

# La formation des ingénieurs aujourd'hui: continuités, comparaisons, mutations

## Entrée en matière

---

### Un exposé difficile à mettre en phase avec des attentes multiples

Il m'a été demandé de vous présenter ce soir ce que sont aujourd'hui les solutions retenues pour former des ingénieurs, en replaçant celles-ci dans la continuité de leur évolution historique et dans la perspective des mutations à venir.

Je suis très honoré par la confiance qui m'est faite, pour intervenir dans ce cycle de conférences, sur un sujet qui me touche très directement.

Dirigeant actuellement un centre d'expertise et de veille sur les formations<sup>1</sup> d'ingénieurs, ayant exercé à deux moments de ma carrière, des responsabilités dans des équipes de direction de deux Grandes Ecoles d'ingénieur<sup>2</sup>, j'ai a priori des atouts pour remplir la mission qui m'a été confiée.

J'ai pourtant ressenti immédiatement une double difficulté :

- Celle d'avoir à satisfaire en parallèle de multiples attentes, et à choisir le "bon" registre, ni trop descriptif, ni trop général, en sachant qu'il existe autour des formations d'ingénieurs de nombreux présupposés, autour desquels il faut nécessairement argumenter:
  - La vision d'une dualité irréductible entre formations d'ingénieurs - identifiées un peu rapidement aux Grandes écoles - et universités, dont je montrerai plus loin qu'elle est aujourd'hui assez éloignée des réalités,
  - L'idée d'une spécificité totale des pratiques françaises par rapport à l'étranger ne semblant laisser le choix qu'entre un isolement fatal ou une soumission imposée à des solutions contraires à nos traditions,
- Celle ensuite d'avoir à introduire une dimension normative, et à me référer au moins implicitement, à l'idée d'une "bonne" formation, sans être totalement clair pour autant sur ce qu'est un "ingénieur", et a fortiori un "bon ingénieur", et sans disposer d'un rapport clair entre la population des ingénieurs disponibles ("the engineering workforce") et la vitalité d'une économie nationale.

Finalisées par nature, les formations d'ingénieurs peuvent pourtant difficilement échapper à une interpellation sur le rapport entre réussite collective et caractéristiques des formations. Si dans tous les pays, la France n'est pas sur ce plan une exception, la tentation est d'entrer dans un schéma linéaire descendant, faisant des formations le gage d'une qualité des ingénieurs et de performances élevées des entreprises, l'analyse de l'équation de développement de différents pays, montre que l'on n'échappe pas à une vision plus systémique, d'où l'intérêt d'examiner avec attention la

---

<sup>1</sup> Le CEFI, qui couvre sur un plan national et international les sujets de formation et d'emploi

<sup>2</sup> Ecole des Mines de Nancy et Ecole polytechnique

dynamique inverse, qui fait d'un industrie en bonne santé, et d'ingénieurs contents de leur sort, le gage d'un système éducatif bien en phase avec les attentes de son environnement.

### Une démarche visant à la compréhension fine du dispositif

Dans ces conditions, mon souci en bâtissant cet exposé a été, moins d'adopter une pédagogie de la découverte, assortie d'informations significatives (vous en trouverez cette information de base sur de nombreux sites, dont d'ailleurs celui de l'organisme que je dirige [www.cefi.org](http://www.cefi.org)) que de proposer des clés de lecture susceptibles de dégager autant qu'il est possible, dans un exercice en forme de "déconstruction critique", une **vision plus mesurée et plus objective** de la réalité.

Le titre de mon intervention va me conduire de fait à tenir successivement deux discours de tonalités différentes :

- Le premier de nature essentiellement explicative, visant à interpréter les particularités de nos solutions, assez largement à partir d'une observation du passé (continuité et comparaisons),
- Le second de nature plus prospective, s'inscrivant dans la dynamique du dispositif, qui sera porteur d'éléments de diagnostic et de propositions en direction de toutes les parties prenantes (mutations).

Mieux comprendre le dispositif français de formation dans ses **continuités**

### Une empreinte étonnante de l'histoire

Il m'est souvent arrivé d'avoir à présenter le système français à des étrangers, et cette expérience m'a convaincu que les réalités de notre appareil de formation des ingénieurs, que ce soit au niveau de traits spécifiques ou de sa complexité d'ensemble, restaient proprement inintelligibles, si l'on ne revenait pas sur sa construction historique.

### 5 grandes périodes de développement de 1747 à nos jours

On peut, pour en rester aux grandes lignes, distinguer cinq grandes périodes dans le développement des formations d'ingénieurs en France, la plus récente marquée par l'arrivée des formations dites internes aux universités, sans parler des masters en sciences de l'ingénieur, qu'il serait déplacé d'oublier. Ce découpage prend d'autant plus de sens que l'on est fondé à parler d'une construction du dispositif actuel par sédimentation, chaque couche de création venant s'ajouter aux couches précédentes, avec un minimum de tectonique...

1) Durant une première période, qui part de la création en 1747 de l'Ecole des Ponts et Chaussées jusqu'au développement au milieu du 19ème siècle de l'Ecole Centrale, l'ingénieur est vu en France essentiellement comme un homme, appelé par sa compétence à servir le pouvoir d'Etat et ses ambitions, en particulier militaires. On n'ira pas plus loin, sur ce registre, qu'au niveau d'une **demie douzaine d'écoles**

On comprend que dans ce contexte que Napoléon ait très vite militarisé l'école polytechnique (bien que sa motivation ait été aussi mettre au pas une institution

jugée anti-conformiste), pour la simple raison qu'une bonne artillerie demandait des ingénieurs aptes à calculer au mieux les trajectoires des obus.

On peut interpréter de la même manière l'attention précoce portée aux ingénieurs des Ponts et Chaussées comme la traduction du souci de disposer de bonnes routes (et de ponts) pour transporter rapidement les troupes.

Si quelques formations plus techniques sont créées à cette époque (comme l'école de Liancourt qui deviendra plus tard l'école des Arts et Métiers), elles gardent à ce stade un statut de simples écoles de maîtrise technique.

Il faut relever au passage le lien fort établi à cette époque entre ingénieurs et Corps d'Etat, resté, jusqu'à aujourd'hui, un élément fort de prestige des études d'ingénieurs, sans équivalent dans les autres pays.

2) Une seconde période, s'ouvre avec la création de l'Ecole Centrale, qui vise, on peut dire par réaction, et c'est une réelle nouveauté, à **former de "vrais" ingénieurs** pour l'industrie. De 1850 au début du 20ème siècle, la création d'écoles ou d'instituts va se faire essentiellement à la demande d'industriels privés, autour des grandes spécialités techniques qui émergent progressivement, de l'électricité à la chimie ou à la mécanique. Il en résultera une quarantaine d'écoles supplémentaires fournissant au début du 20ème siècle **moins de 2000 diplômés par an**

Beaucoup de ces écoles créées à l'époque avec le statut privé garderont plus tard celui-ci, mais certaines seront plus tard intégrées dans le giron de l'Etat (Comme Centrale Paris ou plus récemment Centrale Lille). D'autres, moins nombreuses (en Chimie), restent, il est vrai, rattachées aux facultés traditionnelles.

3) Une troisième période bien sombre allant de la première Guerre à 1939, est marquée par une déflation des effectifs des écoles, et par la crise de 1929, qui pose des problèmes sérieux d'emploi aux ingénieurs. Cette situation conduira indirectement en 1934 à la création de la **Commission des titres d'ingénieur**, constituée initialement en élément de protection pour les formations répondant à des critères de sérieux et de qualité. Celle-ci sortira progressivement de sa fonction défensive, pour devenir beaucoup plus tard, à partir des années 80, le pivot d'une politique de qualité, et on peut le dire aussi - même si le terme surprend au départ - d'une politique de marque.

4) On saute alors de 1945 à 1970, à partir de la fin de la seconde guerre mondiale, à une période de reconstruction et surtout de développement. La prise en main du dossier par les pouvoirs publics et particulièrement par le Ministère de l'Education nationale se traduit par le triple souhait

- d'assurer un fort développement quantitatif des formations pour répondre aux besoins de l'économie (les trente Glorieuses): on passera en 25 ans à un flux de 9000 diplômés par an (trois fois plus qu'à la sortie de la guerre)
- d'opérer une mise en ordre minimale dans un dispositif au départ très dispersé
- de remettre en cause, ou en tout cas de contourner la formule des concours et des classes préparatoires, jugée sévèrement par le rapport Bouloche, en cherchant une inspiration du côté des expériences étrangères, allemandes d'abord, plus tard nord-américaines

Cette politique allait conduire à la création de nouvelles écoles (passage de 50 à 175 établissements), à la constitution des grandes familles d'écoles comme les ENI ou les ENSI, et enfin, sous l'impulsion de Gaston Berger, au lancement de l'INSA de Lyon, sur le modèle

d'une formation intégrée en 5 ans proposée à des bacheliers, directement inspirée par l'université de Karlsruhe (qui sera suivi plus tard de la création d'autres INSA).

5) Nous arrivons ainsi à une cinquième période, à partir des années 1970, où d'une manière totalement inédite (c'est la grande nouveauté), des formations développées dans les universités (qui ont connu en quelques années une expansion considérable de leurs effectifs) sont transformées en formations d'ingénieurs (elles représentent aujourd'hui un quart des filières existantes). On va alors passer de 175 à un maximum de 230-240 établissements (la comptabilité devient parfois difficile, car des regroupements interviennent) délivrant près de 500 programmes individualisés (la nouveauté étant qu'une institution organise plusieurs filières diplômantes).

Si la reconnaissance de formations internes aux universités marque un tournant considérable, celui-ci ne doit pas occulter pour autant d'autres développements significatifs menés en parallèle:

- la création d'universités de technologie (d'abord à Compiègne, puis à Belfort et à Troyes) avec l'idée intéressante d'hybrider la tradition française des écoles et le modèle nord-américain (cursus totalement modulaire à base d'unités de valeurs, tutorat...),
- le lancement à partir des années 1990 de filières partenariales cogérées avec les entreprises, développées pour l'essentiel autour de formules d'apprentissage (les filières "Decomps") pour proposer aux entreprises des diplômés s'intégrant plus rapidement,
- un mouvement récent de fusions et de regroupement, conduisant par exemple à la constitution de "Polytechs" internes aux universités.

