



LE DEVENIR DE L'INGENIERIE

Rapport établi par le groupe de travail «Devenir de l'ingénierie»
Présidé par Monsieur Robert Chabbal

À la demande de la Conférence des Directeurs des Écoles
Française d'Ingénieurs, du Conseil Général des Mines
et du Conseil Général des Technologies de l'Information

LE DEVENIR DE L'INGENIERIE

Rapport établi par un Groupe de travail mis en place par

La Conférence des directeurs d'Ecoles françaises d'ingénieurs (CEDEFI)

Le Conseil Général des Mines (CGM)

Le Conseil Général des Technologies de l'Information (CGTI)

Juin 2008

Avant propos

La dualité de l'enseignement supérieur français, organisé en universités et écoles, fait régulièrement débat dans notre pays. Ce débat a trop longtemps pris la forme d'une opposition entre les tenants du modèle universitaire et ceux du modèle des écoles, et d'échanges parfois vifs sur les mérites respectifs de chacun d'entre eux.

S'est progressivement imposé le sentiment que le temps était venu de dépasser cette confrontation entre modèles, de favoriser des convergences permettant de combiner ce que chacun avait de meilleur, et d'accompagner ainsi l'évolution de notre enseignement supérieur et son adaptation aux défis de ce siècle.

Trois facteurs ont contribué à cette prise de conscience :

* En premier lieu le constat que s'instaurait une compétition grandissante, à l'échelle mondiale, entre les systèmes de formation supérieure des principaux pays développés, dans un cadre marqué par l'exigence des pays émergents d'accéder au savoir. Cette compétition est d'ailleurs particulièrement accusée dans le domaine des formations en ingénierie et en gestion. La persistance de tels clivages dans le système français apparaît dès lors comme profondément décalée face aux enjeux de cette mondialisation et néfaste pour sa visibilité et sa reconnaissance internationales.

* La modification profonde du paysage français de l'enseignement supérieur sous l'effet de la loi de programme pour la recherche et de la loi relative aux libertés et responsabilités des universités. Ces lois introduisent en particulier une priorité aux politiques de coopération dites « de site » (afin que notre système gagne en taille et en visibilité), un mouvement vers une plus grande autonomie des universités, une refonte sur des standards internationaux de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (avec la création d'une agence indépendante, l'AERES) et enfin une volonté de renforcer le caractère professionnalisant de bon nombre de formations.

* Une volonté, politique puisqu'affichée par le législateur, de rapprocher le système des universités et celui des écoles, cette notion de rapprochement devant toutefois recevoir un contenu concret.

De nombreux acteurs ont depuis lors engagé des réflexions sur les objectifs et les moyens d'un tel rapprochement. Deux d'entre eux se sont rencontrés : la Conférence des directeurs d'écoles françaises d'ingénieurs (CDEFI) d'un côté, la section commune du Conseil général des mines (CGM) et du Conseil général des technologies de l'information (CGTI) de l'autre.

Les échanges intervenus entre CDEFI, CGM et CGTI ont rapidement fait apparaître une convergence des réflexions préliminaires menées par chacun sur le pourquoi et le comment de ce rapprochement.

Ils ont également permis d'élargir le champ des investigations à mener. Ces réflexions étaient en effet initialement centrées sur la dualité écoles-universités. La conviction s'est peu à peu imposée que le principal enjeu était en fait de cerner l'identité de l'ingénierie, au sein de la famille des formations professionnalisantes, de définir la place de celle-ci parmi les diverses composantes du système de formation supérieure, de déterminer les mécanismes vertueux favorisant une réelle interdisciplinarité entre ces composantes et, ce faisant, de contribuer à imaginer un modèle de structuration adaptatif pour l'université de demain.

C'est ainsi qu'est née cette démarche conjointe de réflexion, dont l'animation a été confiée à Robert Chabbal, et qui a conduit aux propositions de ce rapport.

Robert Chabbal a constitué un groupe de travail d'une trentaine de personnes, principalement directeurs d'écoles de toutes origines (indépendantes, composantes d'universités, sous tutelle du ministère chargé de l'enseignement supérieur ou sous celle de ministères techniques, écoles privées...). Deux membres de la Conférence des présidents d'université (CPU) ainsi que deux anciens directeurs scientifiques du CNRS, y ont également participé.

Ce groupe s'est réuni à quatorze reprises, dans un climat de confiance et une volonté de construire ensemble. Il a dégagé un certain nombre d'orientations et de recommandations résumées dans ce rapport qui a recueilli un large accord en son sein.

Que tous les membres de ce groupe de travail soient ici chaleureusement remerciés pour ce qu'ils ont apporté à cette démarche : leur disponibilité, leur expérience des réalités locales, leur force de propositions et leur volonté commune de faire progresser notre enseignement supérieur.

Qu'il soit enfin clair que les recommandations de ce rapport ne visent aucunement à acquérir une portée normative ou prescriptive. L'organisation de la formation en ingénierie, et plus généralement de l'enseignement supérieur, sera avant tout le fait des acteurs locaux, en fonction des particularités du terrain et de l'histoire des coopérations déjà établies, en fonction également de leur volonté de partager un projet commun.

Ce rapport précise donc un certain nombre de principes dont le respect est nécessaire au succès des projets locaux de rapprochement et, pour le reste, propose un large éventail de formules à la disposition de ces acteurs.

SOMMAIRE INTRODUCTIF	6
PREMIER CHAPITRE : L'IDENTITE.....	11
I - Le système de formation en ingénierie :.....	11
A - La formation des ingénieurs.....	11
A1 - Les connaissances.....	13
<i>Les disciplines de spécialité (sciences de l'ingénierie) :.....</i>	<i>13</i>
<i>Bagage généraliste :.....</i>	<i>13</i>
A2 – Les compétences transversales.....	13
A3 - Les outils de mise en situation :	15
<i>Les projets d'étudiants.....</i>	<i>15</i>
<i>Les stages.....</i>	<i>16</i>
<i>L'international.....</i>	<i>16</i>
A4 - Pluridisciplinarité et spécialisation.....	17
B- La formation doctorale	18
B1– Le Doctorat, l'autre « produit phare » :.....	18
B2- Les entreprises françaises et le doctorat	18
B3 - La formation doctorale en ingénierie.....	19
B4- Le cadre de la formation doctorale.....	20
B5- Augmenter le nombre de doctorants ingénieurs	20
C – les Masters en Ingénierie.....	21
D- La formation continue (FTLV)	24
Méthodes ; tendances :.....	25
Organisation :.....	25
E- L'insertion.....	26
II - Recherche - innovation	27
A - La recherche partenariale	27
B – L'autre pôle : la recherche en amont (autonome, technologique de base, fondamentale...) :.....	29
C - Les publications :.....	29
D – Les domaines de recherche.....	30
Les laboratoires communs :.....	30
E - L'innovation dans un établissement d'ingénierie.....	31
III – Lien formation -recherche	32
<i>De la recherche vers la formation :.....</i>	<i>32</i>
<i>De la formation vers la recherche :.....</i>	<i>32</i>
IV – Une gouvernance forte.....	33
V – Comparaison avec les autres « Collegiums ». Sciences et Ingénierie	34
VI – Place de la Recherche en Ingénierie dans la Recherche nationale :	35
DEUXIEME CHAPITRE REGLES D'EVALUATION DE L'INGENIERIE	38
I - Le rôle capital de l'évaluation dans les systèmes d'enseignement supérieur, de recherche et de transfert	38
II – Evaluation et Accréditation des programmes de formation	39
III- Les Méthodes de l'évaluation	40
A - Les évaluations gigognes :	40
B - Evaluations couplées.....	40
C - Processus et résultats	40
D - Prépondérance de l'évaluation de terrain basée sur une grille.....	40
V- Rappel des bases de l'identité de l'ingénierie	42
V- Evaluation des établissements (Ecoles...).....	43
A- La formation des ingénieurs.....	43

B - La formation des Masters	43
C - La formation des docteurs	43
D - La recherche.....	43
Premier volet : évaluation de la recherche en amont (technologique de base, fondamentale...)	44
Deuxième volet : évaluation de la recherche partenariale, de l'innovation.....	44
<i>Note globale</i> :	44
E - Le lien formation/ recherche,	45
F - La gouvernance, l'organisation	45
VI - Evaluation des laboratoires :	45
VII - Evaluation des formations (des cursus) :	45
VIII - Evaluation des enseignants chercheurs :	45
TROISIEME CHAPITRE : LES COLLEGIUMS D'INGENIERIE.....	47
I - Pourquoi des Collegiums d'Ingénierie ?.....	47
A - Raisons « internationales » de se regrouper :	47
B - Raisons locales de se regrouper :	47
C - Contribuer à la construction de l'Université de demain	48
II- Le Collegium et les autres structures de regroupement.....	48
A - Au niveau du site, la structure à 3 niveaux :	48
B - Au niveau national : les réseaux de marque.....	49
III - Architecture du Collegium	50
A - Délégations. Subsidiarités (cas de l'Ingénierie).....	50
B - Organisation.....	50
B1 - Solution de base :.....	50
B2 - Position des tutelles.....	51
C – Possibilités de statut pour le Collegium	52
IV – Composition du Collegium	52
A - Périmètre ; Charte.....	52
B – Admission dans le Collegium	53
C - « Collegium d'ingénierie » et « Engineering College »	53
V - Fonctionnement du Collegium	54
A - Actions mutualisées déléguées par les établissements :	54
<i>Relations internationales</i>	54
<i>Relations avec les collectivités</i>	54
<i>Relations avec les entreprises</i>	54
<i>Communication</i> :	54
<i>Formation</i>	54
<i>Recherche</i>	55
<i>Formation continue des ingénieurs</i>	55
B – Fonctions de stratégie et de contrôle	55
B1 - Stratégie	55
<i>Quadriennal</i>	56
<i>Recrutement</i>	56
B2 - Contrôle :	56
C- Gouvernance du Collegium. Rôle du Doyen (et du Directoire).....	57
VI - Place des Collegiums au sein d'une structure universitaire	57
A – Première solution cible :l'insertion du Collegium dans un PRES ou dans une Université pluridisciplinaires.....	58
B - L'autre modèle : l'université purement technologique.....	59
C - Les solutions transitoires :	59
Composition du Groupe de travail.....	61

SOMMAIRE INTRODUCTIF

La dualité université /écoles est souvent décrite comme caractéristique de l'enseignement supérieur français. Elle a certainement eu des effets positifs. Mais ses inconvénients sont de plus en plus dénoncés, tant pour son manque de lisibilité internationale qu'en termes de morcellement et d'obstacle à la pluridisciplinarité .

Comment sortir de cette dualité sans perdre la qualité de chacun ? une approche consiste à aborder le problème en termes d'objectifs. En ce qui concerne les écoles d'ingénieurs (et la mission du groupe se limitait à cette catégorie), le mot clé est alors "ingénieur" et non "école". Le métier consiste à former des cadres de haut niveau scientifique et technique pour les entreprises, et, conjointement, à développer les connaissances nécessaires à leur activité. Il s'agit donc d'une branche de l'enseignement supérieur qui se place au sein de la famille des filières à vocation professionnelle : en compagnie de celles qui forment des managers, des médecins et autres professionnels de la santé, des juristes, des architectes...

Au plan international, les écoles d'ingénieurs se placent dans la grande communauté de l'Engineering, l'une des branches majeures des universités. Appartenir à cette communauté ne signifie d'ailleurs nullement qu'on s'identifie à un modèle unique : d'un pays à l'autre les différences sont notables. Parfois il s'agit d'une formation essentiellement technique. Le plus souvent, et c'est tout particulièrement le cas français, le profil des ingénieurs implique une formation plus large, caractérisée par une ouverture qui sera décrite plus tard comme le « bagage généraliste », et ancrée sur un socle scientifique robuste. Toujours est-il que c'est bien dans cette branche de l'Université que se place la formation des ingénieurs.

D'où l'hypothèse d'un regroupement des écoles d'ingénieurs dans un " collegium d'ingénierie " (traduction d'Engineering collège), défini comme l'équivalent français de ces " Engineering colleges ". Ces Collegiums auraient vocation (en tout cas à terme) à devenir une des composantes d'une "Université Complète ", la forme la plus généralisée des Universités étrangères. S'y trouvent regroupées d'une part les Collèges qui forment leurs étudiants par la maîtrise d'une discipline (dits collèges académiques, incluant sciences, lettres, sciences sociales...) et les Collèges à vocation professionnelle cités plus haut. Il s'y pratique une forte interdisciplinarité, mais chacun des Collèges (facultés...) se démarque par une identité clairement affichée et respectée par les autres. C'est cette reconnaissance mutuelle qui permet les coopérations multiples qui font la force de ce modèle.

Il serait dangereux (et d'ailleurs illusoire) d'insérer des écoles d'ingénieurs dans une "Université complète" si celle-ci était constituée d'entités indifférenciées. Le préalable à tout rapprochement consiste donc à définir les objectifs et les facteurs identitaires de l'ingénierie. Ce sera l'objet de la première partie du rapport.

C'est le métier de l'ingénierie, déjà défini, qui détermine son identité. Il implique un partenariat étroit avec les entreprises. Ce lien est comparable, mutatis mutandis, à celui que les facultés de médecine ont avec les hôpitaux.

Ce partenariat entreprises écoles influence fortement le système de formation : par le choix des disciplines enseignées, par le format des cours, par l'équilibre des cursus entre les fondamentaux, les disciplines de spécialité et les disciplines d'ouverture, par la synergie entre enseignement des connaissances et développement des capacités (compétences) transversales, par l'équilibre entre les cours et les actions de mise en situation, par la connaissance que les formateurs se doivent d'avoir des attentes des entreprises. Cette description s'applique pleinement à la formation des ingénieurs mais elle doit également marquer la formation des docteurs et des Masters.

Ce partenariat entreprises écoles influence aussi la nature de la recherche : Du point de vue de ses méthodes, la recherche en ingénierie est caractérisé par un couplage fort entre le développement des connaissances, tant technologiques que scientifiques, et leur application. Comme dans les autres domaines, elle exige une puissante recherche en amont (parfois très théorique) mais elle est fortement centrée sur la demande, elle est structurée en projets collectifs, elle privilégie les travaux placés dans le cadre d'une innovation, elle est pluridisciplinaire. Un mot clé a émergé qui synthétise toutes ces propriétés, c'est celui de recherche partenariale

Pour être efficace (et le rôle socio-économique de l'ingénieur l'exige), les diverses missions de formation, de recherche, de transfert, d'innovation sont structurées en projets collectifs. Ceci, ainsi que la nécessaire réactivité des filières à vocation professionnelle, l'ingénierie pédagogique, etc. implique une forte organisation, la définition et la mise en œuvre d'une stratégie très concrète, et finalement une gouvernance forte, respectée par les acteurs de l'établissement. En France, l'évolution continue de l'ingénierie vers une structuration en écoles s'explique largement par ces impératifs. Mais ce type de gouvernance se trouve aussi très généralement dans les départements de nombreuses universités étrangères

À cette identité doit correspondre un dispositif d'évaluation adapté. En effet l'évaluation établit les règles du jeu des acteurs qui sont à la base de l'évolution du domaine. Si on se rappelle que dans l'évolution des êtres vivants, c'est la physiologie qui est à la base de leur anatomie, on réalise que le processus d'évaluation joue un rôle d'orientation, voire de guide, des acteurs de chaque secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche. L'effet est positif lorsque le diagnostic et les conséquences de l'évaluation privilégient les missions essentielles du champ considéré. Les effets pour l'ingénierie pourraient en revanche être pervers si une tendance naturelle à l'uniformisation amenait à étendre à l'ingénierie les indicateurs préconisés par les sciences non finalisées (dites académiques). En ce qui concerne la recherche l'évaluation (deuxième parti du rapport) devrait porter sur deux volets, celui de la recherche en amont (recherches technologiques de base) d'une part, et celui de la recherche partenariale (au sens large) d'autre part. Et si une note était attribuée à chacun des deux volets, la note globale serait non pas leur somme mais leur produit (donc nulle si l'une des deux l'était)

Cette définition de l'ingénierie par ses objectifs et ses méthodes ainsi que par les règles d'évaluation pose le problème de son intersection avec la faculté des sciences. Celle-ci, comme les autres facultés académiques, forme ses étudiants par la maîtrise d'une discipline et considère donc comme naturel que ce soit les disciplines qui structurent l'organisation universitaire. D'où la tendance française à rassembler toutes les sciences dans la même faculté (le même Collegium). Au contraire, à l'étranger, les collèges d'engineering et de sciences sont pratiquement toujours distincts, en considérant que ce sont les objectifs / méthodes, donc les critères d'évaluation, qui constituent le facteur distinctif. C'est d'ailleurs la solution adoptée par le CNRS il y a 30 ans, en individualisant le département des sciences pour l'ingénieurs au sein des autres disciplines scientifiques. Et tous les acteurs de ce domaine témoignent que ce fut un puissant facteur d'épanouissement de ces disciplines, grâce à la prise en compte de leur identité.

Il est en tout cas indispensable d'en débattre. La solution retenue dépendra du site, de son histoire, de sa taille, du poids relatif des écoles...La formule du Collegium, très souple, n'interdit d'ailleurs nullement une double appartenance.

En bref, la première partie du travail du groupe a convergé vers une définition relativement claire et consensuelle de l'identité de l'ingénierie et de ses modes d'évaluation. C'est incontestablement dans l'ingénierie que se trouve la place des écoles d'ingénieurs

Dans sa troisième partie, le rapport aborde la construction de Collegiums ; il s'agira de créer un système à forte valeur ajoutée, tout en respectant l'identité de chacun des établissements qui vont le constituer.

Tout d'abord il s'agit de regrouper des entités, des établissements actuellement indépendants, dispersés et de statut fort différent : il s'agit majoritairement des écoles, elle-même très diversifiées et d'autre part de certaines UFR des universités actuelles. Pour parvenir à rassembler des éléments a priori aussi disparates il faudra de très bonnes raisons. Les plus souvent citées sont les suivantes :

- Au plan international rentrer dans une catégorie universellement reconnue
- Au plan local faire face à la multiplication des missions en mutualisant nombre de tâches exigeant une taille critique. Ceci inclura de nombreux projets de formation, d'ingénierie pédagogique, de recherche, d'innovation, de communication, d'accords internationaux. Ceci permettra aussi l'élaboration et la mise en œuvre d'une réelle stratégie ainsi que le fonctionnement d'un contrôle interne de qualité ;

Le rapport (qui, rappelons le, n'a aucun caractère normatif) ne propose pas de modèle unique pour les Collegiums, considérant que la démarche sera normalement « bottom up », en regroupant les établissements (et autres entités) sur la base du volontariat et par l'adhésion à une charte. La diversité des situations de départ, site par site, amène à toute une variété de solutions, qu'il s'agisse de l'organisation, de la gouvernance ou d'un éventuel statut. Au-delà des

différences certains principes ont cependant émergé : Il s'agira en général d'une confédération, agissant par délégation de ses membres ; ces délégations devront être très clairement définies ; le doyen du collegium devra disposer d'un réel pouvoir (mais qui, en général, ne portera pas sur la distribution des postes et des moyens); chacun des membres, Ecole, UFR, gardera son statut, et son image de marque.

