering in the Information Age », Mechanical Engineering, Vol. 119, N° 12, Dec. 1995, pp. 66-70, the American Society of Mechanical Engineers, New York, USA.
- 13. « Léonard de Vinci, ingénieur et architecte », Musée des beaux-arts de Montréal, 1987.

Michel Troquet

Directeur de l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de Clermont-Ferrand (CUST) France Président du Réseau EIFFEL (EUDIL-ISIM-CUST)

La multidisciplinarité, base du croisement des réseaux et source d'innovation dans un contexte international de développement

RÉSUMÉ

Pour répondre aux défis du développement mondial, la formation des ingénieurs et des techniciens doit être globale : scientifique, technologique et humaine, afin de l'ancrer profondément dans la société et la rendre ainsi capable de répondre aux besoins exprimés ou latents. Le contenu de la formation, aussi pertinent soit-il, n'est pas le seul critère de qualité, il faut qu'il s'exprime dans un cadre rénové. L'institution de formation doit être une structure ouverte, et s'inscrire dans une multitude de réseaux dont elle constitue un nœud privilégié pour la mise en relation d'acteurs qui ne se seraient pas rencontrés sans elle. Les flux d'informations, provenant de plusieurs champs disciplinaires et de secteurs économiques et culturels différents, créent les conditions favorables de l'innovation et du progrès social. La méthode retenue consiste à coupler la formation initiale et continue, le transfert de technologie, la recherche-développement dans un même souci de globalité.

INTRODUCTION

Les VI^{es} Journées Internationales de Technologie s'inscrivent, sans doute pour la première fois, dans un contexte de mutations profondes des systèmes économiques. Face à ces bouleversements, les structures nationales de formation sont soumises à de très fortes demandes de la jeunesse, de l'économie et des pouvoirs publics. L'explosion démographique du nombre d'étudiants ne simplifie pas le problème, bien au contraire ! Les récents événements de France, par exemple, ont bien mis en évidence les contradictions du système éducatif longtemps réservé à des minorités dans les pays développés. A l'aube du XXI^e siècle, les missions de l'Enseignement supérieur doivent être repensées globalement, certains pays ont déjà beaucoup progressé. La pratique française est singulière, parce que unique au monde. Elle est très imprégnée de son

histoire, vieille de plus de deux siècles, c'est une richesse, mais aussi une pesanteur que des expériences nouvelles essaient de lever ici et là dans le domaine de la formation technologique supérieure et qui portent en elles des réponses aux défis du futur.

1. LES DÉFIS DU XXI^e SIÈCLE

Une étude récente de l'UNESCO (1) relève six tendances lourdes à l'échelle internationale qui concernent directement l'Enseignement supérieur, ce sont : la démocratisation avec l'avancée régulière des forces démocratiques dans le monde, la mondialisation de l'économie, la régionalisation du développement culturel et économique, mais aussi la polarisation des inégalités à l'échelle mondiale régionale et nationale, la marginalisation d'un certain nombre de pays et la fragmentation des tissus sociaux.

Ces données concernent tous les pays avec des différences d'intensité et de prise de conscience, elles remettent en cause les critères de développement basés sur la seule croissance économique.

Ainsi, le premier Rapport mondial sur le développement humain publié en 1990 (2) proposait d'utiliser un nouvel indice : l'Indicateur du développement humain (IDM). Cet indice composite comprend trois éléments : l'espérance de vie, le niveau d'éducation et le Produit Intérieur Brut (PIB), il est régulièrement adapté et remis à jour. Le Rapport 1995 (3) a étudié 174 pays et insiste particulièrement sur « l'égalité des sexes sans laquelle aucun progrès n'est possible ».

La croissance économique au travers du PIB n'est plus le seul facteur permettant d'apprécier le niveau d'un pays et ses potentialités de développement. La présence de l'éducation et la santé témoignent que le « développement doit être centré sur les personnes » (3). Si « la croissance n'est pas l'objectif ultime du développement, l'absence de croissance signifie la fin du développement » (3). Voilà bien le rôle central de l'éducation : assurer le bien-être des personnes et créer les conditions économiques du progrès social. Et c'est bien évidemment le problème de l'emploi qui est posé, le modèle classique de la croissance économique n'a pas réussi à créer suffisamment d'emplois. Dans plusieurs grandes régions du monde, le rythme de cette croissance est plus rapide que celui de la création d'emplois. Le Rapport mondial chiffre à 35 millions le nombre de chômeurs dans les pays industrialisés alors qu'il faudrait créer 1 milliard d'emplois dans les pays en développement au cours des dix prochaines années. Le défi de l'emploi pose le problème de la croissance économique qui doit réintroduire l'homme comme objet central.

Si les systèmes éducatifs n'ont pas comme rôle direct la création d'emplois, ils doivent contribuer à la construction de cette nouvelle croissance.

2. CROISSANCE ET ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Le premier constat que l'on doit faire est le formidable développement de la formation dans toutes les régions du monde ces trente dernières années.

Les taux d'inscription dans l'enseignement supérieur ont quadruplé dans le Sud-Est asiatique et le Pacifique, ils passent de 6 % à 27 % en Amérique latine, ils sont supérieurs à 65 % en Amérique du Nord, ils sont aujourd'hui de 50 % en France et dans nombre de pays européens. Cette prodigieuse démocratisation ne va pas sans poser des problèmes « Aujourd'hui, même avec un diplôme de l'Enseignement supérieur, nul n'est à l'abri du chômage » note le rapport du Commissariat général du Plan, Education et Formation (4).

Ce « désajustement » (4) est bien évidemment dû au manque général d'emplois, avec comme corollaire la précarisation de plus en plus prononcée des jeunes non qualifiés par cette dévalorisation du diplôme, dans un marché de l'emploi dominé par la demande. Si Blaise PASCAL pouvait dire avec raison dans les Pensées « La chose la plus importante à toute la vie est le choix du métier », on comprend le désarroi de la jeunesse de ne pas pouvoir accéder à ce choix.

Cette situation conduit les jeunes à s'orienter dans leurs études supérieures avec d'autres motivations que le métier : l'aspect culturel de l'enseignement universitaire devient prépondérant pour beaucoup. Cette orientation est favorisée par l'existence de deux systèmes : un système ouvert qui accueille tous les étudiants et un système fermé très sélectif censé former à des métiers : techniciens, médecins, ingénieurs... (5).

La France a consacré beaucoup d'énergie et d'imagination pour développer son système fermé d'enseignement supérieur, cette voie « ne peut résoudre le problème de l'adéquation entre les parcours de formation initiale et les emplois » (4) tout simplement parce que la nature des emplois évolue beaucoup trop vite. Cette nouvelle donne doit être prise en considération dans la construction des cursus de formation initiale et impose la mise en place d'une véritable politique de formation continue.

Pourquoi les pays industrialisés ont-ils des difficultés à lier la croissance à la formation ? Sans doute parce que ce lien n'est pas direct mais qu'il est une combinaison complexe où interviennent en plus, la recherche, l'information technologique, l'organisation sociale, et les rapports entre les entreprises et les établissements de formation (4).

L'examen des taux de chômage des jeunes montre que certains pays réussissent mieux que d'autres cette combinaison subtile. Les conditions historiques et culturelles

y sont pour beaucoup. Si la formation n'est plus capable de dynamiser la croissance c'est aussi que cette dernière a changé de nature. La notion même est moins utilisée : « Nous n'avons non plus une préoccupation pour la croissance mais pour la compétitivité » nous dit Alain TOURAINE en ajoutant : « Nous ne sommes plus dans une société de production, nous sommes dans une société de marché » (6).

Cette dimension du marché à l'échelle mondiale est un élément majeur qui remet en cause les fondements même de l'économie des pays industrialisés et force est de constater que la réactivité des sociétés et des systèmes de formation n'est pas assez vive.

Bien sûr, il faut développer l'innovation technologique, mais l'innovation pour nous formateurs, doit être également pédagogique, sociale, afin de créer les conditions d'un renouveau de la croissance pour « un développement humain durable » (1).

3. LES FORMATIONS SUPÉRIEURES TECHNOLOGIQUES

De nombreuses études ont été conduites pour améliorer les systèmes nationaux de formation. L'examen critique conduit à de nombreuses propositions.

L'UNESCO (1) préconise « le renforcement du contenu interdisciplinaire et pluridisciplinaire des études » en soulignant l'exigence de qualité pour « une université prévoyante et agissante ».

Nous retiendrons pour l'EUROPE un souci de « diversification des formations » (7) et un besoin affirmé « d'ingénieurs ayant reçu des formations mixtes associant connaissances scientifiques et études économiques et commerciales ou en communication » (8) qui rejoint nettement les préoccupations de marché d'Alain TOURAINE. La Suède par exemple, dans ses « conclusions et propositions pour l'action pour la formation des ingénieurs pour le XXI^e siècle » (9), insiste sur le développement de la recherche technologique, la qualité de l'enseignement et son internationalisation.

La situation de la France est très complexe de par l'existence d'un système dual constitué des Grandes Écoles, qui assument traditionnellement la formation des ingénieurs, et des universités qui professionnalisent de plus en plus les enseignements dans le souci de répondre à la demande sociale et de valoriser les résultats de la recherche.

Il faut rappeler brièvement qu'il existe aujourd'hui en France quatre types d'écoles, selon la classification du CEFI 1 (10), issus d'une longue évolution historique :

- Les établissements qui recrutent sur le programme des Classes préparatoires aux Grandes Écoles (CPGE) - 110 écoles.

- Les établissements qui recrutent au niveau du baccalauréat -50 écoles.
- Les établissements qui recrutent parmi les titulaires d'un diplôme de niveau Bac + 2, sur dossier : DEUG², DUT³, BTS⁴, CPGE⁵ 42 écoles.
- Et enfin les Nouvelles formations d'ingénieurs (NFI) 25 écoles.

Cette classification en croise une autre : celle qui distingue les autorités de tutelle de ces écoles :

- Écoles publiques qui dépendent du ministère de l'Éducation nationale, elles se répartissent sur les quatre groupes précédents.
- Écoles publiques qui relèvent d'un ministère technique : Défense, Industrie, Agriculture, Postes et Télécommunications,...
- Écoles privées qui sont liées à des branches professionnelles ou des Chambres de commerce et d'industrie, ou même encore à des sociétés à but lucratif.

Il faut savoir que l'initiative de la création d'Écoles a été le plus souvent le fait du secteur privé et des ministères techniques. Grâce au développement récent du troisième groupe d'écoles dans les universités françaises, le ministère de l'Éducation nationale représente le groupe le plus important et a ainsi l'opportunité d'impulser des réformes hardies pour répondre aux nombreuses critiques de notre système de sélection pour la formation des élites (1 1-12 - 13).

4. L'EXPÉRIENCE DES ÉCOLES DU RÉSEAU EIFFEL

4.1 Historique et philosophie du Réseau

La création des Formations universitaires d'ingénieurs en 1969, deuxième rupture avec le modèle dominant français après la création de l'INSA⁶ en 1957, avait trois objectifs :

- ouvrir les universités au monde de l'entreprise et à la professionnalisation,
- diversifier les profils de formation des ingénieurs par l'introduction, entre autres, de la recherche et des sciences humaines dans les cursus.
 - augmenter les flux d'ingénieurs à une époque où l'économie était confrontée au manque de diplômés.

Les trois premières expériences françaises se sont déroulées à Lille, Clermont-Ferrand et Montpellier. Elles se sont regroupées en Réseau en 1989, lors de leur XX^e anniversaire

Le Réseau EIFFEL compte aujourd'hui parmi les grands réseaux d'Écoles d'ingénieurs existants (14). Avec 700 diplômés par an, nous approchons les regroupements les plus prestigieux : Centrale, ENSAM ⁷, INSA,...

Notre expérience de plus de vingt-cinq années est aujourd'hui confortée par les évolutions de l'emploi et de l'organisation du travail (15).

L'ère du moule unique du système de formation est dépassée. A l'origine du développement industriel de notre pays, les Écoles d'ingénieurs sont restées trop long-temps calquées sur les modèles tayloriens d'organisation des entreprises et se sont souvent refermées sur elles-mêmes (15). Les formations ne peuvent plus être conçues comme de simples apprentissages de connaissances. Lorsque l'on interroge les entreprises, toutes nous demandent de former des personnalités (16). Les élèves euxmêmes n'acceptent plus d'être ensevelis sous un flot de connaissances et souhaitent participer davantage à leur formation. Il y a donc convergence de l'attente de nos « clients ».

Comment répondre à cette attente?

La première étape de la formation est le recrutement, si l'UNESCO (1) insiste sur la qualité des étudiants, nous ajoutons la notion de diversité. Le Réseau EIFFEL a construit un recrutement commun sur trois viviers différents en proportion équivalente :

- les premiers cycles universitaires qui assurent une formation générale de haut niveau ;
- les Instituts universitaires de technologie qui préparent au métier de technicien supérieur et délivrent une formation toujours très actualisée ;
- les Classes préparatoires aux Grandes Écoles qui privilégient les aptitudes à l'abstraction.

Il s'agit là de notre première spécificité.

C'est avec ce recrutement, où l'entretien est très important, que nous construisons nos enseignements par une pédagogie adaptée en insistant non pas sur un standard de formation, mais plutôt sur l'individualisation des parcours des élèves ingénieurs.

Pour une meilleure compréhension, seule la structure du CUST sera détaillée. On retrouvera avec des nuances les mêmes caractéristiques dans les deux autres écoles du Réseau : l'EUDIL⁸ à Lille et l'ISIM⁹ à Montpellier.

4.2 La structure pédagogique du CUST

Le CUST forme des ingénieurs dans cinq départements : Génie biologique, Génie civil, Génie électrique, Génie mathématique et modélisation, Génie physique.

Le CUST, par son recrutement diversifié, par sa pluridisciplinarité, par ses avancées dans le domaine de la formation humaine, renoue avec une tradition de formation humainste seule apte à appréhender les champs de complexité de la société moderne. Nous tenons compte pour chaque élève « de ce qu'il sait, mais aussi de ce qu'il est, et de ce qu'il a fait auparavant » (11) c'est-à-dire de ses compétences mais aussi de ses goûts qui vont s'exprimer pendant la scolarité dans l'Institut et se concrétiser par des choix, en particulier dans la dernière année du cycle d'études.

4.2.1 Les trois composantes de l'enseignement

Dès l'origine, les enseignements du CUST se répartissent en trois composantes : sciences fondamentales, technologies, sciences sociales et communication. L'ingénieur devant rassembler l'ensemble de ces compétences pour l'exercice de son métier, il n'y a pas compensation des notes obtenues dans chacune de ces composantes : l'élève doit obtenir la moyenne dans chacune d'elles. Cette condition garantit l'équilibre des enseignements et les crédibilise aux yeux des élèves.

On perçoit mieux aujourd'hui l'importance de cette disposition à l'heure où les qualités humaines de l'ingénieur sont prépondérantes dans les nouvelles organisations des entreprises.

4.2.2 Un nouvel enseignement de tronc commun

Doté de cinq départements de formation, le CUST pouvait craindre des effets centrifuges négatifs et une balkanisation des enseignements.

Conscients de cet écueil, nous avons mis en place dès la rentrée 1994 un tronc commun d'une durée effective de six mois répartie sur la première année. Le choix de cette durée limitée est un bon compromis entre une formation de base nécessaire à l'ingénieur et une formation approfondie à un métier dans un secteur industriel correspondant au projet personnel de l'élève.

Les deux années d'expériences nous confortent dans nos choix. Sans avoir bradé nos départements, nous avons ajouté un socle de formation générale qui accroît l'ouverture de nos élèves, crée des relations entre eux au-delà des différentes disciplines et cimente la vie associative déjà riche.

4.2.3 L'approfondissement de la formation humaine

En 1989, nous avons créé un enseignement optionnel de troisième année : le Séminaire de management des ressources humaines.

Une grande entreprise nationale, EDF-GDF, souhaitait voir se développer au sein des Écoles d'ingénieurs une formation destinée à donner aux futurs cadres des éléments de repérage dans l'entreprise, en ce qui concerne les relations humaines. Nos interlocuteurs voulaient, entre autres, lutter contre l'idée reçue que, dans ce domaine, les apprentissages se font au début de la carrière. Il s'agit donc pour nous de former les élèves à une approche pluridisciplinaire de la complexité du fonctionnement des organisations.