## Des éclairages historiques essentiels

Ce rapide panorama historique montre à quel point notre dispositif de formation a démontré dans le passé une capacité d'évolution et d'innovation, tout en conservant par certains aspects une touche traditionaliste. Mais l'intérêt majeur de ce retour en arrière est de nous apporter un éclairage déterminant sur quelques traits majeurs de la situation actuelle.

### 1) Sur le positionnement relatif écoles-universités

Jusqu'en 1970, le centre de gravité du développement des formations d'ingénieurs s'est situé largement à distance des structures universitaires traditionnelles, avec pour conséquence une séparation organique rarement mise en débat entre disciplines scientifiques d'un côté, disciplines de l'ingénierie de l'autre, et plus encore la cristallisation de différences culturelles, plus durable par nature dans le temps (rapport à la sélection et à l'élitisme, relation au savoirs et aux approches disciplinaires,...). On peut avancer plusieurs raisons pour interpréter cet état de fait (qui est loin d'être propre à la France, comme nous le verrons plus loin):

- l'effacement des universités au 19ème siècle, placées par Napoléon à partir de 1804 sous une tutelle administrative stricte, puis plus encore le rendez vous manqué en 1890 par la troisième république d'une réelle émancipation de l'enseignement supérieur (dont les effets se sont maintenus en profondeur pendant plus d'un siècle)<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Nous avons "réussi" à nous préserver avec un succès inespéré de toute contagion du modèle allemand, qui allait servir d'inspiration aux universités nord-américaines, et à ne pas appliquer au passage le principe bien connu qui est que lorsque l'on a perdu une guerre (ici 1870) un choix avisé est d'apprendre la langue de ses vainqueurs...

- la faiblesse des effectifs des universités traditionnelles (les étudiants ne sont venus en nombre que dans les années 60)
- un réflexe de défense des disciplines "pures", dédiées à l'accroissement des connaissances, fortement liées à une certaine vision de la recherche et protégées de tout regard externe, vis à vis d'approches applicatives intégrant des savoirs-faire techniques, ouvertes aux observations du monde des entreprises.

Cette distanciation doit être fortement relativisée aujourd'hui :

- un quart des formations d'ingénieurs sont intégrées dans des structures universitaires, un autre quart des ingénieurs formés sont issus de structures de type "université technique", réalités concrètes qui naturellement ne minorent pas le statut emblématique de l'école polytechnique et la fascination qu'exerce le bicornes sur les familles françaises ou quelques autres Grandes écoles historiques...
- Plus de la moitié des ingénieurs diplômés ne sont pas passés par les classes préparatoires et les concours, et ont suivi des cursus intégrés ou une première formation dans les premiers cycles universitaires ou dans les cycles d'études courtes (IUT, STS)
- Il existe des filières universitaires de masters, totalement dédiées aux sciences appliquées, qui dialoguent sans le moindre état d'âme avec des responsables industriels,
- L'organisation des études doctorales est depuis plusieurs années systématiquement partagée entre équipes universitaires et équipes des écoles, ce qui traduit à la fois une reconnaissance réciproque à la base des enseignants chercheurs, et le fait que pour les disciplines désormais reconnues des sciences de l'ingénieur (comme le génie électrique, la mécanique des structures,...) prévaut le sentiment d'une même communauté scientifique, au delà du rattachement à des institutions différentes.

## 2) Sur la variété déconcertante des situations institutionnelles

Une seconde observation, qui étonne un peu, est que le développement de nouvelles formules ou modèles s'est fait régulièrement par ajout de nouveaux établissements sans remise en cause de l'existant (ce qui justifie la référence à un processus de sédimentation), d'où une complexité et une dispersion finale étonnante, sans équivalent dans le monde. Cette incapacité à recomposer le système n'est pas simple à comprendre (j'imagine en tout cas qu'elle peut fasciner les anthropologues et les sociologues), même si on la retrouve dans d'autres domaines, comme celui de l'organisation territoriale et de notre attachement à nos 36 600 communes...

On peut la rapporter à une résistance nationale farouche aux grandes réformes, à une forme d'attachement, naturellement plus honorable, au localisme, à un pragmatisme de bon aloi, argument encore plus recevable d'autant plus qu'il s'oppose à ce que j'appellerai "la tentation gestionnaire", basée sur l'application uniforme de normes posées comme rationnelles sur les injonction d'une autorité centrale. Elle a conduit par exemple

- à la préservation dans le temps de modèles plus ou moins voisins comme les ENI, INSA, UT, alors que l'on aurait pu imaginer capitaliser sur un seul type d'établissement l'expérience acquise pour former directement des bacheliers, et créer un élément intéressant de visibilité externe,
- au maintien d'une variété des statuts, qui a préservé une implication significative des ministères techniques (essentiellement Agriculture et industrie, mais aussi Défense), dont on doit relever qu'elle a fortement servi l'attractivité des formations et apporté

une stimulation utile, avec en arrière-plan l'émulation apportée par de nombreuses institutions de statut privé, en rien décalées dans les milieux professionnels par rapport à leurs homologues publiques.

Cette propension à préserver l'existant, à éluder par respect de l'acquis de l'histoire toute idée de reconfiguration, est indiscutablement un trait marquant de notre dispositif de formation, tout de même mis en cause ces dernières années par un processus de regroupement, qui tend à s'accélérer. L'un de ses effets a été de maintenir une taille moyenne réduite des établissements, même si en regardant les choses de près, les écoles françaises ont strictement la taille des départements correspondants des universités étrangères.

### **3) Sur l'attachement aux valeurs**

Le dernier point à relever, qui est de l'ordre de l'évidence quand on vit le système de l'intérieur, est que chaque institution formant des ingénieurs a vécu et s'est organisée tout au long de cette histoire, autour de valeurs, auxquelles elle a témoigné sous des formes variables une fidélité assez étonnante, en en faisant le point d'ancrage de son identité. Les exemples parlent d'eux-mêmes:

- L'école polytechnique créée dans la suite du mouvement encyclopédiste est toujours restée attachée à une conception universaliste du savoir, à une vision positive de l'apport des sciences, et à une éducation d'inspiration libérale, en tout cas détachée d'une préoccupation d'utilité immédiate ,
- L'Ecole Centrale de Paris, dont le développement a accompagné la seconde révolution industrielle, a toujours gardé la vision d'un ingénieur ayant une vision de l'entreprise dans sa globalité, apte à régler tous types de problèmes industriels et à lancer tous types de développement,
- Les écoles liées aux facultés catholiques, créées à la fin du 19ème siècle, ont conservé jusqu'à nos jours un attachement marqué à une vision sociale de l'ingénieur et à une éducation humaniste, que l'on reconnaît encore maintenant comme leur marque de distinction.

D'autres exemples pourraient être donnés, comme la reconnaissance nouvelle de la technologie (et de l'international) lors de la création de l'UTC de Compiègne, l'attachement à la promotion sociale au CNAM et au CESI, ou la vocation industrialiste des écoles des Mines.

Cet attachement fort et durable d'un établissement et de ses formations à une culture au sens large, est un élément important de compréhension de la réalité profonde du système. Il est d'autant plus important de le mettre en lumière, qu'il se place à contre-courant d'une vision purement gestionnaire et normative des questions d'enseignement supérieur, qui, sous des formes parfois subtiles, a gagné du terrain ces dernières années.

## **Quelques éléments complémentaires**

---

Si l'histoire éclaire, comme nous l'avons vu, de nombreuses dimensions du dispositif français de formation (on aurait pu parler aussi de notre attachement très fort à la méritocratie depuis la Révolution française, bien que le système des concours ait été importé en France vers 1750 par les jésuites à partir de l'observation des pratiques chinoises), elle ne suffit pas pour en saisir tous les aspects.

## Une qualité de gouvernance qui a généré un modèle

Un autre point marquant qui mérite d'être cité, est la capacité d'initiative dont ont disposé les "écoles" (que ce soit en dehors ou en dedans des universités), pour se gérer par elles-mêmes et adapter en continu leur projet pédagogique.

Cette autonomie de fait, dans la nature des choses pour les écoles privées, a découlé paradoxalement dans la majorité des établissements publics d'une nomination directe du directeur par le ministre (par contraste avec le mode électif universitaire), assurant celui-ci d'un statut d'autorité et au bout du compte d'une grande liberté pour gérer au mieux le projet pédagogique, toute régulée qu'elle soit sur la durée par la Commission des titres d'ingénieurs.

Alors que les formations universitaires traditionnelles restaient soumises, jusqu'à ces dernières années, aux contraintes de maquettes nationales, et souvent poussées au premier chef à une gestion de charges d'enseignement, dans un milieu peu habitué par surcroît aux arbitrages forts, les responsables des formations d'ingénieurs ont eu la possibilité de prendre des initiatives multiples sur le contenu et sur la mise en oeuvre des formations, avec pour seule contrainte d'avoir à plaider leurs dossiers devant une Commission des titres d'ingénieurs, au fond assez compréhensive.

Cette gouvernance "à la française", a permis de construire et de consolider au fil des années ce qui peut être qualifié de "modèle général français", fondé au plan des principes sur un dialogue ouvert et sans complexe avec le monde économique, et dans le quotidien sur une mise en forme appropriée et inventive de la formation, constamment réfléchie par rapport à des perspectives professionnelles.

On peut illustrer cette dynamique par de multiples initiatives prises par les établissements eux-mêmes, allant de la mise en place de stages intégrés (années 60-70) à l'introduction d'enseignements non techniques (années 70), et au lancement à l'international dès les années 75 de doubles diplômes, sans même évoquer une ouverture des recrutements, qui fait que plus de la moitié des diplômés n'ont pas connu les classes préparatoires.

## Une évolution des réalités derrière les mêmes noms

La création des premières formations d'ingénieurs s'est faite dans des écoles, parlons même de Grandes écoles, si l'on se situe dans l'espace de la perception plus que dans celui de la description, nettement séparées des institutions universitaires. Ces institutions avaient comme raison d'être de délivrer un seul diplôme, et du fait de l'identification école-diplôme, on était plus ancien élève de l'école des Mines de Paris ou de l'école polytechnique qu'ingénieur diplômé de ces établissements.

Les réalités sont aujourd'hui très différentes, alors que les mots n'ont pas changé.

