



THINK TECHNOLOGY 2017

Séminaire organisé par Ither Consult

**en partenariat avec News Tank Higher Education & Research
lors de la journée Think Education 2017**

Paris Dauphine, le 7 février 2017

Sommaire

Avant-propos	3
Organisation de la matinée du 7 février 2017.....	4
A- Conférence introductive : science et technologie, enseignement et recherche, sortir des oppositions stériles	5
I – La situation	5
II – Quoi enseigner : la dualité sciences fondamentales / sciences appliquées.....	5
III – Comment rester pertinent : la dualité recherche / industrie.....	7
IV – Quelle pédagogie ?.....	8
V – Digression sur quelques questions de gouvernance.....	9
VI - Conclusion.....	9
B – Vers une offre structurée de formation d’excellence	11
I – Vers une éducation technologique performante ancrée dans une représentation sociale porteuse	11
II – Quelles évolutions dans le secondaire?	12
III- Enseignement supérieur : Bachelors, Ingénieurs, Diplômes de Recherche Technologique	14
C – Pour un lien renforcé entre deux mondes : formation/recherche et industrie.....	15
I – Repenser le mode d’interaction entre le corps enseignant et l’entreprise	15
D – Vers un Enseignement Supérieur et une Recherche technologiques plus compétitifs	17
I – Placer l’étudiant au centre du triptyque : formation, recherche, industrie.....	17
II – La mutation de l’École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	18
III – Vers la constitution de quelques grands établissements technologiques	22
E – En conclusion.....	24

Avant-propos

Pourquoi « Think Technology » ?

Notre système d'enseignement supérieur et de recherche a été, ces dernières années, le théâtre d'importantes réformes dont les plus récentes visaient à mieux le préparer à la concurrence mondiale. Par ailleurs, son rôle dans la compétitivité de notre économie et dans le développement de notre société est constamment questionné. **Ces transformations majeures et plus encore ces interrogations impactent directement la composante technologique de ce système.**

La France est reconnue pour son savoir-faire technologique dans de nombreux domaines (transport, énergie, matériaux, traitement de l'information ...), les réussites dans ces secteurs industriels l'illustrent. La qualité de ses ingénieurs et de ses techniciens est également reconnue. **Pour autant, la technologie souffre dans notre pays d'une représentation sociale très contrastée**, ce qui est bien moins le cas dans d'autres pays comme l'Allemagne ou les USA. Sans s'attarder ici sur les oppositions historiques (et souvent stériles) entre technophobes et technophiles, la place donnée à la technologie en France n'est pas à la hauteur de ce qu'on attend d'elle en termes d'innovation et donc de richesse et d'amélioration de la qualité de vie. Trop souvent, dans notre enseignement secondaire, la technologie est implicitement associée aux filières de sélection par l'échec. Paradoxalement, dans l'enseignement supérieur, ce point de vue s'inverse puisque les IUT et les écoles d'ingénieurs, en particulier, sélectionnent leurs élèves et pour certaines d'entre elles attirent les meilleurs d'une classe d'âge. L'offre globale de formation en matière de technologie apparaît significativement manquer de cohérence. S'agissant de l'offre de recherche technologique en direction des entreprises, la situation n'est pas vraiment meilleure. En effet, bon nombre d'organismes de recherche et d'universités ne revendiquent pas la recherche technologique. De surcroît, l'État a créé plusieurs structures extérieures aux établissements afin d'encourager les collaborations avec l'industrie (pôles de compétitivité, centres techniques, IRT, SATT ...). Comme pour la formation, l'offre de recherche technologique est complexe, peu lisible et dispersée. **Enfin, trop souvent dans l'inconscient collectif, la science en ce qu'elle est une explication permanente du monde serait plus noble et moins « dangereuse » que la technologie qui s'ingénie à le transformer.**

Dans cet environnement où de multiples mutations traversent et modifient notre système d'enseignement supérieur et de recherche, il nous est apparu judicieux de réfléchir à des **solutions pragmatiques et efficaces pour replacer la technologie dans une dynamique sociale positive.**

C'est dans cette perspective que le séminaire « Think Technology » a réuni le 7 février 2017 une quinzaine de professionnels nationaux et internationaux, académiques et industriels experts de différents domaines de la technologie.

Cette journée avait été précédée d'interviews réalisées et publiées par News Tank Higher Education & Research. Ce document rapporte et organise les constats et les propositions qui ont été formulés dans la perspective d'ouvrir une plus large réflexion sur cette thématique sensible pour l'avenir du pays et de son industrie.

Organisation de la matinée du 7 février 2017

- **Introduction** : [Paul Jacquet](#), Président IOTHER Consult

- **Conférence Introductive** :

Par [Yves Bréchet](#), Haut-commissaire à l'énergie atomique, membre de l'académie des sciences

- **Quelles formations pour la technologie ?**

Référent de la table ronde : [Christian Lerminiaux](#), Directeur de Chimie Paris Tech

Participants :

- [Horst Hippler](#), président de la HRK (Conférence des Recteurs d'universités allemande)
- [Jean-Michel Nicolle](#), Président de l'UGEI (Union des Grandes Écoles Indépendantes)
- [Hervé Riou](#), Président de l'UPSTI (Union des Professeurs de Sciences et Techniques Industrielles)

Animation : [Agnès Millet](#), News Tank

- **Quelle politique de recherche en technologie ?**

Référent de la table ronde : [Jean-Frédéric Clerc](#), directeur adjoint de CEA-Tech

Participants :

- [François Cansell](#), Président de la CDEFI (Conférence des Directeurs des Écoles Françaises d'Ingénieurs)
- [Agnès Paillard](#), Vice-présidente de EADS France (European Aeronautic Defence and Space), Présidente Aerospace Valley
- [Antoine Petit](#), Président directeur général de l'INRIA (Institut National de la Recherche en Informatique et Automatique)

Animation : [Julie Souvestre](#), News Tank

- **Vers une filière technologique française compétitive ?**

Référent de la table ronde : [Laurent Carraro](#), Directeur Général de l'ENSAM Paris Tech

Participants :

- [Bruno Grandjean](#), Président du directoire de Redex, président de la FIM (Fédération des Industries Mécaniques)
- [Philippe Jamet](#), Directeur général de l'IMT (Institut Mines Télécom), membre de l'académie des technologies
- [William-F Pralong](#), Delegate for QMS to the EPFL President

Animation : [Olivier Monod](#), News Tank

A- Conférence introductive : science et technologie, enseignement et recherche, sortir des oppositions stériles

Yves Bréchet, Haut-commissaire à l'énergie atomique, membre de l'Académie des Sciences

I – La situation

De toutes les maladies dont souffre notre pays, la plus profonde est le culte des oppositions simplistes. Nourri au lait de la rhétorique, opposant Corneille à Racine, il s'incarne dans le kaléidoscope infini des duos emblématiques : gauche/droite, grandes écoles/universités, PC/Mac, mer/montagne et Bourgogne/Bordeaux. Nous adorons entretenir le psychodrame du choix ! Alors que la progression dans les degrés du savoir, selon Jacques Maritain, suppose de « distinguer pour unir », il semble que les welches aient dans leur mécanique intellectuelle une propension naturelle à « opposer pour disjoindre ».