A la suite du séminaire qui fait appel à des professionnels chargés de parler de leur pratique, illustrée d'études de cas concrets, les élèves ingénieurs ont la possibilité, au cours de leur stage, de réaliser une étude dans ce domaine. Cette étude, conduite parallèlement au stage technique, consiste en un travail d'observation et d'analyse. L'interprétation des résultats est utilisée par le séminaire dans un processus de rechercheaction, comme le souhaitaient nos partenaires (17).

4.2.4 Une pédagogie par projet, une formation par la recherche (18)

Recrutement diversifié, enseignement pluridisciplinaire, pour que ces deux spécificités soient pleinement valorisées, il faut concrétiser par une mise en pratique simultanément à l'acquisition des connaissances : ce qui doit être visé par l'enseignement moderne c'est l'adaptabilité. Cette qualité nécessite la bonne utilisation des savoirs, mais également la faculté d'acquérir rapidement de nouvelles connaissances. Le projet est alors l'outil de choix qui permet d'atteindre cet objectif et de le dépasser. Nous pratiquons cette pédagogie avec des groupes d'étudiants variables selon les départements, le plus souvent sur des projets proposés par des entreprises et en collaboration avec les laboratoires de recherche.

Les élèves disposent d'un encadrement flexible selon les thèmes abordés : certains approfondissements peuvent être apportés sous forme de cours en fonction des besoins. Tous les aspects sont traités : scientifiques, techniques mais également économiques et humains.

La méthode a un rendement optimal lorsque les équipes d'élèves sont constituées à partir de leurs origines différentes, ce qui favorise la mutualisation de la formation par transfert horizontal de connaissances entre les acteurs.

Nous avons pu réaliser, par exemple, un prototype de fabrication de poudres métalliques en collaboration avec les Aciéries AUBERT & DUVAL et le laboratoire de Métallurgie de l'Université. Ce projet, qui a nécessité un investissement de plusieurs millions de francs, a vu se succéder plusieurs groupes d'élèves qui ont pu compléter leurs connaissances dans des domaines aussi variés que la cryogénie, les plasmas, l'ultra-vide, l'automatique...

La réalisation de certains projets nés du croisement de différents réseaux nous a permis d'impulser une véritable action de recherche-développement et de réaliser un travail en profondeur sur le secteur des PME-PMI¹⁰ régional.

Indépendamment de ces projets, chaque élève aura à traiter, en dernière année, un sujet de recherche dans un laboratoire de l'Université. Chaque fois que l'opportunité existe, les élèves s'occupent également du financement de ces projets par des entreprises et/ou par des organismes d'État.

4.3 La recherche-développement

La recherche est un terrain d'élection pour le développement des relations École-Entreprise. Notre situation dans l'Université nous confère une responsabilité particulière dans ce domaine. Nous assurons un rôle d'interface entre les entreprises et l'Université et participons à des opérations de transfert de technologie qui peuvent être assurées directement au CUST, par exemple dans quatre domaines de compétences acquis au travers de notre pédagogie par projet : la métallurgie des poudres, les traitements de surface, le comportement mécanique des matériaux, la croissance végétale, ou traitées dans les laboratoires de l'Université.

Le thème de la croissance végétale est exemplaire de notre pratique en recherchedéveloppement. Son origine remonte à une collaboration avec le CEA¹¹ par l'intermédiaire de stagiaires. Dans un deuxième temps, l'équipe de projet du département de Génie physique a pris en charge la réalisation d'enceintes automatiques d'étude de la croissance végétale miniaturisées. Le MRT¹², la Manufacture Michelin, le Groupe Limagrain, Matra Espace sont devenus des partenaires. Aujourd'hui, nous disposons d'outils que nous pouvons mettre à la disposition des laboratoires de recherche universitaires ou d'entreprises et qui nous permettent de mener directement des études pour le compte de PME-PMI.

4.4 Un travail en profondeur sur le secteur PME-PMI régional

La localisation des écoles du Réseau en région leur donne une responsabilité particulière pour participer au développement régional. Notre pluridisciplinarité et notre souplesse nous rapprochent naturellement des petites et moyennes entreprises dans deux buts :

- dynamiser ce secteur économique traditionnellement faible en France (19)
- lui permettre de créer des emplois pour prendre le relais des grands groupes industriels défaillants.

Certains de nos projets peuvent même conduire à la création d'entreprises, comme par exemple, toujours à Clermont-Ferrand, dans le domaine de la mécanique des sols. Notre département de Génie civil et le Laboratoire d'études et de recherche en mécanique des structures (LERMES) sont à l'origine, avec les élèves ingénieurs, de l'invention du Pénétromètre automatique numérique dynamique assisté par ordinateur (PANDA), appareil léger d'étude des sols, fabriqué par une PME régionale et commercialisé par une société créée dans ce but.

Cette politique d'innovation est rendue possible par un maillage serré de différents réseaux.

4.5 La dynamique Réseaux

« L'excellence scientifique ne conduit pas nécessairement à la réussite économique » : c'est avec cette sentence provocatrice que Michel CALLON remet en cause un dogme solidement ancré dans notre pays (20). La thèse qu'il soutient met au premier plan la mise en réseaux, c'est-à-dire la qualité des connexions entre les acteurs, mais également « l'hybridation » d'un certain nombre d'entre eux.

C'est ce que nous tentons de construire avec le Réseau EIFFEL qui déploie à partir de ses trois sites : Lille, Clermont-Ferrand et Montpellier, des connexions vers les universités locales mais également étrangères, les entreprises, les organismes de recherche ou de valorisation. De chacune de ces connexions peut émerger une idée qui prendra corps si certains nœuds du réseau peuvent l'amplifier, la compléter, la mener à terme. Nous facilitons la fluidité de l'information par la mise en communication de l'ensemble des partenaires de manière informelle, chacun gardant sa liberté d'agir. Cette pratique crée des liens, participe à l'ouverture, à l'hybridation des acteurs qui deviennent, de fait, plus pertinents donc plus exigeants. Cette exigence se transpose dans la formation : les élèves à leur tour pénètrent de plus en plus le réseau, les anciens s'organisent, l'adaptation face à la crise se fait multiforme : l'innovation n'est plus seulement tech-

nologique, elle est pédagogique, elle est sociale. Chacun se sent mieux armé pour affronter la complexité : le réseau est une ressource sans cesse renouvelée et disponible.

CONCLUSION

Alors que les sociétés post-industrielles fondent de grands espoirs sur les PME pour la création de richesses, donc d'emplois, le système de formation est sollicité pour contribuer au développement de ces entreprises. Les Formations universitaires d'ingénieurs ont intégré cette dimension dès leur création et elles l'ont amplifiée ces dernières années.

Tout doit être fait pour encourager la mobilité intellectuelle et physique, donner le goût de la nouveauté afin de rompre avec les schémas mécaniques et déterministes de la période d'expansion économique. La formation doit retrouver sa vocation fondamentale d'ouverture sur le monde, seule capable de relever les défis du développement technique et humain, de l'emploi et de l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- 1. UNESCO, Changements et Développement dans l'Enseignement Supérieur, PARIS, 1995
- 2. ONU, Rapport mondial sur le développement humain, NEW YORK, 1990.
- 3. ONU, Rapport mondial sur le développement humain, Economica, PARIS, 1995.
- 4. COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN, Éducation et formation, les choix de la réussite, Éditions La Découverte/La Documentation Française, PARIS, 1993
- 5. B. GIROD DE L'AIN, L'avenir des enseignements supérieurs, Savoir nº 4, Sirey, PARIS, 1993
- 6. A. TOURAINE, Conférence des Grandes Écoles, 21 juin 1995
- 7. T. CATHELAIN, Deuxièmes rencontres européenne sur l'évaluation et la certification des formations et des qualifications d'ingénieurs, CTI, PARIS, décembre 1994
- 8. E. CRESSON, Conférence annuelle de la Société Européenne pour la Formation des Ingénieurs, COMPIEGNE, 6 septembre 1995

- 9. ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES, Engineers for the 21st century STOCKHOLM, 1993
- 10. CEFI, Guide Bouchon, PARIS, 1991
- 11. M. CROZIER, La Crise de l'Intelligence, Interditions PARIS, 1995
- 12. P.G. DE GENNES, Les Objets Fragiles, Plon, PARIS, 1994
- 13. A. REVERCHON, Grandes Écoles, La fin d'un modèle ; Le Monde de l'Éducation, 12, 1995
- 14. M. TROQUET, Les actions fédératives, les réseaux nationaux, les réseaux internationaux, les plans nationaux d'équipement, Rapport Atelier № 5 Le développement des Écoles d'ingénieurs du ministère de l'Éducation et de la Culture, PARIS 17 nov., 1992
- 15. H. LANDIER, Cadres de l'An 2000, les cadres sont-ils hors du cadre ? Alexandre TIC SA, PARIS, juillet 1995
- C. VIMONT, Étude sur l'évolution des besoins en emplois et en formation des entreprises pour les dix ans à venir, Institut de l'Entreprise, PARIS, 1992
- 17. D. JAILLON, Les ingénieurs face aux mutations de l'entreprise : l'apprentissage du management des ressources humaines. Congrès de l'Association française de gestion des ressources humaines, PARIS, juillet 1995
- 18. M. TROQUET, Le recrutement diversifié et la pédagogie par projet, deux armes pour la formation à l'innovation des futurs ingénieurs, Conférence annuelle de la SEFI, COMPIEGNE, septembre 1995
- 19. R. CHABBAL, Rapport sur l'Innovation dans les PME, ministère de la Recherche et de la Technologie, PARIS, avril 1993
- 20. M. CALLON, Recherche et Innovation : le temps des réseaux, La Documentation Française, PARIS, 1993

CEFI : Comité d'études des formations d'ingénieurs
 DEUG Diplôme d'études universitaires générales
 DUT Diplôme universitaire de technologie

4. BTS Brevet de technicien supérieur

CPGE : Classes préparatoires aux grandes écoles
 INSA : Institut national des sciences appliquées
 ENSAM : Ecole nationale supérieure des arts et métiers
 EUDIL : Ecole universitaire d'ingénieurs de Lille

9 ISIM Institut des sciences de l'ingénieur de Montpellier

10. PME-PMI Petites et moyennes entreprises - Petites et moyennes industries

11. CEA : Commissariat à l'énergie atomique

12. MRT : Ministère de la Recherche et de la Technologie

Emmanuel Tonye, Directeur de la Recherche, ENSP, Cameroun Paul Vermande, Directeur de l'ENSP de 1989 à 1995 Actuel Directeur du Bureau Caraibe de l'AUPELF-UREF

L'École polytechnique de Yaoundé développe des produits et génère des ingénieurs-entrepreneurs

RÉSUMÉ

Les recherches menées dans les laboratoires de l'ENSP ont abouti à la mise au point de quelques produits qui répondent bien aux besoins du marché et à des problèmes particuliers de développement du Cameroun et de l'Afrique centrale.

- plus de 1000 antennes paraboliques ont été construites par quatre petites entreprises créées par des jeunes diplômés. La fabrication et la vente s'étendent en RCA et au Gabon;
- quelques dizaines de bâtiments et d'habitations ont été réalisées en blocs de terre stabilisée au ciment. Un projet portant sur un village de 100 à 200 maisons est en cours d'élaboration ;
- plusieurs centaines de tonnes de compost ont été élaborées, à partir des ordures ménagères des villes de Yaoundé et de Bafoussam (200 emplois créés) ;
- deux séchoirs solaires à bois sont expérimentés pour les artisans menuisiers et la demande est forte ;
- des prototypes de broyeur et de ventilo-humidificateur sont opérationnels ;
- des logiciels d'EAO (cours sur les antennes, traitement d'images, etc.) sont actuellement diffusés au niveau international ;
- 1500 ampèremètres, voltmètres et chargeurs de piles ont été fabriqués pour les établissements secondaires ;

 des structures en bois sont mises au point depuis le conditionnement des fruits et légumes jusqu'aux poutres en lamellé-collé en passant par les poteaux de lignes électriques ou téléphoniques.

Après le stade « Études et recherches » au sein de l'ENSP, ce sont les jeunes diplômés qui assurent la fabrication et la diffusion des produits. Pour aider les jeunes promoteurs dans leurs débuts, un séminaire sur la création d'entreprises est organisé tous les ans à l'attention des étudiants finissants de 5^e année et une pépinière a été créée. Au-delà des produits innovants, d'autres PME interviennent avec succès dans la maintenance et dans des prestations informatiques.

Enfin certains diplômés travaillent avec les organisations non gouvernementales où leur technicité est très appréciée. En quelques années, les étudiants et les diplômés de l'ENSP ont changé totalement d'état d'esprit pour aborder le problème de leur placement. Désormais, ils comptent principalement sur leurs propres démarches pour trouver un emploi. Neuf mois après leur sortie, la promotion 1994 (74 diplômés) est placée à 90 % malgré les difficultés économiques actuelles.

INTRODUCTION

Les enseignants de l'École polytechnique de Yaoundé ont toujours considéré la recherche comme le moteur de leur activité professionnelle. Plusieurs résultats de leurs travaux de recherche étaient jusqu'alors très peu mis en valeur. Depuis septembre 1990, date de la création de la première entreprise par un diplômé de l'ENSP, dans le cadre de la pépinière de cette institution, la valorisation des résultats de recherche a pris un essor significatif. Dans cette communication, on peut valablement dire :

- que les recherches menées dans les laboratoires de l'ENSP ont abouti à la mise au point de quelques produits qui répondent bien aux besoins du marché et à des problèmes particuliers de développement du Cameroun et de l'Afrique centrale.
- qu'après le stade « Études et recherches » au sein de l'ENSP, ce sont les jeunes diplômés qui assurent la fabrication et la diffusion des produits. Sept entreprises ont été ainsi créées de 1990 à 1995

1. PRODUITS MIS AU POINT

Parmi les produits mis au point à l'École polytechnique de Yaoundé, on peut citer : les antennes paraboliques, les matériaux de construction en terre stabilisée, du compost, deux séchoirs solaires, des ampèremètres, des voltmètres, des chargeurs de piles, des prototypes de broyeur et de ventilo-humidificateur et des logiciels d'EAO (cours sur les antennes, traitement d'images).

La recherche se fait au sein des laboratoires sur des thèmes en rapport avec les programmes d'enseignement, les besoins du marché et les problèmes de développement de l'Afrique centrale.

Les travaux menés dans le cadre des études doctorales d'une part et les projets de fin d'étude d'autre part sont autant d'approches pour prospecter et/ou réaliser les actions de recherche.

Le tableau I présente les produits et l'expertise développés au sein des laboratoires de l'ENSP. Il y est indiqué ces entreprises partenaires.

2. ENTREPRISES CRÉÉES PAR LES DIPLÔMÉS DE L'ENSP DE 1990 A 1994

2.1 Rôle de l'ENSP

L'ENSP organise tous les ans la tenue d'un séminaire sur la création et le management des entreprises.

Ce séminaire, destiné aux étudiants de 5^e année, est animé par des professionnels.

De 1992 à 1994, l'ENSP a assuré la présidence d'une structure de pépinière d'entreprises. Il s'agissait d'une association à but non lucratif comprenant deux collèges :

- celui des membres de soutien composés de représentants d'entreprises, d'organisations non gouvernementales, la mission de coopération française, l'ONUDI, le PNUD, le ministère de l'Urbanisme et de l'Habitat, l'Université catholique de l'Afrique centrale, les organismes de création d'entreprises et de l'agence nationale pour l'emploi
- et celui des entreprises créées par les diplômés.

Dans cette période, chacune de ces entreprises a bénéficié, pour une durée moyenne de deux ans, d'un soutien logistique important de la part de l'ENSP : local, électricité, téléphone, eau ; d'une aide sur la conception des produits et sur la conquête du marché.

Certains enseignants de l'ENSP ont participé très étroitement au développement de produits nouveaux. Quelques-uns sont aujourd'hui actionnaires dans trois des entreprises ainsi créées.

Les autres membres ont apporté des soutiens divers et variés : bourses de formations

au Cameroun et à l'étranger (France), documentation, mise à disposition des équipements de production.

2.2 Rôle des entreprises

Les entreprises payaient, pour participer à l'autofinancement de la pépinière de l'ENSP, une contribution mensuelle et proportionnelle au chiffre d'affaires réalisé. Ces entreprises accueillent des étudiants de l'ENSP dans le cadre des stages académiques, ainsi que pour l'encadrement des étudiants pour leur mémoire de fin d'étude.