- Les écoles ont désormais une offre étendue de diplômes, que ce soit en parallèle au niveau ingénieur, au niveau de spécialisations, du doctorat et même de masters en cohabilitation.
- En parallèle, un quart des diplômés d'ingénieurs sont délivrés sous le sceau ( et donc sous la responsabilité) des universités, sinon même la moitié si l'on prend en compte des institutions de statut équivalent.
- Le terme d'école est lui-même repris sans complexe par le monde universitaire: c'est ainsi que l'on met en avant des écoles doctorales, d'ailleurs fédératrices d'équipes purement universitaires et d'équipes des écoles...

On a quelques raisons à s'interroger dans ce contexte sur le sens et la portée qu'il faut donner au terme de "Grandes écoles" dont on sait la résonance qu'il garde dans le grand public. Il faut désormais comprendre l'appellation plus comme la référence à une culture, à des valeurs et à un mode de gouvernance d'un projet pédagogique dont nous venons de rappeler les points forts. Personne n'est capable de fixer aujourd'hui avec exactitude le périmètre d'une catégorie, qui en y regardant de près, n'est pas elle-même totalement au clair sur sa définition.

L'exemple de l'école normale supérieure est très représentatif de cette indécision. Archétype s'il en est de la Grande école, l'ENS de la rue d'Ulm est simplement gestionnaire (avec brio) d'un projet de formation dont il est difficile de gommer les dimensions élitistes, tout en étant totalement intégrée dans son environnement universitaire.

Pour prendre un autre exemple les responsables de l'Université de technologie de Compiègne se présenteront selon leurs interlocuteurs comme université technique (vision internationale) ou comme Grande école (vision française).

L'école des Ponts et Chaussées, illustration emblématique de la Grande école historique, très attentive à préserver les liens qu'elle entretient avec le Corps des Ponts et Chaussées a choisi lors de son changement de statut en 1994 de se doter d'un statut d'EPSCP, en s'alignant sur une formule de type universitaire.

Le concept même de tutelle, très souvent évoqué dans le passé, comme facteur essentiel de préservation de la pluralité du dispositif de formation, change lui-même progressivement de nature: plusieurs écoles parisiennes, rattachées pourtant à des ministères techniques, s'appliquent aujourd'hui à s'intégrer dans une structure fédérative de PRES, dont on observera, non seulement qu'elle est placée juridiquement sous la tutelle du ministère de l'enseignement supérieur, mais qu'elle est fondée à se donner à tout moment l'appellation d'université.

### Quatre planches commentées

En illustration au discours général que je viens de tenir, j'ai adjoint à ma présentation trois planches d'illustrations, laissée de côté dans la logique d'un exposé oral limité en temps:

- un tableau de l'évolution des flux de diplômés de 1900 à nos jours, qui illustre la capacité étonnante d'auto-adaptation d'un système assez souvent taxé de malthusianisme ( à tort comme on le voit)
- Une table illustrant la décomposition des formations d'ingénieurs en quatre ensembles à peu près équivalents: les formations intégrées aux universités, les formations intégrées dans des "quasi" universités techniques, les formations dispensées dans des écoles indépendantes et celles dispensées dans les écoles privées
- Un graphique permettant d'apprécier le poids relatifs des formations d'ingénieurs par rapport aux formations universitaires scientifiques comparables.



## Comparaisons: sommes-nous si différents des autres?

### Modèle français et modèles étrangers

#### Une vision souvent lointaine des réalités étrangères

Les Français, dit-on, n'aiment pas la géographie. D'autres diront avec moins de nuances qu'ils se placent au centre du monde (mais sont-ils les seuls à céder à cette tentation?) et qu'ils ne regardent que de haut, en tout cas de loin, tout ce qui se passe au-delà de leurs frontières.

Si cette appréciation est sans doute injuste, elle décrit assez bien la position qui est communément la nôtre lorsque l'on parle des formations d'ingénieurs à l'étranger. Il ne faut pas aller plus loin pour y trouver la source du mythe d'une différence radicale entre formations d'ingénieurs en France et à l'étranger.

Qu'en est-il vraiment?

#### Les formations d'ingénieur ont connu depuis le milieu du 19<sup>ème</sup> siècle la même expansion dans tous les pays

- La première émergence de l'industrie s'est faite sans ingénieurs

Oublions tout d'abord - avec malice - le fait que la première vague d'industrialisation s'est faite sans ingénieurs, et que l'on s'est contenté faute de mieux pour la création des premières industries en Angleterre de disposer de personnes curieuses, peu conformistes, bien éduquées et cultivées ayant l'esprit d'entreprise, dont on observe qu'elles ont changé beaucoup de choses. Je laisse à qui le voudra le soin d'en tirer une morale...

- Une vive croissance de 1860 à nos jours

Le développement de formations structurées d'ingénieurs, dont les diplômés étaient destinés à s'intégrer dans les entreprises industrielles, ne s'est affirmé qu'à partir de la seconde révolution industrielle, d'une manière assez similaire dans les différents pays, principalement dans la seconde moitié du 19<sup>ème</sup> siècle.

Il s'est fait à un rythme impressionnant sur les 150 dernières années.

#### Planche 3

1860	30 institutions délivrant une formation d'ingénieur dans le Monde
1860-1920	le flux est multiplié par trente (20 000 par an?)
1920-1990	le flux est à nouveau multiplié par trente (600 000 par an?)
2005	Stock mondial 5 Millions d'ingénieurs et scientifiques en R&D, <b>25 millions d'ingénieurs au total</b>
2000-2010	On passe de 1 300 000 à près de 1 600 000 diplômés par an; compte-teu de l'importante croissance de l'Inde et de la Chine

A partir d'un point zéro fixé à 1860, on observe pendant 60 ans un développement à un taux assez incroyable de 5,8% de croissance, correspondant à une multiplication par trente du nombre de diplômés (données de Bairoch).

La croissance ne ralentit que peu durant le 20<sup>ème</sup> siècle, ou à nouveau le nombre de diplômés est multiplié par trente, durant les 80 années qui suivent (4,3% de croissance). On observe dans les dernières années une explosion mondiale du nombre de diplômés, qui va pratiquement doubler sur 20 ans, du fait de la croissance observée en Chine et en Inde.

## Les évolutions institutionnelles ont été différentes, moins tout de même qu'on ne le pense

La plupart des nouvelles formations ont été créées au départ, compte-tenu de leur vocation professionnelle, dans des institutions spécifiques, le plus souvent de simples écoles techniques comme en Allemagne, très rarement universitaires en tout cas, en dehors du cas de la chimie.

Deux processus d'évolution ont conditionné sur la durée l'évolution finale

- 1) La plupart des pays ont cherché à transposer chez eux **les modèles étrangers** jugés les plus performants. Si l'approche française concrétisée par l'école polytechnique a été régulièrement citée comme fondatrice (Allemagne, MIT). C'est dans un second temps le modèle allemand d'école technique qui a été la source d'inspiration la plus forte. C'est à l'évidence le cas pour les Etats-Unis, (qui ont "copié" également le modèle de l'université de Humboldt, tout en conservant à la marge la touche libérale des Anglais). C'est même d'une certaine manière le cas du Royaume-Uni, qui, en observant les progrès de l'Allemagne, a pris conscience de la nécessité de sortir d'une approche trop technique ou trop libérale (création de l'Imperial College).
- 2) Plus ou moins laborieusement les formations d'ingénieurs de bon niveau ont pu "arracher" un **statut universitaire** (l'enjeu étant d'avoir la possibilité de former leurs propres enseignants et donc de délivrer le doctorat), concrètement avec l'émergence du modèle **d'universités techniques**, principalement en Allemagne (Allemagne, pays de l'Est, pays nordiques), même si cette vision détonait quelque peu par rapport aux grandes idées de Humboldt qui attachait à l'université la responsabilité de préserver l'unité de toutes les branches du savoir, il est vrai, sous le contrôle des philosophes, seuls présumés aptes à exercer une autorité légitime sur l'ensemble.

Il est clair qu'aujourd'hui le modèle auquel il est le plus souvent fait référence est celui de la grande université américaine de recherche, qui couvre le plus souvent toutes les disciplines (mais le MIT a un équilibre différent)<sup>4</sup>. Mais cette fascination révèle tout de même une certaine incompréhension de l'enseignement supérieur nord-américain, puisque la majorité des étudiants se trouvent dans des "community colleges" dispensant des formations gratuites en deux ans, et qu'une minorité des institutions d'enseignement supérieur (guère plus de 15%) ont des formations doctorales significatives.

La référence de moins en moins contrôlée au vocable d'université, tout établissement d'enseignement supérieur cherchant à récupérer cette appellation, ne saurait masquer le fait que dans tous les grands pays industriels, la majorité des diplômés destinés aux métiers d'ingénieurs (de l'ordre des deux tiers) sont restés formés jusqu'à ses dernières années dans des écoles techniques ou des collèges limités aux études courtes (FH allemands, polytechnics anglais, colleges US sans études graduées).

### Une constellation de modèles sur fond de convergences pédagogiques relatives

Si ces différences institutionnelles ont des incidences certaines, en particulier sous l'angle du rapport à la recherche, de la gouvernance ou du statut des enseignants, il est difficile de ne pas être frappé par une convergence relative des projets pédagogiques, malgré quelques modulations significatives.

---

<sup>4</sup> qui reste dans l'inspiration du modèle de Humboldt

- **La communauté des formations d'ingénieur**

Dans toutes les occasions où on réunit des responsables européens de formation d'ingénieurs de tonalité plus scientifique, le sentiment qui s'impose est que tout le monde fait à peu de choses près le même métier, d'où d'ailleurs des discussions détendues sur les référentiels d'acquis, sur l'harmonisation des procédures d'accréditation au plan européen, ou sur l'organisation de doubles-diplômes.

Pour faire simple on constate qu'il existe des **traits identitaires** d'ensemble partagés par toutes les formations:

- un schéma d'études intégré sur 4 ,5 et parfois 6 ans (l'option 3 ans, qui renvoie à un profil quelque peu ambigu d'ingénieur technicien étant à traiter à part)
- un équilibre variable d'enseignements, détachés en principe de tout carcan disciplinaire, associant un acquis en sciences de base (avec plus ou moins de mathématiques), des connaissances plus ou moins poussées dans un champ technique donné, un entraînement aux méthodes de l'ingénieur, l'acquisition de compétences transverses (communication, langues), des enseignements d'ouvertures, régulièrement des périodes en entreprise.
- une ouverture au dialogue avec les entreprises utilisatrices des diplômés

- **La diversité des modèles**

Pour aller plus loin dans un travail naturaliste des pratiques, il faut se référer au concept de "modèle" , entendu comme cadre de consolidation d'une vision, de valeurs, de contenus et d'options pédagogiques propres.