Or s'il est un domaine où ce réflexe est particulièrement contre-productif, c'est la formation de la jeunesse aux disciplines, aux démarches indispensables pour maîtriser les technologies de demain. La richesse du monde technologique contemporain, son emprise sur tous les domaines de la vie sociale, son contenu scientifique de plus en plus sophistiqué, la rapidité de son évolution, tous ces faits d'évidence nous conduisent, sous peine de n'être plus que les spectateurs de l'avenir, à repenser la dualité entre science et technologie, entre recherche et industrie, entre formation par cours magistraux et formation par apprentissage.

Repenser la dualité ne signifie pas la gommer, cela signifie l'assumer et la dépasser. Et en ayant garde de ne pas confondre, opposer ou subordonner les termes de l'alternative, nous accroître nos chances de former les ingénieurs de demain, au lieu de cloner les professeurs d'hier.

Penser la formation au mode de la technologie moderne nous conduit naturellement à réexaminer la dualité sciences fondamentales/sciences de l'ingénieur, pour comprendre ce que nous devons enseigner. Pour former les ingénieurs de demain, et les rendre capables d'anticiper les ruptures technologiques, il nous faut réexaminer les relations recherche publique/industrie, Et enfin, la dualité des méthodes d'enseignement, du cours magistral à l'apprentissage nous questionne sur le « comment » de nos formations.

« Quoi enseigner, Comment rester pertinent, Comment passer le message » sont les trois questions qui me serviront de fil rouge dans cette contribution. Comment distinguer sans opposer ni subordonner l'un à l'autre les éléments d'une alternative qui ont pleine légitimité dans le débat, à condition qu'elle ne pense pas en exclure l'autre...

II – Quoi enseigner : la dualité sciences fondamentales / sciences appliquées

Si on observe l'évolution de nos sociétés, l'action et le savoir scientifique sont de plus en plus entremêlés, ou au moins devraient l'être. Le contenu de savoir dans les objets industriels va croissant, les implications de la science dans la vie du citoyen sont de plus en plus prégnantes, et inversement la technicité des appareils scientifiques, leur gigantisme parfois, fait que la physique, la chimie, l'astrophysique, la biologie même sont impensables sans un support d'ingénierie sophistiqué. Si les motivations des sciences fondamentales (« comprendre pour comprendre ») et celles des sciences

appliquées (« comprendre pour faire ») sont distinctes, leur intrication est profonde et complexe : il ne saurait être question ni d'opposition ni de subordination de l'une à l'autre.

La relation entre le scientifique et l'ingénieur a considérablement évolué au cours du XX^{ème} siècle. Certes de tout temps il y a eu des scientifiques qui se sont intéressés aux problèmes d'ingénieur (il suffit de citer Euler et la stabilité des navires, Carnot et la puissance motrice du feu, Kelvin qui analyse l'électromagnétisme des milieux continus et s'implique directement dans la réalisation du premier câble transatlantique). La division entre les sciences pures et les sciences appliquées qui a présidé à la création de l'université allemande en héritière du siècle des lumières, a été théorisée par les frères Von Humboldt suivant quatre principes : éviter une spécialisation professionnelle trop précoce, lier la formation très étroitement à la recherche académique, respecter une liberté académique du professeur, et laisser totale liberté pour développer la connaissance comme une fin en soi. Cette vision des relations entre la science et ses applications n'a pas empêché une très grande variété de créateurs dans les domaines scientifiques et techniques de laisser leur trace dans l'histoire. On a coutume de distinguer trois « modèles » : Niels Bohr et la science comme une fin en soi, Thomas Edison et la maîtrise de la nature par l'industrie comme finalité, et enfin Louis Pasteur dont la carrière oscille entre les questions très fondamentales et celles motivées par les applications. Bien téméraire serait celui qui ferait une gradation entre d'aussi puissants génies !

Au sortir de la seconde guerre mondiale, le rapport Vannevar Bush (1944) popularisait une vision linéaire du développement scientifique et technique (vision qui est encore implicite dans les modèles actuels de TRL (Technical Readyness Level)). C'est cette vision qui est illustrée dans la figure 1. Deux principes fondamentaux sous-tendaient **le rapport Vannevar Bush** :

« A nation which depends on others for its new basic scientific knowledge will be slow in his industrial progress and weak in its competitive position in world trade »
« when coexisting without control, applied research invariably drives out pure »

Il en est résulté le modèle paradigmatique de "Bell labs" qui est énoncé dans la figure 1. Il nous est aujourd'hui facile d'ironiser sur ce modèle et les conseillers en organisation de tout poil ne s'en privent pas. Il n'est pas inutile de se rappeler qu'on doit à ce modèle la découverte du rayonnement fossile à 4K aussi bien que la découverte du transistor !



Figure 1 : le « modèle Bell Labs »

Le modèle "Bell labs" a volé en éclat dans les années 1980, et la vision actuelle des relations entre la recherche fondamentale et les applications est plus proche de celle montrée dans le « diagramme de Stokes » illustré par la figure 2.

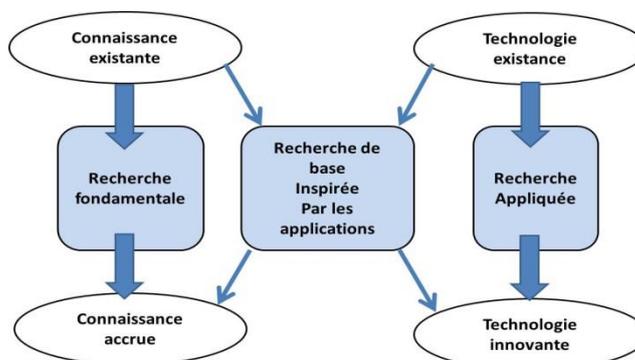


Figure2 : Le diagramme de Stokes

Dans ce diagramme, les relations entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée est plus riche qu'une simple relation de « question-réponse ». Les questions inspirées à la recherche de base à partir des problèmes applicatifs conduisent à la fois à une connaissance accrue et à des technologies innovantes.