Quant à la place des collegiums dans la structure universitaire, son évolution devrait s'inscrire dans la vision, déjà évoquée, de leur insertion dans une « Université pluridisciplinaire complète ». Nous sommes en effet rentrés dans un contexte international où s'impose le brassage des cultures et la convergence des technologies.

Mais les réalités de terrain imposent des solutions transitoires, plus ou moins ambitieuses.

Il pourra arriver, mais ce sera déjà un premier pas, que les collegiums, constitués à la seule initiative de ses membres, n'aient au départ aucun lien institutionnel avec les structures. Existantes. Ceci pourrait d'ailleurs, s'il le faut, déboucher sur un établissement indépendant. Les exemples ne manquent pas, à l'étranger comme en France d'universités « purement » technologiques.

Mais on peut aller plus loin et le groupe a exploré quelques solutions d'insertion dans une structure universitaire plus large.

À cet effet le PRES offre, dans le contexte français, une excellente solution, notamment au niveau de la « Graduate School ». Le Collegium d'ingénierie pourrait y trouver sa place : son poids serait alors équivalent à celui des autres membres, alors que chaque école, entrée séparément, ne peut y jouer un rôle significatif, et ceci au préjudice de l'interdisciplinarité et du prestige du PRES.

En s'inspirant d'une structure qui se met en place à Strasbourg, on peut même envisager l'organisation de l'ensemble du PRES (ou d'une université pluridisciplinaire) en un ensemble de quelques Collegiums. Il s'agirait de la structure classique à 3 niveaux : A la base les instances où s'effectue le travail quotidien de formation et de recherche (UFR, Ecoles, départements...). Deuxième niveau, celui des Collegiums qui regroupent celles des entités précédentes qui appartiennent au même champ disciplinaire et qui partagent un même modèle d'évaluation¹. Leur statut administratif dépend de la structure universitaire locale. A la tête le niveau de la présidence (d'une Université pluridisciplinaire ou d'un PRES), dont la fonction principale et absolument essentielle consiste à introduire cohérence, interactions, passerelles entre les Collegiums, à gérer des programmes transversaux tels que les Ecoles doctorales, tout en assurant plus efficacement les fonctions générales de gestion et de communication.

Ce n'est évidemment qu'une formule parmi d'autres ; mais l'examen de sa mise en œuvre attire l'attention sur la nécessité d'explicitier, site par site, les articulations entre les différents niveaux

¹ Les sept Collegiums les plus répandus à l'étranger sont : Lettres et SHS, Sciences, Ingénierie, " business ", Education, Santé, Droit auxquels s'ajoutent parfois des Collegium plus spécialisés et de petite taille.

d'autorité. Une définition précise et pleinement acceptée des délégations et de la subsidiarité constitue une condition nécessaire du succès de ces « universités complètes ». En tout cas les Ecoles hésiteraient à s'insérer dans une organisation floue, instable, qui ne garantirait pas les conditions de travail qui sont à l'origine de leur réussite et de leur réputation.

PREMIER CHAPITRE : L'IDENTITE

C'est le métier de l'ingénierie qui détermine son identité. Il consiste à fournir aux entreprises des cadres scientifiques et techniques, capables d'intégrer des connaissances scientifiques et économiques, sociales, pour la création d'objets complexes et qui, conjointement développe les connaissances et les capacités innovantes qui assurent la compétitivité du tissu économique. Il en résulte que la notion de partenariat avec les entreprises est essentielle². La définition de l'entreprise doit d'ailleurs être prise au sens très large, en y incluant les partenaires économiques et sociaux du secteur public, hospitaliers, éducatif.

De la force de ces partenariats découlent les divers facteurs identitaires :

- les méthodes et objectifs de la formation
- les méthodes et objectifs de la recherche,
- une gouvernance forte adaptée à la nature collective et interdisciplinaire de tous les projets de recherche et de formation, ainsi qu'à la forte réactivité qu'exige l'interaction avec de nombreux partenaires

Tout ceci définit une identité qui doit être totalement prise en compte par le processus d'évaluation de l'ingénierie, de telle sorte qu'elle en soit consolidée et non pas affaiblie.

I - LE SYSTEME DE FORMATION EN INGENIERIE :

Face à des besoins très diversifiés, les établissements d'ingénierie (écoles, UFR, IUT,...) offrent une gamme de formations de niveau et de nature assez variés. Le groupe de travail a choisi de se concentrer sur les diplômes du cycle supérieur de Bologne, celui qui correspond à la « Graduate School » des universités étrangères. Il s'agit donc du doctorat et des diplômes qui donnent le grade de Master (bac+5)³. Ceux-ci sont décrits sous deux titres : la formation des ingénieurs et les formations spécialisées (Master, etc.) :

A - La formation des ingénieurs.

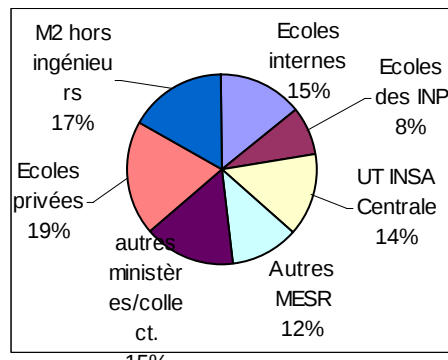
Cette formation est de loin la plus importante en nombre de diplômés : 27 600 ingénieurs sont diplômés chaque année par près de 220 écoles réparties sur une quarantaine de sites. Ces écoles sont parfois classées en quatre catégories : écoles des ministères techniques, dites indépendantes (43), écoles internes des universités (55), autres écoles de l'éducation nationale (écoles centrales, INSA, ENI, écoles rattachées,...), écoles privées (56) formant respectivement 5100, 4900, 11 100 et 6500 ingénieurs diplômés. A ces chiffres s'ajoutent environ 2200 diplômés via les FIP,

² . Ce lien est comparable, mutatis mutandis, à celui que les facultés de médecine ont avec les hôpitaux.

³ Au contraire n'ont pas été abordés les diplômes de niveau bac+2 (niveau T.) tels que le DUT et le BTS, ni les licences..

Formations d'Ingénieurs en Partenariat réalisées en apprentissage, réalisées par l'ensemble des écoles.⁴

Diplômés grade Master en Ingénierie		
	Diplômés	Nombre
Ecoles internes	4850	55
Ecoles des INP	2667	23
UT INSA Centrale	4667	12
Autres MESR	3861	27
Autres ministères/collect.	5161	43
Ecoles privées	6470	56
FIP	2200	
Total Ecoles	30 000	216
M2 hors élèves ingénieurs	5700	



Ces écoles, malgré leurs différences institutionnelles, forment le même type d'ingénieurs, ceux-ci se définissant d'ailleurs plus par leur profil⁵ que par le secteur professionnel dans lequel ils travaillent : en fait on trouve maintenant des ingénieurs dans tous les secteurs de l'économie que ceux-ci relèvent du primaire, de l'industrie ou des services.

La formation de ces « ingénieurs à la française » se caractérise par le respect de trois équilibres :
 Equilibre entre l'enseignement des connaissances et le développement des compétences transversales - Equilibre entre l'enseignement des disciplines technologiques (qui sont au coeur de l'ingénierie) et le bagage généraliste - Equilibre entre les cours et les activités de mise en situation

⁴ Sur ce tableau et sur le graphique associé figurent aussi les diplômés de Master qui seront décrits au § I C

⁵ De nombreux articles et ouvrages sont consacrés à la définition de ce profil et au rôle de l'ingénieur dans notre société. Il serait illusoire de vouloir les résumer ici.

A1 - Les connaissances

Les disciplines enseignées se répartissent en trois catégories : les fondamentaux (mathématiques, physique, chimie), les disciplines de spécialité et les disciplines d'ouverture

Les disciplines de spécialité (sciences de l'ingénierie) :

Leur nombre s'est accru, au fur et à mesure que de nouvelles technologies sont apparues et que de nouveaux secteurs socio-économiques se sont créés. Les principales, celles qui sont enseignées dans la quasi-totalité des collèges d'ingénierie sont les suivantes : mécanique, ingénierie électrique (électronique, électrotechnique, automatique...), ingénierie chimique et génie des procédés, environnement, génie civil, génie informatique (ou encore génie de l'information), ingénierie des matériaux, ingénierie « du vivant ».

Bagage généraliste :

Il constitue un caractère essentiel de la formation d'un ingénieur : celui-ci est amené, le long de sa carrière, à exercer diverses fonctions dans divers secteurs. Pour y réussir, il doit être doté d'un bagage de connaissances « transversales ».

Les unes sont de caractère scientifique et technique : parfois appelée méthodes générales de l'ingénieur (ou encore *Industrial engineering*), elles s'avèrent nécessaire dans tous les secteurs et toutes les fonctions : Statistiques, Modélisation, Aide à la décision... sont parmi les plus importantes.

Les autres sont des disciplines d'ouverture qui aident l'ingénieur à comprendre l'environnement au sein duquel il exercera ses activités. Elles comprennent des éléments de management, d'économie, de droit, de disciplines humaines (notamment histoire, éthique,) ; et bien entendu l'apprentissage des langues.

Ce bagage généraliste occupe au minimum 20 % du cursus ; dans certaines écoles, et non des moindres, il monte jusqu'à 45 %.

A2 – Les compétences transversales⁶

La notion de compétence existe depuis de nombreuses années dans la formation des professionnels ; elle a en quelque sorte complété la notion de qualification pour prendre en compte l'importance de l'implication des individus pour faire face à l'évolutivité et la complexité des situations de travail. Elle s'est formalisée, établissant une passerelle entre organisation du travail, référentiel d'emploi et référentiel de formation, comme en témoignent l'évolution des outils de gestion des ressources humaines.

Le vocabulaire s'est précisé sans pour autant d'ailleurs se stabiliser : on parle de compétences "transversales", de capacités « générales » ou « génériques ».

Dans ce cadre relativement foisonnant, quelques principes de base peuvent raisonnablement être posés. On peut en premier lieu distinguer :

⁶ Les compétences transversales qui vont être décrites viennent en complément des compétences scientifiques – techniques, et des compétences méthodologiques décrites dans le paragraphe précédent

- Les compétences générales en rapport avec les modes de réflexion et d'organisation du travail : savoir poser les problèmes, savoir réfléchir, se documenter, communiquer, savoir gérer une équipe, un projet, savoir négocier, mettre en œuvre un processus d'innovation...
- Les compétences plus spécifiques liées à un contexte professionnel que ce soit au niveau de la mise en œuvre des techniques ou des savoirs faire disponibles (niveau technicien) ou d'une application plus innovante à des situations mal caractérisées (niveau ingénieur)⁷.

Ces principes sont déclinés dans des « référentiels » dont il existe toute une variété (les plus connus étant les référentiels CDIO et EURACE). D'ailleurs c'est par la citation d'extraits de ces référentiels qu'il est le plus commode d'en décrire la nature

Premier exemple, le référentiel du « groupe doctorat » de la CDEFI : savoir-faire (autonomie, capacités de gestion de projet,...). savoir être (capacité à travailler en équipe, adaptabilité, capacité à se ressourcer...). savoir faire-faire. À noter que ce référentiel a été construit non seulement pour les ingénieurs mais aussi pour les docteurs.

Deuxième exemple, le référentiel du groupe européen "Tuning" :

- Compétences "instrumentales" et "systémiques" : capacités d'analyse, de synthèse, d'organisation, de conception et gestion de projet, d'adaptation, de conception, de créativité)
- Compétences relationnelles : travail en équipe (et interdisciplinaire), capacité de leadership, de travail en contexte international, capacité à communiquer, à rédiger

Troisième formulation :

Ces capacités sont le support des compétences effectives qui permettent d'être efficace en situation. Elles s'ordonnent en fonction des différentes dimensions de l'action. On y retrouve le plus fréquemment la prise en compte de quatre axes :

- des compétences "techniques" (ou "métier") appuyées sur des connaissances scientifiques ou la maîtrise de techniques propres à une famille d'activités
- des compétences "gestion", liées à la nécessité d'arbitrer entre des dimensions de coût, de temps et de délai, et donc d'anticiper, d'apprécier là où on ne peut calculer avec exactitude, d'évaluer des conséquences
- des compétences "service" (ou "client") liées à la prise en compte de la finalité et du destinataire du travail, faite d'écoute, d'interprétation, de négociation
- des compétences "équipe" (ou travail collectif) liées aux modes de coopération avec des collègues, une hiérarchie ou des services supports internes ou externes

Cette formalisation peut paraître artificielle ; cependant les responsables de la formation des meilleures écoles d'ingénieurs utilisent couramment ces référentiels :

- Parce qu'ils constituent un instrument d'évaluation des outils de mise en situation décrits plus bas, mais aussi des cursus
- Parce que l'accent est mis vis-à-vis des élèves sur les qualités qu'ils doivent posséder lorsqu'ils rentrent dans la vie active

⁷ Cf. un article de Claude Maury (CEFI) sur « Du bon usage des référentiels de compétence »

- Parce que les enseignants doivent veiller à développer ces capacités transversales dans le cadre de leur enseignement. Ce serait en effet une grosse erreur que d'isoler transmission des connaissances d'une part, développement des capacités transversales d'autre part. Celles-ci n'ont de sens que si elles s'enracinent dans l'acquisition des connaissances
- Parce que les référentiels sont des outils de médiation. Ils permettent de formuler l'engagement de l'établissement de formation dans la mise à disposition de moyens (situations pédagogiques) au travers desquelles des capacités et des compétences peuvent être acquises par l'élève ; ils permettent de formuler les attentes professionnelles pour appréhender et traiter tel ou tel problème, c'est-à-dire en fait des conditions d'employabilité

De façon générale, ces référentiels permettent la mise sur pied d'un vocabulaire commun entre les parties prenantes (directions d'école, étudiants, enseignants, employeurs, entreprises), orienté vers l'avenir professionnel des futurs diplômés.

À noter que dans un nombre croissant de pays, ce développement des compétences transversales se pratique dans le cadre de tous les enseignements, y compris dans les disciplines considérées comme les plus académiques (mathématiques, histoire, lettres...). Ceci se traduit par un gain considérable d'employabilité des étudiants, et en conséquence par une insertion beaucoup plus facile.

A3 - Les outils de mise en situation :

Savoirs et capacités doivent être considérées comme des ressources acquises par l'ingénieur pour exercer son métier (son « pouvoir d'agir ») . Encore faut-il qu'il sache les mobiliser dans les situations réelles de son métier. Les activités qui vont être décrites permettent à l'étudiant de développer les capacités de types variés qui viennent d'être décrites mais aussi d'apprendre à mobiliser l'ensemble des ressources acquises, savoirs comme capacités.

Les projets d'étudiants

Les projets d'étudiants peuvent prendre des formes variées, de l'exercice pratique quelque peu développé à l'étude proche de la réalité de l'entreprise. Typiquement, ces projets sont réalisés par équipe (en général de deux à huit, avec la tendance à mélanger des étudiants de domaines différents), et consistent en la résolution d'un problème de l'ingénieur, le plus souvent simplifié. Très liés aux enseignements d'un format classique, ils ont pour objectif essentiel de consolider les connaissances acquises et de les transformer en savoir-faire. Plus proche d'une problématique industrielle, ils favorisent en outre l'acquisition de capacités organisationnelles. Ils peuvent même dans certains cas (études pour une entreprise extérieure par exemple) prendre des formes pédagogiques peu différentes de celles rencontrées en stage, à cette différence près que l'encadrement académique y est plus présent.

L'accompagnement tout au long du projet et les séances de bilan sont essentiels pour exploiter au mieux le potentiel de ce type d'activité. Ceci permet en effet en premier lieu de consolider les

acquis, mais aussi et surtout de décontextualiser les situations rencontrées. Le travail sur la dualité contextualisation / décontextualisation constitue un point clé de l'efficacité des projets.

Les stages

Les stages étendent la forme et les objectifs pédagogiques des projets, et profitent de la problématique d'un travail dans le contexte d'une entreprise. Ils recouvrent donc les mêmes capacités, compétences, savoir-faire mais en abordent d'autres.

L'immersion dans l'entreprise permet d'accéder à la compréhension des contraintes et des caractéristiques du travail en contexte industriel, qui est par nature pluridisciplinaire. Et ces expériences sont souvent les premières occasions pour les futurs ingénieurs de rencontrer dans un contexte professionnel des personnes d'origines diverses (juristes, commerciaux, techniciens, ouvriers...)

L'insertion des stages dans le dispositif global de formation est essentielle. La bonne articulation entre les diverses activités est garantie par la définition d'un objectif, d'un cahier des charges, d'un suivi, d'une exploitation pour chaque stage organisé au cours du cursus (il y en a trois le plus souvent). La réunion de l'ensemble de ces éléments constitue un outil de choix pour appréhender la qualité de la professionnalisation offerte par la filière de formation.

Ici aussi l'accompagnement doit être rigoureux.

L'international

Le paragraphe qui suit concerne surtout la formation des ingénieurs par les écoles. Mais les méthodes décrites s'étendent à l'ensemble des formations en ingénierie (y compris bien entendu la formation doctorale)

Les métiers fondés sur la science et la technologie ont, plus que tout autre, un caractère international. Les ingénieurs devront, tout au long de leur carrière, travailler dans ce contexte : soit qu'ils aient à exporter leur production, soit qu'ils participent à des projets communs à plusieurs pays, soit encore qu'ils passent une partie de leur carrière à l'étranger. Dans tous les cas ils devront s'adapter à des comportements, à des modes de raisonnement, à des valeurs d'usage de produits, à des critères de jugement fort différents.

Les écoles d'ingénieurs ont systématiquement développé depuis quelques années un apprentissage des étudiants à l'international qui repose sur deux approches complémentaires et quelque peu symétriques : la première consiste à proposer à l'étudiant des activités qui se déroulent à l'étranger (stage, séjour académique...), en les aidant à s'immerger dans un milieu radicalement différent. Le dépaysement visé se rapproche alors de celui rencontré au cours des stages en entreprise. L'autre démarche, tout aussi importante, consiste à faire de l'école elle-même un milieu fortement internationalisé, notamment par l'insertion d'une forte proportion d'enseignants et d'étudiants étrangers.

L'immersion en milieu international est maintenant obligatoire dans la quasi-totalité des écoles, l'objectif recherché étant de six mois en moyenne, avec un minimum exigé de trois mois.