Vu sous cet angle le paysage des formations d'ingénieurs fait alors apparaître une grande variété de modèles (et de sous-modèles), au sein de laquelle on cherche spontanément à dégager des typologies, comportant des invariants et des éléments de différenciation.

La différenciation se fait essentiellement à ce niveau

- sur la vision du rôle de l'ingénieur, sur ses valeurs, et ses ambitions professionnelles
- sur la place accordée aux sciences de base, et particulièrement aux mathématiques, et sur la place prise par l'expérience de laboratoire (modèles S ou modèles T)
- sur le niveau d'ouverture aux matières non-techniques

D'autres différences peuvent être identifiées, dont la portée est inégale

- Part laissé à l'apprentissage professionnel en situation, au travers de stages
- Importance de périodes d'acquisition programmée de compétences (cas de l'Angleterre),
- Place laissée aux projets, importance d'intervenants professionnels (spécificité française).

Ces différences sont à interpréter avec prudence: même si le bagage de formation d'un diplômé du MIT formé en quatre ans, est certainement moins fourni que celui d'un diplômé allemand en cinq ans, l'écart se réduit très vite en situation professionnelle. On peut dire la même chose pour la sélection: l'établissement mondialement le plus considéré en Europe (ETH Zurich) recrute ses élèves sans sélection (auto sélection).

En définitive, comme le disait il y a quelques années un expert suédois (Hedberg) il y a plus de différences entre les modèles existants à l'intérieur d'un même pays, qu'entre les modèles correspondants entre différents pays européens.

## Pourquoi et comment assurer des **mutations** ?

J'en arrive maintenant au troisième volet de mon intervention, qui va me conduire à traiter, sur un mode plus personnel, de la dynamique du dispositif et de perspectives sur les évolutions à venir.

J'ai choisi, rester réaliste, de procéder en trois temps:

- en mettant tout d'abord en avant quelques **grands éléments de contexte**, à comprendre comme le rappel de réalités imposées,
- en examinant ensuite les processus d'adaptation et de réforme, par rapport à leur champ et à l'émergence de nouvelles lignes de force,
- en proposant pour finir **quatre lignes d'inspiration particulières** en rapport avec quelques-uns des grands enjeux identifiables.

Dans le cadre de temps qui m'a été donné, de nombreux sujets ne seront guère évoqués, je pense par exemple aux méthodes d'enseignement (recours aux technologies éducatives, rééquilibrage en faveur des approches inductives, développement de l'accompagnement) ou aux équilibres des programmes: je vous suggère, si vous le souhaitez, de satisfaire votre curiosité au moment des questions.

### Quelques éléments de contexte

---

Commençons donc, pour lancer le débat, par planter quelques éléments du décor. J'en ai retenu trois:

#### 1) Un environnement très évolutif et indéterminé

La première observation, qu'il est difficile de contester, est celle, non seulement de la rapidité des évolutions de l'environnement général des formations, mais plus encore de leur caractère peu prévisible, voire franchement imprévisible. La crise que nous connaissons actuellement ne fait que donner un relief particulier à ce double phénomène d'accélération et d'incertitude.

- Il s'agit bien sûr des avancées scientifiques technologiques, plus particulièrement dans certains domaines, comme les technologies de l'information, les sciences de la vie, dont nous mesurons à la fois l'impact immédiat sur notre quotidien (internet, communication, réseaux sociaux, nouveaux médicaments...) comme plus profondément sur nos modes de pensée (accès à la connaissance, puissance de simulation...)
- Il s'agit de la poursuite d'un processus de mondialisation de l'économie,
  - qui modifie en profondeur la vision de l'entreprise (qui pouvait imaginer il y a 25 ans des entreprises sans usines, ou sous-traitant leur recherche?),
  - qui donne un poids croissant aux marchés financiers,
  - et qui surtout conduit à une redistribution totale des rôles, où l'Asie, principalement la Chine, prend une position dominante sur toutes les activités manufacturières.
- Il s'agit du passage en cours à une nouvelle économie plus axée sur les services et sur les biens immatériels,
- Il s'agit d'un poids accru de la réalité "client" et de la "tyrannie du marché"

- On pense naturellement à un consommateur de plus en plus exigeant et versatile, capté sans relâche par de nouvelles envies, qui voit le produit autant dans sa fonction que dans sa forme et sa valeur comme signe social...(qui achète aujourd'hui une voiture pour sa vitesse de pointe?)
- Mais il y a aussi le cas d'organisations (entreprise ou collectivité) qui sollicitent un prestataire de service pour construire une usine, mettre en place un système d'information...avec lesquelles il faut, sous la pression, contracter par écrit
- Il s'agit enfin d'une demande sociale de plus en plus forte de sécurité et de protection vis à vis de tous les risques (maladies, accidents), sur un fond de défiance inédite des apports des technologies

A cette liste, déjà impressionnante, je me dois naturellement d'ajouter une série de préoccupations, à la limite du dramatique, sur l'avenir de l'humanité à 30 - 50 ans, voire plus, depuis la préservation de l'environnement, l'épuisement des gisements d'hydrocarbures, l'approvisionnement en eau jusqu'au risque climatique...

Toutes ces indéterminations excluent de considérer sur un mode statique l'avenir des formations d'ingénieurs. Avant même de savoir ce que l'on doit faire, on sait qu'il faudra surement bouger...

## 2) Un statut professionnel de l'ingénieur qui reste largement ouvert

Un second élément d'incertitude qui pèse indirectement sur les formations, tient à la difficulté de bien cerner la réalité professionnelle de l'ingénieur.

Il est de fait (ce qui n'est pas un problème en soi) que l'ingénieur n'a pas un statut professionnel aussi bien défini et surtout aussi bien compris que celui d'un médecin ou d'un architecte, impression qui s'accroît lorsqu'on se déplace dans différents pays. Il est révélateur que la correspondance métier d'ingénieur - études d'ingénieur soit loin d'être totale. Dans la population des cadres exerçant selon l'INSEE un métier d'ingénieur en France, on trouve en gros un tiers d'ingénieurs diplômés et un tiers d'autres diplômés du supérieur...

Il faut par surcroît s'accommoder d'une multiplicité des profils d'ingénieurs en fonction de la spécialité dominante, de la fonction dans l'entreprise: études, production, informatique, logistique...sinon même du secteur (services, industries de biens, BTP.) ou des profils de carrière. De nombreuses caractéristiques des formations françaises sont par exemple en rapport avec le souci de bien préparer leurs diplômés à des prises rapides de responsabilités...

Cette variabilité des profils fragilise les discours généraux sur l'ingénieur en général ("l'ingénieur de demain....."), et rend problématique l'expression d'une vision idéale des formations.

Ce tableau confirme le danger d'une approche, qui se fonderait sur une vision unifiée des formations d'ingénieurs.

Il rappelle que le choix réaliste pour les formations initiales est de viser une adaptabilité de leurs diplômés à des situations éminemment variables tout au long de leur carrière, par une

capacité à ajuster autant que nécessaire leurs compétences et leur projet professionnel (apprendre à apprendre) et à prendre la mesure de leur équation personnelle.

### 3) Un parcours qualifiant à saisir dans toute son extension

Une troisième donnée à prendre en compte est que le processus qui fait de l'ingénieur un professionnel apprécié comporte **trois étapes** dont la complémentarité est souvent, pour la France en tout cas, laissée en arrière-plan:

- l'acquisition incontournable d'une formation de base, à dominante scientifique, centrée sur les langages et les outils de base, mise en oeuvre essentiellement dans les études secondaires et au début des études supérieures
- Une formation pré-professionnelle en école ou en université, apportant des ressources de natures variées, à visées professionnelles larges, qui tend en fin de parcours à se "colorer" fortement par rapport à une perspective professionnelle plus ciblée, sous l'angle généralement d'une spécialité,
- L'acquisition sur le terrain de compétences au sens plein (sans même parler d'une mise à jour à assurer tout au long de la carrière) au travers d'une expérience qualifiante, avec intégration dans des réseaux professionnels.

Si cette mise en perspective mérite d'être faite, c'est qu'elle nous amène à observer que nous sommes, en tant que Français, moins attentifs à la troisième étape que beaucoup d'autres pays, simplement parce que nous concentrons spontanément notre attention sur nos points forts: une formation secondaire de très bon niveau, des études d'ingénieurs d'une qualité peu discutable.

L'attention trop limitée que portée en France à la dernière phase de qualification complémentaire de terrain n'est pas sans conséquences :

- Elle minore l'importance accordée à la formation par l'expérience (d'où d'ailleurs l'énorme intérêt porté aujourd'hui à l'apprentissage qui corrige cette tendance) et à l'intégration des jeunes ingénieurs dans des communautés techniques,
- Elle met en arrière-plan l'importance du travail en équipe et le fait que l'efficience est toujours collective, donnée à laquelle les entreprises sont particulièrement sensibles,
- Elle focalise l'attention sur la réussite durant les études et tend à sacraliser le diplôme de base, alors que l'on peut accumuler les exemples de professionnels brillants aux études laborieuses (simplement parce qu'ils étaient lents, qu'ils accrochaient peu aux mathématiques, ou pour des difficultés familiales)...
- Elle nous amène à regarder de haut des formations plus modestes (françaises ou surtout étrangères), dont les diplômés se révèlent pourtant à l'usage de bons ingénieurs (on le voit par exemple dans les prix décernés aujourd'hui dans diverses circonstances), compte tenu en particulier de leur intégration et de leur sens de terrain,
- elle rend plus difficile l'exercice d'une seconde chance.

Il est ainsi essentiel d'aborder la problématique des formations avec la vision large d'un parcours qualifiant, bien au delà du seul suivi d'une formation finalisée par une perspective professionnelle, qui renvoie assez largement l'adéquation fine des profils de compétences à une expérience qualifiante en contexte de travail.

Comme nous le disait le président d'un pôle de compétitivité interrogé en 2008 sur ses besoins en formation:

"Nous n'attendons pas de profils ciblés sur des spécialisés précises, mais des diplômés ayant la capacité d'acquérir les compétences utiles, détenteur en clair d'un bagage de base et d'une aptitude à apprendre ce qui leur sera utile".