III – Comment rester pertinent : la dualité recherche / industrie

Dans un monde en rapide évolution technologique, la formation des ingénieurs doit les mettre en état de « préparer le coup d'après ».

On peut déduire de cette exigence des évolutions souhaitables dans le corps enseignant... Cela suppose que le corps enseignant soit en prise directe avec la science au meilleur niveau, mais cela nécessite aussi qu'il soit en prise avec les préoccupations industrielles. Se dédouaner de cette double exigence en invitant des conférenciers industriels, ou en ayant des contrats de recherche avec l'industrie est insuffisant. Il me semble important pour le futur de notre industrie et de la formation de ses ingénieurs, que les enseignants chercheurs soient incités, voire encouragés à avoir une activité de consultant dans l'industrie, et que les ingénieurs de l'industrie puissent passer un jour par semaine en milieu académique. Dans l'état des choses, le professeur qui a une activité de consultant est tenu pour suspect, et l'industriel détaché dans un laboratoire académique y risque sa carrière. Il est indispensable de repenser le mode d'interaction entre le corps enseignant et les ingénieurs en activité dans le monde industriel.

Une deuxième direction d'évolution nécessaire concerne la relation entre les élèves et la connaissance en train de se construire. Je voudrais insister sur l'importance de l'esprit de recherche dans la formation des ingénieurs. La formation par les classes préparatoires et les écoles d'ingénieurs « classiques » prédispose à résoudre efficacement les problèmes bien posés, ceux dont les solutions existent déjà dans les livres. La formation par apprentissage, plus pragmatique, prédispose à tirer le bénéfice maximum de l'existant. Mais c'est la formation par la recherche qui apprend se confronter avec l'inconnu, à résoudre des problèmes dont les solutions n'existent pas dans les livres, et à bien poser ces problèmes dans un contexte de formation, avant d'avoir à le faire dans un contexte professionnel : la formation par la recherche apprend à la fois l'autonomie et le travail en équipe, la prise de risque et la maîtrise

des étapes d'un projet, l'abstraction et la familiarité trop souvent méprisée avec le travail manuel, la créativité et l'acculturation des expériences passées.

Dans les domaines à la pointe de la technique, la formation par la recherche est indispensable pour comprendre les avancées scientifiques et technologiques modernes. Elle est en prise directe avec l'innovation. Ce plaidoyer pour la formation par la recherche n'est pas nécessairement, exclusivement, un plaidoyer pour la thèse académique : c'est une des formules possibles. L'autre formule, hélas tombée en déshérence, est le Diplôme de Recherche et de Technologie : il se voulait l'équivalent du « Diplomarbeit » germanique qui, sur un problème concret d'origine technologique, poussait l'étudiant à expérimenter dans des laboratoires pendant une durée de 18 mois. Cette formation, qu'on n'a pas su acclimater en France, a permis à l'Allemagne de tisser des liens solides entre les laboratoires universitaires et les entreprises, notamment les PME et PMI de haute technologie. Plus que de certaines lubies dans les choix énergétiques, c'est de ce lien fort entre l'industrie et le milieu de la recherche que nous devrions nous inspirer. Cette formation mériterait une attention renouvelée.

IV – Quelle pédagogie ?

La tradition de la formation par les grandes écoles est héritière du mandarinat en Chine ancienne, qui recrutait une élite par des concours difficiles sur des sujets qui n'avaient que peu de rapport avec les compétences qu'elle allait devoir mettre en œuvre. Huxley suggérait qu'on aurait tout aussi bien pu sélectionner sur le grec, les mathématiques ou le sanskrit, l'élite sélectionnée eut été la même... Il recommandait d'ailleurs le sanskrit, voyant moins de dommage à ce que les élèves en soient dégoûtés plutôt que des mathématiques. Le prolongement naturel de ce type de formation était un enseignement très structuré, construisant les compétences mais laissant peu de place à l'exploration. La capacité d'abstraction et la faculté de travailler vite sur des problèmes bien posés, sont de grandes qualités, mais elles ne préparent, ni n'excluent, l'appréhension du réel qui est précisément l'apanage de l'ingénieur.

L'apprentissage nous vient d'une autre tradition, celle de l'artisanat technique, cette patiente élaboration du savoir à partir du savoir-faire, par l'observation de l'action, par immersion dans le milieu de l'homme de l'art. Cette tradition, c'est celle des tailleurs de pierre du Moyen-âge, qui faisaient leur tour de France pour apprendre les secrets de la taille du granit ou du polissage du grès. Petit-fils et arrière-petit-fils de tapissiers et de forgerons, je suis très sensible à la valeur de cette construction des connaissances par la pratique. La pédagogie de l'apprentissage, tout comme d'ailleurs sa forme « apprivoisée » dans le système classique, la pédagogie par projet, sont une façon d'appréhender le réel à bras le corps. Elle n'exclut pas la capacité de théoriser et de construire l'innovation par l'abstraction, mais elle est d'un autre ordre.

Il est facile d'ironiser sur les limites de ces deux formations : l'une serait incapable de faire « concret », l'autre incapable d'aller au-delà de la reproduction de l'existant. Je tiens ces critiques pour très superficielles et au fond assez injustes : elles témoignent surtout, chez ceux qui les tiennent, de leur grande ignorance de la variété du métier d'ingénieur. L'abstraction peut construire entre deux réalités des rapprochements inattendus ; la pratique peut faire émerger des similitudes génératrices d'innovation. On sent bien à quel point il importe que ces deux types de formation apprennent à travailler de concert.

Que ce soit par des « années de césure » ou par des « formations par alternance », ou par une pédagogie par projet venant en complément important du cours magistral, introduire dans la formation des ingénieurs une part d'apprentissage qui dépasse l'exercice un peu convenu des « stages », me semble une évolution indispensable. L'apprentissage a une vertu intrinsèque dans un

monde sur-informatisé où le coût d'accès à l'information est devenu minimal et la capacité à vérifier sa validité essentielle : on ne peut diminuer l'entropie de l'information disponible à satiété que par la comparaison directe avec le réel, ce qui est précisément l'atout maître de la formation par apprentissage. Par ailleurs, l'apprentissage a une vertu « sociale » : celle d'une assurance mutuelle, entre employeur et employé, d'une compatibilité réciproque. C'est particulièrement important quand il s'agit de former des ingénieurs pour les petites ou les moyennes entreprises.