L'organisation de ces activités nécessite un important réseau de partenaires, et est souvent réalisée par des groupes d'écoles. On peut citer parmi de nombreux exemples le programme « TIME » mis au point par les écoles centrales et qui concerne une part importante des promotions.

Ceci implique évidemment l'apprentissage des langues : en moyenne 100 à 200 heures sur l'ensemble du cursus sanctionnées par la réussite exigée à des tests de type-TOEIC à un niveau élevé (la CTI demande un niveau B2+ en anglais, une deuxième langue toujours recommandée et parfois exigée). De plus les établissements offrent souvent (et ceci pourrait être systématique dans les collegiums) des programmes de cultures étrangères (cours, séminaires, conférences,...)

L'internationalisation de l'établissement : les établissements qui veulent survivre à un niveau élevé, se doivent d'être « internationaux ». Ceci les amène à élargir notablement le recrutement à l'étranger, au niveau des professeurs (qu'ils soient permanents ou qu'ils viennent faire quelques semaines de cours), et naturellement au niveau des étudiants. Un objectif de 30 % d'étudiants étrangers est parfois atteint, en tout cas souvent cité, mais l'insertion de ceux-ci dans l'école doit être assurée. Deux conditions pour y réussir

- Déployer un effort considérable et permanent de promotion à l'étranger (forums, salons, accords avec des universités étrangères, campagnes d'information, sélection in situ...)
- Organiser des cursus selon un schéma lisible ailleurs qu'en France, c'est-à-dire décrit sur le modèle de Graduate School (LMD), avec un catalogue de formation conçu, et non seulement traduit, en plusieurs langues, en tout cas en anglais.

A4 - Pluridisciplinarité et spécialisation

La notion de pluridisciplinarité est essentielle en ingénierie tant du point de vue de la formation que de celui de la recherche (cf. § II A)

Il a déjà été question de l'ouverture de la formation vers des disciplines externes à l'ingénierie. Ce dont il s'agit maintenant c'est de la pluridisciplinarité au sein de l'ingénierie. Elle est très forte dans les entreprises ; elle l'est aussi dans les projets de recherche ; elle doit donc l'être dans la formation. Dans la plupart des écoles, ce souci de la pluridisciplinarité se traduit par des cursus qui, en première année couvrent toutes les disciplines, qui se diversifient quelque peu en deuxième année, et ne sont vraiment spécialisés (options) qu'en troisième année. Dans les universités de technologie les parcours sont plus souples, mais la pluridisciplinarité reste exigée..

En fait l'enseignement d'ingénierie est fondé sur un dialogue permanent avec les entreprises. Il reflète donc la diversité de leurs besoins et produit des profils assez variés qui vont de « l'ingénieur généraliste », le plus prisés de l'industrie, jusqu'aux spécialités dites de « niches », en

passant par la spécialisation proche de la recherche que fournissent les cursus de M2 et qui sont assez souvent suivis par les élèves ingénieurs (cf. § C).

Un des buts des Collegium sera précisément une « ingénierie pédagogique » qui permette de monter rapidement des cursus pour faire face à de nouveaux besoins, en s'appuyant sur les multiples compétences des membres du Collegium

B- La formation doctorale

B1- Le Doctorat, l'autre « produit phare » :

Internationalement les collèges d'ingénierie forment beaucoup de docteurs : aux États-Unis 6 % du nombre total de docteurs et 39 % du domaine Sciences et Engineering (à comparer à 32% pour la Biologie et 29% pour l'ensemble des autres Sciences) ; une fraction notable fait carrière dans la recherche industrielle.

En conséquence les Ecoles ne peuvent afficher leur statut d'établissement supérieur de niveau mondial que si, à l'instar de leurs concurrents étrangers, elles peuvent afficher le Doctorat comme leur « autre produit phare »

De fait il se prépare déjà beaucoup de thèses dans les écoles : de l'ordre de 2000 thèses par an dont les deux tiers vont dans l'industrie. De l'avis du groupe de travail ce nombre pourrait augmenter. En effet, en valeur relative, l'industrie française possède beaucoup moins de chercheurs que l'industrie américaine et beaucoup moins de docteurs que l'industrie allemande.. Mais peu de progrès ont été faits car les entreprises françaises, c'est bien connu, embauchent peu de docteurs

A supposer que la demande des entreprises vienne à augmenter, le problème de la taille du vivier d'excellents (voire de bons) candidats se poserait. En fait il se pose déjà. Que faire pour accroître la taille de ce vivier :

- Augmenter le nombre d'ingénieurs qui préparent une thèse (ils ne constituent actuellement que le quart de ce vivier alors qu'ils sont 80% des diplômés Bac + 5)
- Inciter des professionnels de la recherche industrielle à passer une thèse
- Pratiquer, comme les autres pays, une politique de recrutement de docteurs à l'étranger

B2- Les entreprises françaises et le doctorat

C'est un sujet fréquemment discuté dans la mesure où l'attitude sceptique des entreprises françaises constitue le principal frein au développement du doctorat en ingénierie. Il est normal de rappeler à ce stade que le devoir premier des collèges d'ingénierie consiste à fournir aux entreprises les cadres à formation scientifique et technique dont elles ont besoin. Cette adéquation fonctionne bien au niveau ingénieur (grade de Master) ; elle fait en revanche

rarement l'objet de concertation au niveau doctorat. Ni la CTI, ni les conseils d'administration des écoles n'émettent –hélas- de recommandations à ce sujet

On peut cependant citer quelques exemples (notamment à l'association Bernard Grégory, à l'ANRT, au conseil stratégique des écoles des mines...) d'une approche consistant, comme pour les ingénieurs, à demander aux entreprises les qualités et compétences⁸qu'elles attendent d'un docteur et, notamment la valeur ajoutée qu'une thèse apporte à un ingénieur diplômé. À l'évidence il n'y a pas une réponse unique. En formulant la question autrement, il faudra rechercher les « niches » où le doctorat serait très utile, voire indispensable. Citons par exemple les start-up fondées sur une technologie....

De manière générale les entreprises déjà consultées insistent sur deux aspects :

- La sélection : les entreprises françaises sont habituées à un système de viviers bien calibrés, chacun se caractérisant par une fourchette étroite de niveau ainsi que par un profil technologique et pédagogique. En conséquence les entreprises font peu confiance aux écoles doctorales ou aux établissements qui acceptent des diplômés Masters de niveau mal défini et parfois scolairement médiocres. Il y va de l'intérêt de l'Ecole doctorale, des établissements comme des doctorants eux-mêmes qu'un processus de sélection soit mis en œuvre (c'est déjà parfois le cas) et affiché. Il faut pour cela que ceux qui la pratiquent ne soient pas pénalisés par les pratiques actuelles de répartition des allocations de recherche.
- L'ouverture : lors des trois années d'expérience professionnelle que constitue la thèse, le doctorant devrait recevoir une formation qui élargisse son horizon. L'image du Docteur ne doit plus être celle d'un hyper spécialiste

B3 - La formation doctorale en ingénierie

La formation qui va être décrite n'est pas l'apanage de l'ingénierie et peut parfaitement être délivrée dans les autres facultés. Mais elle doit être systématiquement offerte aux doctorants en ingénierie

Il va de soi que la formation que donne une thèse est avant tout celle que l'on décrit couramment sous les termes de formation par la recherche (autonomie, rigueur,...) et de formation à la recherche. En ce qui concerne ce deuxième aspect - et là seulement - il y a nécessairement des différences d'un champ disciplinaire à l'autre. C'est ainsi que beaucoup de thèses en ingénierie se font dans le cadre d'un contrat de recherche partenariale

C'est à cette formation par la thèse que s'ajoute fréquemment un enseignement doctoral complémentaire, systématique aux Etats-Unis et de plus en plus fréquent en France.

Cet enseignement doctoral complémentaire comportera :

⁸ On trouvera sur le site de la CDEFI le résultat d'un travail effectué par la commission Recherche de la CDEFI sur les compétences générales apportées par la formation doctorale.

- des cours d'approfondissement des connaissances de la spécialité de la thèse (mais aller jusqu'au poids considérable que ces cours ont dans le Ph.D. américain demanderait une forte augmentation de la durée, voir plus bas))
- des cours ou des conférences de « culture scientifique » tendant à ouvrir le doctorant vers d'autres champs disciplinaires (vers la physique, la biologie, l'histoire,...)
- des cours (un stage) ouvrant le doctorant au monde de l'entreprise, et aux connaissances qu'on y considère comme indispensables. Les « Doctoriales » en offrent un exemple. Il est clair que les ingénieurs diplômés en seront dispensés, ce qui permettra de renforcer leurs autres cours.

Plus généralement le poids relatif des enseignements dépendra du profit scolaire des doctorants.

Ce profil ouvert de la formation est conforme à celui que délivre le Collegium d'ingénierie au niveau ingénieur. Les établissements du Collegium n'auront donc pas de difficulté à la délivrer.

Cet enseignement complémentaire débouche sur une présentation qui peut prendre diverses formes : grand oral, dernier chapitre de la thèse (sans aller jusqu'au « *general exam* » américain)

En fait, c'est ici que survient le dilemme bien connu : d'une part la bonne insertion des docteurs exige cette formation supplémentaire. Mais d'autre part celle-ci prend du temps ; elle est en fait difficilement compatible avec le maintien de la durée de trois ans (qui est déjà très courte pour un projet de recherche selon les standards internationaux)

B4- Le cadre de la formation doctorale

Ce cadre est d'abord celui des écoles doctorales. Celles-ci s'imposent progressivement dans le paysage universitaire, la loi leur donnant en tout cas un poids considérable. Il leur revient de contrôler la qualité du travail de thèse, tant du point de vue de leur sujet que de leur encadrement. Elles sont responsables de la formation à la recherche. Leur coordination, ainsi que souvent leur gestion, sont les premières fonctions déléguées aux PRES

La pratique s'est installée que ces écoles doctorales s'appuient sur des unités de recherche appartenant à des entités variées (UFR d'Ingénierie, UFR de Sciences, Ecoles...). Il s'agit d'un lien inter facultaire tout à fait fondamental qui doit être maintenu, ce qui tend à écarter la solution d'une Ecole Doctorale unique interne au Collegium d'ingénierie

En revanche l'importance relative et la nature de l'enseignement complémentaire décrit au précédent paragraphe sont naturellement assez différentes en Ingénierie. Celui-ci pourrait donc être confié à un « institut de formation doctorale » interne au collège d'ingénierie.

B5- Augmenter le nombre de doctorants ingénieurs

La proportion des ingénieurs qui passent une thèse est-elle inférieure à la moyenne internationale ? La comparaison est difficile à établir car les définitions peuvent différer d'un pays à l'autre. Les chiffres les mieux connus, ceux des États-Unis sont en tout cas les suivants :

140 000 ingénieurs par an⁹, dont 46 000 vont jusqu'au niveau Master ; parmi eux 7100 passent une thèse (une fraction importante sont d'ailleurs des étrangers venus aux États-Unis pour leur doctorat). Donc 15 % des Master passent une thèse, mais seulement 5 % du nombre total des ingénieurs

En France le pourcentage des ingénieurs qui passent une thèse ne dépasse pas 4 % (sauf en Chimie (20%) et Agronomie(12%)), même dans les meilleures écoles, ce qui est inférieur à la proportion américaine (même rapporté au nombre total et pas seulement au nombre « d'ingénieurs Master »).

Mais le problème le plus durement ressenti est qualitatif : dans les grands pays scientifiques la plupart des étudiants les plus brillants vont en mathématiques, physique, biologie, et autres sciences non finalisées. Leurs équivalents français (par le niveau scolaire) vont presque tous en CPGE et très peu parmi eux retournent dans les disciplines citées plus haut, qui ailleurs rassemblent les élites (deux canaux de retour existent cependant : l'École normale supérieure et l'Ecole polytechnique)

Le problème à résoudre est donc double :

- Augmenter le pourcentage des élèves ingénieurs qui font une thèse. On sait assez bien comment les sensibiliser, mais les responsables des écoles hésiteront à pousser leurs élèves vers une thèse tant que l'attitude actuelle des entreprises subsistera (en France ce sont les « Forums de recrutement » qui sont les principaux responsables de la « fuite » des élèves devant la thèse). L'augmentation des effectifs de docteurs n'aura lieu que si la demande des entreprises augmente nettement (en nombre de docteurs et en salaires offerts)

- Augmenter le nombre des lycéens brillants qui se destinent à la recherche en mathématiques, physique, biologie.... La solution est peut-être dans l'augmentation rapide des « filières d'exigence » que certaines Facultés des Sciences ont commencé à mettre en place. Ces filières n'ont pas besoin d'avoir de gros effectifs, dans la mesure où la plupart de leurs étudiants se destinent à la recherche et l'enseignement supérieur dans les disciplines fondamentales, ou encore à l'Agrégation, qui n'offrent au total qu'un nombre restreint de postes.

C – les Masters en Ingénierie

Trois remarques préalables :

- Le système des Masters est actuellement très évolutif. Il est donc apparu raisonnable de se concentrer sur le cursus de M2, celui qui amène directement au grade de Master (bac+5), sachant que pour l'instant, l'architecture et les objectifs des diplômes de masters ne sont pas homogènes ;

⁹ A noter que le pourcentage d'étudiants américains qui se dirigent vers la Science et l'Ingénierie est notablement inférieure à la moyenne de l'OCDE .

- S'il est un domaine où chaque champ disciplinaire a sa spécificité, c'est bien celui des Masters. En ingénierie, et de manière un peu différente en gestion, c'est la coexistence de la filière Ecoles et de la filière Master qui fait la différence.
- les Masters jouent un rôle important dans l'eupéanisation des études supérieures puisqu'ils sont à la base du programme « Erasmus »

En ce qui concerne l'ingénierie il y a donc deux filières de formation de cadres bac+5, la filière des ingénieurs (dont les diplômes ne sont délivrés que par les établissements accrédités par la CTI) et la filière des Masters. Ces deux systèmes ne sont pas étanches dans la mesure où de nombreuses formations universitaires se sont transformées en écoles (voir le fort taux de création d'écoles internes dans les années 90). D'autre part au niveau de la troisième année des écoles il y a un regroupement intéressant dans la mesure où de nombreux élèves des écoles suivent les cours de Master et ont donc un double diplôme.¹⁰

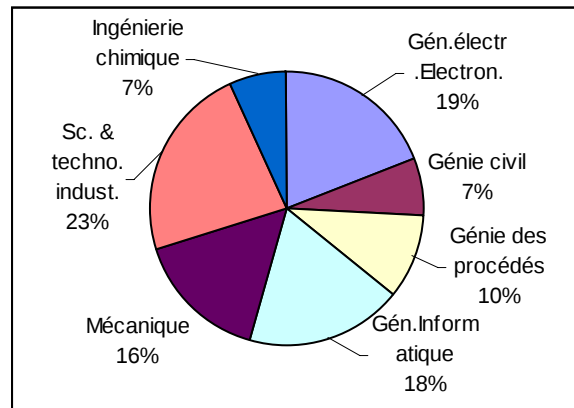
Compte tenu de la dispersion actuelle des modèles de formation Master, il n'est pas possible d'en fournir une description générale. Mais on peut éclairer la situation par une analyse quantitative.

Les disciplines enseignées :

Le tableau qui suit donne le nombre de diplômés dans les différentes disciplines de l'ingénierie. Il faut signaler une grosse incertitude sur la chimie et l'informatique, disciplines qui sont à cheval sur l'ingénierie et sur les sciences non finalisées. D'autre part les chiffres sur l'ingénierie « du vivant » ne figuraient pas dans les statistiques utilisées

Disciplines	Diplômés M2
Gén.électr .Electron.	1460
Génie civil	510
Génie des procédés	772
Gén.Informatique	1391
Mécanique	1229
Sc. & techno. indust.	1774
Ingénierie chimique	509
Autre Informatique	3245
Autre Chimie	1205

¹⁰ Cela concerne environ 15% des effectifs de la 3^{ème} année des Ecoles, chiffre qui atteint parfois 30 à 40 %.



Diplômés Master M2 par discipline

Les débouchés :

Traditionnellement les cursus de Master ont un double débouché :

- ils peuvent donner accès à la thèse et conduire ainsi, pour environ la moitié des docteurs, à des carrières de la recherche et de l'enseignement supérieur
- ils peuvent préparer directement à des carrières en entreprise ou dans les autres services publics

Les chiffres pour l'ingénierie sont les suivants (à 15 % près) :

- 1100 diplômés de Master obtiennent une thèse et vont dans les carrières de la recherche publique
- 1000 diplômés de Master passent une thèse puis trouvent un emploi dans d'autres secteurs, notamment en entreprise
- 5700 diplômés de Master en ingénierie intègrent à partir de leur diplôme le monde du travail (secteurs public ou privé).

Ces chiffres ne sont connus qu'avec une forte marge d'erreur (environ 15 %). Ils gagneraient d'ailleurs à être plus détaillés. En particulier on ne sait pas vraiment combien de docteurs vont dans la recherche privée et combien de Masters vont dans les entreprises. D'autre part on manque beaucoup de données relatives à la durée et au niveau d'insertion (cependant l'APEC indique 85 % après un an et 75 % au niveau cadre mais les sources ne sont pas indiquées)

La nature de la formation :

Avant la réforme il y avait le DESS et le DEA qui avaient donné naissance au Master professionnel et au Master recherche. Cette distinction tend à disparaître car toutes les formations Master habilitées sont adossées à un laboratoire reconnu, et parce que d'autre part tous les Masters, en proportions plus ou moins grandes, mènent à un métier hors recherche.

Niveau de spécialisation : on distingue assez bien des Masters très spécialisés, plus spécialement destinés à l'entrée dans une école doctorale. En fait ils sont très appréciés (et parfois majoritairement suivis) par les élèves ingénieurs de troisième année qui veulent terminer leur

formation d'ingénieur par une formation pointue, sans avoir pour autant l'intention de se lancer dans un travail de thèse.

On peut également rencontrer des formations de niche, très ciblées, à forte teneur professionnalisante (à titre d'exemple la logistique événementielle à l'UTT).

On trouve enfin des formations à spectre plus large qui s'apparentent à ce que l'on peut trouver dans certaines options d'écoles ou départements d'INSA ; elles en diffèrent surtout par l'absence assez générale d'un bagage généraliste associé à l'enseignement scientifique et technique

On voit par là que la place des masters n'est pas encore totalement stabilisée, et les années à venir devraient simplifier le paysage.