## Comment conduire au mieux les mutations des formations?

---

Ayant ainsi mis en place quelques éléments significatifs du "décor", nous sommes maintenant en mesure de nous interroger sur les voies et sur les formes des mutations à venir.

### Un aperçu des dimensions en jeu

A l'évidence de très nombreuses dimensions sont en jeu, dont nous avons déjà vu qu'elles concernent à la fois les établissements avec leurs enseignants et leurs responsables, les autorités de tutelle, les entreprises, les instances de régulation mais aussi de plus en plus les acteurs territoriaux .

A qui en douterait, un inventaire rapide, que l'on peut établir de manière spontanée, en donne une illustration concrète :

#### - Les formations sont-elles en phase avec les besoins de l'économie?

- sur un plan quantitatif:

mais la question récurrente "formons nous assez d'ingénieurs?" (ou trop?) peut être posée pour la France, pour l'Europe, pour les pays développés ou pour l'ensemble du monde..., et les réponses ne seront pas les mêmes!

- sur un plan qualitatif:

nos ingénieurs ont-ils le bon profil pour aborder les problèmes de l'avenir, que ce soit en termes de connaissances, d'outils de méthodes, de comportements ou mêmes de valeurs? La question là encore n'est guère évidente à traiter puisque la réponse va dépendre de l'horizon de temps adopté, court terme ou moyen terme...

#### - Disposons nous des viviers en rapport avec nos ambitions ?

Il s'agit des viviers des candidats ayant un niveau satisfaisant d'aptitudes, ce qui amène à s'intéresser à l'attractivité des études scientifiques, sujet qui fait aujourd'hui grand souci dans tous les pays développés.

#### - Comment nous assurer de l'impact ultime de nos formations?

S'interroger sur l'efficacité ultime de notre appareil de formation, est à l'évidence légitime, même si la démarche est difficile. Il n'est pas aisé en effet d'établir un lien direct entre des performances économiques et les caractéristiques des formations. On en reste souvent, faute de mieux, à des positions de principe.

On peut essayer de mesurer celle-ci de manière directe (quelle est le niveau de rémunération de nos diplômés? Quels postes de responsabilité occupent-ils?), ou par comparaison avec d'autres pays, ce qui peut révéler des surprises. Il est clair par exemple que la réussite des PME allemande tient beaucoup à l'importance accordée à des formations plus courtes et plus techniques (les fameuses Fachhochschulen)...

Un autre angle d'approche moins direct est de focaliser l'attention sur **la qualité des formations**, concept parfois difficile à saisir (s'agit-il d'une qualité absolue, ou relative aux attentes des usagers), et plus encore à mesurer par des évaluations internes ou externes.

On peut s'intéresser au rayonnement international de notre dispositif, et se demander si la situation doit être améliorée et comment, avec des références obligées à l'influence des grands classements internationaux.

**- Notre appareil de formation assume-t-il correctement toutes ses fonctions sociales?**

- Quelle attention portons nous au bon déroulement des carrières?  
On peut s'interroger sur ce qui doit être fait, et n'est pas encore fait, pour mieux former les ingénieurs durant la vie active, et sur le recours, sans doute à développer, aux technologies éducatives;
- On peut se demander si nos écoles assument aussi bien qu'elles pourraient le faire leur devoir de promotion sociale, thème considéré, on l'a vu ces jours-ci, comme particulièrement sensible...

**- Comment définir les modalités d'allocation de ressources?**

La question matérielle des dotations en postes et en crédit reste souvent en arrière-plan, alors qu'elle a un impact majeur. Elle se pose d'ailleurs à plusieurs niveaux

- au niveau des dotations supposées couvrir les besoins de base
- au niveau des appuis, apportés ou non, à des initiatives ou à des expériences
- au niveau du soutien apporté directement ou indirectement aux élèves (logement)

Elle conduit à des débats difficiles sur la participation éventuelle des élèves bénéficiaires des formations, appelés comme par exemple en Angleterre à rembourser des prêts à partir d'un niveau de salaire supposé lié à leur niveau d'études...

**- Quelles est la structure d'études la mieux adaptée?**

On peut tout autant se poser la question de la structure des études d'ingénieurs (en particulier par rapport à la normalisation proposée par Bologne) par rapport à l'étranger et pour accroître la prise en compte dans les études d'ingénieur d'une expérience de la recherche.

On peut revenir à la structure très particulière du dispositif français et se demander s'il doit ou non faire l'objet d'une réforme institutionnelle, que ce soit sur le plan de la taille, de sa perméabilité aux autres disciplines, ce qui renvoie à des débats actuellement ouverts sur la mise en place de grandes structures fédératives (PRES, campus, pôles d'excellence).

Pour longue qu'elle soit cette liste des points à traiter pour préparer l'avenir n'est pourtant pas complète, puisqu'elle a laissé de côté la pédagogie, les corps enseignants ou les financements et le rapport formation-recherche...

Cette énumération nous démontre en tout cas, sinon à risquer la dispersion, l'utilité de bien hiérarchiser les problèmes et de faire des choix en conséquence (on ne peut pas tout bien faire en même temps), et peut-être plus encore de développer une intelligence pragmatique du dispositif de formation, pour bien saisir toutes les dimensions en jeu, qu'elles soient pédagogiques, économiques, humaines ou sociales.



## Les nouvelles lignes de force

Par rapport à la multiplicité des questions posées, comment les choses peuvent-elles se passer? L'observation des pratiques des différents pays montre que la question du pilotage des formations s'inscrit désormais dans un certain nombre de grandes lignes de force, qui traduisent une évolution notable par rapport aux traditions, au point qu'il n'est pas déplacé de parler d'un **nouveau paradigme**.

J'ai choisi d'en mettre six en avant, chiffre déjà révélateur par lui-même de la variété des changements:

### 1) Une vision désormais plus pragmatique que rationalisante

Face à la diversité des enjeux et à la multiplicité des questions posées, il est toujours tentant d'imaginer une démarche éclairée et rationnelle (Nous sommes au pays de Descartes!), même si celle-ci conduit à favoriser un pilotage centralisé adossé à des avis d'experts.

Toute la difficulté est que sur les sujets considérés, l'avenir est au mieux peu prévisible, voire fortement imprévisible.

Tous les gouvernements, qui ont, par exemple, tenté ces dernières années d'apprécier à l'avance les besoins en ingénieurs, ont éprouvé régulièrement de fortes déconvenues (à l'exception de l'Allemagne où le déficit des classes d'âge est une certitude). Ils évitent dorénavant de s'engager, en déplaçant leur attention sur l'importance nouvelle des migrations et sur la motivation des jeunes pour ce genre d'études.

Une commission récente de la NSF traitant en 2009, au plus haut niveau, de l'amélioration des programmes en engineering aux Etats-Unis, constatait récemment que de nombreux exercices analogues réalisés dans le passé avec les meilleurs experts avaient fait chou-blanc...

L'option alternative qui s'impose ainsi, outre une modestie en rapport avec nos ignorances, est celle du **pragmatisme**, en faisant de l'observation des réalités de l'insertion et de l'emploi, la base de l'ajustement des formations. Il faut bien sûr garder une certaine mesure et s'assurer de préserver un bon équilibre entre adaptation immédiate et une adaptabilité porteuses de sens sur la durée. Mais le principe de réalité, surtout s'il conduit à des pratiques de plus grande transparence, a de réelles vertus...

### 2) Le souci d'anticiper plus que suivre la demande

En tant que formations pré-professionnelles, les formations d'ingénieurs ont traditionnellement à concilier deux philosophies, ou disons plus simplement deux logiques:

- Une logique axée sur la demande (**vision exogène "demand pull"**) où pour l'essentiel on s'en remet à l'extérieur sur ce que l'on doit faire (prescription d'entreprises, avis d'experts, légitimés par une autorité à définir), en privilégiant une conformité à une sorte de cahier des charges
- Une logique axée sur l'offre (**vision endogène "supply push"**) dans laquelle le système de formation prend, pour diverses bonnes raisons, en particulier l'incertitude sur ce que sera l'ingénieur, ou l'adossement à un potentiel important en recherche, la responsabilité de son projet, en anticipant sur les évolutions futures, et en mettant l'accent sur les ressources.

La seconde option, à laquelle les formations françaises donnent une préférence relative, impose, pour éviter toute dérive, d'établir une relation de partenariat avec le monde économique, plus ouverte qu'un simple schéma client-fournisseur.

Ce choix d'une posture d'anticipation, partiellement indéterministe, qui pondère d'ailleurs l'option de pragmatisme évoquée tout à l'heure, souligne à nouveau la responsabilité des directions des écoles ou des autres institutions, et la fonction créatrice, qu'elles ont à assumer en tant que sources d'initiatives ou de choix stratégiques.

### **3) Tirer le meilleur parti d'une autonomie bien encadrée**

On a observé dans tous les pays, sans doute plus tardivement en France, un glissement vers une autonomie accrue des établissements de l'enseignement supérieur. Cette évolution a conduit dans notre pays à des débats de principe, parfois étonnants, que ce soit sur les risques d'un désengagement de l'Etat ou sur les effets négatifs supposés d'une concurrence. On peut interpréter plus factuellement la dérive vers l'autonomie par la difficulté de l'exercice d'un pilotage efficient de l'extérieur, même avec les meilleurs experts.

L'autonomie accrue ainsi "accordée" ne peut être comprise pour autant comme une liberté sans limite. Elle conduit en effet à un renforcement en parallèle des procédures de contrôle, exercée généralement a posteriori

- Extension du rôle des agences d'évaluation externe, et le cas échéant pour les formations d'ingénieur, confirmation du rôle des instances d'accréditation.
- Affirmation à une obligation renforcée de rendre compte de l'usage des fonds publics (ce que l'on nomme "accountability" aux Etats-Unis), qui devrait prendre dans les prochaines années une importance nouvelle en phase avec les nouvelles logiques de gestion budgétaire<sup>5</sup>.

Le point le plus notable pour les formations d'ingénieurs est le rôle accru accordé aux instances d'accréditation. Professionnelle et corporatiste au 19ème siècle, l'accréditation s'est redéfinie aujourd'hui comme élément d'accompagnement d'une politique publique de revue critique régulière et de qualité. Au delà de tout le travail d'inspection qu'ils réalisent, le grand mérite des organismes d'accréditation est donner un support à un débat ouvert et animé entre milieux académiques et milieux professionnels.