2.3 Rôle de la structure associative

La pépinière d'entreprises de l'ENSP, animée par un directeur, a apporté un soutien important dans les domaines suivants : aide et conseils en gestion, séminaires de formation plus approfondie (création d'entreprises, comptabilité et gestion des entreprises, promotion, vente, management,...), conquête de nouveaux marchés et clients. Début 1995, l'ENSP ne pouvant plus héberger cette structure, des efforts se sont déployés pour la mise sur pied de la pépinière de Yaoundé.

Le tableau II est un récapitulatif des entreprises créées de 1990 à 1994 par les diplômés de l'ENSP. Ce tableau n'est pas exhaustif.

CONCLUSION

Les recherches menées dans les laboratoires de l'ENSP ont abouti à la mise au point de quelques produits : plus de 1000 antennes paraboliques ont été construites par des petites entreprises créées par des jeunes diplômés. La fabrication et la vente s'étendent en RCA et au Gabon ; quelques dizaines de bâtiments et d'habitation ont été réalisées en blocs de terre stabilisée au ciment ; plusieurs centaines de tonnes de compost ont été élaborées, à partir des ordures ménagères des villes de Yaoundé et de Bafoussam (200 emplois créés) ; deux séchoirs solaires à bois sont expérimentés pour les artisans menuisiers et la demande est forte ; des prototypes de broyeur et de ventilo-humidificateur sont opérationnels ; des logiciels d'EAO (cours sur les antennes, traitement d'images, etc.) sont actuellement diffusés au niveau international ; 1500 ampèremètres, voltmètres et chargeurs de piles ont été fabriqués pour les établissements secondaires ; des structures en bois sont mises au point depuis le conditionnement des fruits et légumes jusqu'aux poutres en lamellé-collé en passant par les poteaux de lignes électriques ou téléphoniques.

Après le stade « Études et recherches » au sein de l'ENSP, ce sont les jeunes diplômés qui assurent la fabrication et la diffusion des produits. Pour aider les jeunes promoteurs

dans leurs débuts, un séminaire sur la création d'entreprises est organisé tous les ans à l'attention des étudiants finissants de 5^e année et une pépinière a été créée. Au-delà des produits innovants, d'autres PME interviennent avec succès dans la maintenance et dans des prestations informatiques. Enfin certains diplômés travaillent avec les organisations non gouvernementales où leur technicité est très appréciée. En quelques années, les étudiants et les diplômés de l'ENSP ont changé totalement d'état d'esprit pour aborder le problème de leur placement. Désormais, ils comptent principalement sur leurs propres démarches pour trouver un emploi.

Le récent développement des réseaux informatiques au sein de l'ENPS permet d'envisager des entreprises de fournisseurs services INTERNET. Le rôle régional de l'ENSP sera l'occasion d'étendre les activités des diplômés-entrepreurs à l'ensemble de l'Afrique centrale.

TABLEAU I : PRODUITS ET EXPERTISES REALISÉS DANS LES LABORATOIRES DE L'ENSP (ENSP d'appellation courante école polytechnique de Yaoundé)

PRODUIT & LOGICIEL	ENTREPRISES PROMOTRICES (créées par des diplômés de l'ENSP)	LABORATOIRE DE CONCEPTION ET/OU D'APPUI
Antenne parabolique pleine et grillagée	ETS LELIR TW MICRONICS	Laboratoire d'électronique et de traıtement du signal (LETS)
Système antivol des têtes pour systèmes de réception de télévision par satellite	TW MICRONICS ETS LELIR	Laboratoire d'électronique et de traitement du signal (LETS)
Ampèremètres - Voltmètres - Chargeurs de piles	TW MICRONICS	Laboratoire d'électronique et de traitement du signal (LETS)
Ventilo-humidificateur	ETS LELIR	Laboratoire d'électronique et de traıtement du signal (LETS)
Séchoir solaire	en création	Laboratoire d'énergétique
Broyeur (compost, .)	en création	Laboratoire de mécanique
Briques de terre stabilisée	JUPITER BTP collaboration avec CIMENCAM	Laboratoire de matériaux et de méthodes de construction (LMMC)
Turles en terre stabilisée	JUPITER BTP collaboration avec CIMENCAM	Laboratoire de matériaux et de méthodes de construction (LMMC)
EAO Cours d'antennes Didactique de l'image	Diffusion internationale (AIPU - Association internationale de la pédagogie universitaire; AUPELF-UREF; CALISCE - Computer aided learning and instruction in science and engineering)	Laboratoire d'électronque et de traitement du signal (LETS) Laboratoire de matériaux et de méthodes de construction (LMMC)
Problèmes de fatigue	en collaboration avec ALUCAM et SOCATRAL	Laboratoire de mécanique
Economie d'énergie	en collaboration avec la SONEL	Laboratoire d'énergétique
Mise à la terre	en collaboration avec la SONEL	Laboratoire d'électronique et de traitement du signal (LETS)
Structures en bois	en collaboration avec la SIC	Laboratoire de matériaux et de méthodes de construction (LMMC)
Statistiques appliquées	ONG	Laboratoire d'informatique et de mathématiques appliquées (LABORIMA)
Réseaux informatiques	en collaboration avec l'ORSTOM, l'AUPELF, le PNUD	Laboratoire d'électronique et de traitement du signal (LETS) Automation and Laboratory Control (ACL)
Systèmes d'informations géographiques pour l'urbanisme	en collaboration avec les communautés urbaines Laboratoire de génie urbain	Laboratoire de génie urbain

TABLEAU II : PRÉSENTATION DES ENTREPRISES CRÉÉES PAR DES DIPLÔMÉS DE L'ENSP DE 1990 À 1994 (ENSP d'appellation courante école polytechnique de Yaoundé)

		ייייין מקלייניין ייייין ייייין איניין איין א	
Entreprise	Personnel	Principaux chents	Domaines d'intervention
DATEM - Diffusion et application des techniques électromécaniques - Entreprise mdividuelle créée en 1990	5 employés plus le promoteur GUEFACK Jérôme	École polytechnique, Mission française de coopération et d'action culture, Coopération canadienne (Appu institutionnel forestier), CCEY, Mineduc - DEXC, DELMACAM, AR-CHIDIAC	- Maintenance des équipements de bureau (photocopieurs, microordinateurs, fax, etc.); - Étude et réalisations de projets (informatique, automatique etc.), - Vente de fournitures de bureau et des pièces de rechange; - Formation pratique à l'informatique, - Conception et réalisation d'un dispositif additionnel permettant d'éliminer les zones de mauvais tissage sur les toiles produites par les métiers à tisser de la Société des Sacheries; - Expertise technique de la Société Silac
JUPITER BTP Entreprise individuelle créée en 1991	10 employés permanents plus le promoteur PATCHOU MBANKEU Louis Pascal	- École polytechnique - Université de Yaoundé I - Divers particuliers tant au Cameroun qu'au Tchad	- Production des briques de terre stabilisées; - Bureau d'étude, - Réalisation d'étude, - Réalisation d'ouvrage en briques et en parpaings; - Formation des techniciens dans la fillère terre; - Tuiles en terre stabilisée, - Construction d'un gymnase en brique de terre de l'Institut national de la jeunesse et des sports Extension des locaux à l'ENSP Extension de la faculté de Lettres et Sciences humaines de l'Université deux bâtiments R+1 - 29 petits magasins de stockage de céréales à l'extrême Nord Cameroun et Tchad
TW MICRONICS Entreprise à responsabilité limitée créée en 1993	18 employés permanents L'équipe dirigeante comprend trois ingénieurs dont le promoteur WASSEU Guy Raoul et un enseignant de l'ENSP	- ONG (FESCICA · femmes scientifiques du Cameroun) - Coopération française - Coopération coréenne - Divers particuliers	Informatique (PAO, conception de logiciels, maintenance matérielle et logicielle, formation); - Electronique (appareils électroniques grand public et commerciaux, installation et entrtien des stations de réception par satellite, formation en maintenance électronique); - Conception et réalisation d'appareils électroniques 1500 petits appareils électriques fabriqués (ampère-mètres, voltmètres, chargeurs de piles) objectif visé: industrie électronique
ETS LELIR Entreprise à responsabilité limitée créée en 1994	8 employés. L'équipe drngeante comprend deux ingénieurs dont le promoteur TCHOCK Emmanuel et un enseignant de l'ENSP	- Divers particuliers - Intervention en RCA et au Gabon	 Fabrication des antennes Fourniture et installation de systèmes de réception de télévision par satellite Maintenance électrique et électronique Formation en maintenance électronique
3X COMPUTER & Keep OK Entreprise individuelle créée en 1994	5 employés dont le promoteur IBANG Simon Pierre Roger	- Divers particuliers - Administration	- Mantenance informatique , - conception des logiciels , - PAO , - Réseaux informatiques , - Assemblage d'ordinateurs et autres matériels informatiques

Bruno Goubet

Directeur adjoint École des Mines d'Alès, France

L'École des Mines d'Alès, un élément d'appui essentiel et permanent pour le développement local et régional

HISTORIQUE

Créée le 22 septembre 1843, l'École des Mines d'Alès est née de la volonté de décideurs du bassin d'Alès de former des cadres pour l'exploitation du charbon qui florissait alors et faisait la richesse du plus puissant bassin industriel du Languedoc-Roussillon.

Accompagnant l'évolution de ce bassin, elle connut dans les années 1960 des interrogations sur son devenir, alors que l'activité charbonnière allait en déclinant. Il fut alors décidé de faire évoluer cette école et de lui faire connaître sa « mutation industrielle ». Elle se diversifia vers de nouveaux secteurs économiques comme le bâtiment et le génie civil et améliora le niveau de sa formation, notamment par l'introduction de la recherche, devenant ainsi une école nationale supérieure d'ingénieurs.

Les années 80 la voient s'installer dans le concert des grandes Écoles françaises d'ingénieurs où elle occupe le créneau des Écoles formant des ingénieurs pluridisciplinaires, prêts à prendre des responsabilités opérationnelles dans les entreprises.

L'École a néanmoins conservé de son passé minier une option génie civil et minier parmi les 6 options de dernière année offertes aux élèves ainsi qu'une forte compétence de recherche dans le domaine des matériaux de grande diffusion appuyée sur la valorisation des minéraux industriels.

Enfin, l'École a connu depuis les années 1990 un fort développement dans le cadre du plan gouvernemental de 1989 de doublement, en 10 ans, des effectifs d'ingénieurs diplômés.

Entre 1988 et 1995, ses effectifs d'élèves-ingénieurs sont passés de 413 à 614, ceux des élèves-chercheurs de 32 à 68 alors que, dans le même temps, ses personnels augmentaient de 165 à 272 dont 90 enseignants-chercheurs.

Elle s'affiche désormais comme une grande École d'ingénieurs à vocation européenne. Il est par contre légitime de s'interroger sur la difficulté apparente pour une école à rayonnement national et avec une ambition internationale de poursuivre les objectifs de soutien au développement économique du bassin d'Alès et de la région Languedoc-Roussillon qui avaient en grande partie justifié sa création.

Or, il est clair que si une École d'ingénieurs française doit se forger un horizon au moins européen, elle ne peut se désintéresser de l'avenir économique de la zone géographique dans laquelle elle est installée, au risque notamment de se couper de son histoire et de voir disparaître les financements des collectivités territoriales.

Cette nécessité est d'autant plus forte que le bassin dans lequel elle est installée est petit et isolé des grands axes de circulation ; c'est le cas du bassin d'Alès.

LE BASSIN D'ALÈS

Fort d'une population de 135 000 habitants, le bassin d'Alès est une région qui a subi une importante reconversion industrielle. En effet, les industries de la soie et du charbon avaient fait de ce bassin le pôle industriel de la région Languedoc-Roussillon. Ces deux industries ont totalement disparu, la dernière étant le charbon qui est passé de 25 000 à 500 emplois entre 1950 et 1990.

Ce choc structurel n'a pu être totalement amorti par la création d'industries nouvelles, résultant pour la plupart de l'implantation d'établissements de grands groupes et le taux de chômage sur le bassin s'élève à 18,5 %, contre une moyenne régionale de 15 %.

Cependant, la forte tradition industrielle se traduit encore par un poids important de l'emploi industriel qui s'élève à 33 % des emplois salariés, soit 13 % de plus que dans l'ensemble de la région Languedoc-Roussillon.

Au niveau de l'enseignement supérieur, le bassin d'Alès ne compte que la formation d'ingénieurs de l'École des Mines et 5 sections de techniciens supérieurs. Enfin, l'une des caractéristiques fortes du bassin d'Alès est son isolement par rapport aux grands axes de circulation. Adossé aux montagnes des Cévennes, il n'est desservi par aucune route à grande circulation.

La ville importante la plus proche : Nîmes, distante de 50 km, ne sera atteinte, par une route à quatre voies en cours de construction, que dans quelques années ; ce qui est surprenant pour l'arrondissement d'Alès qui est toujours le premier bassin industriel du Languedoc-Roussillon.

LA RÉGION LANGUEDOC-ROUSSILLON

La région Languedoc-Roussillon est la région de France la plus au Sud. Résolument méditerranéenne, elle fait la liaison entre la Catalogne et la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, porte de l'Italie du Nord. Elle est une composante essentielle de l'arc méditerranéen européen qui fait face à l'Afrique du Nord.

Région de contrastes, elle est maritime et montagnarde et groupe tous les types d'économies sur son territoire. Région principalement agricole et particulièrement viticole, elle est la région la moins industrielle de la France continentale. Elle est par contre la cinquième région française en ce qui concerne le potentiel de recherche publique.

Le contraste entre ces deux positions relatives pose des questions sur l'impact de la recherche sur le développement industriel. Il y a là de nombreuses pistes à creuser, et ce que font les écoles d'ingénieurs en matière de soutien au développement économique peut servir d'inspiration à l'ensemble du dispositif d'enseignement supérieur et de recherche technologiques.

Sur sa population de 2,115 millions d'habitants, la région Languedoc-Roussillon compte une population active de 900 000 personnes dont 13 % travaillent dans l'industrie. Le taux de chômage y est de l'ordre de 15 %.

La région se caractérise aussi par une forte population étudiante de 80 000 élèves dans l'enseignement supérieur qui fréquentent des universités anciennes et réputées. Les huit écoles d'ingénieurs qu'elle compte sont regroupées au sein d'une association, la Conférence des Directeurs des Grandes Écoles : la CODIGE.

LE SOUTIEN AU DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE

Comme il est souligné plus haut, l'École des Mines d'Alès affirme sa volonté de participer au développement économique local et régional.

Si cette ambition est issue de son histoire, elle est largement confortée par l'appartenance de l'École au ministère chargé de l'Industrie qui en confie la direction au directeur régional de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement. Elle a ainsi la

possibilité d'être constamment informée des préoccupations des entrepreneurs et des évolutions de l'environnement économique et des technologies.

Nous allons illustrer comment l'École des Mines d'Alès soutient le développement des entreprises et plus particulièrement des entreprises du bassin alésien et de la région Languedoc-Roussillon.

LA FORMATION D'INGÉNIEURS

Être au service du développement des entreprises, c'est d'abord pour une École d'ingénieurs former des ingénieurs correspondant à leurs besoins.

L'École des Mines d'Alès en forme actuellement 160 par an ; 130 élèves de formation initiale recrutés sur un concours national au niveau Bac + 1 (3 000 candidats en 1995) et 30 techniciens supérieurs avec 4 ou 5 ans d'expérience industrielle réussie. Les premiers suivent une scolarité de 4 ans, 2 ans pour les seconds.

Le plan de développement de l'École prévoit la formation de 250 ingénieurs par an à l'horizon 2000.

Une part importante de la formation est consacrée à l'apprentissage des langues et des cultures étrangères et, dans ce cadre, plusieurs élèves passent leur dernière année de scolarité dans un établissement hors de France (15 en 1995).

Issue de la mine, l'École a su s'ouvrir à d'autres domaines techniques et scientifiques et nos élèves ont maintenant le choix entre 6 options en dernière année d'études : génie civil et minier, matériaux, environnement industriel, systèmes de production, informatique et automatique.