V – Digression sur quelques questions de gouvernance

On le comprend bien, dans le panorama de la formation des ingénieurs que nous esquissons dans cette contribution, nous appelons de nos vœux un lien étroit entre la formation, la recherche et l'industrie. Ce lien est une évidence dans les pays anglo-saxons : les directeurs des instituts Fraunhofer en Allemagne ont une chaire à l'université, les grandes universités nord-américaines ont un « Board de gouverneurs » ou siègent les grands industriels, les organismes de recherche comme le FNRS en Belgique ou le Fonds de la recherche norvégien positionnent leurs chercheurs dans les laboratoires universitaires, les intégrant à terme dans le corps enseignant. La France a encore beaucoup de progrès à faire : les réformes successives de l'université renâclent à introduire dans les organes de gouvernance une proportion importante d'industriels. Il est intéressant de se rappeler que, dans l'esprit de Jean Perrin, le CNRS concernait les sciences et les techniques (tout comme d'ailleurs dans l'esprit initial du prix Nobel). Mais comme par atavisme, l'établissement s'est coulé dans le modèle hiérarchique de la classification d'Auguste Comte, tout en créant des « missions inter-truc », des « comités trans-machins ». De façon récurrente le dynamisme des chercheurs des sciences appliquées fait apparaître un département des sciences de l'ingénieur qui de façon tout aussi automatique est phagocyté par le système. La nécessité d'un couplage fort avec l'enseignement transparait dans la formation des UMR, mais l'implication des chercheurs dans l'enseignement n'est qu'à la marge. Le couplage fort avec l'industrie existe dans des laboratoires mixtes, mais malgré leur succès et leur qualité, ces derniers demeurent des points singuliers. Si l'on regarde une autre grande institution de recherche, le CEA, la position des sciences de l'ingénieur y est centrale, la logique qui va de la science fondamentale à l'industrie est dans l'ADN de l'établissement, mais son implication dans l'enseignement est minime, elle se fait presque en contrebande !

Il est clair que le système français d'enseignement et de recherche ne pourra s'adapter aux exigences nouvelles de la technologie et de l'industrie sans repenser en profondeur son mode d'interaction entre recherche, formation et industrie, et son mode de gouvernance des organismes académiques. Les organismes de recherche comme le CNRS et le CEA peuvent jouer un rôle de moteur ou de frein, suivant qu'ils comprendront ou non d'une part qu'Auguste Comte est mort fou à lier et d'autre part que le véritable transfert technologique est un transfert d'une personne que l'on a formée.

VI - Conclusion

Le prince n'a jamais été vraiment philosophe, mais il fut un temps où Edison était à la fois le génial inventeur que l'on sait, et le grand capitaine de l'industrie. Nous vivons le paradoxe suivant : plus notre industrie dépend de connaissances scientifiques très avancées, plus notre vie de citoyen dépend de technologies de pointe (pour l'énergie, pour le transport, pour la santé), et moins nos dirigeants sont les acteurs directs de cette innovation scientifique et technique. De telle sorte que les tentations d'antan, la fascination pour la prouesse technique au mépris de sa pertinence économique, ou le saint-simonisme comme mode de gouvernement, cèdent le pas aujourd'hui devant des dangers tout aussi inquiétants, liés à l'ignorance, ou pire, à la connaissance superficielle de la science moderne. La fascination du court terme dans le monde industriel, et l'idée délétère qu'on amorce qu'on peut arrêter,

puis reprendre un processus d'innovation comme on allume et on éteint une lampe, est mortelle pour tout processus de création technologique.

Il ne manque jamais dans les salons, d'athlètes complets de la cuistrerie qui s'imaginent qu'on sait bien assez de science quand dans sa (lointaine) jeunesse on a aligné quelques pages de calcul. Il s'en trouve d'autres mondains qui verraient bien un « ingénieur plante verte » qui aurait comme par osmose, tous les savoirs, le « savoir être », le « savoir paraître », le « savoir communiquer », le « savoir convaincre », que sais-je encore, tous absolument sauf le « savoir » et le « savoir-faire ». Et les mêmes bavards ineptes de dissenter à perte de vue « d'innovation » et de création de valeurs, quand ils n'ont jamais rien produit d'autre que des gadgets et des acrobaties comptables. Il est urgent de prendre conscience que notre industrie sera basée sur l'innovation ou ne sera pas, et que le terreau de l'innovation est un socle de connaissances fondamentales fertilisé par l'engrais des savoirs faire étriés par le fleuve des besoins du marché. Tout divorce dans cette triade, nous privera des fruits de l'innovation technologique.

Si nous souhaitons rester (ou redevenir ?) acteurs de l'innovation technologique, nous nous devons de repenser en profondeur notre système de formation des ingénieurs, d'accroître la porosité des frontières entre le milieu académique et l'industrie, d'associer intimement l'enseignement magistral, la créativité par projet, et la confrontation au réel par l'apprentissage. Ces réformes de fond sont indispensables, elles sont urgentes, elles sont autrement plus importantes que la réalisation des mastodontes administratifs générés par la fascination mortifère du classement de Shanghai : elles vont au cœur du problème, et si nous ne nous mettons pas rapidement en marche, nous serons au mieux les épiciers du progrès au lieu d'en être les bâtisseurs.

B – Vers une offre structurée de formation d'excellence

I – Vers une éducation technologique performante ancrée dans une représentation sociale porteuse

Ce thème a principalement été traité par Philippe Jamet dans la table ronde finale. Cependant, plusieurs participants aux deux tables rondes préparatoires l'ont évoqué : en particulier dans la table ronde consacrée à la formation (Christian Lermينياux, Hervé Riou, ainsi que Bruno Grandjean et Jean-Michel Nicolle), et dans celle relative à la recherche.

Philippe Jamet place la représentation sociale comme déterminante pour la performance de l'éducation et de la recherche technologiques. Il constate par ailleurs que l'enseignement supérieur technologique ne peut pas être considéré de manière isolée. C'est une composante d'un écosystème intégrant l'ensemble de la chaîne éducative, et de plus, tout écosystème a besoin d'un environnement favorable pour prospérer. En d'autres termes, une haute culture et une recherche technologiques peuvent opérer un effet de « *tirage sur le système* », mais elles ne peuvent vivre « *hors sol* ». **Or, le constat de Philippe Jamet est que l'environnement social, culturel, voire idéologique en France n'est guère porteur pour la technologie.** Il l'est moins en tous cas qu'en Allemagne ou aux USA, pays de référence dans ce domaine, ni même par exemple qu'en Corée du Sud ou qu'en Suisse. Dans ces pays, la technologie est valorisée et placée au centre de la machine économique. Il existe de ce fait beaucoup d'emplois « intermédiaires », avec une chaîne de diplomation et de qualification plus déployée qu'en France. D'une autre manière, Christian Lermينياux a souligné dans son introduction : « *La technologie est ce que l'on fait quand on ne s'oriente pas vers des études générales. Elle est associée au baccalauréat technologique et, par extension, à la technique. Or, en France, il est noble de comprendre mais très vulgaire de faire* ».