La question demeure, malgré tout, de l'équilibre à préserver entre une autonomie qui amène spontanément à explorer des pistes non traditionnelles et le point de vue d'instances ayant par construction à établir et à défendre de manière souple un corps de doctrine, en résistant à la tentation d'en venir à des indications trop prescriptives.

### **4) S'adapter à une situation de concurrence qui modifie les angles de vue**

La délégation de responsabilité pleine aux établissements, telle qu'elle résulte des principes d'autonomie, induit une situation de concurrence, dont on perçoit qu'elle va jouer un rôle majeur dans les prochaines années pour tout l'enseignement supérieur.

Cette réalité de la concurrence n'est pas si nouvelle que cela, si l'on se réfère à la situation internationale. Elle traduit le fait qu'il appartient désormais à établissements, constitués en centres de responsabilité, de faire valoir leurs mérites pour attirer élèves, enseignants... et financements, sinon à dépérir, que ce soit sur un périmètre national, européen ou international.

---

<sup>5</sup> LOLF en France, qui découpe l'action publique en programmes avec suivi de la réalisation sur des indicateurs.

L'un des effets de cette situation est d'obliger les établissements à suivre de manière directe la manière dont ils sont perçus, et en particulier, ce qui est relativement nouveau

- À oeuvrer pour créer et faire prospérer une **image de marque**, bien au delà d'un effort de communication, en se posant la question des cibles et des modes de construction d'une relation de confiance,
- À être particulièrement attentifs aux jugements portés par l'extérieur par les personnes averties, et à l'établissement au travers de ces opinions d'une forme de hiérarchie, avec **la référence à un "rang"**, , toujours bien connu des initiés.

Une autre manifestation de cette réalité nouvelle de la concurrence est l'adoption par des gouvernements, comme l'Allemagne l'a fait pour son programme des universités d'élite, de la procédure du concours, qui confirme de manière éclatante l'obligation pour les institutions de défendre au mieux leurs mérites, mais également (ce qui était le premier critère dans le cas allemand) de démontrer une aptitude à afficher une stratégie propre sur le long terme.

### **5) Une approche de plus en plus individualisée des parcours éducatifs**

Une autre donnée qui s'est imposée ces dernières années est celle d'une individualisation toujours accrue des démarches pédagogiques, que ce soit au niveau des parcours d'études ou des formes d'accompagnement.

Cette évolution, qui résulte pour une large part des demandes des élèves (ce qui traduit d'ailleurs l'influence croissante qui est la leur), est un gage de motivation accrue auquel les écoles sont sensibles. Elle amène à accepter une latitude extrême dans le choix des cours (d'où le succès des approches modulaires) et l'octroi libéral d'autorisations pour faire des études (ou des stages) à l'étranger.

Mais une retombée intéressante de cette personnalisation est d'inciter de plus en plus à la prise en compte de la dimension des talents individuels, comme le montre l'exemple américain où l'on propose désormais des "leadership programmes", destinés aux élèves qui veulent se préparer à un accès plus rapide à des postes de responsabilité.

### **6) Une réalité nouvelle des enjeux territoriaux**

Je terminerai mon énumération en revenant aux enjeux économiques.

Les formations d'ingénieur se sont traditionnellement constituées comme des réponses à des besoins, comme une offre réputée s'ajuster à une demande prédéfinie (d'où d'ailleurs l'insistance à évaluer les besoins). On associe aujourd'hui les formations d'ingénieurs à des perspectives plus dynamiques de développement économique (ce qui justifie cette fois une politique volontariste de flux, l'offre étant créatrice du besoin) et plus précisément à la création d'emplois.

Le point important à noter pour l'avenir est que cette vision se développe de manière privilégiée dans le cadre des territoires, où l'existence d'un potentiel de formation supérieure, avec tout ce que ce terme sous-entend en capacité d'expertise et en potentiel de recherche, est perçu désormais comme un atout essentiel pour développer ou simplement défendre l'emploi.

Le concept qui s'impose clairement sur ce dernier point est celui de pôle, même si le terme de foyer serait sans doute plus approprié, au sens d'un regroupement dans un périmètre d'un certain niveau de talents et de compétences, et d'une culture de coopération. Ce processus, bien analysé par les géographes, explique, comme on le sait, pourquoi et comment l'industrie du cinéma s'est fixée à Hollywood. C'est ce que tous les pays essayent aujourd'hui de reproduire sur des thématiques scientifiques et technologiques.

## Quelques lignes d'inspiration pour conclure

### Quatre vœux pour conclure

Tout expert est potentiellement à même de parler indéfiniment de son sujet (c'est d'ailleurs un signe distinctif) mais lorsque l'attention de ses auditeurs faiblit ou disparaît il ne parle plus que pour lui-même. Je ne voudrais pas prendre ce risque et je vais donc m'attacher maintenant à conclure, autour de quatre messages focalisés sur des dimensions me semblant les plus importantes.

#### **1er vœu: accroître la réactivité stratégique du dispositif de formation en général,**

Concernant le dispositif de formation en général, mon choix sera de considérer que la priorité est aujourd'hui, dans un environnement éminemment mobile, **de mettre l'accent sur la réactivité stratégique du dispositif**. Il ne s'agit pas bien sûr de se désintéresser des contenus des programmes ou des options pédagogiques, mais d'avoir une juste conscience, en 2010, de cet impératif institutionnel.

Cette position renvoie au retrait relatif que nous avons en tant que Français sur ce terrain, en décalage avec nos concurrents étrangers, alors que nous pouvons revendiquer une position exemplaire pour la conception et pour l'exécution des projets pédagogiques par eux-mêmes.

Mais que recouvre ce concept de réactivité stratégique du dispositif et ce souhait d'un effort de rattrapage (qui est d'ailleurs aussi une partie du problème des universités françaises)?

Il s'agit, pour faire simple, d'une capacité à mettre rapidement en forme (et en oeuvre) des initiatives significatives à la mesure des opportunités ou des enjeux identifiés, qu'il s'agisse du rayonnement international, de partenariats académiques ou industriels, d'investissements sur des équipements lourds ou du lancement de nouvelles formations (ou de recherches), à partir d'une analyse ouverte de l'environnement, dans toutes ses dimensions spatiales ou prospectives.

Le diagnostic, que certains jugeront un peu abrupt sur les faiblesses françaises dans ce domaine (mais nous sommes rarement critiques sur nous-mêmes), appellerait de nombreux commentaires, voire des contestations, sur les moyens, sur le degré d'autonomie... Il demande à l'évidence à être nuancé, en songeant par exemple aux ensembles assimilables à des universités technologiques (UT, INSA, INP), en songeant à des structures fédératives comme l'Institut Télécom ou à des réseaux d'établissements privés (ICAM) sinon à des établissements spécifiques comme l'Ecole des Mines de Paris.

Mais si l'on considère cette réactivité propre comme essentielle, et qu'il ne suffit pas simplement de se prévaloir d'une excellence dans l'art d'enseigner, bien en phase avec les orientations transmises par les administrations de tutelle ou par les milieux économiques, cinq conditions doivent en gros être satisfaites:

- **une capacité à mobiliser des ressources appropriées** (humaines ou financières) sur des projets: ce qui va souvent poser des conditions de taille (beaucoup a été dit et écrit sur ce sujet, peut-être trop)
- **Une perméabilité aux autres approches** et aux autres champs disciplinaires, assortie d'une aptitude à constituer en interne ou en externe des communautés prêtes à tirer

parti des synergies dérivant de sensibilités différentes (par exemples chercheurs et développeurs d'entreprise)

- Une ouverture générale et une intelligence de l'environnement au sens large, depuis les formes nouvelles de concurrence jusqu'à l'importance des politiques de marque
- enfin une qualité du management (capacité à décider et mettre en oeuvre)

On peut estimer que toutes ces conditions sont à satisfaire à un certain degré, et pas seulement l'une d'entre elles (avec l'image d'une réactivité produit de ces différents paramètres). La question posée ne peut donc être réduite au seul débat sur la taille, dont on sait qu'il a pris en France une tournure particulière depuis la publication du classement de Shanghai.

On en vient parfois, à ce stade, à se référer à un modèle unique, d'université pluridisciplinaire intégrale, peut-être géante...L'observation des pays étrangers montre qu'il n'y a pas de solution qui s'impose, et que la réussite, dans certaines limites, s'accommode de différents modèles.

## **2ème voeu: bien préparer les diplômés à maîtriser les grandes formes de complexité**

Mon second voeu , qui se place cette fois sur le terrain de la formation, concerne l'ambition, pour ne pas dire la philosophie, que les formations d'ingénieurs ont à se proposer par rapport à leur mission.

Qu'il soit chargé d'une mission continue ou de mener à bien un projet circonscrit dans le temps, l'ingénieur reste fondamentalement un homme de solutions, ou pour dire les choses en négatif un homme de problèmes. Le sens profond des formations d'ingénieurs ne peut être ainsi que de donner aux diplômés les outils et les méthodes pour concevoir et mettre en oeuvre des solutions concrètes à des problèmes de toute nature, depuis l'arrêt des motrices d'Eurostar par une neige poudreuse improbable, jusqu'à l'organisation d'une chaîne logistique, où il faudra négocier sur les nuisances de vols de nuit, ou l'élaboration d'un dispositif d'assistance à la conduite de véhicules, mal utilisé par quelques conducteurs...

Alors que la réaction la plus courante est de se référer à des savoirs, je pense qu'il faut se référer comme condition d'efficience la maîtrise, à comprendre dans la plus grande généralité, de différentes formes de complexité, qui justement entravent la recherche et la mise en oeuvre de solutions. J'en distinguerai trois,

- une complexité pratique, où il s'agit de maîtriser des opérations concrètes non formalisables, sans succès garanti a priori, et de posséder le bon "tour de main"
- une complexité de modélisation, où l'on s'applique, par des approximations plus ou moins poussées à partir de théories physiques, à transformer le problème en modèle susceptible d'être traité par le calcul,
- une complexité intrinsèque, qui se révèle dès que l'on prend en compte des réalités humaines ou sociales, et que l'on doit faire face à des systèmes irréductibles à une décomposition en parties, où l'on butte d'une manière significative sur des situations contradictoires.

Les formations d'ingénieurs n'ont peut-être pas assez conscience qu'elles ont ainsi à se positionner collectivement entre ces trois pôles, d'autant plus qu'elles ont été influencées depuis les années 70 depuis les Etats-Unis, par l'attention nouvelle à accorder des bagages scientifiques purs.