D- La formation continue (FTLV)

La formation continue (maintenant nommée formation tout au long de la vie, FTLV) est un enjeu économique et social majeur. Il s'agit d'une action de masse qui concerne plus de 50 % de la population active. Quel rôle y joue l'enseignement supérieur en ingénierie ? Pour y répondre il faut introduire la séparation classique entre les deux types de formation continue :

- La formation de promotion: elle s'adresse à l'ensemble des personnes qui désirent, grâce à un diplôme ou une formation réalisée et reconnue par l'entreprise, réaliser un saut de compétence et accéder à un nouvel emploi, normalement de niveau plus élevé. Autant que les connaissances c'est le diplôme qui est recherché. La VAE est un nouveau dispositif au service de ce processus
- La formation d'actualisation (de mise à niveau, requalifiante) : elle est évidemment particulièrement importante dans les domaines professionnels où les connaissances, notamment technologiques, évoluent très rapidement. C'est bien connu pour la médecine ; c'est évidemment aussi le cas de l'ingénierie. Cette formation est essentiellement délivrée à des professionnels ayant déjà leur diplôme d'ingénieur ou de Master en ingénierie. Elle joue souvent le rôle de banc d'essai pour de nouveaux programmes de formation initiale.

Les établissements d'ingénierie (écoles et UFR d'ingénierie) participent aux deux types de formation mais avec une priorité très marquée pour la formation requalifiante

Pour la formation diplômante se sont créés de nombreux établissements spécialisés : au premier rang le CNAM (qui la pratique depuis 1794 !). Celui-ci est spécialisé dans l'enseignement scientifique et technique, mais aussi en sciences économiques et sociales appliquées (au total près de 100 000 étudiants). Bien d'autres programmes existent, notamment ceux qu'organisent l'UIMM et les CCI.

Les écoles et les UFR d'ingénierie possèdent parfois leur propre centre de formation diplômante ; plus souvent elles passent des accords avec ces diverses institutions, se contentant de mettre leurs enseignants chercheurs à leur disposition. Mais elles ont trouvé un important créneau avec

les Mastères spécialisés et les « Executive Mastères » labellisés par la CGE qui connaissent un grand succès.

En fait c'est surtout à la formation d'actualisation (requalifiante - de mise à niveau) que l'ingénierie universitaire se consacre. C'est là qu'elle possède un véritable avantage comparatif, pour deux raisons évidentes : son adossement à la recherche lui permet d'être immédiatement au courant des changements technologiques dans leur champ disciplinaire ; son partenariat avec les entreprises et leurs équipes pédagogiques incluant des professionnels en exercice en font un interlocuteur naturel. D'ailleurs il n'est pas rare qu'il y ait couplage entre un contrat de recherche partenariale et un accord de formation des cadres avec une entreprise contractante.

A noter la place extrêmement importante qu'occupe la FTLV dans les écoles de management

Méthodes ; tendances :

Les établissements proposent la gamme habituelle de FTLV : séminaires qualifiants, formations modulaires, programmes courts, VAE, mastères spécialisés,... Cependant au-delà de ce catalogue de l'offre apparaissent trois approches relativement nouvelles, tendant à privilégier une demande « customisée ».

- Tout d'abord l'accès des « étudiants FTLV » aux cours ordinaires de formation initiale (deuxième et troisième année). Ceci offre, semble-t-il, plusieurs avantages : on échappe à la dérive habituelle d'enfermement de la FTLV dans une sphère séparée de la formation initiale ; le mélange des deux populations d'étudiants s'avère stimulant et apprécié des étudiants ; enfin l'offre est plus variée. Une difficulté cependant : les ingénieurs FTLV ont souvent perdu l'agilité mathématique normalement requise pour suivre les cours en formation initiale.

- Ensuite la formation à distance, facilitée par les technologies Internet pour les établissements de petite taille. Elle peut notamment faciliter la formation individuelle d'ingénieurs en reconversion.

- Enfin les contrats avec une entreprise qui souhaite une formation « customisée » pour un groupe de leurs personnels, soit qu'elle veuille se lancer sur un nouveau type de produit, soit qu'elle veuille remettre à jour sa technologie (partenariat assez souvent couplé, on l'a dit, à un contrat de recherche).

Organisation :

La mise en place d'un programme solide et complet de FTLV demande une forte organisation. Sur le fond il faut une réelle « ingénierie pédagogique » et la mobilisation de plusieurs compétences. Sur la mise en œuvre, il faut gérer une structure complexe, organiser un démarchage assez lourd sur un vaste réseau d'entreprises, et de plus savoir mobiliser des enseignants chercheurs pour qu'ils participent à un type d'enseignement qu'ils ne considèrent pas toujours comme faisant partie de leur mission. Il s'agit d'un cas typique de valeur ajoutée d'in Collegium.

Financement : la formation continue est supposée s'autofinancer et même, bien gérée, apporter à l'établissement de ressources externes qui peuvent être importantes (couramment plusieurs millions d'euros pour un établissement de taille moyenne). Ce sont souvent les régions, ou les entreprises, ou parfois les étudiants eux-mêmes qui fournissent les ressources. Le prix de revient est d'ailleurs fort élevé

Conclusion

Compte tenu du caractère professionnalisant de la FTLV, les établissements d'ingénierie se doivent de la considérer comme une de leurs missions principales. Cependant ils sont loin d'être les seuls à proposer des programmes de formation. En formation diplômante de promotion, ils peuvent y exceller mais ne s'y impliquent qu'assez rarement, n'y contribuant en général que par l'expertise de leurs enseignants chercheurs.

En revanche ces établissements possèdent un avantage comparatif incontestable dans la formation qualifiante ou requalifiante d'ingénieurs déjà diplômés. Sur ce créneau on assiste actuellement à une forte montée en puissance, notamment dans les écoles d'ingénieurs, tant du point de vue de la variété et de l'originalité des programmes proposés que du nombre d'étudiants FTLV (souvent équivalent ou supérieur au nombre d'étudiants diplômés en formation initiale)

La qualité, la diversité, la pertinence et le professionnalisme de l'offre de FTLV devraient grandement bénéficier du regroupement en Collegium.

E- L'insertion

C'est une forte tradition en ingénierie que d'assurer aux diplômés un excellent taux d'insertion et des carrières solides. Cette mission d'insertion doit rester prioritaire pour tous les « produits » de la formation en ingénierie, à savoir principalement les ingénieurs, les docteurs et les Masters.

En ce qui concerne les ingénieurs, les écoles d'ingénieur ont une longue expérience et d'excellents résultats (95 % d'insertion après six mois, 87 % au niveau cadre, chiffres supérieurs à ceux de toutes les autres filières même professionnelles). Les méthodes utilisées sont maintenant classiques : contact permanent avec les entreprises sur la qualité et la pertinence de la formation, forums, stages en entreprise, suivi individuel des diplômés, actions des anciens élèves...

Le même souci d'insertion, non seulement élevé mais au niveau prévu, doit s'appliquer aux docteurs et aux Masters.

En ce qui concerne le doctorat le sujet a été traité au paragraphe B2 . Le dialogue avec les entreprises démarre, en dépassant la seule démarche de l'offre pour rechercher ce que demandent les entreprises. La nécessité d'une sévère sélection dans l'accès à la thèse, l'intérêt d'un enseignement d'initiation et d'ouverture (nécessairement accompagné d'un léger rallongement de la thèse) font partie des premiers résultats de ce dialogue.

En ce qui concerne les Masters en ingénierie, on manque d'information sur le devenir des diplômés. La question de leur employabilité est cependant posée avec plus d'insistance (notamment par l'AERES) et des solutions se mettent en place. Celles-ci devraient être systématisées dans le cadre des Collegiums décrits dans le troisième chapitre

II - RECHERCHE - INNOVATION

La recherche, comme la formation est un fondement de l'enseignement supérieur. Mais elle revêt, d'un champ disciplinaire l'autre, des formes très variées. On sait bien¹¹ que les recherches en médecine, en sciences, en lettres, en SHS... ont des méthodes de travail, des critères d'évaluation, voire des objectifs tout à fait différents. Il en va de même avec la recherche en ingénierie.

La recherche en ingénierie est marquée par la proximité des entreprises (au sens large), par ses objectifs de progrès technologique et d'innovation, et aussi par son impact direct sur la formation de professionnels.

Du point de vue de ses méthodes, la recherche en ingénierie est caractérisée par un couplage fort entre le développement des connaissances, tant technologiques que scientifiques, et leur application. Un bouclage permanent s'effectue alors au sein d'un continuum entre la recherche la plus fondamentale, les applications, le marché (en contraste avec le processus linéaire qui est d'usage dans les sciences non finalisées).

Comme dans les autres domaines, elle exige une puissante recherche en amont (parfois très théorique) mais elle est fortement centrée sur la demande, elle est structurée en projets collectifs, elle privilégie les travaux placés dans le cadre d'une innovation, elle est pluridisciplinaire. Un mot clé a émergé qui synthétise toutes ces propriétés, c'est celui de **recherche partenariale**

A - La recherche partenariale

La recherche partenariale peut être définie par réponse à quelques questions :

Qu'est-ce que la recherche partenariale ?

Comme son nom l'indique cette recherche s'effectue en partenariat avec « un autre ». On pense évidemment d'abord à une entreprise, grande ou petite. Mais ce peut être aussi une collectivité,

¹¹ En réalité chaque domaine est extraordinairement ignorant de la nature de la recherche menée chez les autres. La construction d'Universités réellement pluridisciplinaires commence par cette connaissance et reconnaissance réciproques

celles ci proposant d'excellents thèmes de recherche, ou un hôpital... Plus largement encore on peut y fait rentrer une recherche multidisciplinaire menée dans le cadre d'un projet collectif incluant d'autres équipes (exemple des projets européens) et répondant à une demande. En bref, c'est la rencontre d'une recherche scientifique avec des préoccupations sociétales

Pourquoi est-elle au coeur des laboratoires d'ingénierie ?

- elle constitue le principal moteur de renouvellement (d'inspiration) des thèmes de recherche
- elle est de loin la forme la plus efficace de soutien de la recherche universitaire au secteur socio-économique, notamment dans les projets d'entreprises innovantes..
- elle garantit, beaucoup mieux qu'une recherche purement spéculative, le couplage de la recherche avec la formation délivrée par l'école.

Comment analyser la demande?

La recherche partenariale, pour être efficace, demande une forte activité en analyse de la demande. C'est un art, un métier, en tout cas un processus qui prend beaucoup de temps, car telle la construction d'un édifice qui naît de la discussion entre l'architecte et son client, un programme de recherche partenariale est co construit par le laboratoire et par son partenaire

Quelques remarques sur cette analyse de la demande :

- Quand les partenaires sont des entreprises, quelle est leur typologie ? Il s'agit le plus souvent d'un travail avec une grande entreprise, car celles-ci proposent des sujets à plus long terme, s'étalant sur plusieurs années (et souvent accompagnés d'un travail de thèse). Mais les écoles ont su établir de nombreux liens avec les PME, notamment pour les aider dans leurs projets d'innovation. Les pôles de compétitivité y ont beaucoup aidé. Nombreuses sont aussi les collaborations avec les start-up
- Contrat par contrat : il s'agit de comprendre le problème à résoudre, de définir les compétences (souvent pluridisciplinaires) à mobiliser
- Au niveau d'un secteur il faut conduire une approche stratégique débouchant sur une recherche d'anticipation ; celle ci fait parfois l'objet de contrats cadre longue durée avec certaines entreprises.
- Les travaux avec les PME commencent souvent par de la consultance, voire de la prestation technologique qui font émerger une réelle demande de recherche
- Parfois, comme en Agronomie, il s'agit de percevoir une demande sociale diffuse.

Quels sont les points clés de ce partenariat ?

Un contrat de recherche partenariale ne devrait être accepté que s'il remplit une double condition : il fait avancer les connaissances ; il apporte une aide très significative au partenaire. Cette définition exclut la simple prestation technologique, tout en admettant son utilité à petite dose et dans certaines circonstances.

B – L'autre pôle : la recherche en amont (autonome, technologique de base, fondamentale...) :

L'équilibre au sein d'un laboratoire d'ingénierie n'est pas facile à maintenir. En effet si la recherche partenariale y est indispensable, elle n'est nullement suffisante et doit être couplée avec une quantité au moins égale de ce qu'on peut appeler la recherche en amont, ou « autonome ». Ce qualificatif, volontairement vague, implique qu'un laboratoire d'ingénierie doit développer des recherches sans objectifs immédiats, dans le but unique de développer des connaissances tant technologiques que scientifiques. Ces recherches ont souvent un caractère très théorique ; mais elles restent finalisées, car elles doivent normalement servir de support à de futures recherches partenariale ou à des innovations « linéaires » (voir plus loin).

Ces recherches en amont sont indispensables :

- Elles permettent le ressourcement et la reconstruction du patrimoine scientifique du laboratoire ; elles donnent quelques longueurs d'avance sur le partenaire,
- Elles contribuent, à égalité avec la recherche partenariale, à renouveler les thèmes et à faire progresser les connaissances et, par contre coup l'enseignement.
- Elles sont les principales sources de publications

La recherche amont doit être financée par des crédits publics : ce peut-être la subvention de base de l'établissement (écoles, UFR...), un programme blanc de l'ANR, un abondement Carnot, la composante d'un CPER, parfois un mécénat d'entreprise

C - Les publications :

Sans du tout constituer le seul objet de l'évaluation, ces publications sont indispensables

- Pour être reconnu au plan national (cette reconnaissance étant nécessaire pour assurer le recrutement de bons chercheurs, pour faciliter leur promotion, pour décrocher des contrats à l'ANR, etc.)
- Pour être reconnu au sein de la communauté internationale correspondant à la spécialité de l'équipe. Cette reconnaissance est un préalable aux échanges d'idées et d'informations entre les équipes de cette communauté ; elle permet de se placer dans le courant international de construction collective de la connaissance caractéristique de toute science ; elle facilite l'invitation aux colloques, l'acceptation des articles et posters (cercle vertueux) ; elle est un puissant facteur attractif pour le recrutements de chercheurs et doctorants étrangers ; elle donne une image de marque qui attire les meilleurs chercheurs et doctorants étrangers.
- Elles sont également utiles pour intéresser les entreprises et amorcer de nouveaux partenariats entrepreneuriaux.

L'effort accompli dans le cadre des PRES pour une signature unique amplifiera notablement l'impact de ces publications

D – Les domaines de recherche

Les domaines de recherche se confondent avec les disciplines de formation et ont donc déjà été cités. Les principales sont : mécanique, ingénierie électrique (électronique, électrotechnique, automatique...), ingénierie chimique, génie chimique et génie des procédés, environnement, génie civil, génie informatique (ou encore génie de l'information), ingénierie des matériaux, ingénierie « du vivant ». Ces disciplines se développent dans le cadre de communautés internationales actives.

Alors qu'il n'y a pas de problème de périmètre dans la plupart de ces disciplines (et donc sur celui des communautés internationales correspondantes), des questions se posent sur la frontière entre l'ingénierie chimique et la chimie fondamentale, ainsi qu'au sein de l'informatique (au sein de celle-ci quelle est la place du génie informatique, du génie de l'information. ? Si cette question de périmètre se pose c'est que les critères d'évaluation applicables à l'ingénierie sont différents de ceux de la recherche dite « académique » (cf. le deuxième chapitre).

Ces différences dans l'évaluation du processus et des résultats peuvent poser problème lorsque les équipes se regroupent dans de gros laboratoires, en tout cas lorsque ceux-ci sont inhomogènes.

Les laboratoires communs :

La constitution d'un gros laboratoire commun offre de nombreux avantages. Elle a été poussée par les organismes partenaires et notamment par le CNRS. Son contrôle est plus aisé, une stratégie peut être définie en commun, les équipes développent plus d'interactions. Mais il faut veiller à éviter les conséquences négatives :

- On observe une forte tendance à la dissociation des fonctions recherche et formation, notamment entre les UFR (qui souvent ne s'occupent plus que de formation) et les laboratoires.
- Ceux-ci jouent sur leurs multiples tutelles (plusieurs écoles et UFR, CNRS, INRIA...) pour se comporter en entités indépendantes. : cet éloignement est particulièrement fâcheux en ingénierie où, c'est un message fort de ce rapport, formation et recherche doivent s'enrichir mutuellement.
- L'habitude qui se prend d'appliquer les critères « académiques » à l'ensemble des équipes, amène à négliger les performances en recherche partenariale- innovation, dès lors que s'y trouve une proportion même faible d'équipes de science non finalisée.

Des solutions devraient être trouvées, au cas par cas, à chacun de ces problèmes. On pourra notamment demander aux équipes de choisir entre la grille d'évaluation de l'ingénierie (incluant nécessairement une bonne activité partenariale) et celle des disciplines académiques (Bibliométrie,...).

Il faut insister sur le caractère fortement interdisciplinaire de la plupart des projets de recherche en ingénierie, sachant cependant que 80 % des interactions se font entre disciplines de

l'ingénierie, le reste s'effectuant avec la médecine, les sciences non finalisées (notamment en physique et chimie), et quelque peu avec certaines SHS.

E - L'innovation dans un établissement d'ingénierie

L'innovation fait partie des missions d'un Collegium d'ingénierie et des établissements qui le constituent ; une raison majeure en est un devoir d'exemple vis à vis de leurs étudiants. Car s'il est un point de consensus, c'est que les ingénieurs de nos entreprises n'ont pas tous acquis, pendant leurs études, l'esprit d'innovation qui devra les inspirer dans leur vie active. Et cependant c'est par l'innovation que le tissu économique continuera à se renouveler.

C'est donc cet esprit d'innovation qu'il faut tenter d'insuffler aux étudiants. On reviendra sur les méthodes pédagogiques qui peuvent l'encourager. Mais c'est surtout par leurs diverses actions professionnelles que les établissements, leurs dirigeants, leurs enseignants et leurs chercheurs pourront en faire la démonstration. Les deux lieux privilégiés de ces actions sont le laboratoire et l'incubateur

Le laboratoire :

Certes il ne faut pas confondre recherche et innovation mais c'est bien dans le laboratoire que mûrissent les projets d'innovation et ceci dans deux cas principaux:

- Tout d'abord, et c'est le cas le plus fréquent, le laboratoire travaille dans le cadre d'un projet d'innovation né dans une entreprise partenaire. De telles innovations ne sont pas toujours, loin de là, de nature technologique, mais elles peuvent être bloquées par des verrous technologiques. C'est l'objet d'une recherche partenariale et celle-ci doit alors être décrite comme une forme d'innovation. De telles coopérations doivent d'ailleurs être privilégiées et leur succès monté en épingle.

- D'autre part, les recherches propres du laboratoire peuvent occasionnellement conduire à une « innovation linéaire ». Celle-ci devra évidemment être exploitée :

- Soit par la vente d'une licence¹² à une entreprise ; il s'ensuit le plus souvent des actions de transfert de la technologie à cette entreprise, fort coûteuses en temps de chercheur mais très efficaces.

- Soit par la création d'un start-up.