Concernant notre pays ce constat est formulé par plusieurs des intervenants.

Tout d'abord, les paradigmes éducatifs de la France sont assez particuliers et très ancrés. Ils peuvent se décrire selon trois volets qui « font système ». Le premier est la **préférence pour les études longues**. La fuite en avant vers le grade de master ou la poursuite d'études massive des DUT en sont l'illustration. Le second est le **prestige abusif accordé aux études « générales »**, souvent « décorrélé » de l'employabilité. Ce phénomène est particulièrement présent dans l'enseignement supérieur, qui privilégie « l'intellectuel ». Le troisième est d'une façon générale une **faible valorisation des métiers** (hormis pour ceux de la santé et du droit et bien sûr ceux de l'ingénierie et du management), même au niveau supérieur.

En second lieu, dans un système éducatif technologique à deux vitesses, le mot « technologie » est plutôt valorisant dans l'enseignement supérieur long et sélectif. Les écoles d'ingénieurs en sont l'exemple emblématique, elles bénéficient d'une forte reconnaissance sociale. Par contre, il est plutôt dévalorisant dans l'infra bac – ce point est largement développé par Hervé Riou (voir B II), et aux niveaux initiaux de qualification. Là, le mot technologie est synonyme de « technique/professionnel » et l'on s'attend à ce qu'il ne concerne que les élèves décrocheurs, qui trouveraient ainsi un rattrapage. Jean-Michel Nicolle relève ainsi le « paradoxe de la filière scientifique et technique qui est à la fois plébiscitée mais qui souffre malgré tout d'un déficit d'image ». Il faut enfin ajouter qu'entre les deux niveaux, le supérieur court s'achemine de plus en plus vers le long, comme l'illustrent les IUT. Ces derniers pratiquent une sélection, s'adressent volontiers à des bacheliers généraux – même si des quotas sont en cours de mise en place – beaucoup de leurs diplômés visent directement des poursuites d'études plutôt que de se présenter directement sur le marché du travail.

Le déficit de profils technologiques adaptés aux PME/ETI en est une conséquence mise en évidence par Bruno Grandjean et également par Philippe Jamet. En homme d'entreprise, Bruno Grandjean indique que le pays a besoin de **technologues « technophiles » et « adaptables »**. Il en fait une des clés d'un « rebond français ». Philippe Jamet déplore quant à lui que « *le technologique* » soit le parent pauvre des politiques : « **soit qu'il peut se débrouiller seul dans « la partie haute », soit qu'il est instrumentalisé dans « la partie basse »** ».

En contrepoint de ces constats largement convergents, que faire ?

Philippe Jamet préconise une réforme globale de l'enseignement de la technologie qui intègre une évolution de la représentation sociale de la réussite et de la valeur de l'éducation. Jean-Michel Nicolle avait d'ailleurs fait remarquer que presque toutes les formations supérieures devraient être perçues comme technologiques dans une certaine mesure. Il a ajouté qu'à cet égard la « formation à l'entreprise » devait devenir incontournable car pour lui, les innovations éclosent pour une large part au sein de l'entreprise. Concrètement, des pistes ont été proposées par plusieurs intervenants :

- Hervé Riou pour le secondaire,
- Philippe Jamet et Bruno Grandjean pour le supérieur qui plaident pour l'affirmation du niveau *Bachelor*, au sein d'une filière technologique supérieure cohérente (question qui fait l'objet du D III).

Au plan institutionnel enfin, l'intervention de William Pralong (reproduite in extenso en D II) a fait penser à nombre de participants que décidément, pour réussir cette difficile évolution, difficile parce qu'elle nécessitera une puissante pédagogie sociale, notre pays devrait faire émerger un certain nombre de grands établissements technologiques comparables à l'EPFL. Ces institutions seraient autant de phares éclairant l'excellence dont doit être porteur ce paradigme technologique.

II – Quelles évolutions dans le secondaire ?

Une partie des interventions et des échanges a également porté sur la place de la technologie dans l'enseignement secondaire, voire primaire tant le bagage des bacheliers est déterminant pour l'enseignement supérieur.

Hervé Riou, Jean-Michel Nicolle, Horst Hippler et Philippe Jamet ont tous insistés à leur manière sur ce sujet.

Hervé Riou fait d'emblée la remarque suivante : « *...quand les journalistes évoquent le début du bac en juin, ils passent sous silence le fait que les épreuves dans la filière technologique ont commencé depuis la mi-mai* ».

Il constate que la formation scientifique n'est en général vue qu'à travers le bac S et l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques. Ainsi personne ne parle de la filière STI2D (Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable). Sa critique rejoint implicitement celles formulées par de larges secteurs de l'enseignement supérieur contre l'évolution des programmes de sciences en filière S. De plus, la spécialité SI de cette filière attire moins de 20 % des élèves de terminale. Cette situation n'est pas spécifiquement française. Horst Hippler pointe également la baisse de niveau en mathématiques en Allemagne au sortir du *Gymnasium*.

Le rapport des jeunes à la technologie a pourtant beaucoup évolué, elle est devenue d'un usage quotidien via les smartphones, drones, voitures autonomes, robots de toutes sortes y compris auxiliaires médicaux... Ce point est relevé avec force par Hervé Riou et par Philippe Jamet. De ce fait,

les jeunes manipulent des objets technologiques qui sont riches de différents contenus scientifiques. Ce sont autant de références pédagogiques disponibles pour les enseignements correspondants.

Hervé Riou présente également trois constats axés sur l'enseignement et la pédagogie.

1. **« Le rapport au savoir a considérablement changé. Toutes les connaissances sont disponibles facilement, immédiatement »**. Cela diminue évidemment le besoin de mémorisation et de savoir-faire individuel. Mais le défi est alors de savoir choisir, trier des données et critiquer, aptitudes que les bacheliers ne semblent guère posséder à leur arrivée dans le supérieur. Or l'enseignement de la technologie est un vecteur puissant pour cela.
2. **« Les élèves développent moins de capacités calculatoires qu'auparavant »**. C'est un fait unanimement constaté par les enseignants tant pour le calcul numérique que pour le calcul formel. Hervé Riou constate d'ailleurs que les enseignants s'appuient davantage sur des logiciels toujours plus puissants et disponibles pour les deux types de calcul.
3. **« Le type d'activité pédagogique proposé aux élèves est un élément fondamental de leur motivation »**. Hervé Riou insiste sur le développement actuel de la pédagogie par projet, avec un travail en équipe et des répartitions de rôles pour résoudre un problème. Dans cette pédagogie la fonction de l'enseignant reste fondamentale, elle est cependant profondément modifiée. Il remarque que cette révolution est la plus avancée dans les matières dites technologiques, en particulier dans la filière STI2D.