- La première forme de complexité renvoie à des compétences plutôt technologiques et pratiques, que nous regardons souvent de haut parce qu'elle sont plus le produit d'une capitalisation d'expérience, que d'un enseignement formalisé. On la rencontre quotidiennement dans les postes d'ingénieurs liés au suivi des process ou à la conduite de chantiers, et dans toutes les questions de maintenance
- la seconde, qui implique une maîtrise des méthodes de modélisation en rapport avec toute une connaissance du monde réel (à ne surtout pas oublier), nous fascine au contraire, en nous permettant d'étendre le champ de nos interventions (prévisions du temps, calculs de structure, simulations du réel)
- la troisième implique des qualités plus subtiles d'écoute et d'acceptation de débats contradictoires, et allant même, faut-il le dire, jusqu'à un sens politique. Elle est malgré tout présente dans des situations aussi communes que celles de négociations.

Si l'on suit le cycle de vie d'un projet ou d'un produit, et c'est bien comme cela que la question se pose, depuis son lancement jusqu'à sa concrétisation finale, on perçoit bien dans les différentes étapes l'importance variable des qualités qui viennent d'être évoquées, et le contre-sens qu'il y aurait à tout ramener à tout miser sur la capacité des ingénieurs à modéliser.

Nous risquerions gros si nos ingénieurs n'étaient pas, pour certains d'entre eux porteurs de "débrouillardise" technique et respectueux de la complexité pratique, ou si, d'une autre manière, nous ne reconnaissons pas l'importance de ces qualités à des niveaux hiérarchiques inférieurs, parfois au niveau de simples ouvriers .

Il serait tout autant déraisonnable de négliger la préparation de nos diplômés au traitement de situations intrinsèquement complexes, et ceci implique immédiatement une ouverture des formations qui n'est pas si courante, à la fois vers toutes les disciplines sociales, du droit à la sociologie, voire jusqu'à l'histoire et aux sciences politiques, mais plus encore vers une reconnaissance pleine de la réalité de l'autre. Faute d'une préparation adaptée, les ingénieurs diplômés seront régulièrement doublés dans la vie professionnelle par des profils mieux préparés à construire un consensus à partir de débats contradictoires.

### **3ème voeu: favoriser à une vision plus culturaliste des formations**

Le passage d'un jeune dans une formation d'ingénieur correspond à un moment unique de son existence, où il acquiert d'un côté les compétences et les modes de pensée utiles pour son insertion professionnelle et son métier futur, et où il donne d'un autre corps à ses ambitions, où il prend la mesure de ses aspirations et de ce qu'il ressent comme être son potentiel.

Une grande attention a été portée ces dernières années à la composante cognitive de cette période exceptionnelle, avec une explicitation plus ou moins raffinée d'obligations à remplir, au travers de référentiels d'acquis (les fameux "learning outcomes").

Si cette exigence, que je qualifierai de "fonctionnaliste", est à l'évidence utile et respectable, elle ne suffit pas, et il serait dangereux de le croire.

Il faut en effet rappeler, sans tomber dans un psychologisme facile, que l'efficience finale d'un ingénieur, qu'on ne saurait réduire à une machine intelligente, tient largement à l'envie profonde qu'il aura d'utiliser ou de compléter ses compétences acquises, à la curiosité dont il fera preuve pour s'ouvrir à de nouvelles approches ou de nouveaux sujets, et le cas échéant aux modèles auxquels il pourra se référer pour se dépasser lui-même.

On est ainsi en droit de souhaiter des formations d'ingénieur (mais la même idée serait applicable aux études médicales ou à d'autres études supérieures) qu'elles traitent leurs élèves comme des "sujets", en veillant à assumer leur épanouissement personnel, au delà de leur rôle dans l'acquisition de savoirs et de compétences. A ce titre elles ont à aider leurs élèves, par un accompagnement approprié, à prendre conscience de leurs potentialités individuelles et de leurs talents, et à éclairer les futurs diplômés sur le sens profondément collectif de leur contribution à la société, qui va être le cadre de leur destin d'homme.

Cette mobilisation ne peut se faire qu'au travers de **modèles** ou de références, en s'attachant en d'autres termes à illustrer la réalité de valeurs, comme celle de la création de nouveaux objets utiles à partir des ressources de la technique, du respect de principes de rigueur ou d'une ouverture aux réalités sociales. Elle passe par une ouverture de l'espace de formation aux grands débats actuellement ouverts sur l'avenir de nos sociétés, et sur leurs difficultés à se réinventer par rapport à une société de consommation, dont on perçoit les limites.

C'est cet attachement à des valeurs, à des questionnements ou à des choix de méthodes, on peut parler de culture, qui a fait historiquement, je l'ai rappelé tout à l'heure, la force du modèle français tel qu'il s'est concrétisé dans les écoles les plus anciennes.

Ce retour à la dimension culturelle n'est donc pas une vraie surprise: il me semble qu'elle doit être remise au centre du jeu, car toute attention trop exclusive à la dimension fonctionnaliste appauvrit en puissance tout le sens que l'on peut accorder à des études supérieures et encourage trop souvent des visions gestionnaires strictement normalisées.

#### **4ème voeu: donner aux diplômés le goût du changement et l'aptitude à l'innovation**

Nul ne conteste que l'innovation au sens large joue désormais un rôle déterminant pour donner aux entreprises un avantage différentiel sur leurs marchés, et soutienne leur espoir de faire la course en tête. On peut, dans le même mouvement considérer que l'ingénieur doit être aujourd'hui formé pour servir cette volonté d'innovation, dans la ligne de sa capacité à mettre en cause les solutions techniques existantes, soit pour les améliorer, soit pour construire quelque chose de neuf.

Mais l'expression de ce voeu est-elle suffisante en soi, au point de considérer que les adaptations nécessaires se feront par continuité, avec quelques ajustements à la marge?

Beaucoup a été dit et écrit sur ces sujets qui ne sont pas simples à aborder, en raison déjà de la diversité des formes d'innovation, mais aussi du fait qu'il s'agit moins d'avoir des idées neuves que de leur donner leur chance, qu'il s'agit de plus en plus d'un processus collectif, et qu'il est difficile d'imaginer une préparation spécifique pour tous les ingénieurs.

Quelques idées méritent d'être avancées, qui représentent autant de défis pour les formations:

- Le processus d'innovation se nourrit dans sa phase initiale, d'un changement de vision<sup>6</sup> et d'une capacité à manipuler des représentations synthétiques, sinon des formes. Or les études d'ingénieur (comme les études scientifiques d'ailleurs), qui ont délaissé la géométrie pour l'algèbre, favorisent clairement les approches calculatoires analytiques.
- De nombreuses innovations se développent à l'interface de champs de compétence, ce qui implique d'être assez spontanément ouvert aux autres champs disciplinaires,

---

<sup>6</sup> On peut dire que souvent l'innovation part d'une démarche d'imitation

- Dès qu'une innovation potentielle a pris corps, on observe qu'elle a généralement beaucoup de mal à résister à des frilosités spontanées. Ce constat pose la question de la place accordée (dans les écoles comme dans les entreprises) à **profils non traditionnels**, capable de défendre leurs idées avec énergie, et même avec culot, et par la même d'assumer des risques, de déplaire si nécessaire et même d'échouer..
- Le fait que de nombreuses innovations résulteront dans l'avenir d'avancées scientifiques, implique de porter une attention à la **perméabilité avec la science**, d'où une relation de proximité à encourager entre formations d'ingénieurs et formations scientifiques (retenons au passage le choix de Harvard de maintenir un lien fort entre science et engineering)
- Une innovation n'existe, on le sait bien, que par rapport à son **acceptation par le marché** (au sens large), d'où l'importance d'une culture des réalités du marché, et même plus largement de l'attention portée à l'autre, qui n'est pas immédiatement la vertu la plus affirmée des études d'ingénieurs...

Le souhait légitime que l'on peut avoir de renforcer le lien entre les études d'ingénieur et l'innovation apparaît donc loin d'être aisé à satisfaire, au point que l'on puisse se demander s'il ne faudrait pas concevoir des schémas de formations totalement inédits (cycles complémentaires, ateliers spécifiques) avec une mixité des publics.

En définitive...

### **Un sujet à forte valeur symbolique**

---

Le sujet qu'il m'a été demandé de traiter comportait une série d'écueils, que j'ai cherché à contourner de mon mieux:

- parler de tout et risquer de se noyer dans un océan de détails et de descriptions
- renvoyer toutes les interrogations sur les formations à des débats préalables sur l'ingénieur et sur ses métiers

J'ai essayé, en me plaçant en dehors des registres habituels, de stimuler votre curiosité, mais aussi votre intelligence, en privilégiant une approche plus interprétative que descriptive.

Il n'est jamais déplacé, à la fin d'une intervention d'une telle longueur, de s'appliquer à dégager quelques grands messages. J'en ai choisi trois, focalisés sur trois dimensions particulières :

- Le premier est que les formations d'ingénieurs, au sens large des structures qui les portent, doivent être reconnues et respectées en fonction d'une identité toujours bâtie sur la durée, indissociable de leur histoire et de valeurs portées et vécues au quotidien,
- Il m'apparaît en second lieu que dans un environnement largement soumis à des évolutions chaotiques, la conduite des formations doit être essentiellement assurée à la base, au niveau des responsables de terrain, en renvoyant à tous les autres acteurs et en particulier à la puissance publique la responsabilité de s'assurer que le cadre organisationnel et les moyens permettent une réelle réactivité stratégique,
- Je retiendrai enfin l'idée de s'attacher à enrichir et élargir la dimension culturaliste des formations, par des voies multiples, en rapport souvent avec des modèles, de telle



sorte que les futurs diplômés se sentent impliqués en profondeur par le métier auquel ils se préparent, et qu'ils prennent conscience de l'aventure collective dans laquelle ils vont entrer, en se détachant de la tentation d'en rester à une vision individualiste.