Dans les deux cas, la réussite de l'innovation nécessite un travail de « maturation technologique » au sein du laboratoire.

L'incubateur :

De nombreuses écoles et universités se sont groupées pour créer un incubateur. Il est en général ouvert à plusieurs catégories de porteurs de projets : des étudiants (cas exceptionnel), des chercheurs de l'établissement ; des indépendants parmi lesquels souvent des anciens élèves.

¹² Celle-ci doit évidemment être précédée de la prise d'un brevet. Le groupe de travail a une attitude réservée sur la prise trop systématique de brevets, jugée peu compatible avec la recherche partenariale. ; et qui exige en tout cas de s'appuyer sur des bureaux brevet licence (TLO) très professionnels, donc de taille critique.

L'incubateur est un lieu privilégié de rencontre entre chercheurs, étudiants, porteurs de projets, financeurs... C'est aussi un symbole de l'importance accordée à l'innovation par les responsables de l'établissement (et éventuellement du Collegium dont il est membre)

Actions pédagogiques : notamment dans les écoles, les élèves sont sensibilisés à l'innovation et à l'entrepreneuriat par diverses actions telles que des projets de création d'entreprises ou plus largement des projets d'élèves centrés sur la création d'un produit ou service (souvent en coopération avec une école de management ou une école de design).

III – LIEN FORMATION -RECHERCHE

Pourquoi formation et recherche sont-elles considérées comme inséparables ? Leurs interactions, sans être particulièrement spécifiques de l'ingénierie, méritent d'être analysées, ne serait ce que pour leur prise en compte pour l'évaluation des établissements.

De la recherche vers la formation :

Parmi les Collegiums professionnalisants, l'ingénierie est avec la médecine celui où la recherche est la plus développée. Mais elle présente deux formes : la recherche partenariale centrée sur des projets proches de l'innovation, la recherche amont qui attaque des sujets à plus long terme, tout en restant finalisée. Le deuxième type est comparable à la recherche couramment pratiquée en physique et dans les autres sciences non finalisées : elle est à la base de l'enseignement des Master recherche. Mais c'est la recherche partenariale qui a le plus d'impact sur l'ensemble des enseignements et projets des trois années de la formation d'ingénieur. Elle procure en effet une connaissance intime des besoins des entreprises et permet donc de structurer les cours autour de connaissances à la fois constamment modernisées et directement utiles aux futurs ingénieurs

De la formation vers la recherche :

Les actions de mise en situation et tout particulièrement les stages constituent une source importante de thèmes de recherche (cf. §A3), en multipliant les contacts avec une large gamme d'entreprises, notamment avec les PME. Et, bien entendu, comme dans les autres domaines, l'acte d'enseigner peut engendrer de nouvelles idées.

Sensibilisation à la recherche dans les écoles d'ingénieurs :

Il faut regretter qu'une trop faible proportion d'ingénieurs préparent une thèse. Certes la faute en incombe d'abord aux entreprises qui, lors des forums d'emploi, détournent systématiquement les élèves de la formation doctorale. Mais il semble que les écoles pourraient prendre plus d'initiatives pour sensibiliser les élèves à l'intérêt de cette formation (cf. § B5). Parmi elles citons le stage de trois mois en première année de l'Ecole des Ponts, et plus généralement le système dit du « mentoring » : tout élève manifestant à son entrée à l'école de l'intérêt pour la recherche est mis en contact avec un enseignant chercheur ou un chercheur de l'établissement. Celui-ci rencontre régulièrement son « filleul », le suit dans ses études et lui offre de nombreuses occasions de fréquenter le laboratoire.

Contact des étudiants avec la recherche :

Certaines universités étrangères ont rodé des méthodes de participation collective des étudiants à des travaux de laboratoire : développement de leurs capacités personnelles, découverte d'une nouvelle manière d'apprendre, goût pour la recherche, sont autant de justifications d'une pratique qui s'est pourtant peu développée en France ; c'est en effet un processus lourd, et quelque peu perturbant pour la vie des laboratoires. Il serait cependant utile de l'expérimenter pour certaines filières.

IV – UNE GOUVERNANCE FORTE

Des mots clés reviennent tout au long du texte : projet, collectif, interdisciplinaire, professionnalisme, réactivité, ingénierie pédagogique, mobilisation, structure complexe,... En conséquence, et ceci a un caractère fortement identitaire, la plupart des actions de l'ingénierie nécessitent une organisation bien structurée et une gouvernance forte. Citons comme exemples :

- Les projets de recherche partenariale : Ils ont un caractère collectif ; ils doivent mobiliser du personnel de différentes unités de recherche ; ils demandent une réponse rapide ; le professionnalisme dans la feuille de route et l'engagement de moyens sont des conditions du succès...
- Les équipes pédagogiques chargées des cursus :
 - Elles sont composées de personnels de différents statuts (enseignants chercheurs permanents ou contractuels souvent de différentes disciplines, « professionnels », tuteurs doctorants...)
 - Ces équipes sont assez souvent recomposées sur d'autres cursus correspondant à des changements d'options, ou à des changements d'organisation des études.
 - Organisation d'un ensemble de cursus, de modules (briques) plus ou moins regroupés en parcours type
 - Organisation de projets souvent multidisciplinaires voire « multifacultaires »
- Le lien formation/recherche : une tendance lourde amène beaucoup d'universitaires à dissocier leur fonction recherche exercée dans le cadre d'un laboratoire à multiples tutelles et d'autre part leur fonction d'enseignement qu'ils exercent sans grand lien avec leurs collègues. Pour établir une liaison forte et permanente entre les deux fonctions il faut une équipe de direction qui soude le directeur des études et le directeur de la recherche autour du directeur de l'école (ou du doyen de l'UFR)
- La formation continue : Cette mission (dont l'importance majeure n'est apparue que récemment) ne peut être assumée qu'avec un fort professionnalisme ; celui-ci porte notamment sur une ingénierie pédagogique d'ensemble, sur une structuration de l'offre étroitement liée à la formation initiale et à la recherche, sur la mobilisation des compétences parmi les Enseignants chercheurs, etc.

Toutes ces actions impliquent :

- **une gouvernance forte** ; dans les écoles le Directeur a une large délégation de pouvoir. Il s'appuie sur une forte équipe de direction. Le Directeur des études et le Directeur de la recherche sont entourés d'une équipe solide.
- un schéma organisationnel contraignant (accepté par l'ensemble du personnel)
- Une GRH solide due notamment à la proportion relativement forte de personnel contractuel

Ce style de gouvernance se pratique couramment dans les départements thématiques des universités anglo-saxonnes. En France il se rencontre essentiellement dans les Ecoles. D'où le choix de garder la structure en écoles au sein des regroupements qu'offrent actuellement les INP et demain, plus généralement, les Collegiums d'ingénierie. Dans les UFR d'ingénierie la situation est plus variable et mériterait d'être réexaminée.

V – COMPARAISON AVEC LES AUTRES « COLLEGIUMS ». SCIENCES ET INGENIERIE

Comment l'identité de l'ingénierie se compare-t-elle à celle des autres Collegiums (sciences, médecine, lettres...) ? Ceci apparaîtra plus clairement lorsque les autres domaines disciplinaires auront, à leur tour, fait l'effort de définir leur identité. On peut cependant déjà dire que l'ingénierie fait partie de la famille des Collegiums « professionnalisants », comme la Médecine, la « Business School », ou l'Education. Ces formations ont de nombreux traits communs, par exemple la sélection des étudiants et l'importance relative dans le cursus des exercices de mise en situation (projets, stages, travaux pratiques...)

Plus complexe seraient les relations entre le « Collegium des sciences » et un éventuel Collegium d'ingénierie. En effet, alors que partout à l'étranger les collèges d'ingénierie et de sciences sont distincts (ce qui n'exclut nullement de fortes interactions), la France reste perplexe au sujet de cette séparation

Une première approche consiste en effet à mettre en avant la notion de discipline. Il est vrai que les disciplines de base de l'ingénierie¹³ sont presque toutes issues de la matrice de sciences source que sont les mathématiques, la physique, la chimie, et plus récemment la biologie¹⁴. Il est également certain que l'enseignement approfondi des bases des sciences physiques et des mathématiques constitue la caractéristique de la formation des ingénieurs. Et il existe en fait un continuum entre les disciplines des sciences non finalisées et certaines sciences de l'ingénierie (notamment le génie informatique, et l'ingénierie chimique,...). D'où la tendance française à rassembler toutes les sciences dans une seule faculté, la faculté des sciences (dites parfois faculté des sciences et des techniques).

¹³ :Rappelons les principales : mécanique, ingénierie électrique (électronique, électrotechnique, automatique...), ingénierie chimique et génie des procédés, environnement, génie civil, génie informatique (ou encore Génie de l'information), ingénierie des matériaux, ingénierie « du vivant ».

¹⁴ Encore que les mécaniciens disent volontiers que c'est de leur discipline qu'est issue la physique et non pas l'inverse

L'autre approche consiste à considérer que les objectifs et méthodes constituent le caractère distinctif. C'est la position qu'a prise le CNRS il y a plus de 30 ans, en individualisant le département des SPI au sein des autres départements scientifiques. Et tous les acteurs de ce domaine témoignent que ce fut un puissant facteur d'épanouissement de ces disciplines.

Il est d'ailleurs clair que les caractères distinctifs de la formation professionnalisante qu'est l'ingénierie rendrait la séparation ingénierie / sciences encore plus pertinente à l'université qu'au CNRS.

Il est en tous cas indispensable de débattre de cette question, site par site. Les Collegiums d'ingénierie n'incluront-ils que les écoles d'ingénieurs, ou leur périmètre s'étendra-t-il à certaines UFR scientifiques et lesquelles, ou parfois à leur totalité¹⁵ ? La solution retenue dépendra du site, de son histoire, de sa taille, du poids relatif des écoles. ...La formule du Collegium, très souple, n'interdit d'ailleurs nullement une double appartenance.

VI – PLACE DE LA RECHERCHE EN INGENIERIE DANS LA RECHERCHE NATIONALE :

La recherche finalisée au sein de recherche nationale :

Le système recherche (on dit quelquefois, avec Futuris, le SFRI) est à l'évidence extrêmement diversifié, et malheureusement très compartimenté¹⁶. Dans cet ensemble la recherche dite finalisée - c'est le nom des organismes qui la pratiquent – constitue un carrefour. En effet la sphère (les sphères !) de la Science « pure » et le monde socio-économique ont des finalités si différentes que leurs probabilités de rencontre directe est faible. D'où le rôle indispensable de ce pôle intermédiaire qui dialogue en permanence avec les deux extrémités de la chaîne en assurant la quasi totalité des transferts grâce à ses méthodes de travail en boucle.

Cette recherche finalisée s'exécute d'ailleurs dans de multiples lieux : les bureaux d'études des entreprises, la R&D industrielle, les entreprises innovantes, les start-up, les organismes de recherche finalisée, les centres de ressources technologiques, la recherche universitaire en ingénierie¹⁷.

Place de la recherche « universitaire » en ingénierie :

La recherche « universitaire » en ingénierie (qui inclut évidemment les Ecoles d'ingénieur) est la composante numériquement la plus importante de la recherche publique finalisée ; elle est

¹⁵ En fait la frontière n'est certainement pas aux confins des écoles. De très nombreux enseignants chercheurs actuellement classés comme physiciens ou mathématiciens, feraient partie à l'étranger des départements d'Engineering : ce serait aussi leur cas en France si l'université avait suivi le CNRS lors de la création des SPI. En pratique se rassembleront dans les collegiums d'ingénierie ceux qui veulent se soumettre aux règles d'évaluation spécifiques à l'ingénierie

¹⁶ C'est au point que chaque branche de la recherche reste très ignorante non seulement du contenu mais même de la nature des autres, ce qui se traduit par de l'indifférence et parfois un mépris réciproque . En fait seule une pluridisciplinarité active au plan local permet d'être conscient de ce que font les autres et donc d'interagir

¹⁷ A noter que c'est l'ensemble de la recherche en Ingénierie qui est inclus dans la recherche finalisée et pas seulement sa partie « aval ».

pourtant peu connue car dispersée entre de très nombreux acteurs : quelques centaines d'UFR, d'IUP, d'IUT, et quelques centaines d'écoles d'ingénieurs (ces dernières traînant de plus la réputation de « ne pas faire de recherche »)

- Elle joue pourtant un rôle majeur, dans la mesure où elle sert de creuset à la formation des futurs ingénieurs, chercheurs industriels et autres cadres scientifiques et techniques de l'économie
- D'ailleurs cette dispersion a le considérable avantage de la répartir sur tout le territoire, ce qui en fait le principal interlocuteur de la plupart des entreprises et notamment des PME
- Ce qu'il y a d'exagéré dans cette dispersion appelle cependant à des formules de regroupement, notamment aux collegiums décrits dans la troisième partie

Aspects quantitatifs :

La recherche finalisée publique a ceci de particulier qu'elle est répartie entre de nombreux opérateurs, parmi lesquels les écoles et les UFR d'ingénierie, ainsi que de nombreux organismes tels que le CEA, le CNRS, l'INRIA, l'INRA, l'INSERM etc. Idéalement on devrait être capable de connaître la répartition entre ces opérateurs. On y parviendra probablement, grâce à la vision panoramique que l'AERES est en train de construire. Mais on en est encore loin.

En ce qui concerne la mesure de l'ingénierie universitaire, la difficulté est triple :

- La plupart des statistiques officielles ont décidé de mettre toutes les sciences dans la même rubrique et ne sont donc pas utilisables. La situation est meilleure pour les chiffres fournis par la DGES en ce qui concerne les enseignants chercheurs et les thèses (bien que l'ingénierie ne soit pas identifiée au sein de la chimie et de l'informatique)
- La recherche partenariale n'étant pas jusqu'ici officiellement reconnu dans les grilles d'évaluation, les informations qu'on possède à son sujet sont trop fragmentaires pour être citées
- En ce qui concerne les publications d'une part et d'autre part le nombre de chercheurs à temps plein, la principale source d'information vient du département STII du CNRS. Mais celui-ci ne décompte évidemment que les unités propres et les UMR, qui dans ce secteur ne représentent guère plus de 60 % des effectifs
- De plus, la plupart de ces laboratoires sont communs à plusieurs entités, ce qui rend pour l'instant difficile le décompte des effectifs relevant des écoles d'ingénieurs.

Ceci dit, mieux valent des chiffres exacts à seulement 20 % que par de chiffres du tout. Citons donc en quelques-uns :

A- Effectifs de chercheurs et enseignants chercheurs (hors personnel de soutien) : :

Organismes finalisés (effectifs de chercheurs permanents, hors doctorants) :

- CEA (civil hors nucléaire), INRIA et autres SPI / STIC : 3.000
- INRA et autres : 5500

Ingénierie « universitaire » (y compris les Ecoles d'ingénieurs et le CNRS) ¹⁸:

- Ingénierie au sens strict (SPI, Agronomie, 50% de la chimie et des STIC)
Enseignants chercheurs¹⁹ : 9200
Chercheurs : 3.300
- Ingénierie hors Chimie mais avec 100% des STIC (définition CNRS + Agronomie)
Enseignants chercheurs : 10.100
Chercheurs : 2.800
- Par comparaison : total (45.500 et 13.100) dont SHS (20.200 et 2.200)

B – Thèses dans les Ecoles :

Dans les Ecoles (doctorants encadré par le personnel des Ecoles)

- Ensemble des Ecoles d'ingénieur (SPI, Agronomie, Chimie et STIC) : 1900²⁰
- Par comparaison : total des thèses (année 2004) : 10600 dont SHS 4200

Un travail est en cours pour préciser ces chiffres. D'ores et déjà on voit d'une part que la recherche est beaucoup plus active dans les écoles qu'on ne voulait bien le dire, et d'autre part que la recherche « universitaire » constitue la majorité de la recherche finalisée.

La qualité de cette recherche doit d'ailleurs énormément au CNRS .Ses effectifs ont d'ailleurs été comptés dans cette recherche « universitaire », compte tenu de la symbiose des chercheurs CNRS et des enseignants chercheurs dans les laboratoires de cette catégorie. Le rassemblement dans une même direction scientifique de la majorité des sciences de l'ingénierie, y compris les STICS, est d'ailleurs pour beaucoup dans cette réussite

-

¹⁸ Par d'autres sources on estime à 8500 en équivalent temps plein les forces de recherche des Ecoles (en y incluant les chercheurs et enseignants chercheurs sous contrat, ainsi que les doctorants)

¹⁹ Tous les chiffres qui suivent en « A » viennent du fichier SIREDO sur les unités reconnues

²⁰ D'autres sources donnent un chiffre plus élevé (de l'ordre de 2400)

DEUXIEME CHAPITRE REGLES D'EVALUATION DE L'INGENIERIE

I - LE ROLE CAPITAL DE L'EVALUATION DANS LES SYSTEMES D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, DE RECHERCHE ET DE TRANSFERT

L'évaluation joue un rôle capital dans la dynamique des systèmes d'enseignement supérieur, de recherche et de transfert :

Non seulement elle permet d'évaluer le bon usage des crédits qui sont mis à leur disposition et d'organiser les débats autour de leurs orientations, mais encore elle établit les règles des jeux des acteurs qui sont à la base de leurs évolutions. Si on se rappelle que dans l'évolution des êtres vivants, c'est la physiologie qui est à la base de leur anatomie, la question fondamentale posée aux Pouvoirs Publics est donc la suivante : Quelles méthodes d'évaluation mettre en place, non pas seulement pour vérifier une bonne utilisation des fonds publics, mais surtout pour que les politiques qu'ils souhaitent mettre en œuvre soient stimulées par l'affichage d'indicateurs adéquats ?

Il est essentiel de prendre en compte ce rôle d'orientation, de guide de l'activité des acteurs de l'enseignement supérieur (et d'ailleurs de la recherche). L'effet est positif lorsque le diagnostic et les conséquences de l'évaluation privilégient les missions essentielles du champ considéré. Les effets pour l'ingénierie pourraient en revanche être pervers si une tendance naturelle à l'uniformisation amenait à étendre à l'ingénierie les pratiques des sciences non finalisées (dites académiques)

Il est tentant de se laisser aller à des méthodes d'évaluation universelles Il faut au contraire, comme a commencé à le faire l'AERES, s'inspirer des méthodes employées dans la majorité des pays qui mettent en œuvre des méthodes d'évaluation adaptées à chaque grand domaine (gestion, ingénierie, sciences académiques, lettres /SHS, santé, droit...), de manière à favoriser les évolutions favorisant une plus grande lisibilité des systèmes français d'enseignement supérieur, de recherche et de transfert tout en conservant les caractères originaux qui fondent leur identité et leurs performances.