A l'issue de leur scolarité leur placement se fait sans problème particulier par rapport à l'ensemble des écoles d'ingénieurs.

Le bassin d'Alès ne garde que peu d'élèves diplômés de l'École, ils sont de l'ordre de 5 par an à y trouver un emploi et 10 dans la région Languedoc-Roussillon. Mais ceux qui restent soutiennent directement le développement industriel local et régional.

LES STAGES EN ENTREPRISES ET LES PROJETS INDUSTRIELS DE FIN D'ÉTUDES

La scolarité de l'École des Mines d'Alès accorde une place majeure à l'entreprise puisque c'est plus de quatorze mois de stages et de projets industriels de fin d'études dans les entreprises que nos jeunes élèves de formation initiale passent durant leurs quatre années d'études. Les stages ont lieu entre les 4 années de cours. D'une durée de 3 ou 4 mois ils permettent à l'élève d'assurer une fonction d'ouvrier, de technicien puis d'ingénieur adjoint et le familiarise ainsi avec l'entreprise, ses objectifs, son fonctionnement et ses contraintes.

Le projet industriel de fin d'études rassemble deux élèves-ingénieurs pendant les 4 derniers mois de leur scolarité afin de réaliser un projet proposé par un industriel et d'y apporter une solution industriellement et économiquement viable. Il se déroule chez l'industriel

A titre d'illustration, cette politique de stage représente, par an, plus de 100 stages d'élèves, et 35 projets industriels dans les entreprises de la région Languedoc-Roussillon. De la même façon, 30 stages et 10 projets de fin d'études se déroulent sur le bassin d'Alès. L'école apporte ainsi annuellement 170 mois d'élèves-ingénieurs encadrés par des enseignants-chercheurs dans le bassin d'Alès.

Cet apport des élèves durant leurs stages et projets a été soutenu par la Direction régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE) qui a mis en place une opération régionale de promotion des stages en entreprises avec l'aide de la CODIGE. Dans la région Languedoc-Roussillon, c'est annuellement de l'ordre de 60 stages qui sont soutenus financièrement par l'État et la Région qui financent la moitié des coûts de revient pour l'industriel soit 3000 FF par mois de stage. Par ailleurs, 30 stages par an reçoivent un appui identique dans le département de la Réunion.

LA FORMATION CONTINUE

Pour une École d'ingénieurs, être au service du développement des entreprises, c'est aussi leur apporter une offre de formation professionnelle permanente large et efficace. Délivrant près de 50 000 (h x stagiaires) de formation continue par an, l'École des Mines d'Alès pourrait considérer remplir sa mission.

Mais son unité de direction avec la DRIRE Languedoc-Roussillon lui a permis de constater que les entreprises, principalement les PME, avaient de plus en plus de difficultés à envoyer des cadres en formation. Il fallait inventer le « juste à temps de la connaissance » et apporter dans l'entreprise, lorsqu'elle le souhaitait, la connaissance désirée.

Ceci est mis en place grâce aux dispositifs d'enseignement délocalisé interactif développés par l'école qui utilisent les techniques multimédias et les réseaux de transmission de données comme le RNIS ou bientôt INTERNET.

En effet, l'École des Mines d'Alès a été retenue dans le cadre d'un projet national et d'un projet européen pour développer les outils et des contenus de formations à distance. Déjà deux entreprises alésiennes utilisent les systèmes de tutorat à distance mis au point par l'École pour former leurs cadres à la maîtrise de la langue anglaise.

De plus, la souplesse des outils multimédias mis au point par l'École permet de personnaliser simplement des outils d'autoformation utilisant ces techniques. Nous personnalisons actuellement un outil de formation à l'assurance de la qualité que nous avons développée, en l'adaptant aux spécificités d'entreprises du bassin.

Par ailleurs, l'École accueille depuis 4 ans une formation spécialisée pour les ingénieurs des pays en voie d'industrialisation dans le domaine de l'environnement et de la sécurité minière : le Centre d'études supérieures en sécurité et environnement minier (le CESSEM) qui regroupe 12 stagiaires par an, provenant principalement des pays d'Europe de l'Est et d'Amérique du Sud. C'est l'occasion d'établir des contacts entre ces stagiaires et des entreprises alésiennes qui peuvent s'appuyer sur eux pour développer des contacts dans leurs pays d'origine.

LA RECHERCHE ET LE TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

Participer au développement des entreprises, c'est aussi partager avec elles le potentiel de recherche scientifique disponible dans les laboratoires de l'École.

160 enseignants-chercheurs, techniciens et thésards travaillent dans les trois grands domaines de compétence scientifique de l'École : les matériaux et les gisements miniers, l'environnement industriel et les systèmes de production. Ceci dans près de 15 000 m² de laboratoires équipés des matériels les plus performants.

Les travaux de recherche conduits par les enseignants-chercheurs de l'École permettent de les maintenir à un haut niveau scientifique et d'initier les élèves-ingénieurs aux méthodes de la recherche. Ils sont par principe à vocation d'application industrielle et se réalisent dans le cadre de contrats de recherche avec des entreprises ou des institutions comme l'Union européenne.

C'est plus de 7 MF de chiffre d'affaires annuel que ces activités de recherche produisent, avec un taux faible de réalisation sur le bassin d'Alès puisque l'École y réalise de l'ordre de 300 000 F de contrats par an.

Ce chiffre très faible d'activité sur Alès est en cours d'augmentation rapide puisqu'un projet important de 2 MF sur 3 ans vient d'être signé avec une grande entreprise importante du secteur électromécanique installée à proximité de l'École. Ce projet

consiste à résoudre des problèmes que rencontre l'entreprise dans la maîtrise des aléas de production. Mais il a aussi pour objectif de transférer le savoir-faire acquis à des PME qui ont des difficultés du même ordre, grâce à la mise sur le marché par des PME de service informatique des logiciels développés à la suite des travaux de recherche.

C'est ainsi une vraie plate-forme permanente de transfert en génie industriel qui est mise en place. Les premières PME de service informatique concernées sont installées dans le bassin d'Alès.

LA CRÉATION D'ENTREPRISES

Consciente de la nécessité de créer de nouvelles entreprises pour permettre au bassin d'Alès de maintenir l'emploi industriel, l'École des Mines d'Alès a créé, il y a 10 ans, une pépinière d'entreprises.

Cette pépinière a pour objectif de permettre à un créateur, généralement ingénieur ou diplômé de l'enseignement supérieur, de développer le produit ou le service qu'il a en projet dans les laboratoires de l'École où il reçoit les conseils des enseignants-chercheurs. Il peut ainsi passer de l'idée au produit pendant son séjour de deux ans durant lequel il reçoit une bourse de 7500 FF par mois financée par la Région, le Département du Gard ou le Fonds d'industrialisation du bassin d'Alès (FIBA).

Avant d'être admis dans la pépinière, le candidat à la création expose son idée devant un jury qui examine aussi la faisabilité économique du projet. Pendant son séjour dans la pépinière, le créateur est également formé aux techniques de gestion économique et financière d'une entreprise.

La société est souvent créée pendant le séjour dans la pépinière et à sa sortie, peut s'installer dans les ateliers relais créés par la ville d'Alès. L'ensemble des conditions d'accueil, y compris un système attractif d'incitation financière, sont rassemblées pour que le bassin d'Alès accueille des entreprises technologiques.

En 10 années d'existence la pépinière de l'École a permis la création de 30 entreprises technologiques qui se sont toutes fixées dans la région Languedoc-Roussillon, une dizaine d'entre elles s'installant dans le bassin d'Alès.

L'ANIMATION TECHNOLOGIQUE

L'École des Mines d'Alès a été l'un des premiers établissement de son type à imaginer et mettre en place des actions structurées d'animation technologique à destination des entreprises, principalement les PME, qui l'entourent.

Ces actions sont menées en partenariat avec les structures qui ont un rôle de diffusion technologique sur le bassin d'Alès : le lycée, l'Association pour la formation professionnelle des adultes, la Chambre de commerce et d'industrie, la Chambre des métiers.

Le principe consiste à aller systématiquement interroger les chefs d'entreprise sur leurs besoins en matière d'assistance technologique. Ce travail est effectué par des conseillers technologiques appartenant à l'un ou l'autre des établissements partenaires de l'opération, qui effectuent ainsi un véritable diagnostic technologique des entreprises. Après analyse, un ou plusieurs problèmes technologiques sont identifiés et formalisés. Le chef d'entreprise est alors mis en contact avec la ressource technologique correspondante, qu'elle soit externe ou interne aux partenaires de l'opération.

Cette opération a été lancée en 1992 sur un financement de l'Union européenne dans le cadre du programme STRIDE. Elle permet de résoudre annuellement de l'ordre de 150 problèmes technologiques posés par des PME du bassin d'Alès. Une centaine d'entre elles étant visitées chaque année par des conseillers technologiques.

Ce succès a permis que cette opération soit étendue en 1995 à tous les bassins d'emploi de la région Languedoc-Roussillon dans le cadre du nouveau contrat de plan Etat-Région.

L'OUVERTURE

L'École des Mines d'Alès appuie aussi son développement sur la constitution d'un réseau d'implantations qui lui permettent de se rapprocher, d'une part, des grands axes de circulation actuels ou futurs et, d'autre part, de ses marchés industriels.

C'est ainsi qu'elle a mis en place à Nîmes, dans le cadre du rapprochement avec l'École pour les études et la recherche en informatique et électronique (EERIE) relevant de la CCI de Nîmes, une base de recherche et de formation de spécialité de haut niveau dans le domaine de l'informatique, de l'électronique et de l'automatique qui accueillera bientôt plus de 100 chercheurs et 200 élèves.

Par ailleurs, elle a mis en place à Pau, sur le parc technologique créé par ELF (HE-LIOPARC), un laboratoire de recherche dans le domaine des poudres minérales colorées dont le Béarn est un gros producteur.

Enfin, elle est en contact dans le cadre de ses programmes de coopération avec plus de 20 universités étrangères, et participe aux programmes européens de mobilité d'étudiants et de chercheurs et de recherche coopérative.

L'École participe aussi au programme CIME de mobilité d'étudiants dans le cadre de l'AUPELF. Elle offre ainsi des moyens multiples d'accès à des ressources nationales ou étrangères à ses partenaires industriels locaux et régionaux.

CONCLUSION

Loin d'être un handicap, le passé minier de l'École des Mines d'Alès lui a permis d'acquérir la personnalité d'une grande École d'ingénieurs à vocation européenne qui se sent et assure une responsabilité dans l'appui au développement industriel du bassin d'Alès et de la région Languedoc-Roussillon.

Les outils variés qu'elle met en place pour atteindre cet objectif sont tous basés sur ses compétences premières de formation d'ingénieurs et de recherche technologique. Elle entend poursuivre ces efforts, car elle sait que son propre essor est lié au développement de l'industrie dans la région qui l'accueille.

Quel rôle pour les écoles d'ingénieurs dans les pays en développement ? Réflexions à partir de l'exemple tunisien

Dans les pays industriels, le rôle des Écoles d'ingénieurs a connu de profondes mutations durant les 25 dernières années. L'accélération des mutations technologiques a donné à la recherche-développement une place de plus en plus grande dans les entreprises, relayées dans cette fonction - à laquelle les PME ne sont pas toujours en mesure de faire face - par les laboratoires de recherche des Écoles d'ingénieurs. Ces dernières sont donc devenues de véritables partenaires, parfois même associés, des industriels dans les multiples tâches qui les réunissent, et qui concourent toutes au développement et à la maîtrise technologiques.

La situation dans les pays en développement est sensiblement différente : absence de véritable tissu industriel, activité limitée le plus souvent à des transformations de bout de chaîne, mettant essentiellement à profit le faible coût de la main-d'œuvre, sans réelle valeur ajoutée technologique, de sorte que les secteurs proto-industriels y sont rarement porteurs d'une véritable « culture industrielle ».

Les Écoles d'ingénieurs trouvent quelques difficultés à jouer pleinement leur rôle, différent de celui des universités, dans un tel contexte. Or, à l'heure de la mondialisation des échanges, et de l'insertion des pays en développement dans le concert économique mondial, elles devraient - et pourraient - constituer l'un des principaux leviers de mutation de ces pays vers des économies ouvertes et compétitives.

1. LE CONTEXTE TUNISIEN

En Tunisie, le développement industriel a connu trois grandes périodes depuis l'indépendance en 1956 :

1. Les années 60 ont vu la mise sur pied d'un grand secteur public qui constitue en-

core aujourd'hui la véritable ossature de l'industrie (mines, énergie, sidérurgie, matériaux de construction, etc.). Durant cette période, seul l'État avait la capacité d'investir dans l'industrie, et il lui revenait bien entendu de le faire dans le domaine des infrastructures : routes, ponts et barrages, électrification, exploitation des ressources minières (pétrole, phosphates, etc.). Le secteur privé était quant à lui cantonné dans l'agriculture et le commerce, ainsi que dans un secteur artisanal mis à mal durant les premières années d'indépendance par l'absence de protections.

De 1956 à 1969, date de la création de la première école tunisienne, l'ENIT, la formation des ingénieurs a continué à s'effectuer dans des écoles étrangères, françaises surtout. Le rôle de l'ENIT a d'abord consisté à compléter la palette des cadres techniques afin de pourvoir les besoins grandissants des entreprises publiques, ainsi que des services techniques et administratifs de l'État.

2. Le tournant de 1969, caractérisé par l'abandon du dogme de la prépondérance de l'État dans tous les secteurs de la vie économique (jusqu'au petit commerce), a donné lieu à une libéralisation fortement appuyée par l'État, tant au niveau du financement des investissements que de la protection des marchés. En l'absence d'une accumulation primitive suffisante, le secteur public est aussi resté fortement présent, y compris dans des activités non nécessairement stratégiques : tourisme, industries légères de transformation (textile, cuir et chaussures, etc.), matériaux de construction, commerce international, transport, etc.

Les investissements privés, résultant eux-mêmes le plus souvent de prêts bancaires garantis ou bonifiés par l'État et d'aides diverses apportées par celui-ci au premier rang desquelles la fermeture totale du marché national aux importations concurrentes dès lors qu'un investissement est agréé, se sont massivement orientés vers des sinécures de bout de chaîne, où la valeur ajoutée est essentiellement liée aux faibles coûts de la main-d'œuvre non qualifiée. Une législation appropriée a néanmoins permis de développer énergiquement les investissements dans l'industrie légère ouverte sur les marchés extérieurs ; c'est ainsi que les exportations textiles représentent aujourd'hui le premier poste de ressources en devises du pays, avant même les hydrocarbures et le tourisme!

Cette période a donc donné naissance à une activité économique diversifiée, marquée toutefois par la prédominance d'une culture « tertiaire » dans laquelle la circulation des richesses, réalité déguisée de nombre d'activités pseudo-industrielles, primait leur accroissement. Une telle industrie n'était que fort peu demandeuse de compétences techniques, soit sous forme de cadres, soit sous forme de coopérations institutionnelles, en particulier avec les Écoles d'ingénieurs.

Les limites d'un tel modèle de développement, occultées jusqu'à un certain point par la relative profusion des ressources financières disponibles, et par la croissance internationale, ont été atteintes lorsque ces deux facteurs vinrent à manquer, soit au milieu des années 80. Désormais en panne de liquidités suite à la rupture de ses grands équilibres financiers, l'État n'était plus en mesure de faire face à son rôle « nourricier », tant vis-à-vis des diplômés auxquels il apparaissait jusque-là comme le garant d'un emploi, que vis-à-vis des entreprises - aussi bien publiques que privées - dont les équilibres étaient souvent tributaires d'un appoint qu'il ne pouvait plus leur apporter.

3. Le redressement opéré à partir de 1986 a été marqué par la levée progressive des protections - réglementaires et douanières notamment - et l'insertion croissante de l'activité tunisienne dans l'économie mondiale, parallèlement à un désengagement progressif de l'État des secteurs concurrentiels. Le déficit technologique des entreprises est alors apparu au grand jour, et les Écoles d'ingénieurs, devenues pourtant plus nombreuses à la fin des années 80 (quatre écoles polytechniques, sur le modèle de l'ENIT, et deux spécialisées, la première en informatique et la seconde en télécommunications), ne parvenaient pas à faire face aux besoins accrus en cadres techniques que la restructuration des entreprises suscitait.