Pour terminer sur une note générale, que je rattacherai simplement à l'expression d'une certaine confiance, je dirai que dans un monde difficile, la formation des ingénieurs est un sujet non seulement important en soi, mais à forte valeur symbolique

Il n'est pas besoin de revenir sur toutes les incertitudes du monde qui nous entoure, que nous ressentons avec une acuité particulière dans cette période de crise: construire une nouvelle solidarité mondiale autour des problèmes de climat, traiter les problèmes de ressources en eau, en nourriture, juguler les risques sanitaires, bâtir les infrastructures indispensables au développement économique, sans oublier la réussite de nos entreprises à assurer face à une concurrence d'une extension inédite, et tous les enjeux qui s'y attachent en termes d'emplois, pour reconnaître que nous avons besoin d'ingénieurs, en donnant à ce terme le sens très large de tous ceux qui mettent compétence, méthode et jugement au service d'une volonté de résoudre des problèmes.

C'est dire l'importance de tout le travail à faire pour préparer ces hommes, et ces femmes, selon un processus qui va bien au delà de ce qui est fait dans les écoles ou dans les universités.

Mais il serait insuffisant de se contenter de cette référence trop évidente à des besoins. Le statut accordé aux formations d'ingénieurs a par surcroît une forte valeur symbolique, dans la mesure où il concrétise la confiance mise par notre société dans son aptitude à résoudre les problèmes, en s'appuyant sur l'énergie des hommes, leur soif de dépassement, leur ingéniosité et naturellement leurs connaissances.

Janvier 2010

Claude Maury

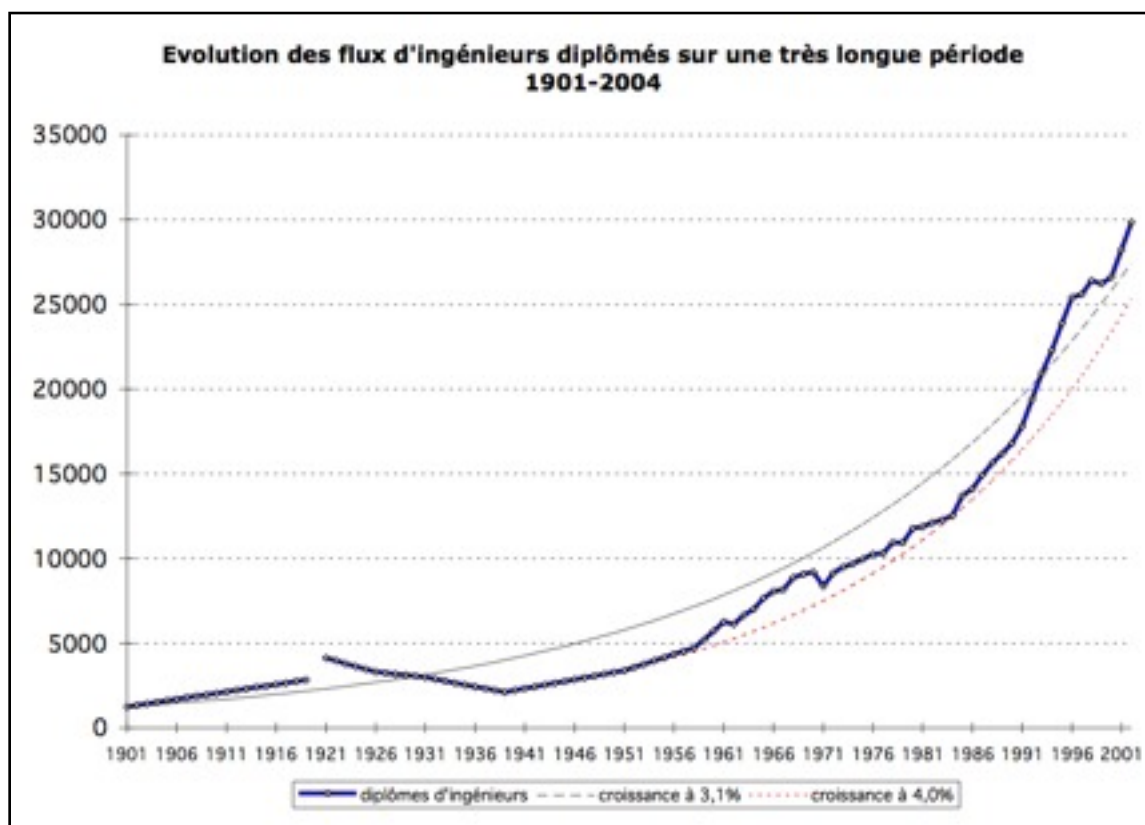
## Planches annexes

### 1) Une auto-régulation des flux que l'on ne soupçonne pas (planche 1)

Une observation amusante faite il y a déjà plusieurs années est de relever l'évolution étonnement régulière du flux de diplômes d'ingénieurs décernés annuellement en France (entre 3 et 4 % par an selon les périodes considérées).

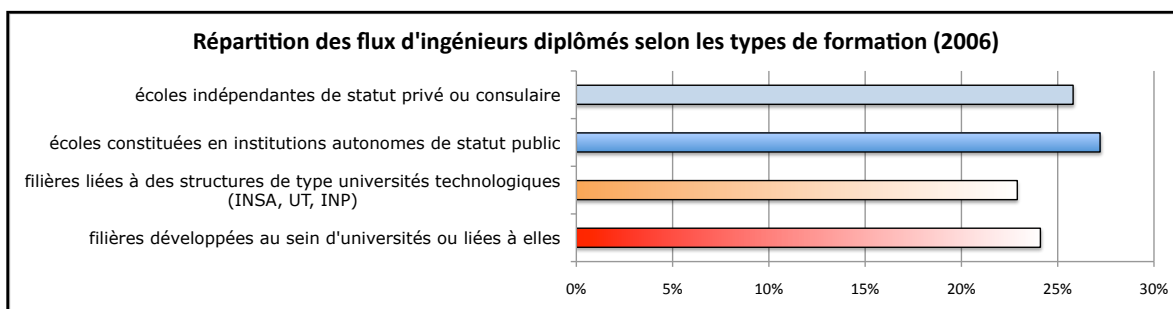
La courbe présentée porte en effet plusieurs messages.

- Elle exonère d'abord tout à fait les formations d'ingénieurs de tout procès de malthusianisme (une croissance régulière avec doublement tous les 20 ans n'est pas rien),
- Elle démontre la capacité d'un système affecté par des séries de micro-décisions à trouver une voie de la sagesse en suivant la demande du marché,
- Elle montre l'impact relativement limité des grands plans gouvernementaux annoncés à grands renforts de communiqués, pour modifier sensiblement les lignes d'évolution.



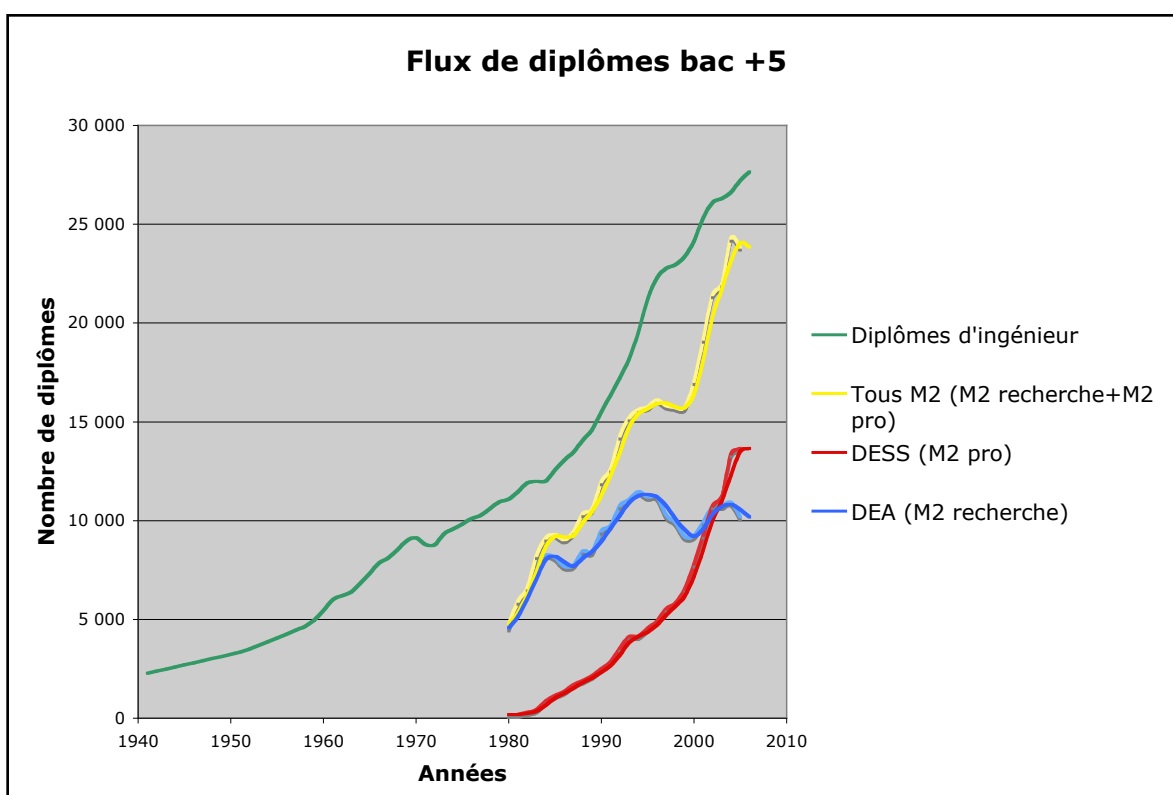
### 2) Une diversité désormais bien installée (planche 2)

Contrairement à l'image schématique unitaire que renvoie la référence courante au terme générique de "Grandes écoles", l'appareil français de formation des ingénieurs associe quatre composantes opérant dans un cadre de fonctionnement différent.



Alors même que les classes préparatoires sont régulièrement mentionnées comme spécifiques du modèle français, on observe également qu'aujourd'hui seuls 48% des ingénieurs diplômés en 2005 les ont connues.

### 3) Formation d'ingénieurs et masters en sciences appliqués (planche 3)



Source étude DGE sur les pôles de compétitivité

Aujourd'hui les formations d'ingénieurs représentent en flux de diplômés un plus du double des formations de masters en sciences appliqués (l'étiquette de masters pro étant désormais abandonnée).

Le rapport entre les formations d'ingénieurs diplômés au sens strict et les formations universitaires de masters scientifiques est proche de la parité (autour de 55/45) si l'on considère les flux de diplômés. Ce rapport est totalement différent si l'on considère les effectifs, du fait de la sélection en amont des filières ingénieurs.