Dans la deuxième partie de son intervention, Hervé Riou avance plusieurs recommandations.

- a. **« Comblé le trou ouvert en classe de seconde »**. En effet, si la démarche technologique est désormais plus présente en primaire et dans une certaine mesure en 1^{ère} et en terminale, elle a disparu de la classe de seconde depuis la dernière réforme. Il convient de revenir d'urgence sur cette évolution particulièrement malencontreuse qui risque de minorer encore davantage l'accès à la spécialité SI de la filière S.
- b. **« Privilégier les objets d'échelle humaine pour l'étude des sciences »**. L'enseignement des sciences a fini par trop se concentrer sur les très petites échelles (molécule) et sur les très grandes (cosmos), devant se limiter ainsi à devenir essentiellement descriptif, « littéraire » comme le disent les détracteurs de la réforme. De ce fait et sans doute paradoxalement, les sciences sont jugées « difficiles » car « abstraites » au sens où elles ne peuvent relier les connaissances proposées à leur environnement sensible. Hervé Riou indique qu'il faudrait donc considérer davantage certains objets de la technologie d'aujourd'hui pour aborder les sciences. Philippe Jamet prône également à tous les niveaux une « pédagogie par l'usage » et par la pratique, en profitant notamment des possibilités paraissant illimitées des « fablab ».
- c. **« Changer le mode d'évaluation des élèves »**. Il s'agit de passer d'une évaluation exclusivement individuelle, à une évaluation plus collective au sens où la performance d'un élève est estimée en fonction d'un travail de groupe. C'est la résultante d'une pédagogie par projet.
- d. **« Changer en France le regard qui est porté sur la technologie »**. Plusieurs intervenants ont soulevé cette nécessaire orientation : Philippe Jamet en a fait le cœur de son exposé, Hervé Riou quant à lui remarque que le mot « technologie » dans le secondaire ne réussit pas mieux que « technique » qu'il a supplanté avec une intention pourtant valorisante. Le terme « Science » domine l'imaginaire des français, qui continuent à penser à la filière S pour la

formation scientifique au Lycée, alors qu'il est bien possible que la filière STI2D soit finalement devenue plus « scientifique ».

- e. « **Disposer de plus de décideurs politiques compétents en technologie** ». Cette proposition d'Hervé Riou, est implicitement celle de Philippe Jamet, de Jean-Michel Nicolle et des trois référents. Le monde politique ne possède pratiquement aucun spécialiste de ce domaine, ni en son sein, ni même parmi ses collaborateurs immédiats. À cet égard, Hervé Riou propose que la composition des cabinets ministériels évolue profondément en ce sens.

III- Enseignement supérieur : Bachelors, Ingénieurs, Diplômes de Recherche Technologique

Les intervenants se sont d'abord accordés pour rappeler combien notre dispositif de formations d'ingénieurs – par sa qualité et ses spécificités – a conditionné le développement économique de notre pays à l'époque des Trente glorieuses. Celui-ci répondait parfaitement à un besoin de constitution d'une élite peu nombreuse et des modèles d'organisation industrielle très pyramidaux. Aujourd'hui, les ingénieurs français restent très convoités sur le marché mondial, cependant l'évolution des entreprises et la concurrence exacerbée autour des questions d'innovation conduisent à l'émergence de nouveaux profils.

Dans cet ordre d'idées, l'Allemagne, dans le cadre du programme industrie 4.0, a mis en place des formations de « technologues de la production » qui ont la capacité de piloter, gérer, maintenir les systèmes de production dans un environnement marqué par le numérique. Ces formations conduisent à un niveau de technicien supérieur avec un spectre d'activités très large, à l'instar des formations d'ingénieurs françaises adaptées au marché aval que sont les entreprises. Côté marché amont, c'est-à-dire des jeunes entrants, l'importante réforme du baccalauréat technologique amène vers l'enseignement supérieur de nouveaux publics étudiants, souhaitant des **débouchés professionnels solides et rapides**. De ce point de vue, **la constitution d'une offre de formation au niveau L, orientée vers les nouveaux modèles de production et à spectre large** – contrairement aux formations de techniciens et aux licences professionnelles existantes – **semble très adaptée aux besoins du marché et de la société**. Cette proposition a bien sûr été celle de Laurent Carraro, qui a mis en place aux Arts et Métiers une formation de ce type sous la dénomination « Bachelor ».

Bruno Grandjean a lui-même déclaré avec force que « **le Bac+3 est le bon niveau pour l'industrie** ». Quant à lui Philippe Jamet, a indiqué que « *le bachelor devait être la licence pro des grandes écoles* » et par ailleurs, ne doit pas être une voie d'accès systématique vers le master.

A l'autre extrémité du spectre, Laurent Carraro constate que **les ingénieurs français ne sont pas suffisamment en lien avec l'environnement de la recherche et de l'innovation**. Ils hésitent souvent à s'engager dans la préparation d'une thèse de doctorat qui ne sera pas valorisée à un bon niveau par les entreprises et qui n'attire qu'exceptionnellement les PME et les ETI.

Face à cette situation, plusieurs intervenants (Christian Lermieux et aussi les participants à la table ronde « Recherche ») ont fait remarquer que **l'émergence d'une formation analogue à l'ancien Diplôme de Recherche Technologique semble très pertinente**. Il s'agirait de proposer à toutes les catégories d'entreprises un projet de recherche technologique à échéance courte (18 mois). Cette formation offre aux élèves-ingénieurs, ou aux étudiants de master, une possibilité de projet de recherche et d'innovation intégrant leur stage de fin d'études, donc complétant leur formation d'une durée de 1 an. **Cette formation favoriserait le lien entre le milieu universitaire et les entreprises de toutes tailles tout en sensibilisant – à travers une expérience dans la durée – de très nombreux ingénieurs à l'innovation**.

C – Pour un lien renforcé entre deux mondes : formation/recherche et industrie

I – Repenser le mode d'interaction entre le corps enseignant et l'entreprise

Pour renouveler la perception de la technologie auprès des élèves et dans la société, Yves Bréchet préconise de repenser complètement la relation entre les enseignants et les industriels, c'est à dire les femmes et les hommes d'entreprise. Ce « facteur humain » a également été souligné par Bruno Grandjean et Horst Hippler.