Une réforme radicale des formations d'ingénieurs a donc été engagée au début des années 90, avec la création de deux nouvelles institutions (École polytechnique de Tunisie et INSAT), et de plusieurs instituts technologiques, en vue d'accroître sensiblement le nombre d'ingénieurs et de techniciens formés, tout en diversifiant leurs formations pour répondre à la diversité des tâches dans les entreprises et aider celles-ci à faire face à la nouvelle situation.

L'adhésion de la Tunisie à la nouvelle Organisation mondiale du commerce, et sa signature d'un accord de partenariat avec la CEE, qui absorbe plus de 90 % de nos échanges, accord aux termes duquel une zone de libre-échange verra le jour dans un délai de douze ans, fixent en effet définitivement les échéances. Cette période doit être mise à profit par les entreprises pour effectuer une « mise à niveau » leur permettant de demeurer présentes face à la concurrence, aussi bien sur leur propre marché national que sur celui de l'exportation, ce qui constitue un impératif de survie pour nombre d'entre elles du fait de l'exiguïté du marché national. L'impératif technologique, facteur essentiel de compétitivité, est donc passé au centre de leurs préoccupations.

2. CONTRIBUER À L'ÉMERGENCE D'UNE CULTURE INDUSTRIELLE

La nouvelle situation élargit considérablement l'espace ouvert aux écoles d'ingénieurs, et plus généralement aux institutions de formation technique. Sur le plan quantitatif d'abord, puisque les entreprises sont désormais sommées de remédier à leurs déficits

d'encadrement technique sous peine de disparition pure et simple ; mais plus encore sur le plan qualitatif, car il ne s'agit plus seulement de former des ingénieurs, aussi performants que possible, pour alimenter les besoins d'une économie en mal de cadres. Il leur faut insérer cette mission dans une logique plus globale, plus « sociale », qui est de contribuer à l'accélération des mutations économiques et à l'émergence d'une culture industrielle.

Cette dernière repose sur un grand nombre de facteurs, et en premier lieu - sans aucun doute - sur l'existence d'une industrie, d'un marché (qui ne peut être que mondial) pour ses produits, et d'une logique économique pour leur circulation. S'il n'appartient pas aux Écoles d'ingénieurs d'y pourvoir, leur rôle devient, moyennant ce préalable dont on peut raisonnablement penser qu'il est en voie d'établissement en Tunisie, considérable dans l'émergence des principaux facteurs constitutifs de la culture industrielle.

1. Le premier d'entre eux, c'est la présence de cadres techniques dans les entreprises, y compris au plus haut niveau, celui de la décision. Les déficits technologiques acquis dans le secteur privé tunisien sont en partie imputables aux entrepreneurs eux-mêmes, venus en majorité du secteur tertiaire, dont ils ont reproduit les logiques. Il est significatif à cet égard que les groupes privés tunisiens actuellement les plus performants soient ceux qui ont été initiés et dirigés par des techniciens, maîtrisant les enjeux technologiques, et capables du fait de leur formation et de leur parcours de gouverner des entreprises convenablement encadrées.

Les nouveaux entrepreneurs, susceptibles de développer des projets industriels porteurs de technologie, devraient donc de plus en plus être des ingénieurs. La place de ces derniers dans l'entreprise, et dans la société, ne peut plus davantage être gouvernée par les vieux schémas établissant une dichotomie entre les sphères « technique » et « décisionnelle » de la vie de l'entreprise.

La compétence technique, dont la durée du cycle de renouvellement s'est considérablement réduite, est désormais tributaire d'une capacité scientifique et intellectuelle permettant la constante remise à jour de son savoir. Elle est tributaire d'une formation générale permettant l'intégration de connaissances a priori issues de spécialités différentes, mais que la part grandissante prise par la modélisation et le calcul dans la conception et la production a contribué à unifier quelque peu. Enfin, elle suppose un accès privilégié à l'information, aussi bien celle qui concerne la vie des produits, en amont et en aval de leur production, que celle relative aux procédés et aux techniques dont l'évolution s'est emballée.

Bref, d'éclectique par nécessité, la formation d'ingénieur le devient par essence. Elle

contient désormais tous les ingrédients nécessaires au leadership, lequel devient à l'inverse de moins en moins facile à exercer en l'absence de l'un ou l'autre de ces mêmes ingrédients, et en particulier d'une bonne intelligence des technologies nouvelles.

Les pays en développement ne doivent pas à cet égard se tromper d'objectif : pour rattraper le train des pays industrialisés, il ne faut surtout pas reproduire leur parcours et leur histoire ; ce n'est donc pas la culture industrielle du XX^e siècle, avec son héritage manufacturier, ses ingénieurs « ingénieux », avec leurs cloisonnements et leurs limites, qu'il leur faut appréhender, mais bien celle du XXI^e siècle, avec la fusion de ses aspects scientifique, technique, et économique, avec l'ouverture culturelle que l'internationalisation des procédés et des marchés requiert, avec le rôle nouveau, élargi, que l'ingénieur occupe dans l'entreprise moderne.

- 2. Il revient donc aux Écoles d'ingénieurs de prendre davantage en compte les spécificités de la culture entrepreneuriale, souvent marginalisée dans leurs formations. Il ne suffit pas pour cela d'accroître la part dévolue aux enseignements appropriés, aux stages et autres visites d'entreprises, car on ne devient pas entrepreneur sur les bancs de l'école. Les écoles auront aussi leur contribution à apporter pour faire aboutir concrètement cette formation au-delà du diplôme. Les pépinières d'entreprises, « écloseries » facilitant l'émergence, dans un milieu protégé procurant une assistance technique, ainsi qu'une aide dans les démarches financières à des projets économiques basés sur des concepts technologiquement évolués, constituent probablement une partie de la réponse.
- 3. Même si l'hégémonie du modèle libéral est désormais écrasante dans la pensée économique mondiale, elle ne doit pas faire perdre de vue qu'en dehors de l'intervention de la puissance publique, les pays intermédiaires tels que la Tunisie perdraient toute chance réelle d'industrialisation, et donc de développement durable. Ce sont les modalités de cette intervention qui sont aujourd'hui repensées, l'État jouant de plus en plus son rôle économique sur le mode incitatif, et de moins en moins comme acteur direct de la production.

Dans cette mécanique, les Écoles d'ingénieurs peuvent constituer l'un des leviers majeurs de l'action publique pour la mise à niveau technique des entreprises. D'une part, les pépinières fonctionnant dans l'orbite des écoles peuvent améliorer le rendement des aides dispensées par l'État à l'investissement, puisqu'elles permettraient de dispenser certaines d'entre elles en quelque sorte « à l'essai », et à moindres frais puisque la période d'incubation d'une entreprise est relativement peu coûteuse par rapport à celle de la mise en route effective d'une chaîne de production.

Elles contribuent ce faisant à drainer davantage de nouveaux investissements : 222 les secteurs technologiquement porteurs, avec des chances réelles de succès.

D'autre part, avec les centres techniques interprofessionnels, organismes le plus souvent mis en place et gérés par les autorités publiques, les Écoles d'ingénieurs constituent des interfaces appropriées pour les transferts de technologies nouvelles. Que celles-ci soient produites ou non par elles, elles s'appuient de toute manière sur des corpus de connaissances et de savoir-faire que les écoles maîtrisent mieux que d'autres, car ils sont adhérents à ceux de la recherche.

4. Un autre facteur décisif de la culture industrielle, c'est l'innovation, et la recherche permanente de la compétitivité que procurent les qualités techniques des produits, et leurs bons rapports qualité/prix. L'innovation suppose une bonne maîtrise des procédés, et la capacité de les améliorer constamment. Cette capacité est évidemment liée au taux d'encadrement technique, et plus largement à la formation de l'ensemble du personnel, depuis le plus bas de l'échelle, ainsi qu'à son degré de motivation et d'implication dans l'entreprise, comme l'exemple japonais et celui des pays émergents d'Asie nous l'enseignent.

Mais elle ne s'y arrête pas. Car contrairement à la structure industrielle des pays précédemment cités, celles de nombre de pays en développement sont caractérisées par la prééminence des petites et moyennes entreprises. Les plus grands groupes privés tunisiens apparaissent, à l'échelle européenne, comme des moyennes entreprises tout au plus, qui n'ont aucunement les moyens d'assumer par elles-mêmes la recherche-développement nécessaire à la mise à jour de leurs procédés, gage du maintien de leur compétitivité.

De l'autre côté, l'université en général, et les Écoles d'ingénieurs en particulier, cristallisent des capacités et des compétences scientifiques et techniques qui seraient précieuses pour les entreprises, si elles étaient en mesure d'y avoir accès. A titre d'exemple, la Tunisie compte près de 6000 enseignants et chercheurs à l'Université, pour un peu plus de 8000 ingénieurs en activité dans l'industrie. Aujourd'hui que l'après-Plan d'ajustement structurel, et les perspectives du libre-échange, rendent les entreprises demandeuses de coopérations institutionnelles pour surmonter leurs déficits technologiques, ce qui n'a pas toujours été le cas, c'est la réglementation qui marque le pas.

Or, si les taux de croissance enregistrés par la Tunisie durant la première moitié de la décennie en cours (de l'ordre de 5 % par an, en dépit des aléas climatiques et conjoncturels) sont encourageants, ils risquent d'être insuffisants pour la hisser au rang de nation développée à l'orée du XXI^e siècle, ce qui est son objectif. Une croissance plus rapide, voire une croissance à deux chiffres, telle que l'ont connue durant de nombreuses années les « dragons » d'Asie du Sud-Est, n'est pas atteignable sans une meilleure maîtrise technologique, qui passe par un véritable *aggiornamento* sur le plan de la recherche.

L'augmentation des crédits qui lui sont alloués, condition nécessaire à son développement, ne constitue néanmoins pas toute la réponse. Le véritable défi qui se pose aux pays intermédiaires est aussi, et peut-être surtout, celui de la formation de nouvelles compétences, et de l'utilisation optimale de celles qui existent, grâce à une réglementation mettant au-devant de tout autre impératif la participation de toutes les énergies, et en premier lieu de celles que recèlent les écoles d'ingénieurs, au développement technologique de l'industrie.

Diverses tentatives effectuées dans les années 80 pour dépasser les rigidités réglementaires ont tourné court, vraisemblablement parce qu'elles étaient prématurées par rapport au contexte. Aujourd'hui, le moment semble en revanche venu pour trouver les mécanismes permettant ce type de partenariats, en se livrant à une véritable « mise à niveau » administrative visant à débrider les rapports créatifs et à libérer les synergies qui impulsent les innovations.

5. Une économie ouverte et vivante a aussi besoin de nouveaux « produits », que les écoles d'ingénieurs sont les plus à même - sinon les seules à même - de lui fournir : des produits issus de la recherche tels que prototypes, logiciels, études, etc. Mais également de la formation, et de la formation continue, car cet élément est désormais décisif pour faire la différence entre les entreprises, et assurer leur compétitivité. Là encore, même lorsque le financement est organisé (comme en Tunisie où la TFP - taxe pour la formation professionnelle - est prélevée par l'État et reversée aux entreprises pour couvrir la formation de leurs personnels), des ajustements réglementaires restent à trouver pour que les écoles d'ingénieurs occupent pleinement ce créneau où elles ont de toute évidence une contribution considérable à apporter.

3. LES ÉCOLES D'INGÉNIEURS, ACTEURS DE LA VIE ÉCONOMIQUE

En somme, les Écoles d'ingénieurs sont restées victimes d'une ambiguïté majeure planant sur leur rôle : institutions académiques certes, où se produisent et se renouvellent les savoirs, et où se dispensent des formations académiques ; mais acteurs de la vie économique aussi, producteurs de formations professionnalisées en interaction avec le « marché », extrêmement sensibles donc aux attentes et aux humeurs de ce dernier...

A l'évidence, la structure et l'organisation qui conviennent au premier de ces rôles peuvent se révéler totalement inappropriées pour le second. Les entreprises se plaignent souvent de l'inadéquation de la formation dispensée par les écoles - réputée trop académique - par rapport aux impératifs de l'entreprise. Même si ce reproche est à nuancer, il faut admettre que pour que les ingénieurs soient performants dans les entreprises à l'issue de leur formation dans les écoles, il faut que ces dernières réduisent le hiatus existant entre leur logique et celle des entreprises. Les « junior-entreprises »,

et autres simulations à échelle réduite de la fonction de l'ingénieur dans la vie économique, méritent d'autant plus d'intérêt qu'elles constituent l'une des trop rares passerelles de transfert vers les entreprises d'un type de savoir et de savoir-faire détenu par les enseignants-chercheurs, et absent dans les entreprises.

Mais les Écoles d'ingénieurs devront aller plus loin, se mettre elles-mêmes à l'école des entreprises, dont elles devront complètement adopter les méthodes de gestion pour certains secteurs de leur activité. Si leur production essentielle reste la formation diplômante, la logique de leur démarche devra évoluer pour intégrer progressivement celle du marché : produire au moindre coût (c'est-à-dire avec un « rendement » élevé), faire attester par le marché - c'est-à-dire par les entreprises - la qualité de son produit, et le « vendre », c'est-à-dire le doter des capacités pour prendre aisément sa place dans la sphère productive. Les Écoles sont aussi appelées à adopter totalement la démarche des entreprises pour « commercialiser » leurs autres produits : ceux de la formation continue, ceux de valorisation de la recherche, etc.

Cette attitude les conduira à plus ou moins long terme à initier des projets industriels technologiquement porteurs, soit directement par le biais de leurs anciens élèves (et des « pépinières »), soit en association avec des industriels dans des cadres qu'il appartiendra à chaque pays d'inventer. Au-delà de leur nécessité économique, de telles mutations auront aussi pour vertu de contribuer - beaucoup mieux que n'importe quelle théorie ou simulation - à la formation des élèves-ingénieurs à la logique entrepreneuriale.

Directeur de l'INSA de Rennes, France

Réseau d'écoles et appui technologique aux PME-PMI - Extension internationale

Le dispositif français de formation d'ingénieurs est particulièrement divers, certains diront même hétéroclite, voire complexe. Il n'est pas question dans cette communication d'en faire une étude ou une analyse qui a été faite par ailleurs, mais plutôt d'imaginer quels profits pourraient être tirés des regroupements déjà réalisés ou à créer qui se traduisent par l'existence de types de formations ayant fait leur preuve, comme, par exemple, les Instituts nationaux polytechniques (INP), les Instituts nationaux des sciences appliquées (INSA) ou les Écoles nationales supérieures des arts et métiers (ENSAM)...

Ces établissements ont tous, au-delà de leurs missions essentielles de formation d'ingénieurs et de participation à la recherche, une troisième mission que l'on peut traduire en termes de participation au développement économique national et régional.

Cette mission est satisfaite par les établissements au travers des actions qu'ils mènent en matière de formation continue, de relations techniques ou technologiques résultant des stages ou de préparations de diplômes de fin d'études dans les entreprises et, bien entendu, à l'occasion des nombreuses activités contractuelles, ou des opérations au profit de tiers développées entre les entreprises et les laboratoires des écoles. A ceci s'ajoute l'activité des filiales ou structures de transfert dont la plupart des établissements se sont dotés.

Rappelons que les INP sont au nombre de trois GRENOBLE, NANCY et TOULOUSE, les INSA au nombre de quatre · LYON, RENNES, ROUEN et TOULOUSE et l'ENSAM (même si elle ne constitue qu'un seul établissement) se divise en sept antennes : PARIS, AIX, ANGERS, BORDEAUX, CHALONS, CLUNY, LILLE

DES RÉSEAUX NATIONAUX AUX RÉSEAUX INTERRÉGIONAUX

Des réseaux nationaux ont été mis en place autour des types de formation d'ingénieurs qui viennent d'être évoqués, aboutissant à la mise en commun de certaines actions et d'une politique plus ou moins commune d'intervention qui trouve sa justification dans la démultiplication de l'action ou dans l'élargissement du champ disciplinaire ainsi couvert.

Cette énumération montre le maillage qui a pu s'instaurer sur l'hexagone.

Agissant chacun prioritairement dans sa région d'implantation, ces établissements ont pu au travers des réseaux nationaux créés développer des actions, certes plus ou moins modestes, qui peuvent être qualifiées d'interrégionales dans leurs interventions au profit du secteur économique et plus particulièrement des PME-PMI.