Cette analyse permet de comprendre l'importance des enjeux des méthodes d'évaluation et justifie l'intensité des débats qu'ils suscitent.

II – EVALUATION ET ACCREDITATION DES PROGRAMMES DE FORMATION

Il existe de nombreuses définitions de l'accréditation et plus précisément de l'accréditation professionnelle. Il ne faut retenir ici que celles qui sont issues de la tradition historique selon laquelle une profession bien définie (en l'occurrence celle d'ingénieur) ne veut accepter en son sein de nouveaux professionnels qu'après une procédure de validation.

Le passage déjà lointain de la formation par le seul apprentissage à la formation par un programme d'enseignement supérieur conduit à la solution assez générale suivante : habilitier une école (ou toute autre entité de formation) à conférer le droit d'exercer une profession. Une telle formulation implique la rencontre obligée d'experts « académiques » et de représentants du monde professionnel. Cet impératif d'accréditation est général pour toutes les formations à vocation professionnelle (ingénierie, management, architecture, médecine...)

L'accréditation professionnelle peut donc se définir comme étant l'assurance qu'une université ou institution d'enseignement supérieur satisfait les standards de qualité établis – conjointement avec les enseignants et leur tutelle - par la profession à laquelle elle prépare ses étudiants . Par exemple, les standards de l'ABET (Etats-Unis) sont définis par les associations d'ingénieurs, les standards de la CTI sont définis paritairement par le milieu académique et les représentants d'entreprises et d'associations d'ingénieurs.

L'accréditation peut être accordée aux établissements (accréditation institutionnelle, comme EQUIS par exemple pour les écoles de commerce et de management) ou, le plus souvent, aux programmes. Les accréditations sont toujours accordées pour des périodes limitées (typiquement 5 à 7 ans), parfois certaines pratiques nationales distinguent clairement l'accréditation initiale pour lancer de nouvelles formations, de l'accréditation récurrente (re-accréditation à l'issue d'un cycle).

L'évaluation a un spectre beaucoup plus large ; c'est une analyse a posteriori qui débouche sur des constats, des relevés de forces/faiblesses, parfois des recommandations ; l'accréditation est une analyse de conformité à un référentiel externe ; c'est un jugement binaire qui se traduit par une prise de décision.

En France c'est à l'AERES qu'a été confiée, en 2006, la responsabilité de l'évaluation. Et par ailleurs un décret de 1934 attribue à la CTI la responsabilité de l'accréditation professionnelle (à délivrer le titre d'ingénieur). De manière générale la Loi a choisi de dissocier les responsables de l'évaluation de ceux de la décision.

Il apparaît donc maintenant nécessaire de créer une interface entre la CTI et l'AERES. Comment passer de l'analyse à la synthèse ? Il ne s'agit évidemment pas de créer une instance de plus mais d'organiser un débat.

Il faut insister sur le fait que les agences traditionnelles, et tout spécialement la CTI, ont joué un rôle majeur de défense de la doctrine et de redéfinition permanente du métier d'ingénieur. De ce point de vue on peut considérer la CTI comme la pierre angulaire des écoles d'ingénieur françaises.

Dans la suite du rapport il ne sera question que de l'évaluation

III- LES METHODES DE L'EVALUATION

A - Les évaluations gigognes :

Au fil des années la méthodologie de l'évaluation se perfectionne et se diversifie. Naguère limitée aux enseignants chercheurs et chercheurs, l'évaluation s'est étendue aux laboratoires puis aux établissements, et plus récemment aux sites. De plus il apparaît que toutes ces évaluations doivent être corrélées, selon le principe de « l'évaluation gigogne », chaque niveau étant évalué dans le contexte de l'entité qui le contient.

B - Evaluations couplées

Autre interpénétration dans le cas de l'ingénierie universitaire, celle de la formation et de la recherche (et du transfert). C'est un élément majeur de l'identité de l'ingénierie. Il faudra donc abandonner la tradition actuelle d'en faire des évaluations séparées. Ce devrait être relativement facile au niveau de l'établissement, certainement plus complexe au niveau des personnes.

C - Processus et résultats

A tort ou à raison l'évaluation de la recherche académique s'est focalisée sur les résultats, ce qui est apparu raisonnable car le couple publications /citations est facile à mesurer et couvre assez bien l'activité des chercheurs. Il n'en va pas de même pour la recherche finalisée : l'étude très complète menée par le consortium des organismes de recherche finalisée montre d'abord qu'au-delà des résultats (qui d'ailleurs sont loin de ne se mesurer qu'en termes de publications) ce sont les processus et méthodes qu'il faut évaluer. Pour la recherche finalisée universitaire où les fonctions pédagogiques s'ajoutent aux diverses missions de la recherche, cette analyse est plus pertinente encore.

D - Prépondérance de l'évaluation de terrain basée sur une grille

L'identité de l'ingénierie, telle qu'elle est décrite par ailleurs, l'amène à assumer différentes fonctions d'égale importance : la formation (développer connaissances et compétences), la recherche partenariale et la recherche en amont des applications, le soutien à l'innovation et la diffusion des connaissances vers les entreprises. Intégrer la réussite de missions aussi différentes et parfois quasi antinomiques, ne peut se faire qu'imparfaitement à partir des indicateurs quantitatifs. Sans négliger ceux-ci, il est cependant évident qu'une évaluation sur le terrain est la seule à pouvoir satisfaire les deux objectifs que sont : d'une part une opinion franche et circonstanciée qui aide les décideurs à répartir les moyens ; d'autre part des recommandations aux acteurs de la formation et de la recherche pour les aider à mieux remplir leurs missions.

Cette évaluation de terrain devrait être fondée sur trois principes (actions) :

Le principe de la grille d'évaluation : cette grille d'évaluation devrait prendre en compte les divers volets de l'activité de l'ingénierie. Nécessairement complexe, elle devrait être structurée sur trois missions fondamentales : la formation ; l'avancement des connaissances débouchant sur des publications ; l'activité de recherche partenariale et d'innovation (dite à finalité opérationnelle).

Cette grille devrait être établie par l'AERES, secteur par secteur, en prenant en compte tous les facteurs identitaires. Un exemple d'une telle grille, mais qui ne concerne que la formation, a été établi par la CTI²¹²²

(....)

Un deuxième principe, celui de l'auto évaluation basée sur cette grille Partout où elle est mise en place, l'auto évaluation est considérée comme très utile à la fois parce qu'elle oblige à réfléchir sur les points considérés comme majeurs et aussi parce qu'elle cadre la discussion avec le comité de visite

Cette évaluation interne doit être permanente ou en tout cas plus fréquente que l'évaluation quadriennale. Le directeur de l'établissement (ou mieux, le directoire du Collegium quand celui-ci existe) devrait recevoir une fois par an chacun des laboratoires pour vérifier qu'ils mettent bien en œuvre la stratégie définie en commun et qu'ils respectent les équilibres décrits par la grille.

Troisième principe, le comité de visite :

C'est sur ces comités de visite que l'AERES fonde son action (comme d'ailleurs la CTI). Mais il faut insister sur l'obligation qu'aurait le comité de s'inspirer étroitement de la grille d'évaluation, sans négliger aucun de ses critères. D'ailleurs la composition du comité en résulterait. Dans le cas de l'ingénierie il va de soi qu'au moins un tiers des membres devrait représenter les entreprises et collectivités intéressées par les activités de formation et de recherche du laboratoire et de l'établissement

Dans ce processus d'évaluation de proximité, il faudrait aussi prendre en compte l'opinion acquise sur place par la cascade des hiérarchies : avis du Collegium sur les établissements et les laboratoires, avis du directeur de l'établissement sur les enseignants chercheurs. Il en est déjà ainsi dans le cas des écoles indépendantes.

²¹ Citons aussi celle que l'université de Louvain a mise en œuvre pour les activités de formation des enseignants chercheurs

²² La CTI est très appréciée des Ecoles par la pertinence de sa grille d'autoévaluation, par la composition paritaire (entreprises -universitaires) des comités de visite et par le couplage fort entre grille et questionnaire du Comité. Les principes qu'elle a ainsi appliqués sont pour beaucoup dans le maintien de la qualité et de l'originalité de la formation dans les Ecoles. Les mêmes principes devraient guider l'extension de l'évaluation à l'ensemble des missions des établissements d'ingénierie.

En conclusion de ce paragraphe, citons le rapport des organismes de recherche finalisée qui figure en Annexe : « Une culture de l'évaluation de la recherche finalisée est à construire et à partager... Elle n'a pas la même antériorité que l'évaluation « par les pairs » pratiquée dans le monde académique. Il est donc nécessaire de construire progressivement des outils communs et robustes de l'évaluation de recherches partenariales »

V- RAPPEL DES BASES DE L'IDENTITE DE L'INGENIERIE

Un consensus s'établit sur la diversité des missions des établissements d'ingénierie, et sur les équilibres qui doivent y être respectés .

La proximité des entreprises : la vocation des établissements d'ingénierie consiste à fournir aux entreprises des cadres techniquement et scientifiquement solides. Il en résulte que la notion de partenariat y est très forte

Ce partenariat influence fortement le système de formation : par le choix des disciplines enseignées, par le format des cours, par l'équilibre des cursus entre les fondamentaux, les disciplines de spécialité et les disciplines d'ouverture, par la synergie entre enseignement des connaissances et développement des capacités (compétences) transversales, par l'équilibre entre les cours et les actions de mise en situation, par la connaissance que les formateurs se doivent d'avoir des attentes des entreprises, par la participation à l'enseignement de cadres des entreprises.

Ce partenariat influence aussi la nature de la recherche : la recherche partenariale, en synergie avec la recherche amont (technologique de base) en est le cœur. Certes celle-ci se pratique ailleurs, mais elle est ici indispensable (consubstantielle), par son impact sur la formation, sur la stratégie de la recherche amont (autonome) dans le laboratoire d'ingénierie, par le développement d'une approche système, pluridisciplinaire, par son rôle essentiel dans l'accélération de l'innovation et plus généralement dans le soutien aux entreprises.

Pour être efficace (et le rôle socio-économique de l'ingénieur l'exige), les diverses missions de formation, de recherche, de transfert, d'innovation sont structurées en projets collectifs. Ceci implique une forte organisation, la définition et la mise en œuvre d'une stratégie très concrète, et finalement une gouvernance forte, respectée par les acteurs de l'établissement.

Tout ceci définit une identité qui doit être totalement prise en compte par le processus d'évaluation de l'ingénierie, de telle sorte qu'elle en soit consolidée et non pas affaiblie.

V- EVALUATION DES ETABLISSEMENTS (ECOLES...)

On entend ici par établissement toute entité appelée de niveau 3 dans ce rapport, c'est à dire ayant une responsabilité globale de formation et de recherche : Ecole quel que soit son statut, UFR d'ingénierie... Cette définition n'est donc pas institutionnelle ; elle pourrait s'étendre aux Collegiums (niveau 2) décrits au troisième chapitre .

Les critères (la « grille ») sur lesquels doivent être basés les processus d'évaluation à mettre en œuvre dans le domaine de l'ingénierie découlent de l'analyse de son identité. Certains peuvent être caractérisés par des indicateurs

A- La formation des ingénieurs

- Les processus de recrutement des étudiants.
- Le taux d'insertion des ingénieurs diplômés, le temps moyen d'obtention d'un premier emploi correspondant à sa qualification, le salaire moyen à l'embauche
- Le bouquet des disciplines enseignées ; l'équilibre entre les diverses catégories d'enseignement (fondamentaux, spécialités, ouverture)
- La qualité du bagage généraliste
- Les outils de développement des compétences (notamment les projets d'étudiant)
- L'importance des stages en entreprise
- La participation des professionnels aux enseignements
- La pédagogie active et innovatrice employée ; l'ingénierie des cursus ; leur évaluation interne permanente.
- La place de l'international (ce qui inclut les langues mais va bien au-delà, cf. IA3)
- Les dispositifs de formation continue
- La promotion dans les lycées, les actions de promotion sociale

B - La formation des Masters

Les problèmes posés par l'évaluation des Masters sont en cours d'étude à l'AERES. IL serait donc prématuré

C - La formation des docteurs

- La politique de sensibilisation des élèves ingénieurs à la recherche
- La qualité de la formation doctorale, réalisée dans les Ecoles doctorales et (pour le Collegium) dans l'Institut d'enseignement doctoral.
- L'insertion des docteurs dans les entreprises
- Le temps moyen d'obtention d'un emploi correspondant à la qualification

D - La recherche

L'évaluation de la recherche en ingénierie doit comporter deux volets indépendants et de poids égal :

Premier volet : évaluation de la recherche en amont (technologique de base, fondamentale...)

Indicateurs (classique) : Nombre de publications, de participations à des colloques²³ (communications et posters)

Impact (mais avec prudence en ce qui concerne les citations)

Qualitatif : Typologie des publications ; revues spécifiques de la discipline ; pertinence en termes de recherche finalisée

Deuxième volet : évaluation de la recherche partenariale, de l'innovation

- Recherche partenariale :

L'évaluation de terrain fondée sur une grille d'évaluation (voir plus haut) peut s'accompagner de quelques indicateurs tels que

- Nombre de contrats et montant global de ces contrats par personne(personnel permanent)
- Pourcentages au sein d'une typologie des contrats : contrats directs avec une entreprise, accompagnement d'une licence, contrat Europe, contrat ANR, consultance, certaines prestations...
- Pourcentage au sein d'une typologie des partenaires : Grandes entreprises, PME, collectivités..
- Pourcentage de contrats partenariaux avec soutien public
- Pourcentage de contrats ayant donné naissance à une thèse
- Nombre moyen de publications associées à un contrat
- Durée des contrats (durée moyenne, nombre et montant des contrats de durée supérieure à 1 an...)
- Publications dans des revues professionnelles

- Innovation (« linéaire »)

- La sensibilisation des élèves à l'entrepreneuriat et autres activités mentionnées dans la grille

- Les licences, y compris de savoir-faire
- La création de start-ups ; l'activité de l'incubateur
- La part de la recherche consacrée à des projets d'innovation (externe et interne)
- Les autres activités de transfert (consultation, diffusion des technologies...)

Note globale :

Si une note était attribuée à chacun des deux volets, la note globale serait non pas leur somme mais leur produit (donc nulle si l'une des deux l'était)

²³ Selon les secteurs les colloques sont plus ou moins sélectifs, donc plus ou moins discriminants pour l'évaluation

E - Le lien formation/ recherche,

- Impact de la recherche (notamment partenariale) sur l'enseignement, aux divers niveaux
- Internationalisation de la recherche et de la formation
- Etc.

F - La gouvernance, l'organisation

- Capacité d'analyse de la demande
- Qualité de la stratégie et capacité stratégique (définition et mise en œuvre)
- Professionnalisme dans l'exécution des contrats.
- Organisation, capacité de mobilisation
- Pourcentage de recherche partenariale et de recherche amont menées dans les axes stratégiques de l'établissement
- Etc.

VI - EVALUATION DES LABORATOIRES :

Mêmes principes pour le laboratoire que pour le volet recherche de l'évaluation des établissements. La question est posée de la « granularité » : n'est-il pas nécessaire, compte tenu de la grande taille de certains laboratoires et de leur rattachement seulement partiel au collegium d'ingénierie, de les évaluer équipe par équipe (cf. Chapitre 1, II,D), ou encore projet par projet (ce qui est facilité lorsque les équipes se font et se défont autour de projets), tout en examinant la valeur ajoutée qu'apporte le regroupement en un grand laboratoire. De plus il faudra que, en tout cas au stade de l'évaluation interne soit examiné l'impact de la recherche du laboratoire sur la formation des ingénieurs, et bien entendu des docteurs.

VII - EVALUATION DES FORMATIONS (DES CURSUS) :

Cette évaluation est effectuée à l'heure actuelle pour une partie par la CTI (formations d'ingénieurs) et pour le reste par l'AERES (Masters, Ecoles doctorales). Comme dans le cas de l'évaluation des laboratoires, celle-ci doit être intégrée et rapportée à l'échelle de l'Etablissement ou du collegium.

VIII - EVALUATION DES ENSEIGNANTS CHERCHEURS :

Cette question est essentielle et doit être cohérente avec les éléments qui précèdent.

Les décisions concernant les enseignants chercheurs (recrutement, changement de grade, changement d'échelon...) doivent s'appuyer sur l'évaluation de trois facettes de leur activité :

- La qualité scientifique : l'évaluation doit ici provenir, selon l'usage, du jugement par les pairs. Le vivier de ces pairs est constitué par la communauté internationale de la spécialité (d'où la prise en compte du nombre et de l'impact des publications). La tradition française consiste à élire des comités de pairs, la question étant de déterminer le périmètre local ou national de l'électorat.

Mais l'activité scientifique s'exerçant tout autant dans la recherche partenariale que dans la recherche amont, il est clair que la seule prise en compte des publications et des citations donne une vision partielle et faussée de la qualité scientifique de l'enseignant chercheur

- les actions de recherche partenariale (capacité managériale à trouver et gérer les contrats, capacité à identifier les questions à résoudre, succès obtenus...) et d'innovation (débordant largement la conception étroite de la prise de brevets) doivent être jugées par un panel différent, où industriels et représentants des collectivités sont en majorité
- La recherche étant fréquemment structurée en projets collectifs, il faut savoir évaluer et apprécier l'activité d'un chercheur au sein d'un groupe, tout autant que ses résultats dans une recherche individuelle. Même importance attachée à l'implication dans le pluridisciplinaire
- Les qualités d'enseignement /formation sont les plus complexes à juger : cette évaluation ne doit pas être trop fréquente (ou à l'occasion du changement de grade ou tous les six à huit ans). Le dossier d'auto évaluation (incluant comme à Louvain le projet pédagogique de l'enseignant) devrait jouer un rôle, ainsi que les réunions de bilan de cursus qu'effectuent régulièrement certaines Ecoles, ou encore l'évaluation des actions de gestion des projets, de stages, des cursus

On sait que la formation en ingénierie va bien au-delà de la simple transmission des connaissances. Il serait grave de continuer à l'ignorer même si, fort heureusement, le sentiment de faire du bon travail est déjà perçu par beaucoup d'enseignants comme une forte récompense. Mais cet enthousiasme a toutes les chances de s'étioler si des relais institutionnels ne sont pas mis en place.

TROISIEME CHAPITRE : LES COLLEGIUMS D'INGENIERIE

I - POURQUOI DES COLLEGIUMS²⁴ D'INGENIERIE²⁵ ?

A - Raisons « internationales » de se regrouper :

Il est devenu nécessaire de se positionner par rapport aux structures internationales pour de nombreuses raisons : visibilité, recrutement d'étudiants et de professeurs étrangers ; échanges d'étudiants, doubles diplômes et cotutelles de thèses, accès des élèves à des projets de fin d'étude et/ou à des jobs internationaux, relations des enseignants chercheurs et des chercheurs avec les laboratoires étrangers ; participation à des projets européens..