Selon un principe énoncé par presque tous les intervenants à un moment ou à un autre, cette problématique doit être traitée dans toute la chaîne éducative. À cet égard, Yves Bréchet a fait les observations suivantes :

- Au niveau de l'enseignement primaire puis secondaire, cette relation est quasi inexistante : rares sont les enseignants qui ont eu une expérience industrielle et plus rares encore les industriels qui ont eu une expérience d'enseignants dans le primaire ou au collège. **C'est pourtant là que doit se recréer le vivier des vocations : des visites d'usine, des interventions dans les écoles, des journées portes ouvertes pour les enseignants doivent permettre de recréer cette familiarité avec le « faire ».** Les tracasseries administratives qui découragent les enseignants de bonne volonté devraient être réduites au minimum.
- Au niveau de l'enseignement supérieur, la recherche sert de passerelle entre l'enseignement et l'industrie. **Il faudrait résolument encourager, y compris financièrement, les actions concrètes qui correspondent à un engagement personnel :** les activités de consultants industriels devraient être favorisées au lieu d'être toujours l'objet de soupçons, les postes à mi-temps (tels les PAST) entre l'industrie et l'enseignement supérieur, les chaires industrielles, les détachements qui devraient être un accélérateur de carrière et non un handicap.

Il serait nécessaire de prendre des mesures vigoureuses pour que la connaissance mutuelle de ces deux mondes dans le primaire et le collège, et la collaboration active et personnalisée dans le supérieur, deviennent un mode de fonctionnement usuel, alors qu'elles sont aujourd'hui l'exception plus ou moins assumée. La fierté de contribuer à l'avancée technologique du pays ne pourra se reconstruire qu'en encourageant le corps enseignant à s'impliquer de façon plus proactive.

Lors de la table-ronde « Formation », Christian Lerminiaux a quant à lui suggéré qu'il serait utile de faire appel aux enseignants de « Sciences » pour prendre en charge une partie de l'enseignement « technologique », dans le but d'associer les deux de façon explicite. Ainsi, la formation technologique sera tout autant de « comprendre que de faire ».

II. – Vers une interaction renouvelée entre recherche technologique et industrie

Ce thème a été un des points centraux de la table ronde consacrée à la recherche, et il a été également traité lors de la synthèse. D'emblée, Jean-Frédéric Clerc a posé que **« le fondement même d'une politique de recherche en technologie est le développement d'une recherche en lien avec le monde industriel ».** Les résultats de la recherche française doivent en premier lieu profiter aux milieux socio-économiques français, au lieu d'être exploités d'abord à l'étranger, comme c'est parfois le cas aujourd'hui. Il a alors proposé à la table ronde d'identifier les raisons de cette situation.

Il en pointe lui-même une première qui l'impute au **manque de visibilité, en France, de la chaîne formation/recherche technologique/industrie**. Cette chaîne existe dans tous les pays, mais sa visibilité est très différente d'un pays à l'autre. Par exemple, en Allemagne, la relation historique entre le monde industriel et la recherche est ancienne, ancrée dans la culture. Des universités n'hésitent pas à affirmer leur caractère technologique, et les centres de recherche technologique comme les Fraunhofer expriment fortement leur identité, alors qu'en France, cette visibilité est bien moindre.

Selon Agnès Paillard, une seconde raison tient à la complexité du système de recherche français, résultat d'un excès de bureaucratie et d'un foisonnement de nouveaux outils. **« Les structures de recherche en France ont été démultipliées, et les guichets aussi, ce qui rend le paysage confus, aussi bien pour les entreprises qui ne comprennent pas toujours bien comment il fonctionne, que pour les opérateurs publics eux-mêmes »**.

A sa suite, Antoine Petit, relève la faiblesse du financement direct par l'industrie de la recherche technologique française. Les entreprises françaises, les PME en particulier, ont grand besoin d'innovation pour la montée en gamme de leurs produits, mais n'ont pas toujours les ressources financières suffisantes pour financer directement cette recherche. D'où un recours au financement public, qui peut mener à des dérives. **Cette situation contraste avec l'approche de certains grands groupes étrangers. En effet, ces derniers font appel à la recherche publique française en admettant très bien que la recherche a un coût, qu'ils sont disposés à couvrir directement et complètement.**

L'ensemble des participants s'est ensuite posé la question d'une possibilité d'évolution dans notre pays. Jean-Frédéric Clerc pose ainsi la question : **« Avons-nous en France la volonté et les ingrédients pour mettre en place une politique de recherche technologique aux standards internationaux ? »**

Dans l'ensemble les participants estiment que la volonté est là. En témoignent l'évolution des mentalités de la communauté des enseignants chercheurs, et l'appétence des jeunes chercheurs pour travailler avec le monde industriel, en particulier pour créer des start-ups. **Mettre l'excellence scientifique au service du transfert technologique et de la société, ce qui aurait été inimaginable voici 30 ans, est culturellement devenu possible.**

En matière de compétences, tous les ingrédients sont là sans conteste. On peut compter, en matière de formation, sur les groupements de grandes écoles et sur nombre d'universités qui ont le potentiel d'être de grandes universités technologiques de rang mondial, même si elles hésitent à se déclarer comme telles. On peut compter, en matière de recherche appliquée, sur des organismes puissants comme l'INRIA dans le domaine du logiciel et le CEA qui a été reconnu n°1 dans le monde au niveau de l'innovation au classement Reuters en 2016. On peut enfin compter sur des écosystèmes industriels de très haute technologie. Un exemple régional, parmi d'autres, que François Cansell a pu détailler un peu plus est celui du site de Bordeaux. Il réunit tous les ingrédients précités : Université de Bordeaux et Bordeaux INP en ce qui concerne la formation et la recherche, CEATech et INRIA notamment en ce qui concerne la recherche, et Aerospace Valley, autant d'acteurs qui travaillent déjà harmonieusement ensemble.

Pour finir quelques pistes concrètes sont évoquées en fin de la table ronde « Recherche ». Elles concernent la formation et la place centrale des étudiants, en particulier l'accent a été mis sur la formation à Bac + 3 et le DRT qu'il faudrait réhabiliter.

D – Vers un Enseignement Supérieur et une Recherche technologiques plus compétitifs

I – Placer l'étudiant au centre du triptyque : formation, recherche, industrie

Plusieurs interventions ont mis en évidence, sous des formes différentes, un double constat :

- D'une part, le manque de visibilité et d'attractivité de la technologie chez les jeunes et plus généralement dans la société.
- D'autre part, la nécessaire adaptation de cursus technologiques aux réalités industrielles et sociales de notre époque afin de les rendre plus attractifs.

Ces deux sujets sont évidemment liés. L'importance de la technologie dans notre enseignement secondaire a été soulignée, qu'en est-il des formations professionnalisantes post-bac ?