Les exemples sont de plus en plus nombreux de transferts de technique qui, faute d'avoir pu se réaliser dans l'environnement régional immédiat d'un établissement, ont été effectués vers des entreprises d'autres régions grâce, ou de par, l'existence des réseaux nationaux des écoles

Le caractère en particulier national du recrutement et du placement des ingénieurs facilite cet essaimage.

DE L'INTERRÉGIONAL À L'INTERFUROPÉEN

Les programmes européens de recherche et l'important développement des actions de coopération et d'échanges qui se sont établis entre les écoles et les institutions universitaires de l'Union européenne et des pays d'Europe centrale et orientale ont été mis à profit pour établir des liens entre entreprises et établissements universitaires collaborant sur un même projet, ou plus simplement susceptibles d'y participer.

Les réseaux académiques de formation (double diplôme, EUFORIA, TIME...), dont l'objectif principal est le maillage des institutions, la mobilité et les échanges à l'intérieur de l'Union européenne, sont à même d'amplifier le maillage relationnel avec les entreprises des pays partenaires.

Au-delà des activités contractuelles un volant d'actions a été initié dont certaines relèvent de l'appui aux entreprises, pouvant aller par exemple jusqu'à des projets Euréka. C'est ainsi que des marchés ont pu être conclus à partir de connaissances initialisées dans les échanges ; les retombées locales de ces actions, si elles ne bouleversent pas sensiblement l'économie, sont cependant sans conteste profitables au tissu régional.

Nous assistons de ce fait à l'émergence de réseaux intereuropéens dont les collectivités locales ou régionales peuvent se féliciter dans la mesure où ceci permet de conforter leur politique d'appui aux PME-PMI, notamment en matière d'exportation.

LES RÉSEAUX INTERNATIONAUX

A partir des considérations précédentes il peut paraître nécessaire de mettre en place des réseaux internationaux - dont les principes existent déjà - constitués à partir des écoles relevant de la même démarche de formation d'ingénieurs (les INP, les INSA...) qui pourraient avoir parmi leurs objectifs celui de participer au développement économique en facilitant les relations professionnelles des PME-PMI liées aux établissements partenaires.

Cette démarche implique que soit inscrite très clairement dans les objectifs des réseaux universitaires internationaux la volonté d'être un lien économique ou, pour le moins, d'associer la liaison internationale interuniversitaire à l'ensemble des processus tendant à faciliter les contacts économiques entre les pays et les régions concernées.

Les entreprises intéressées sont toutes celles qui gravitent autour des écoles au travers :

- des actions contractuelles liées à la recherche ou au développement technologique,
- des formations, pour celles qui accueillent les élèves-ingénieurs en stages de longue durée ou pour des projets de fin d'études,
- des transferts de technologie issus des laboratoires des écoles et ayant donné lieu à création d'entreprises par des anciens élèves.

INCIDENCES SUR LA FORMATION

Nous avons rappelé que la participation au développement technologique national et régional était inscrite dans les missions des établissements, il n'en reste pas moins qu'il est inhabituel d'y associer systématiquement les structures s'occupant de relations internationales dans les établissements. Il y a lieu d'y consacrer quelque attention tant les retombées peuvent en être bénéfiques, en particulier, dans le domaine de l'ingénierie de formation et dans le développement bien compris des actions de formation continue.

Différentes composantes de l'établissement, et pour ce qui nous concerne des Écoles d'ingénieurs, sont à sensibiliser :

- en premier lieu le corps professoral, vecteur premier de ces échanges internationaux qu'il est nécessaire de préparer, de sensibiliser à cette nouvelle mission.
 Sans une adhésion volontaire et permanente il ne pourra y avoir internationalisation concrète,
- les **élèves-ingénieurs** participant aux échanges auxquels il faut inculquer cette culture (et c'est peut-être là le plus rapidement rentable). Ils pourraient être les chevilles ouvrières des premières phases des opérations,
- les étudiants en formation doctorale qui pourraient compléter leur formation à la recherche par des actions de connaissance du milieu économique. A cet égard, des expériences comme celle de l'INP de TOULOUSE qui a créé un département de Formation aux métiers de la recherche, où les notions que nous venons d'évoquer seront développées méritent une grande attention, en particulier en termes de réciprocité.

Les nombreux étudiants étrangers en formation doctorale devraient dans ce contexte, dès lors que cette connaissance leur est donnée, servir utilement de relais à leur retour dans leur pays d'origine. Il ne s'agit pas là d'une idée nouvelle, mais par contre peut-être est-il novateur de l'inscrire dans une liaison de type réseau clairement définie.

PROPOSITION D'ACTION

Au-delà du préalable que constitue la concrétisation des réseaux internationaux d'Écoles et d'établissements de formation de même type, qui dépasse le cadre de la proposition exposée, un certain nombre de dispositions pourraient - ou devraient - en faciliter la réussite, à savoir :

- mise en place au niveau des établissements volontaires des mesures nécessaires à l'action, consistant, comme il est indiqué ci-dessus, en une sensibilisation du personnel enseignant, des élèves-ingénieurs et des étudiants en formation doctorale.

Cette sensibilisation devrait être complétée par des mesures concrètes inscrites dans les cursus de formation et susceptibles de prendre des formes variées (cours et séminaires spécifiques, projets de fin d'études ciblés, intervention des cellules de relations internationales des établissements, etc.),

- susciter l'intérêt des collectivités régionales qui ont inscrit, par exemple, dans leur politique le développement des exportations des PME-PMI, en leur proposant de financer des actions incitatives, dès lors que les réseaux internationaux font intervenir des pays ou des zones géographiques qui les intéressent,

- proposer aux partenaires européens du réseau, l'accès à la connaissance et à la mise en relation avec les partenaires et les structures économiques en France et en Europe en profitant du réseau national, interrégional ou intereuropéen.

Il s'avérerait bien entendu nécessaire que les entreprises liées au réseau adhèrent à une charte qui devrait leur être proposée afin de respecter toutes les conditions de discrétion, notamment en matière de confidentialité, qui s'imposent dans une telle démarche.

Fayçal Hocine

Directeur général de l'Institut national de génie mécanique (INGM)

Boumerdès - Algérie

Soutien aux PME-PMI et génération d'entrepreneurs dans le cadre de l'économie de marché en Algérie

1. INTRODUCTION

« La formation d'ingénieurs constitue un enjeu de tout premier ordre pour l'ensemble de l'espace francophone. Il y va de la capacité à innover, à produire, à créer des emplois. »

Cette phrase tirée de la lettre d'appel à communication des VI^{es} JIT, du professeur Michel Guillou, Directeur général de l'AUPELF et Recteur de l'UREF, nous permet de planter le décor du rôle de nos institutions pour la décennie à venir.

De plus, les pays en voie de développement, à l'instar de l'ALGERIE, sont secoués par les retombées de la crise économique que traverse l'ensemble des pays de la planète, à des degrés divers.

Nous avons, lors des V^{es} JIT tenues à TUNIS, répondu à ce que devait être l'ingénieur de l'an 2000.

Les difficultés économiques mondiales nécessitent une nouvelle approche dans les missions de formation, tout en sachant que les Écoles d'ingénieurs constituent une fraction importante du potentiel de recherche des sciences de l'ingénieur.

Cela nécessite des actions concrètes des pouvoirs publics que nous détaillerons plus loin, ainsi qu'une nouvelle démarche vers les PME-PMI de notre pays.

En Algérie, il est devenu maintenant une quasi-certitude que les PME-PMI joueront un rôle déterminant dans l'innovation et le progrès technologique dans l'avenir économique de l'Algérie.

2. HISTORIQUE ET VOCATION DE L'INGM

L'Institut national de génie mécanique créé en 1974, a pour objet entre autres, de fournir à l'industrie algérienne des ingénieurs et techniciens supérieurs nécessaires au développement de ses activités mécaniques.

Nous avions fait une présentation détaillée de notre Institut lors des V^{es} JIT. Le produit de formation devait prendre et a pris en charge le processus d'industrialisation de l'Algérie.

A ce jour, notre Institut à mis sur le marché du travail 820 ingénieurs et 1180 TS.

Les autres missions sont :

- la formation continue ;
- l'assistance technique aux entreprises ;
- la recherche appliquée.

La recherche étant une activité qui a été marginalisée, notre Institut se devait, dans le contexte d'évolution des technologies, d'incorporer cette préoccupation comme axe stratégique dans son développement.

Forts des relations privilégiées que nous avons avec le monde industriel, la recherche nous permettra de mieux prendre en compte les besoins des entreprises en matière d'innovation et de développement technologique, et devra devenir une activité de premier plan, au même titre que la formation initiale.

Dans le contexte de crise que traverse notre pays, et devant les nouvelles orientations industrielles induites par l'économie de marché, l'insertion dans la division internationale du travail, le rôle des institutions de formations comme la nôtre est à revoir dans le sens d'une adaptation de leurs activités de recherche au développement des PME-PMI.

3. LA PME-PMI EN ALGÉRIE

Le rôle et l'impact de la PME-PMI en tant que forme d'organisation économique dominante dans les pays développés ne sont plus à démontrer. Dans ces pays en moyenne trois unités industrielles sur quatre sont des PMI; près de 50 % des emplois sont générés par ce secteur.

Dans notre pays si l'on devait appliquer les ratios observés dans les économies développées, le tissu de la PME-PMI devrait comprendre au moins 100.000 PMI dans le commerce et les services et 25.000 PME industrielles dont les effectifs devraient varier entre 30 à 50 personnes.

Le nombre des PME-PMI existantes en ALGERIE est d'environ 23.000 unités, y compris les entreprises publiques locales, toutes branches et activités confondues.

La comparaison de ces données nous permet de constater l'immense retard accusé par notre pays et l'ampleur de la tâche qui nous attend en tant que système de formation supérieure, pourvoyeur de créateurs d'entreprises.

La promotion de la PME-PMI dans notre pays est inscrite dans la nouvelle démarche de notre gouvernement, comme une priorité.

4. LA RECHERCHE À L'INGM ET SON ACTION AUPRÈS DE LA PME-PMI

La création de laboratoires de recherche en tant que telle remonte à trois ans.

Ces laboratoires de recherche ont pour objet :

- la prise en charge des mémoires d'ingénieurs et techniciens supérieurs ;
- la prise en charge des magistères et doctorats d'État ;
- la prise en charge des séminaires spécialisés, des journées d'études et autres ;
- la prise en charge de la recherche appliquée ou recherche finalisée, en relation avec les milieux industriels.

Ils sont au nombre de quatre, dénommés comme suit :

- Laboratoire de mécanique ;
- Laboratoire d'énergétique ;
- Laboratoire de conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO) ;
- Laboratoire d'électronique, d'électrotechnique et d'automatisme (EEA).

L'un des axes qui à notre avis représente une priorité pour l'aide à la PME-PMI est

l'introduction de nouvelles technologies en mécanique (CFAO, GMAO, robotique, commande numérique, automatisme, etc.).

Dans ce cadre, en collaboration avec le ministère de la PME, un projet, en cours d'élaboration, consiste à la mise en place d'outils d'aide au développement de la PME, dans le domaine de la CFAO.

Cet outil sera un centre qui traitera les problèmes que rencontrent les industriels dans le cadre de la conception et l'innovation du produit et des besoins de développement immédiats et futurs de notre milieu industriel (industries publiques et privées).

Ce centre, installé au sein de notre École, s'appuiera sur une équipe d'enseignants expérimentés (professeurs-ingénieurs, docteurs-ingénieurs, ingénieurs de laboratoires spécialistes en conception, fabrication mécanique, maintenance de l'outil de production), associant nos élèves dans le cadre de leurs projets de fin d'études.

L'avantage que présente notre Institut, pour la prise en charge de ce centre, est une grande expérience, une bonne connaissance du terrain. Cette expérience a été acquise à travers les relations tissées depuis plus de vingt ans, par l'encadrement de projets divers (près de 1500), de recherche appliquée, de formation continue et de formation de formateurs. Une bonne situation géographique stratégique : nous sommes situés tout près de la zone industrielle du centre du pays, la plus dense d'Algérie, à proximité d'un aéroport international et de la capitale (moins de 50 km).

Les objectifs de ce centre sont :

- Diffusion très large de l'information sur les technologies avancées à travers l'organisation de séminaires, colloques, journées d'études et portes ouvertes.
- Promotion et intégration pour la PME-PMI, des systèmes de technologie assistée par ordinateur tels que la DAO, CFAO, GMAO, en assurant la consultation, l'aide à l'acquisition des hardwares et softwares, l'installation, la mise en œuvre, l'initiation, la formation, les études et l'assistance technique.
- Développement des applications spécifiques au profit de la PME-PMI.
- Organisation de cours sur ses systèmes et la formation continue à la carte.

Tout cela devra permettre à ce centre, à moyen terme, la modernisation de l'outil de production et la maîtrise des technologies modernes.

5. ACTIONS DE L'ASSOCIATION POUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA PROMOTION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE (ADPST)

5.1 Historique de l'ADPST

Les instituts et entreprises de Boumerdès lors de la réunion du 21/01/92 ont examiné l'idée de créer une association nationale professionnelle et scientifique visant le développement et la promotion de la science et de la technologie dans notre pays. L'agrément a été obtenu le 26/05/92, auprès des instances, suite au dépôt des statuts, finalisés par 25 entreprises et institutions, qui ont eu la qualité de membres fondateurs.

5.2 Objectifs de l'ADPST

L'Association a pour objet :

- l'initiation, la promotion et le développement des activités scientifiques et techniques telles que les conférences, les débats, les séminaires, les journées d'études, la formation continue et le perfectionnement, les expositions, foires et autres activités de rayonnement scientifique, technique et culturel;
- la promotion des professions liées au développement scientifique et technologique par diverses initiatives et actions ;
- d'œuvrer pour un renforcement du caractère scientifique et technique du développement national (par exemple : exposition des projets de fin d'études d'ingénieurs et TS à l'intention des industriels publics ou privés);
- d'œuvrer à une meilleure intégration du système Éducation-Industrie-Économie dans le nouveau contexte économique international ;
- d'œuvrer pour le renforcement des relations de l'Association avec les autres associations nationales et internationales d'objectif similaire ;
- de collecter, exploiter et diffuser les informations scientifiques, techniques, économiques, juridiques et sociales liées à l'activité de l'Association ;
- de contribuer à la promotion de la recherche scientifique.

5.3 Composition de l'ADPST

En plus des 25 membres fondateurs (personnes morales) composés de 11 instituts ou écoles de formation supérieure, 4 centres de recherche et 10 entreprises nationales, l'Association a été rejointe par 35 autres membres (des Universités, Instituts et Écoles de formation supérieure, des entreprises publiques et privées).

5.4 Programme d'actions réalisées à ce jour par l'ADPST

Nous ne pouvons pas, dans cette communication, rapporter l'ensemble des activités de notre association. Nous en citerons néanmoins quelques-unes.

- **5.4.1** Organisation de deux journées d'études sur l'Université et l'Entreprise les 19 et 20 janvier 1993. L'objectif des ces journées était d'instaurer un débat national sur les conditions de réalisation d'une osmose Université-Entreprise en tant que préalable à une véritable relance économique à moyen terme. Une série de recommandations a été faite et transmise aux pouvoirs publics.
- **5.4.2** Organisation de la 1^{re} journée d'études sur l'Innovation, en collaboration avec l'entreprise de sidérurgie SIDER le 13 décembre 1994.
- **5.4.3** Organisation de la journée d'études sur les matériaux et déchets de construction le 5 juin 1995, à l'occasion de la journée mondiale sur l'environnement.
- **5.4.4** Organisation chaque fin d'année universitaire d'un Salon des projets de fin d'études. Ce Salon regroupe les meilleurs projets de fin d'études des ingénieurs et TS des institutions nationales de formation supérieure et dure 3 jours. Cette manifestation, la 3^e du genre, prime les meilleurs travaux et recherches, ainsi que les meilleurs promoteurs.
- **5.4.5** Organisation de conférences de sensibilisation à l'intention des diplômés des Instituts de technologie, à la création d'entreprises, et ce en collaboration avec l'Association pour la création et la promotion de l'entreprise (ACPE).
- **5.4.6** Organisation de journées de sensibilisation à l'intention des étudiants des Instituts de technologie, à la normalisation et aux brevets en collaboration avec l'Institut algérien de normalisation et de propriété industrielle (INAPI).