Or dans tous les pays la « structure facultaire » inclut un « Engineering college », soit au sein d'une université pluridisciplinaire, soit comme composante majoritaire ou exclusive d'une université de technologie... Il devient donc difficile de ne pas se décrire comme composante d'un tel collège, lui-même positionné d'une manière ou d'une autre dans l'Université de demain en cours de création. Ce positionnement « universitaire » est la seule manière de tordre le cou à l'idée très répandue au plan international selon laquelle « les écoles ne font pas de recherche » (image de "vocational school")

B - Raisons locales de se regrouper :

- Atteindre une masse critique permettant de mutualiser un certain nombre de fonctions (cf. § V A) - ce qui se fait principalement de manière locale - et, ce faisant, de renforcer le potentiel de formation et de recherche.
- Bâtir un ensemble multidisciplinaire, par addition des compétences de chaque école et UFR. L'intérêt est considérable tant pour l'ingénierie pédagogique qui fait face à de nouveaux besoins de formation, que pour la recherche : et ceci que ce soit en recherche partenariale où les projets les plus novateurs font appel à plusieurs compétences que pour la recherche technologique de base marquée par la convergence des technologies²⁶
- Faciliter le contact avec les autorités locales (conseil régional, conseils généraux, agglomérations urbaines, municipalités...). Ces collectivités jouent un rôle toujours plus important pour le financement des écoles (beaucoup d'entre elles d'ailleurs ayant été créées pour des besoins régionaux) car elles sont conscientes de leur rôle dans le développement économique et dans le rayonnement international de leurs territoires ; elles sont souvent gênées par l'absence d'un interlocuteur désigné.

²⁴ Le terme de Collegium a été proposé par l'Université de Strasbourg. Il a été préféré dans ce rapport à celui de Collège qui désigne en France des formations de l'enseignement secondaire

²⁵ L'idée du regroupement dans des « Instituts polytechniques » ou « Facultés d'ingénierie d'un PRES » a été lancée par Philippe Courtier, directeur de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, dans son rapport sur « Vers une coopération renforcée entre Universités et Grandes Ecoles » (rapport paru en Mai 2007, à la demande du Ministre de la recherche et de l'enseignement supérieur et remis au Parlement).

²⁶ Cette interdisciplinarité est particulièrement fréquente au sein de l'ingénierie mais de plus en plus ouverte vers des disciplines d'autres domaines tels que la médecine, les sciences physiques... cf. Chapitre 1, § II D)

- Participation aux pôles de compétitivité

C - Contribuer à la construction de l'Université de demain

Plus généralement on peut penser que l'avenir appartient à des universités pluridisciplinaires dont les différentes composantes, dotées d'une certaine autonomie, interagiront fortement. La solution internationale la plus répandue consiste à structurer de telles universités en un petit nombre de collèges (sept à dix en moyenne) dont chacun regroupe les forces de formation et de recherche de chaque grand champ disciplinaire (cf. §VI).

Une longue expérience prouve que les interactions ne sont fortes et durables que si chaque collège possède une identité bien définie, connue et respectée par les autres, à l'opposé de toute tentation d'uniformisation. La première tâche du Groupe de travail a donc consisté à définir cette identité (le plus souvent largement ignorée par les autres « Facultés »).

Construire des Collegiums d'ingénierie selon ce principe préfigure ainsi une démarche qui devrait être adoptée par les autres communautés universitaires, afin de construire l'université de demain

II- LE COLLEGIUM ET LES AUTRES STRUCTURES DE REGROUPEMENT

Donc il faut se regrouper. La solution ici étudiée consiste à regrouper les écoles (et autres entités) d'un même site (voire d'un même territoire) dans un Collegium d'ingénierie. Est-ce nécessaire sachant qu'il existe deux autres formes de « réseaux » : le réseau national de marque, et le PRES au plan local ? Et si le Collegium apparaît souhaitable, comment s'articule-t-il avec ces autres réseaux ?

A - Au niveau du site, la structure à 3 niveaux :

Il est raisonnable de bâtir l'université de demain en s'inspirant de l'architecture à trois niveaux adoptée par la plupart des universités étrangères (cf. §VI A).

Premier niveau, celui des structures de base : départements de formation et de recherches, UFR, Ecoles,...) où s'effectue le travail quotidien de formation et de recherche. Déjà à ce niveau, il est indispensable, en tout cas en ingénierie, que les politiques de recherche et de formation soient étroitement liées. Les entités de ce niveau doivent donc conserver (ou reprendre) un rôle structurant.

Deuxième niveau, celui des Collegiums : sous des noms divers (Faculty, College, School...) un Collegium regroupe celles des entités précédentes qui appartiennent au même champ disciplinaire et qui partagent un même modèle d'évaluation. Leur organisation doit être très souple. La répartition des tâches entre les trois niveaux doit normalement alléger plutôt que compliquer la gestion de l'ensemble.

Les sept Collegiums les plus répandus à l'étranger sont : Lettres et SHS, Sciences, Ingénierie, « business », Education, Santé, Droit auxquels s'ajoutent parfois des Collegium plus spécialisés et de petite taille. Leur statut administratif dépend de la structure universitaire locale.

Troisième niveau : celui de la présidence (de la structure universitaire, par exemple du PRES), dont la fonction principale et absolument essentielle consiste à introduire cohérence, interactions, passerelles entre les Collegiums, à gérer des programmes transversaux tels que les Ecoles doctorales, tout en assurant plus efficacement les fonctions générales de gestion et de communication

Il est clair que les structures universitaires françaises d'avant les réformes étaient assez éloignées de ce schéma à trois niveaux. L'avènement du PRES le rend maintenant possible²⁷. La relation entre le Collegium et le PRES s'inscrit fort bien en tout cas dans ce schéma. Ce schéma peut d'ailleurs aussi être adopté par certaines grandes universités déjà pluridisciplinaires

B - Au niveau national : les réseaux de marque

Au niveau national la plupart des écoles appartiennent à des réseaux « de marque » dont les activités sont très diverses ; certains de ces réseaux facilitent les échanges entre des écoles appartenant aux mêmes champs thématiques ; d'autres sont des familles qui ont construit progressivement de véritables marques pour développer leur notoriété, notamment à l'étranger ; d'autres enfin sont des Ecoles multisites avec une seule personne morale. Citons les principales :

- Groupe ENSAM

- Institut Télécom (anciennement Groupe des écoles de télécommunications): un établissement groupant des écoles d'ingénieur et de management et structuré en un organisme de recherche unique, labellisé Carnot, centré sur un thème et très impliqué dans la recherche à long terme

- Réseau des écoles Centrales : très actif pour les relations internationales (programme Time)

- Réseau des écoles des Mines (GEM): réunies dans le « Carnot Mines » ; tradition de coopération avec les PME.

- Réseau des INSA

- Réseau des instituts nationaux polytechniques : préparation intégrée commune (cycle préparatoire polytechnique)

- Réseau des Polytechs

- Réseau des ENI,

- Réseau des Ecoles de chimie (Fédération Gay Lussac)

- Réseau des Ecoles du ministère de l'agriculture

- Réseau des écoles privées d'ingénieurs (FESIC, l'UGEI, FESIA)

En général les écoles d'un même réseau possèdent un concours de recrutement commun

L'articulation entre le Collegium de site et ces réseaux de marque devra se décider au cas par cas, mais il semble a priori qu'elle devrait être positive

²⁷ ce schéma peu d'ailleurs déjà être adopté par certaines grandes universités pluridisciplinaires

III - ARCHITECTURE DU COLLEGIUM

Lorsque le schéma à trois niveaux sera généralisé, la place du Collegium sera claire (et d'ailleurs indispensable). Mais c'est encore loin d'être le cas. Si l'on veut éviter que le Collegium ne soit qu'une structure de plus qui génère plus de conflits qu'elle n'apporte d'avantages, il convient d'aller quelque peu dans le détail sur les responsabilités qui peuvent lui être déléguées.

A - Délégations. Subsidiarités (cas de l'Ingénierie)

Les diverses fonctions que devra remplir le collège sont déjà, au moins en majorité, assurées par telle ou telle des structures actuelles. Certes la création du Collegium repose sur l'espoir qu'elles seront mieux remplies par celui-ci : encore faut-il que ces fonctions lui aient été clairement déléguées. Par qui ?

a - En Ingénierie les établissements ont une gouvernance forte (cf. Chapitre sur l'identité). En conséquence ils sont généralement dotés d'une large autonomie vis à vis de leurs tutelles ; la plupart des responsabilités attribuées au Collegium résulteront donc d'une délégation de la part des Ecoles. Il s'agira donc d'une subsidiarité *Bottom Up* (principe d'une confédération). Le cas des UFR est plus complexes et devra être traité au cas par cas

b - Mais chaque établissement a une tutelle ; celle-ci garde donc des responsabilités. Certaines pourraient être déléguées par convention au Collegium (cf. plus bas le « Pacte de tutelles »). Cette subsidiarité *Top-Down* concernerait soit directement la tutelle (et par exemple une Université dans le cas des Ecoles internes article 33), soit le PRES lorsque celui-ci confiera (soustraira) au Collegium des tâches qui lui ont été déjà déléguées.

c - En règle générale l'attribution de moyens (par les tutelles) aux membres du collegium et la répartition de ces moyens ne feront pas partie des responsabilités du collegium .

B - Organisation

D'un site à l'autre les situations sont très variables ; il serait donc illusoire et d'ailleurs dommageable de préconiser une solution unique. Bien au contraire il faut souhaiter que naisse sur le terrain une certaine diversité d'organisations.

Cependant, ne serait-ce que pour identifier les difficultés, quelques solutions type vont être décrites

B1 - Solution de base :

Le Collegium est une confédération « bottom up », créée à l'initiative des écoles (chacune bien entendu avec l'accord de sa propre tutelle)

L'organisation peut reposer sur 2 instances :

- Le Conseil du Collegium (ou Conseil de surveillance), essentiellement externe, fonctionnant comme un Conseil d'Orient Stratégique.
- le Directoire, interne, présidé par un Doyen à pouvoir important

La composition de ces deux comités variera en fonction du nombre des membres du collège et de l'implication des tutelles. Cependant d'un site à l'autre on peut suggérer quelques traits communs :

- Le noyau du conseil des collèges serait constitué des présidents des conseils des écoles (et de leur équivalent pour les UFR) qui sont très généralement des personnalités extérieures. Y siègeraient aussi des représentants du personnel et les parties prenantes (stakeholders), y compris les éventuels représentants des tutelles.
- Le directoire serait normalement constitué des directeurs de composantes du collegium. Il serait présidé par un doyen doté d'un réel pouvoir (voir § C). Le doyen est élu par le directoire, pas nécessairement en son sein. Le doyen nomme un directeur des études et un directeur de la recherche.

Sont membres du Collegium les écoles ayant signé la charte. Cependant l'admission n'est acceptée (et maintenue) qu'après un vote à la majorité des trois quarts du Collège des directeurs.

Solution bis : Les collegiums incluent aussi des UFR d'ingénierie. C'est bien ce qu'implique tout le reste du rapport qui tend à regrouper les forces de l'ingénierie. En fait il y aura certainement des cas où l'initiative de regroupement en collegiums d'ingénierie partira des UFR, et où elles y seront majoritaires.

Mais ceci pose des problèmes de relations avec les Universités dont font partie ces UFR et qu doivent y trouver un avantage (cf. § VI B). Les solutions devront être trouvées au cas par cas

Deux remarques :

- il s'agit d'UFR d'ingénierie ; or elles ne sont actuellement pas toujours distinctes des UFR de sciences
- les membres du collegium sont des entités (écoles, UFR) et pas des individus. Si un enseignant chercheur ou un chercheur désire travailler dans le cadre du collegium, il devra se faire affecter à l'une des entités qui le composent.²⁸

B2 - Position des tutelles

Dans la majorité des cas les écoles et les UFR qui constitueront le Collegium relèvent de tutelles variées : un INP ou l'une des universités locales pour les écoles internes, la DGES en direct pour les autres écoles de l'éducation nationale, tel ou tel organe d'un ministère technique, une CCI ou autres organismes privés ((associations, fondation...).

Il y a évidemment de bonnes raisons (importance du budget qu'elles y investissent, occasion de participer ensemble à une opération pluridisciplinaire de haut niveau) pour que ces tutelles s'impliquent dans la construction et le fonctionnement d'un Collegium²⁹.

²⁸ L'adhésion au Collegium d'une Ecole ou d'une UFR n'entraîne aucun transfert de personnel (sauf éventuellement sur la base du volontariat)

²⁹ Cependant la tendance est à la décentralisation des responsabilités et les écoles, en tout cas, se sont déjà vu attribuer une grande autonomie de gestion, permettant une gouvernance forte (elle-même confortée par un conseil d'administration (ou assimilé) que souvent la tutelle ne préside même pas)

À degré d'implication croissant on peut par exemple prévoir trois approches :

1 - Les tutelles se contentent d'autoriser les écoles, ou les UFR, à rentrer dans un Collegium

2 - Les tutelles souhaitent être informées des activités du Collegium et donner un avis. Elles deviennent alors membres du Conseil de surveillance

3 - Les tutelles souhaitent une forte implication. Elles peuvent alors passer entre elles un pacte de tutelles. Le Conseil tend à devenir un Conseil d'administration

C – Possibilités de statut pour le Collegium

Remarque préalable : Au moment de la création l'essentiel réside dans la qualité du projet et la constitution du collegium ne devrait pas buter sur des problèmes de statut. A terme, cependant, un statut est nécessaire.

Voici quelques solutions évoquées :

- Le Collegium peut-être une organisation intégratrice (fédération) telle qu'un EPSCP ou un grand établissement. La subsidiarité est alors *top down*.

- Le Collegium sera plus fréquemment une organisation délégataire (confédération) caractérisée par une subsidiarité bottom up ; le statut peut alors être un GIP (personne n'en veut), une association 1901 ; le statut d' EPCS serait parfaitement adapté à la nature même du Collegium.

- Autre solution : lors de la constitution du PRES il est prévu qu'il possède des appendices susceptibles d'accueillir des Collegiums, préfigurant une Université structurée en Collegiums

- Solution analogue : une grande université pluridisciplinaire (voir plus bas) décide de s'organiser en collegiums ; celui-ci est alors un échelon de coordination auquel le président délègue des pouvoirs. À noter que plus un président a de pouvoirs, plus il est enclin à les déléguer

IV – COMPOSITION DU COLLEGIUM

A - Périmètre ; Charte

Si le Collegium regroupait des établissements et des entités de statut identique, la question de son périmètre ne se poserait pas : y rentreraient tous les départements d'enseignement et de recherche du domaine de l'ingénierie.

En France le problème est plus compliqué car les membres du futur Collegium ont des statuts, des tutelles et des structures variées. Le Collegium se constitue donc « bottom un » par adhésion mais aussi par sélection.

En ce qui concerne l'adhésion la notion de charte³⁰ est essentielle : elle décrit ce que sont les missions, les méthodes, les critères d'évaluation que les futurs membres reconnaissent comme le

³⁰ Des exemples de chartes ont été élaborés, mais ils ne figurent pas dans ce rapport, par souci de ne pas donner à celui-ci un caractère normatif

fondement de leur identité. Cette charte décrit aussi ce qu'est la gouvernance et, en conséquence, quelles sont les règles du jeu qu'il s'agira de respecter, quels seront les contrôles d'évaluation auxquels il faudra se soumettre..

Le périmètre du Collegium est donc défini, en premier lieu, à travers l'adhésion à la charte, par l'identité des membres. Cette identité se décline sur les méthodes de recherche et de formation, sur le champ disciplinaire, sur le profil des diplômés, en bref sur le métier de l'ingénierie.

L'autre élément de définition du périmètre est le site, voire le territoire (dans la mesure où tel ou tel établissement isolé mais proche du site pourrait, à sa demande, être associé aux Collegium).

B – Admission dans le Collegium

Le Collegium a une responsabilité collective sur la qualité de ses membres. Il en va de sa réputation internationale, de son pouvoir d'attraction et de sa contribution au prestige régional. Mais le problème se posera aussi pour l'éventuelle insertion dans un PRES. Les premiers d'entre eux ont admis des Ecoles, une par une, et selon les critères des ses fondateurs académiques. La proposition est ici que le Collegium rentre en bloc, ce qui signifie qu'il aura lui-même opéré une sélection (selon les critères de la charte)..

Il faudra probablement prévoir un statut de membre associé pour les écoles qui n'ont pas encore le niveau requis du point de vue de la recherche, ou encore les UFR dont les méthodes de formation ont se sont trop éloignées de celles de l'ingénierie. On définira donc des « critères de convergence » pour les aider à prendre progressivement leur place dans le Collegium

C - « Collegium d'ingénierie » et « Engineering College »

L'analogie entre les termes de Collegium et de « College » ne signifie nullement une imitation du système anglo-saxon. La différence principale tient à la structuration en écoles (et autres entités telles que les UFR) préférée à celle de départements : en effet elle préserve un style de gouvernance dont on a dit (notamment au premier chapitre, § IV) qu'il est optimal pour stimuler et gérer la recherche, la formation, l'innovation et le transfert en ingénierie, ainsi que pour maintenir une symbiose entre ces quatre missions. Il serait d'ailleurs souhaitable que les UFR du collegium adoptent la même organisation.

Tout en maintenant cette différence essentielle, il ne sera pas interdit, bien au contraire, d'encourager le rapprochement des enseignants chercheurs de la même discipline dans des réseaux, tant du point de vue de la recherche (c'est souvent déjà le cas grâce aux laboratoires communs) que du point de vue de la formation (échange de professeurs, passerelles pour les étudiants,...)

Ces différences assez notables entre « Engineering Colleges » et Collegiums devront être prises en compte dans les « Ranking ». Ceux-ci sont devenus rapidement une véritable institution, malheureusement à partir de critères qui ne sont pas complètement les nôtres. Il est vital d'y remédier.

V - FONCTIONNEMENT DU COLLEGIUM

Les Collegiums ne prendront une place majeure dans le fonctionnement de l'université (au sens large) que si leur valeur ajoutée se révèle forte. Ils devront donc se construire sur des projets d'une incontestable utilité en augmentant d'emblée et sur le long terme, l'efficacité, la qualité et le prestige de chacun de ses membres.

Deux types de projets peuvent être envisagés, et sont déjà d'ailleurs mis en pratique dans les Collegiums existants : les projets « mutualisés » et les actions de stratégie et de recherche

A - Actions mutualisées déléguées par les établissements :

De manière générale seront mutualisées au niveau du collegium les activités demandant une masse critique, donc mal (ou pas) exécutées au niveau d'établissements qui sont normalement de petite taille.

Il s'agira en général d'une subsidiarité *bottom up*. Cependant certaines de ces actions auront pu déjà être déléguées au PRES qui trouverait efficace de les sous traiter au Collegium.

Relations internationales

- Accords
- Accueil d'étudiants et enseignants étrangers
- Préparation des étudiants à un séjour à l'étranger

Relations avec les collectivités

- Représentation ; projets collectifs

Relations avec les entreprises

- Analyse de la demande locale et nationale
- Rôle d'assembleur interdisciplinaire
- Organisation de stages de longue durée
- Pôles de compétitivité

Communication :

- Forums, salons, plaquettes, catalogue (et notamment catalogue de la « Graduate School » en Ingénierie)....

Formation

- Ingénierie pédagogique
- Echange de bonnes pratiques sur la formation.
- Dynamique de groupe. Image de marque du site
- Construction en commun du bagage généraliste
- Modules de disciplines transversales
- Echange d'enseignants en disciplines d'ouverture
- Projets d'étudiant inter écoles
- Création et organisation de nouveaux cursus (Ingénierie de formation)
- Passerelles
- Formation des enseignants aux NTE
- Evaluation des enseignements
- Actions de promotion des écoles du Collegium dans les lycées. Action de promotion sociale

Recherche

Elaboration et mise en oeuvre de la stratégie recherche du Collegium

Volet ingénierie du quadriennal

Inventaire des compétences (cartographie disciplinaire) et organisation de l'interdisciplinaire

Coopération documentaire. Veille technologique et scientifique

Commission mixte industriels/académiques pour l'évaluation de la recherche partenariale

Mutualisation de plates-formes technologiques pour R & D

Présentation de projets collectifs aux Agences de moyens

Lancement de projets interdisciplinaires en rassemblant personnel et moyens de divers laboratoires.

Formation continue des ingénieurs

B – Fonctions de stratégie et de contrôle

B1 - Stratégie

Du double point de vue de la recherche et de la formation, l'organisation demande une prévision à moyen et long terme, peut-être plus encore que dans d'autres champs disciplinaires.

Tout d'abord la formation des cadres des entreprises demande une forte réactivité. Le Collegium devra pratiquer une véritable « ingénierie de formation » en observant tous les signaux de nouveaux besoins, qu'ils proviennent de la recherche partenariale ou de la formation continue. Ceci concerne notamment la création de cursus d'interfaces inter écoles, tirant profit de la pluridisciplinarité du Collegium

En recherche il faut anticiper, en analysant tant l'évolution des technologies que les tendances de l'économie et de la société. Ceci implique une analyse de la demande qui fait partie des fonctions importantes des laboratoires d'ingénierie. C'est une tâche lourde, exigeant une compétence pluridisciplinaire, une forte présence dans la communauté internationale, des relations nombreuses avec le milieu des entreprises de toutes tailles : rares sont les écoles ou les UFR qui ont le volume nécessaire. La participation à des réseaux thématiques (cas de l'Institut Télécom) est un élément de réponse. La constitution d'une cellule stratégique au sein du Collegium apportera une solution complémentaire.

La définition de cette stratégie pourrait notamment s'avérer utile en deux circonstances, la négociation quadriennale avec les Pouvoirs Publics et le recrutement sur certains postes :

Quadriennal

Les relations entre les tutelles et les universités (ou autres établissements) ont été profondément marquées par la mise en place d'une négociation quadriennale qui place l'attribution des ressources dans le cadre d'une politique définie en commun.

La négociation quadriennale constitue l'occasion périodique de redéfinir la stratégie de l'entité concernée. Elle sera donc d'autant plus utile que la discussion sera plus approfondie tant sur le fond que sur l'optimisation des ressources.

De ce point de vue le Collegium devrait représenter pour les tutelles un interlocuteur privilégié : c'est en effet à ce niveau qu'il est le plus facile de définir une stratégie concrète. Le Collegium est suffisamment homogène pour que des projets collectifs puissent y être lancés, suffisamment diversifié dans ses compétences pour y établir une véritable interdisciplinarité, de la taille qu'il faut pour définir une ligne d'action cohérente, ni trop petite (ce qu'est en général une école), ni trop vaste³¹.

Recrutement

Le recrutement des professeurs et chercheurs est probablement la fonction stratégique la plus importante. Le Collegium pourrait apporter une aide précieuse aux actions de recrutement, en intervenant dans le processus de recherche des candidats (mise en place de « Search Committees »)

B2 - Contrôle :

Les négociations quadriennales et les évaluations périodiques de tout niveau apportent un regard externe sur la bonne marche des établissements et des laboratoires. Mais il est tout aussi important que fonctionnent des instances d'évaluation internes. Le Collegium devra les créer, sachant qu'il a, pour ce faire, des avantages d'une part de taille, et d'autre part de proximité.

C'est ainsi que chacun des laboratoires qui dépend du Collegium (c'est-à-dire dont au moins 20 % des enseignants chercheurs sont attachés aux membres du Collegium) devrait venir une fois par an devant le directoire pour y présenter ses activités. Il serait vérifié à cette occasion que les critères de qualité (et les indicateurs correspondants) sont bien satisfaits et que l'action du laboratoire tient compte de la stratégie générale du Collegium

De même le Collegium devrait veiller à la cohérence et à l'évolution dynamique de l'offre de formation. A cet effet il pourrait publier le catalogue de cette offre (sur le modèle des catalogues de Graduate School des Universités étrangères) ; il encouragerait la création de nouveaux cursus pluridisciplinaires et donnerait son avis sur les projets présentés par les établissements.

³¹ Reste à voir comment la stratégie et les moyens ainsi établis pourront s'intégrer dans les contrats quadriennaux signés avec les divers établissements actionnaires du Collegium. Le cas le plus favorable serait celui d'un PRES qui englobe ces divers établissements

C- Gouvernance du Collegium. Rôle du Doyen (et du Directoire)

Le principe de cette gouvernance a été énoncé : le Collegium agit par délégation de ses membres. Il prend en charge des actions mutualisées, et notamment la stratégie. Il n'intervient auprès des établissements que selon des modalités précisées dans une charte.

Ceci dit, ces tâches telles qu'elles viennent d'être décrites dans ce chapitre, sont multiples et relativement lourdes :

- tout d'abord la gestion des actions mutualisées : la valeur ajoutée dépendra de la qualité de l'organisation mise en place et du degré de coopération des établissements.
- d'autre part les fonctions de stratégie et de contrôle : elles seront utiles et appréciées dans la mesure où les établissements se choisiront un doyen et un directoire composé des collègues les plus compétents.

Ceci (rien d'original) implique le couplage d'une organisation bien structurée avec une grande confiance assortie d'une transparence- communication reconnue par tous.

Mais l'essentiel est que le Doyen soit doté d'un réel pouvoir dans la sphère des compétences qui lui sont déléguées. C'est d'ailleurs une difficulté de principe : le collegium est une confédération, une structure délégataire donc en quelque sorte une filiale. Et pourtant on désire que son directeur, le doyen, ait une réelle autorité sur les composantes³². Ce n'est pas habituel mais c'est une question de volonté politique

En fait on peut espérer qu'une telle gouvernance, bon compromis de délégation et de forte subsidiarité, sera très généralement acceptée dans le milieu de l'ingénierie. En effet

- Une forte gouvernance fait partie de l'identité de l'ingénierie, chacun étant habitué à une certaine discipline collective.
- Les établissements du Collegium, travaillant dans un contexte de forte concurrence, savent qu'ils ont tout intérêt à s'appuyer sur un directoire dont le souci permanent consiste à tirer vers le haut le niveau de qualité ainsi que la réputation du Collegium tant au niveau national qu'international.

VI - PLACE DES COLLEGIUMS AU SEIN D'UNE STRUCTURE UNIVERSITAIRE

Le rassemblement des entités d'ingénierie (écoles...) dans un Collegium d'ingénierie a ses propres vertus. Il n'est donc pas indispensable qu'il s'insère dans une structure universitaire. C'est cependant sa vocation de devenir à terme une composante essentielle au sein d'une Université (au sens large) qui rassemble filières professionnalisantes et filières académiques.

Pour couvrir la palette de solutions possibles, il est commode et raisonnable d'envisager d'une part une solution cible visée à horizon plus ou moins proche et d'autre part des solutions transitoires.

³² Les mêmes difficultés existent pour les PRES

A – Première solution cible :l'insertion du Collegium dans un PRES ou dans une Université pluridisciplinaires

De nombreux arguments plaident pour « l'Université complète », une institution pluridisciplinaire et complète regroupant l'ensemble des filières de formation tout en reconnaissant leurs différences. On peut évidemment concevoir de nombreuses manières de la structurer. On devra seulement éviter la tentation actuelle d'opérer des regroupements -dits thématiques- par discipline de recherche, concevables dans les filières académiques mais incompatibles avec les filières professionnalisantes, toujours pluridisciplinaires, où les exigences en termes de formation et de recherche s'expriment plutôt en termes de méthodes. En fait les structures stables sont celles qui regroupent des filières partageant les mêmes critères d'évaluation (on dit aussi le même paradigme).

Que suggère la comparaison internationale ?

Le tableau qui suit indique la structuration de quelques universités étrangères.

		<u>Ingénierie</u>	<u>Sciences</u>	<u>SHS - Humanités</u>	<u>Médecine</u>	<u>Management Economie</u>	<u>Architecture</u>
All	Aachen	4 Facultés	Fac	Fac		Fac	Fac
UK	Cambridge	Fac	Fac	Fac	Fac	F	
NL	Delft TU	7 Facultés					Fac
Suisse	ETH Zurich	7 Départements.	6 Départements.	1 Département.		1 Département.	1 Département.
UK	Imperial College	Fac	Fac		Fac	School	
All	Karlsruhe	5 Départements	3 Départements.	1 Département.		1 Département.	1 Département.
US	MIT	School	School	School	School	School	School
US	Stanford	School	School	School	School	School	
China	Tsinghua	School	School	School		School	School
US	Wisconsin	School	School	School	School	School	School
Remarque : les collèges d'Agriculture ont été, comme en France, compris dans la colonne "Ingénierie"							

La quasi totalité de ces universités sont pluridisciplinaires et se structurent en une demi-douzaine de Collegiums (Facultés, School).

Certaines de ces universités sont quelquefois qualifiées "d'Universités technologiques" (Zurich, MIT, Tsinghua,...). Comme le montre ce tableau ceci ne signifie nullement qu'elles ne contiennent que des départements d'ingénierie ; en fait elles sont tout autant pluridisciplinaires

et, si elles diffèrent des autres c'est par une proportion plus élevée de ces départements (qui ne dépassent cependant jamais 40 % du total des effectifs) et surtout par leur excellence.

Le mode de regroupement suggéré dans ce rapport s'inspire de ce modèle prédominant, à savoir une structuration en une demi-douzaine de Collegiums, l'un d'entre eux étant le Collegium d'ingénierie³³.

La logique de cette restructuration est le mode de gestion à trois niveaux décrit au § II A: le « niveau trois » est celui des unités de base (écoles, UFR...) Le « niveau Un » est celui de la présidence. Il coordonne les Collegiums du « niveau deux », lesquels coordonnent les entités du niveau trois

Une politique active d'interdisciplinarité, de mise en cohérence de la multitude des spécialités de formation et de recherche semble en tout cas imposer cette structure à trois niveaux

B - L'autre modèle : l'université purement technologique

Il existe aussi des Universités de très bonne réputation qui n'enseignent que l'ingénierie. C'est le cas de TU Delft aux Pays-Bas, de BaumanTU à Moscou et en France des Universités de technologie de Compiègne, Troyes et Belfort. Dans ce modèle le Collegium d'Ingénierie constitue la totalité de l'université. En fait les Universités technologiques mentionnées plus haut sont parties de ce modèle puis se sont progressivement élargies aux autres Facultés.

C - Les solutions transitoires :

Pour aller des structures actuelles à « l'Université de demain », divers chemins sont à prévoir car les points de départ sont très variés : il faudra donc le plus souvent passer par des solutions transitoires qui seront également très diversifiées. On peut décrire deux solutions opposées :

1 - Un premier cas est celui où il n'y a pas de structure apte à remplir le rôle du niveau 1 : pas de PRES ou pas de PRES à un niveau de maturité nécessitant une diversification des filières et qui puisse être moteur dans la création de collegiums.

Le Collegium peut alors se bâtir « bottom up », et exercer la très grande majorité des fonctions décrites dans ce chapitre sans que soient établis, en tout cas officiellement, des liens institutionnels avec les structures existantes. Ces liens ne sont pas en effet vraiment nécessaires, dans la mesure où les établissements qui se rassemblent disposent déjà d'une large autonomie de capacités de décision et donc de délégation. Il est cependant assez clair que cette structure complètement autonome n'a pas vocation à être pérenne.

2 - Dans le cas opposé le PRES, (déjà créé ou à créer), ou une Université indépendante, ne sont pas structurés en Collegiums mais ils réalisent que la création d'un Collegium d'ingénierie

³³ Un document de l'OCDE fournit le pourcentage des diplômés issus de chacun de ces collegiums ; dans la liste qui suit les deux chiffres correspondent à la moyenne de l'OCDE, puis à la France. Humanités (13,16), SS (12,12), Sciences (6,12), Ingénierie (15,15), Business (20, 18), Education (112,9) Santé (9,8), Droit et autres professionnalisants (12,11)

présente pour eux d'importants avantages. Ils sont alors prêts à négocier les conditions de son insertion, variables évidemment selon la composition du Collegium. Il s'agit d'établir une approche gagnant /gagnant.

Quels sont les gains possibles pour le PRES et pour les Universités :

1 - En ce qui concerne un PRES ou une université pluridisciplinaire indépendante, les gains sont nombreux et assez évidents ; ce n'est pas ici le lieu de les énumérer. Mais ils se rattachent à quelques mots clés : visibilité, attractivité, capacités stratégiques et de renouvellement.

2 - En ce qui concerne les universités membres d'un PRES, elles devraient trouver dans la délégation à un Collegium le type d'avantage qu'elles trouvent dans la délégation au PRES, à savoir, par un raccourci peut-être exagéré, qu'il y a tout avantage à devenir copropriétaire d'un système plus complet, plus visible, plus prestigieux, plus attractif que la part dont on est propriétaire.

En particulier la gamme plus complète de compétences qu'offre le Collegium permet à chacun de se concentrer sur ses points forts sans crainte de laisser des trous dans son offre de formation et ses capacités de recherche

Dans tous les cas une certaine perte de pouvoir est compensée par de meilleurs rapports à l'environnement, à la productivité et au temps

Une conclusion ressort de ces considérations sur les collegiums. L'avenir d'une université dépendra beaucoup de sa structure organisationnelle. Et pourtant la tradition française tend à parcellisation, chaque entité revendiquant le maximum d'autonomie. C'est trahir le sens même du mot Université celle-ci tirant sa force de son universalité ainsi que d'une forte synergie entre des composantes très différentes par nature. Une Université ne fonctionnera vraiment que si chacun considère que son propre avenir dépend largement du succès de l'ensemble auquel il appartient. Ceci exige une organisation forte, souple, mais avec une définition précise et pleinement acceptée de la subsidiarité, donc des délégations.

La structure à trois niveaux décrite au paragraphe précédent a, de ce point de vue, de grands mérites (ce qui explique d'ailleurs sa généralisation). La base dispose d'un large degré d'initiative, mais elle adhère aux recommandations des dirigeants du collegium, d'autant plus acceptables qu'elles s'appliquent à un ensemble d'entités obéissant aux mêmes règles (d'évaluation). Et l'ensemble de ces collegiums agissent dans le cadre d'une stratégie et de régulations définies en commun sous l'égide d'un président fort ; en insistant sur ce constat qu'un pouvoir s'exerçant directement sur 30 à 50 entités de base est tout à fait illusoire.

Au-delà des clivages institutionnels ou statutaires, tous les universitaires devraient reconnaître l'intérêt voire la nécessité d'une telle organisation à définir site par site. Les écoles savent que leur succès repose sur une gouvernance forte. Elles hésiteraient certainement à s'insérer dans une organisation floue, instable, qui ne garantirait pas les conditions de travail qui sont à l'origine de leur réussite et de leur réputation.

COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

Robert CHABBAL	Président, Ancien Directeur Général du CNRS
Hervé BICHAT	Ancien Directeur général de l'enseignement supérieur et de la recherche au ministère de l'agriculture
Marc CAFFET	Conseil général des Mines, CoPrésident du groupe formation recherche CGM - CGTI
Gilbert CASAMATTA	Président de l'INP Toulouse
Laurent CARRARO	Ancien Directeur des études de l'école des Mines de Saint-Étienne
Stéphane CASSEREAU	Directeur de l'école des Mines de Nantes
Richard CASTANET	Directeur de l'ENSEIRB, Bordeaux
André CHOMETTE	Directeur de Télécom Bretagne
Thierry COULHON	Premier Vice-Président de la CPU, Président de l'Université de Cergy-Pontoise
Philippe COURTIER	Directeur de l'école nationale des ponts et chaussées
Étienne CRAYE	Directeur de l'école centrale de Lille
Bernard DUBUISSON	Conseiller scientifique du DGA, ancien Directeur de la recherche de l'UT de Compiègne
Jean-Claude DURIEZ	Directeur de l'école des Mines de Douai, responsable de la commission territoire de la CDEFI
Alain FUCHS	Directeur de l'école nationale supérieure de chimie de Paris (ENSCP)
Paul JACQUET	Président de la CDEFI, Président de l'institut polytechnique de Grenoble
Francis JUTAND	Directeur scientifique de Institut Télécom, ancien Directeur scientifique des STIC du CNRS
Étienne LANDAIS	Directeur de SUPAGRO, Montpellier
Michel LARTAIL	CGTI, Co-Président du groupe formation recherche CGM -CGTI, ancien Directeur de l'INTelecom Evry
Benoît LEGAIT	Directeur de l'école des Mines de Paris
Christian LERMINIAUX	Deuxième Vice Président de la CDEFI, Président de l'Université de Technologie de Troyes
Yves LICHTENBERGER	Président du PRES Paris-Est, professeur à l'Université de Marne-la-Vallée
Michel MUDRY	Délégué général de la CDEFI, ancien Président de l'Université d'Orléans
Gérard NOYEL	Premier Vice-Président de la CDEFI, Directeur de l'ISTASE de St Etienne
Gérard PIGNAULT	Directeur de l'ESCE de Lyon
Bernard REMAUD	Président de la commission du titre de l'ingénieur(CTI)
Victor SANCHEZ	Ancien Directeur scientifique des SPI du CNRS
Michel SCHMITT	Directeur de la recherche de l'école des Mines de Paris
Alain STORCK	Président de l'INSA de Lyon
Cyrille VAN EFFENTERRE	Président de PARISTECH