Il est à noter, enfin, que l'Association siège en tant que membre au Conseil national économique et social (CNES) de notre pays et y a initié la création d'une commission spécialisée relative à l'enseignement supérieur et au développement industriel et technologique.

6. CONCLUSION

Toutes ces actions doivent nous permettre, à brève échéance, de modifier la mentalité d'une partie de nos ingénieurs et TS sortants.

Ils doivent se poser la question suivante à l'issue de leur formation : « Comment vais-je faire et quels sont les moyens existants pour créer mon entreprise dans », et non plus : « Il faut que je trouve maintenant un emploi ».

Pour cela les pouvoirs publics devront se doter de moyens efficaces, pour aider au développement de la PME-PMI et diminuer les tensions sociales sur l'emploi, par des mesures incitatives telles que :

- Création d'agences de valorisation de la recherche.
- Mise en place de centres de création d'entreprises et d'appui aux jeunes entrepreneurs.
- Prêts sans intérêts.
- Participation financière de l'État à la création d'entreprises.
- Des mesures fiscales importantes (déduction des impôts, remboursement ou prise en charge des activités de recherche).
- Allégement des procédures administratives.

Notre rôle dans cette action est aussi important que celui des pouvoirs publics, par le développement de la recherche appliquée, la diffusion des nouvelles technologies, les techniques de management, etc.

Doyen de la Faculté polytechnique de l'Université de Kinshasa (Zaïre)

La formation des ingénieurs face aux mutations technologiques

1. INTRODUCTION

Avec l'arrivée de l'autoroute de l'information et les autres utilisations conséquentes de l'informatique et des télécommunications, le siècle finissant nous conduit au 21^e siècle où les enjeux technologiques seront les plus concurrentiels et stratégiques.

A ce point de vue, l'évolution scientifique avec des nouvelles technologies risque de s'accélérer à un rythme capable de rendre l'enseignement de base accessoire par rapport aux exposés et matières sur les nouvelles découvertes.

Vu de cette façon-là, il est important de se pencher sérieusement sur ce problème pour faire la part des choses et s'interroger sur les questions essentielles.

Dans cet exposé, nous essayons d'en épingler quelques-unes :

- Quelle corrélation y a-t-il entre l'évolution technologique, la recherche fondamentale dans les Écoles et la formation des ingénieurs ?
- Comment faire participer les deux composantes humaines importantes de l'enseignement (enseignants et étudiants) au processus des mutations technologiques ?
- Quel contenu des cours assurer aux étudiants dans ce contexte ?
- Quels obstacles franchir pour assurer un meilleur équilibre entre la formation des futurs ingénieurs et des mutations technologiques ?

La réflexion autour de chacune de ces interrogations constituera l'essentiel de notre intervention à ces Journées Internationales de Technologie.

Dans la conclusion, nous indiquerons quelques pistes qui nous semblent essentielles pour établir l'équilibre entre la formation et les mutations technologiques.

2. CORRÉLATION ENTRE LA FORMATION ET L'ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE

Dans tous les cas, l'évolution technologique est conséquente soit à la satisfaction des besoins de la société, soit à l'application active des nouvelles découvertes scientifiques.

Comme le mot « évolution » l'indique, elle est un processus d'intégration graduelle de nouvelles techniques qui, elles-mêmes, découlent des recherches soit fondamentales soit appliquées.

S'agissant des acteurs qui doivent être intégrés dans ce processus évolutif, les étudiants, futurs ingénieurs, doivent, dans leur formation, vivre la réalité industrielle et se sentir à la fois utiles à la vie de l'industrie (aspect pratique) et à celle de la recherche (aspect théorique).

3. PARTICIPATION À L'ÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE

Pour arriver à adapter les cours dispensés aux futurs ingénieurs, les professeurs euxmêmes doivent être au courant des mutations qui s'opèrent dans le monde technologique.

Plusieurs canaux peuvent les y amener. Nous pensons à l'élaboration de projets de recherche en relation avec l'industrie, bref, à toute activité scientifique, technologique capable d'assurer l'ouverture vers le monde industriel.

Quant aux étudiants, l'orientation vers le monde industriel peut s'accomplir à travers des stages et les travaux de mémoire ou de thèse répondant aux préoccupations des industries.

Il est aussi important que les praticiens de l'industrie fassent un pas vers les Écoles d'ingénieurs pour apporter leur expérience et surtout maintenir les échanges Universités-Industries véritables canaux d'intégration.

Ils peuvent aussi animer des séminaires et faire des exposés spécifiques ayant trait aux nouvelles technologies.

4. CONTENU DES COURS

Avec l'évolution rapide des technologies, les Écoles d'ingénieurs doivent éviter le piège

de la révision rapide tous azimuts des programmes des cours tendant à négliger les enseignements de base au profit des cours réputés adaptés aux nouvelles technologies.

Il est important de souligner que la formation donnée aux futurs ingénieurs devra leur permettre d'être à la fois utiles à l'industrie et à la recherche fondamentale et appliquée.

Pour ce faire, une solide formation de base est requise, cette formation doit alors, par la suite, s'enrichir des apports nouveaux liés aux réalités scientifico-technologiques du moment.

Les publications scientifiques doivent être mises à la disposition des étudiants et des chercheurs.

Il revient essentiellement aux enseignants d'être (comme dit plus haut) ouverts au monde extérieur (extra-académique) et d'adapter leurs enseignements en conséquence.

5. OBSTACLES À L'OUVERTURE

La révision des contenus des cours exige de la part des éducateurs un grand effort de progrès et une volonté sans faille de dispenser des enseignements de qualité et adaptés à la fois aux objectifs de la formation et aux impératifs de l'évolution technologique.

La plupart des enseignants des Écoles d'ingénieurs doivent fournir des efforts pour améliorer périodiquement leurs cours.

Cependant, il y a lieu de relever aussi des obstacles à l'intégration des nouvelles notions dans les cours par certains enseignants simplement par réflexe de conservatisme.

Dans le même ordre d'idée, on remarque aussi la réticence, voire l'indifférence de certains chefs d'entreprise à l'ouverture au monde scientifique parfois pour des raisons inavouées.

Ces attitudes constituent des obstacles à l'esprit, je dirais, à la politique d'amélioration de la qualite des enseignements et à l'intégration Industrie-Université.

6. CONCLUSION

Les mutations technologiques étant le fruit du travail des ingénieurs, il est évident que ceux qui y participeront demain doivent y être préparés.

Cette initiation passe par la formation qu'ils reçoivent (cours mis à jour), par leur participation aux activités industrielles (stages, visites d'usine) et par la pertinence de leurs travaux de mémoire et/ou des thèses.

La participation active aux séminaires spécialisés et conférences sur les actualités scientifiques vient compléter le tableau et constitue un autre mode d'apprentissage fort efficace.

Les éducateurs doivent apporter leur pierre à l'édification en enrichissant progressivement les contenus des cours, en renforçant les échanges Industrie-Université et en initiant les étudiants à la lecture des revues et ouvrages spécialisés en vue d'acquérir le goût et l'amour de la recherche.



Jacques Lévy

Directeur de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris, France Président de la Conférence des Grandes Ecoles

Rapport de synthèse

Mesdames et Messieurs,

Il est évidemment très difficile de faire la synthèse de l'ensemble de ce qui a été dit pendant ces deux journées et demie très denses.

Tout d'abord qui sommes-nous ? Que représentons-nous ? En regardant la liste de participation, j'ai constaté que 22 pays francophones étaient représentés dont la France, et qu'il y avait 150 participants dont 46 viennent du Cambodge et 40 de France, ce qui montre que nous avons un panorama extrêmement large et diversifié à tous points de vue. Il y a des représentants de pays riches, des représentants de pays pauvres, il y a des gens qui fonctionnent selon un modèle de système de formation français mais il y a également des pays qui, de langue française, s'inspirent d'autres modèles notamment du modèle anglo-saxon. Il y a des pays qui sont très fortement intégrés économiquement à la France, d'autres qui ont des liens moins étroits et qui sont plus ouverts à la compétition d'autres pays de la planète. Ceci fait notre richesse bien entendu et a donné un sens particulier à toutes les communications que nous avons entendues.

Qu'avons-nous donc en commun?

Nous avons tout d'abord le français. Le français est en l'occurrence un instrument de communication très original, très efficace par certains côtés car cette langue n'est pas simplement un moyen de communication mais le véhicule d'une pensée, d'une certaine approche. Il est bien évident, tout le monde le sait, que nous ne pouvons pas faire l'économie de l'apprentissage de l'anglais. Je crois que ce serait un très mauvais service à rendre à nos élèves que de les limiter à la culture française, mais nous avons ce plus de la culture française et il est évident que notre langue apprise dans la prime enfance constitue un moyen particulièrement efficace et précis de s'exprimer.

Le besoin de communication dépasse la question de la langue française et a été exprimé de manière très forte à propos de la session sur les autoroutes de l'information. Nous avons eu tout d'abord un aperçu technique de l'évolution fantastique du contexte de ce domaine, nous avons eu également des indications sur la manière dont le français pourrait prendre une part importante sur ces autoroutes de l'information et je crois que tout le monde est bien convaincu qu'il y a là un atout dont nous devons essayer de profiter pour mieux exploiter les expériences des uns et des autres.

L'AUPELF, par la création du réseau REFER, nous engage et nous aide à mettre en place ces autoroutes de l'information demandées par tous. Il ne faut pas se masquer les difficultés, elles sont nombreuses. Mais si on ne regarde que les difficultés on ne fait jamais rien. C'est pourquoi je passerai sur cet aspect des choses.

Le deuxième point que nous avons en commun, ce sont les Sciences de l'ingénieur. Les Sciences de l'ingénieur, ce vocable, bien identifié parmi nous, reste encore dans certains pays, dont la France, un concept à promouvoir et il doit encore acquérir ses lettres de noblesse ; à cet égard il n'est pas inutile de rappeler que la France est un des seuls pays développés au monde où il n'y a pas une Académie des Sciences de l'ingénieur.

Il y a un Comité des applications à l'Académie des Sciences, ce qui ramène les Sciences de l'ingénieur au rang, subalterne dans notre culture, d'application. Ce n'est pas très important d'avoir une Académie, mais c'est un symbole. Les Sciences de l'ingénieur, nous sommes là pour le démontrer, sont toutes des disciplines qui ont leurs méthodes travail et leur « honorabilité ».

Nous avons développé beaucoup d'idées concernant l'ingénieur et sa formation. J'ai été frappé par la convergence presque suspecte de l'ensemble des discours que nous avons entendus. L'ingénieur est détenteur d'un savoir technique et scientifique qui constitue sa caractéristique propre ; mais tout le monde est bien sensible au fait que l'ingénieur est un acteur social de la plus haute importance et dans son profil on fait ressortir justement les nécessités pour les écoles d'ingénieurs de leur donner des outils qui leur permettent, au-delà de leur rôle technique, de jouer un rôle social important et de s'adapter aux changements très rapides qui touchent notre société. Formation générale, adaptabilité, aptitude au travail d'équipe, entraînement et connaissances dans les sciences humaines, voilà tout un ensemble de domaines qui font de l'ingénieur un homme complet.

Un participant a désigné sous le terme de « laxisme égalitaire » la prolifération des formations d'ingénieur. Ceci rabaissera sans doute le modèle que nous avons de l'ingénieur comme acteur social de haute responsabilité. Il faudra faire face à ce problème.

Tout le monde également a souligné le fait que les Écoles d'ingénieurs sont maintenant devenues des entreprises qui ont des activités extrêmement diversifiées : la formation initiale, la recherche, la liaison avec l'industrie, les relations internationales, la création d'entreprises, le transfert et la valorisation de la technologie sous toutes ses formes. Bien entendu, ceci est lié à l'évolution de notre société, mais aussi, pourquoi le cacher, au fait que les moyens qui nous sont dispensés par les pouvoirs publics vont en diminuant et que c'est dans l'insertion plus marquée dans le tissu économique que nous arriverons à continuer à accomplir notre mission.

Le contexte général est donc difficile.

Ceci nous a poussés à développer les méthodes d'évaluation, à développer des méthodes d'assurance-qualité. Faut il aller jusqu'à l'application de la norme ISO 9001 ? Un collègue nous a montré que son institution y trouvait un grand intérêt : pourquoi pas ? Il faut quand même, je pense, être extrêmement prudent dans ce domaine car l'un des intérêts de la norme ISO 9001 est aussi de faire la promotion des organismes d'accréditation. Peut-être sommes-nous assez grands pour assurer nous-mêmes la qualité de nos enseignements par l'organisation du dialogue entre toutes les parties prenantes : les pouvoirs publics, les entreprises, les enseignants, les élèves, les anciens élèves, les parents...

Dans ce contexte difficile et marqué par une compétition accrue entre les divers systèmes de formation, nous avons des atouts qui font finalement de nos écoles des modèles. Je rappellerai que récemment, des personnalités du MIT sont venues en France pour voir comment on procédait et comment, en particulier il y avait cette symbiose entre les ingénieurs et le système de décision et d'organisation de l'économie.

Une des particularités du système français est que, pour le moment, plusieurs filières conduisent au diplôme d'ingénieur et qu'il y a en plus une augmentation du nombre d'étudiants. L'année dernière le nombre d'élèves des classes préparatoires a augmenté de 20 %. Dans le même temps, un de nos collègues d'Italie nous a expliqué que le nombre de candidats aux études d'ingénieurs diminuait. Ceci est vrai dans d'autres pays. En Allemagne, par exemple, on constate une diminution dans les formations d'ingénieur en particulier dans un domaine qui traditionnellement faisait la gloire de l'Allemagne, à savoir le génie mécanique. Dans cette discipline, le nombre de candidats a diminué de l'ordre de 30 %. C'est vrai également pour les candidats en génie électrique.

D'une certaine manière nous préservons, dans notre système français, une formation de base d'ingénieur qui bien évidemment peut conduire à toutes les activités éco-

nomiques qui sont reliées au rôle social que nous voulons voir jouer par les ingénieurs.

Nous avons également parlé de l'évolution des cursus. On a évoqué le problème de la formation dans le domaine de l'énergie. Effectivement, cette question est passée un petit peu en arrière de la scène en raison des bas prix des énergies traditionnelles mais chacun sait qu'au début du XXI^e siècle nous allons voir resurgir ce problème et donc nos programmes doivent en tenir compte. J'aurais pu étendre ces considérations aux matières premières. Les dépenses considérables de prospections ont engendré des surproductions et une baisse des prix, mais les faibles prix des matières premières ne permettent plus de faire face aux dépenses de prospection, ce qui prépare nécessairement une situation de pénurie. Parmi les matières premières, d'ailleurs, l'une des plus importantes est l'eau et je crois que là, tous les pays représentés ici sont concernés par ce problème.

Le temps qui nous est imparti étant pratiquement écoulé, j'en viens à ma conclusion qui va être très simple. Je dirais que la formation des ingénieurs c'est un petit peu comme la guerre dont Napoléon disait que c'était un art simple et tout d'exécution.

Ceux d'entre vous qui connaissent l'École des Mines de Paris savent que quand on entre dans cette institution on passe sous un porche où il y a deux médaillons. Dans chacun de ces médaillons il y a deux têtes de jeunes filles grecques. L'une s'appelle « théorie » et l'autre s'appelle « pratique ».

Pendant ces deux journées et demie nous avons fait beaucoup de théorie, il ne nous reste plus qu'à faire la pratique ; ce n'est pas le plus facile.

Bernard Leduc

Doyen de la Faculté des Sciences appliquées ULB (Belgique) Nouveau Président de la CITEF

ALLOCUTION - Séance de clôture

Mesdames, Messieurs,

Je suis particulièrement honoré d'avoir été élu Président de la CITEF par le nouveau bureau dont je vous livre sans tarder la composition :

Zone I : Afrique subsaharienne/Madagascar/Océan indien

Vice-Président : M. MENDENE M'EKWA (Ecole Polytechnique Masuku Gabon)

Membre: M. KOFFI SA BEDJA (Université du Bénin, Togo)

Suppléant : M. MOUSSA HAROUNA (EMIG, Niger)

Zone II: France

Vice-Président : M. LEVY (Ecole des Mines de Paris, France)

Membre: M. AMOROS (INSA Rennes, France)

Suppléant : M. PEYTAVIN (ISIM, Montpellier France)

Zone III: Maghreb/Liban

Vice-Président : M. TAOUD (Ecole Mohammadia d'Ingénieurs de Rabat, Maroc)

Membre : M. KHEDIJA (Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie)

Suppléant : M. BENDHIA (École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Tunisie)

Zone IV: Belgique/Suisse/Canada

Président: M. LEDUC (Université Libre de Bruxelles, Belgique)

Membre: M. CLOUTIER (Université Laval, Québec)

Suppléant : M. de WERRA (École polytechnique fédérale de Lausanne, Suisse)

Mesdames, Messieurs,

Permettez-moi de vous dire combien cette désignation à la présidence de la CITEF m'a touché ; en effet, ce n'est pas sans émotion que je me suis rappelé 1986 où avec M. KERGREIS et M. ALJ ici présents nous avons présidé à la création de la CITEF à Rabat

Mes premiers mots seront pour remercier au nom de la CITEF, au nom du bureau sortant et en mon nom personnel le président sortant, M. BESBES, pour la tâche qu'il a accomplie avec un sérieux remarquable et un total dévouement. La CITEF a pris grâce à lui plus qu'un tournant, un nouvel essor, une nouvelle dimension. Il a eu l'occasion de vous rappeler les nombreuses actions menées sous sa présidence à l'occasion de l'assemblée générale, je ne les reprendrai donc pas. Je puis toutefois vous assurer que derrière chaque action de la CITEF il y a la marque discrète mais toujours efficace de son ancien président.

J'ai le plaisir de vous annoncer que le nouveau bureau de la CITEF a désigné M. BESBES comme président d'honneur de l'association et je vous demande de l'applaudir chaleureusement.

Il me faut également à cette occasion remercier l'AUPELF-UREF pour le soutien financier, moral, logistique que celle-ci apporte à la CITEF en toutes occasions. Les liens entre nos associations se sont resserrés. Il est possible de réaliser des projets concrets sur des thèmes d'avenir qui intéressent nos Écoles.

On peut regretter bien sûr que la part des Sciences de l'ingénieur soit faible dans l'ensemble des actions de l'AUPELF-UREF. Il ne tient qu'à nous, CITEF, de faire preuve d'imagination, d'audace et de proposer des projets porteurs.

Je m'efforcerai avec le nouveau bureau de déployer encore plus d'actions sur le terrain. Je puis déjà vous dire qu'une des actions la CITEF consistera à publier les actes des

VIes JIT dans la collection « les Sciences de l'ingénieur » de l'AUPELF-UREF.

Enfin, qu'il me soit permis de remercier chaleureusement l'ITC en la personne de son président, de son directeur, de tout son personnel pour l'accueil qui nous a été réservé au cours de ce séjour et d'avoir permis la tenue de notre assemblée générale.

Cette assemblée générale qui s'est déroulée hier soir fut très importante car elle concrétise dans les faits l'ouverture de notre association à l'Asie et à l'Europe de l'Est.

Merci de nous avoir permis de nous rencontrer et de resserrer les liens d'amitié et d'estime qui nous unissent.

M. Claude Lebrun

AUPELF-UREF, Représentant de M Mıchel Guillou, Directeur général de l'Aupelf, Recteur de l'Uref

Monsieur le Premier Ministre,

Avant que vous ne prononciez la clôture de ces VIes Journées Internationales de Technologie, créées il y a 20 ans à Dakar, je voudrais très brièvement au nom de l'AU-PELF-UREF, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche, vous remercier très chaleureusement et très sincèrement d'avoir bien voulu accepter de présider cette séance. Au terme de ces trois journées de travail si riches en communications de qualité dont Monsieur LEVY a fait excellemment la synthèse, votre présence manifeste tout l'intérêt que porte le gouvernement du Cambodge aux enseignements technologiques de haut niveau. Grâce à son appui concret, efficace et bienveillant, ces Journées Internationales se sont déroulées dans une atmosphère studieuse mais aussi, permettez-moi de le dire, conviviale et fraternelle.

Grâce à son soutien, et à votre soutien personnel, l'organisation de ces journées par la Direction de l'ITC a été en tout point sans défaut. Vous avez pu en particulier, Monsieur le Premier Ministre, apprécier l'exposition présentée par une vingtaine d'entreprises cambodgiennes ou représentées au Cambodge. Cette exposition montre bien à quel point l'économie du Cambodge en pleine expansion a besoin, pour son développement, de techniciens et d'ingénieurs de qualité. Par votre action, vous en encouragez la formation. Je crois être l'interprète de tous les participants des vingt-cinq pays de la communauté francophone représentés ici par plus de 150 chefs d'établissements et professeurs venus du monde entier pour vous exprimer encore une fois tous nos remerciements à votre gouvernement et au Cambodge pour la qualité de son accueil.

S.E. Samdech Hun Sen

Deuxième Premier Ministre du Gouvernement Royal du Cambodge

Tout d'abord, permettez-moi d'adresser mes premiers hommages et salutations à tous les participants venant de 25 pays qui, tous les 3 ou 4 ans, se réunissent dans l'espace francophone pour se pencher sur l'avenir de la technologie. Bien avant votre arrivée, l'expression de bienvenue vous était souhaitée par les multiples banderoles le long des boulevards de Phnom Penh. S.A R. Samdech Krom Preah Norodom Ranariddh, premier Premier Ministre, vous a adressé ses meilleurs vœux de succès lors de la cérémonie d'ouverture et je voudrais profiter de l'honneur qui m'est offert en cette journée de conclusion pour vous adresser mes meilleurs vœux et vous faire part de quelques réflexions.

Mes salutations vont également à tous les invités et autres participants dont l'active contribution a fortement encouragé nos hôtes à nous accorder l'honneur de tenir ces VI^{es} JIT à Phnom Penh.

Mesdames, Mesdemoiselles et Messieurs,

Vos réflexions sur l'avenir de la technologie autour de 5 thèmes, qui ont fait l'objet d'actives discussions ces 3 derniers jours, ont conquis toute mon attention et forcent mon respect envers ceux que je considère comme les technologues des idées et de la réflexion. Plus particulièrement, depuis les I'es JIT tenues au Sénégal en 1980, les II'es tenues en Côte d'Ivoire en 1983, les III'es tenues au Maroc en 1986, les IV'es tenues en France en 1989, les Ves en Tunisie en 1992 jusqu'aux VI'es tenues à Phnom Penh, le courant technologique Nord-Sud est devenu Sud-Sud et même Sud-Nord, apportant ainsi une souffle bénéfique au développement. J'exprime donc mes sincères remerciements et félicitations pour les thèmes, les discussions et les résultats importants que vous avez obtenus et que je considère comme d'un grand intérêt pour le Cambodge.

Le Cambodge est un pays en voie de développement et est tout à fait conscient de l'importance de la technologie, sans laquelle le développement ne serait pas possible. Toutefois, si le choix des technologies n'est pas fait de facon réfléchie et appropriée, je pense que non seulement nous ne pourrions contribuer au développement, mais en plus nous lui créerions des difficultés supplémentaires.

Les Écoles d'ingénieurs et les autoroutes de l'information, le déploiement de nouvelles coopérations internationales, l'évolution des cursus, l'évaluation des systèmes de formation et l'élargissement des missions des écoles d'ingénieurs constituent des thèmes tout aussi importants pour vos débats que pour le Cambodge tout entier. Faire progresser ne veut pas dire tout simplement installer un moteur, le mettre en marche et l'accélérer. A mon avis, faire progresser c'est savoir utiliser les technologies de manière appropriée en les adaptant à la situation dans son pays, à ses propres possibilités et dans certains cas, à sa culture nationale. Supposons donc que le Cambodge dispose d'ingénieurs atomiques, je pense que ces derniers n'auraient ni travail ni recherches à faire. Autre exemple, si les Écoles d'ingénieurs voulaient former des étudiants en matière de construction de tunnels sous-marins au Cambodge, elles n'auraient formé que des ingénieurs sans débouché local. A mon avis, il vaudrait mieux envoyer des médecins sortis de la Faculté de Phnom Penh acquérir une spécialité dans un pays développé que de former des étudiants à l'étranger depuis la première année.

Apprendre ici même à être infirmier, médecin ou docteur en médecine offre une garantie plus sûre d'un stage et d'une familiarisation avec les maladies pour les étudiants qu'à l'étranger où le problème de pratiques et de consultations médicales est permanent. Je ne veux pas dire par là que le Cambodge veut se passer ni de la technologie ni des pays développés, mais que dans certains cas, certaines technologies ne sont pas applicables dans le pays alors que dans d'autres cas celles dites de pointe sont nécessaires.

Je citerai certains exemples. Au moment où l'on était passé de l'impression à typo à celle d'offset, de nombreux pays avaient déjà abandonné la composition de corps en plomb pour utiliser les linotypes ou monotypes. Mais au Cambodge, les lettres khmères ne pouvaient pas s'incorporer dans ces linotypes ou ces monotypes et la composition de corps fut utilisée jusqu'en 1989. De là, nous sommes passés tout de suite à la dernière technologie : publication assistée par ordinateur (PAO). Le Centre informatique du Cambodge (CiC) a introduit les polices de caractères khmères pour l'ordinateur et les a mises à la hauteur de celles des pays les plus avancés. Sans ces nouvelles technologies et sans la performance des Cambodgiens en 1989, l'imprimerie du Cambodge, y compris la publication des journaux, serait confrontée à maintes difficultés, voire bloquée.

J'ai constaté qu'il y a des Khmers qui ne parlent ni le français ni l'anglais, mais qui sont capables de se servir de l'ordinateur. De plus, ces gens affirment qu'ils auraient eu du mal à apprendre l'informatique si leurs professeurs avaient été des étrangers. Le Cambodge est en retard de 20 ans par rapport à ses voisins, mais dans le domaine de l'informatique appliquée, il ne l'est que de 2 ans.

Par conséquent, la technologie doit répondre aux besoins de développement du pays.

Mesdames, Mesdemoiselles et Messieurs,

Actuellement, dans certains pays d'Afrique, des personnes ont obtenu leur doctorat grâce à des études par Internet. A Dakar, plus de 700 recherches sont faites par Internet chaque mois. Dans certains pays développés, les élèves reçoivent leurs devoirs corrigés par Internet. Maintenant, beaucoup de chercheurs orientent leur activités vers les pays en développement et reconnaissent que leurs thèses sont d'un plus grand intérêt.

Parlant de tout ce qui a rapport aux programmes, au système et aux écoles d'ingénieurs, je voudrais commencer, avant tout et pour le Cambodge, par une question qui se pose actuellement au sein des élèves-ingénieurs : pourront-ils trouver du travail à la sortie de leurs Écoles ? Comment donc élaborer les programmes, le système, le mode de formation, la façon d'élargir les missions des Écoles d'ingénieurs : tout est là. Parallèlement, le déploiement de nouvelles coopérations internationales et les autoroutes de l'information pourraient aussi aider à trouver une nouvelle efficacité pour tous.

Les Écoles d'ingénieurs au Cambodge doivent former les élèves de manière à ce qu'ils puissent trouver une place sur le marché du travail une fois devenus ingénieurs ou techniciens. Le meilleur moyen d'y parvenir serait de créer une force de liaison entre les écoles et les usines, entreprises et chantiers. A mon avis, je pense que les Écoles d'ingénieurs doivent avoir comme partenaires des usines ou des entreprises pour la formation des élèves. Réciproquement, les usines et entreprises doivent coopérer étroitement avec les Écoles pour que ces dernières puissent leur fournir des techniciens et ingénieurs selon leur besoin. Une École d'ingénieurs qui veut élargir ses activités et se voulant efficace doit penser à une nouvelle pédagogie qui non seulement consisterait à enseigner mais aussi à servir la production. Ce qui revient à dire que la tâche des Écoles d'ingénieurs ne consiste pas en la seule formation technique de ses élèves mais les Écoles doivent aussi penser aux attentes et besoins du marché du travail.

Nous ne devons donc pas former des ingénieurs de conception mais plutôt de production. Si l'ITC se satisfait de 2-3 laboratoires ou même plus, je pense que les ingénieurs qui en sortiront auront à faire face à des problèmes d'emploi. Les usines, les entreprises et chantiers sont aussi des écoles pour nos élèves, et nos Écoles peuvent aussi servir de laboratoires pour les usines, entreprises et chantiers. Les ingénieurs ont besoin d'usines et entreprises pour y travailler mais en même temps, les élèves-ingénieurs en ont aussi besoin pour parfaire leur savoir. Aussi, élargir les missions des Écoles d'ingénieurs c'est transformer la pédagogie d'activité et d'efficacité en faveur de la production.

Mesdames, Mesdemoiselles et Messieurs,

Je ne pouvais pas exprimer ma satisfaction au vu des succès de ces VI^{es} JIT en vous adressant un simple mot de compliment, et c'est vraiment du fond du cœur que viennent les idées dont je viens de vous faire part.

Je voudrais remercier les responsables de l'AUPELF-UREF et de la CITEF ainsi que le comité d'organisation, toutes les organisations, les usines et entreprises qui ont contribué au plein succès de ces VI^{es} JIT.

Je souhaite que votre visite des temples d'Angkor cet après-midi, ce riche héritage architectural des Khmers des temps passés, vous soit aussi agréable qu'utile.

Pour conclure, je voudrais exprimer ma profonde gratitude à 2 éminentes personnes ici présentes, la première étant le Président de la CITEF qui vient d'achever avec succès sa lourde mission et la deuxième personne étant le nouveau Président élu.

Tout en vous souhaitant mes meilleurs vœux, je vous propose d'applaudir bien fort le succès de ces VI^{es} JIT.

Editions FMA pour l'AUPELF-UREF

Achevé d'imprimer en décembre 1996 sur les presses de l'imprimerie SIEL Beyrouth, Liban

SPECTIVES PROSPECTIVES PROSPECTIVES FROST VCOPHONES FRANCOPHONES FRANCOPHONES TIVES PROSPECTIVES PROSPECTIVES PROSPEC ONES FRAN Universités francophones

OSPECTIVES PE

FRANCOPHON

FRANCOPHOL

DSPECTIVES

FRANCOPH(

PROSPECTIVES

ES FRANCOPHO

PROSPECTIVES

JES FRANCOPH

PROSPECTIV

ES FRANCOPH

PROSPECTIV

PROSPECTIV

VES FRANCO

ES PROSPECT

JES PROSPEC

NES FRANCOP

ROSPECTIVES

Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche

Prospectives francophones est une série de la collection Universités francophones de l'AUPELF-UREF dans laquelle paraissent des ouvrages portant sur les problèmes de l'université, de la recherche, des langues de la science dans la francophonie d'aujourd'hui. L'économie est l'épine dorsale de l'activité francophone en Asie du Sud-Est : les VIes journées internationales de technologie ont accueilli, à l'Institut de technologie du Cambodge, plusieurs dizaines d'entreprises francophones. Vitrine technologique, ces entreprises témoignaient de l'ancrage de ces journées dans un

environnement économique dynamique où les sciences de l'ingénieur sont, dans le contexte international, une des priorités de

l'ingénieur, l'AUPELF-UREF investit massivement ce champ de la connaissance, que ce soit dans le domaine de la formation, de la

recherche ou de l'information pour faciliter les transferts de technologie et permettre une circulation accrue de l'information,

conçue dans une approche moderne allant du livre à Internet. Quels sont les nouveaux défis des Écoles d'ingénieurs ? C'est sur cette question que se sont penchés les intervenants, conscients que l'ingénieur est plus que jamais appelé à être un des hommes clés du développement des économies. La francophonie doit être massivement présente, être porteuse d'une capacité d'expertise internationale et être attentive aux évolutions des formations pour être en mesure de répondre aux défis technologiques du siècle

I.S.S.N. 0993-3948

Diffusion EDICEF ou ELLIPSES selon pays Imprimé au Liban

DECTIVES DROSPECTIVES PROSI

Prix public: 100 FF

Prix préférentiel UREF (Afrique, Amérique latine, Moyen-Orient, Haïti) 60 FF

TRANCOPHONES FRANCOPHONES FRANCO

HONES

ROSPECT

PHONES

PROSPECT

DPHONES FF

PROSPEC

PHONES

S PROSPECT OPHONES

ES PROSPEC

ICOPHONES

PHONES

PROSPECT

l'AUPELF-UREF. En s'appuyant sur la CITEF, réseau d'écoles et d'établissements francophones de formation en sciences de