La formation d'un étudiant qui s'engage dans un cursus technologique post-bac doit se situer au croisement :

- **De l'acquisition de connaissances dans certaines disciplines de base. Ces connaissances sont ici considérées comme utiles au développement de la technologie et pas nécessairement comme une fin en soi.** Elles peuvent être acquises via des enseignements traditionnels, éventuellement médiatisés grâce aux nouvelles technologies numériques. On sait également qu'elles sont durablement assimilées lorsque leur utilisation apparaît indispensable à la réalisation d'un projet et qu'elles font alors l'objet d'une recherche personnelle.
- **D'une forme de compagnonnage au sein de laboratoires dont l'activité est principalement orientée vers la recherche finalisée,** et également de la réalisation de projets au sein de structures ouvertes et pluridisciplinaires (open innovation center, fablab, ...). Cette immersion dans ces deux environnements est sans doute la meilleure façon de préparer de futurs ingénieurs **innovants, responsables et autonomes.**
- **De la connaissance intime de la réalité de l'entreprise et de son environnement mondialisé.** Cette ouverture est un complément indispensable à une formation académique. Par des stages de formes très variées, elle permet à l'étudiant d'être mieux préparé aux aspects économiques, juridiques et sociaux de la technologie ainsi qu'à l'entrepreneuriat.

La synergie entre ces trois types de cursus contribuera à former des étudiants d'un excellent niveau technique et scientifique, autonomes, entreprenants et au fait de la réalité du travail et de son environnement.

Pour offrir ce type de biotope, il est nécessaire de disposer d'établissements qui non seulement osent mettre la technologie au premier plan, sans pour autant faire l'impasse sur les sciences de base, mais qui sauront s'engager dans de grands projets à fort impact sociétal. De tels établissements existent en Europe, aux USA et en Asie, ils occupent d'ailleurs la plupart du temps de très bonnes places dans les classements internationaux. Le paragraphe suivant décrit les principales caractéristiques que devraient posséder ces établissements, et la façon dont on pourrait les créer, en France, par transformation de l'existant.

Dans son cadrage de la table ronde finale, Laurent Carraro a d'abord rappelé les dualités singulières du dispositif français d'ESR : « *grandes écoles/universités, formation/recherche, science fondamentale/science appliquée, formation initiale/FTLV, ...* ». Il constate que la conjonction de la loi de 2013 et d'une certaine instrumentalisation du PIA n'a pas pour l'instant fait émerger la possibilité de grands établissements technologiques. Au contraire, tout en se réclamant abusivement d'un modèle mondial « d'universités » plus ou moins fantasmé, cette conjonction a poussé à la création, selon un modèle uniforme sur tout le territoire national, de mastodontes hétérogènes difficiles à piloter et dont la valeur ajoutée est de plus en plus remise en question.

Ensuite, Laurent Carraro a énoncé deux conditions d'ordre socioculturel nécessaires à l'émergence d'établissements technologiques de référence, conditions d'ailleurs évoquées à nouveau ensuite par Philippe Jamet, tout comme elles avaient été évoquées du point de vue d'un industriel par Bruno Grandjean auparavant.

Première condition : affirmation de l'égalité de la science et de la technologie. Une publication et un brevet ont même importance, et ces deux attitudes doivent se féconder mutuellement. Les trois siècles passés ont montré cette fertilisation, certains acteurs la portant d'ailleurs en eux-mêmes.

Deuxième condition : promotion d'une offre structurée de formation technologique d'excellence, du collège au doctorat. Cette offre doit être visible par les jeunes et les familles, être largement ouverte sur la société, caractérisée notamment par des allers et retours entre périodes de formation et périodes professionnelles dans l'entreprise. A cet égard l'expression « filière » de formation doit sans doute être évitée, compte tenu de l'image surannée qu'elle véhicule.

Dans un second temps, Laurent Carraro a esquissé les caractéristiques d'établissements qui devraient être leaders, par leur rayonnement international et leur dynamique au service du développement économique. Avant de les évoquer, et pour être concret, il est bon de lire d'abord le texte que William Pralong a bien voulu fournir, texte ayant fondé le témoignage qu'il a livré lors de son intervention à la table ronde finale. Il nous a parlé d'un « ailleurs si près, si loin ». L'intervention a en effet porté sur la façon dont Patrick Aebischer, qui a présidé pendant plus de quinze ans aux destinées de l'École Polytechnique de Lausanne (EPFL), a voulu et a pu transformer cette honorable École supérieure vaudoise en institution à visibilité internationale. Ce texte est reproduit *in extenso* ci-dessous.

II – La mutation de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

William F. Pralong Délégué pour la Qualité auprès du Président

La formidable évolution de l'EPFL expérimentée durant les 16 dernières années trouve son explication dans la mise en œuvre d'une vision ambitieuse développée par son Président Patrick Aebischer et l'extraordinaire activité et créativité qu'il a su insuffler à son équipe pour doter son école de standards compétitifs à un niveau international avec un campus vivant, où il fait plaisir d'y travailler, et dont on est fier.

Contexte

Originellement la mission confiée en 2000 au nouveau président de l'EPFL par le conseil des écoles polytechniques fédérales consistait en premier lieu à insérer au sein d'une école d'ingénierie

classique, les sciences et technologies du vivant et la bio ingénierie. Le but recherché était de mieux valoriser l'excellence de la recherche fondamentale universitaire existante dans les centres de recherche publique et industrielle situés au sein de l'Arc lémanique. Cet objectif s'intégrait à la fois dans un mouvement de rationalisation et de mise en synergie de ressources universitaires allouées par l'Etat et les cantons, tout en donnant une impulsion à la communauté académique afin de favoriser une recherche biomédicale translationnelle devant permettre un développement industriel nouveau pour la région dans un domaine à forte valeur ajoutée.

Stratégie de réforme et mise en œuvre

Avec pour benchmark l'école polytechnique de Zürich dont la réputation et la qualité étaient déjà établies de longue date, le président Aebischer a opté d'emblée pour l'EPFL pour une gouvernance propre aux grandes universités américaines, système qu'il avait lui-même expérimenté durant plus de 10 années. Ce choix s'explique pour les raisons suivantes : le système américain, au contraire de celui en vigueur dans la majorité des universités soutenues par l'Etat en Europe, est accoutumé à des exigences d'excellence et de compétition, et où la méritocratie règne. De fait, celui-ci se base pour sa gouvernance sur des indicateurs de performance qui offre à l'institution un moyen de benchmark et l'assure de délivrer une qualité scientifique compétitive tout en atteignant des objectifs d'impact positifs sur la société. De plus, celui-ci possède une dimension entrepreneuriale dont la force de frappe est évidente.

Afin d'entreprendre une telle refonte à l'EPFL, la nouvelle direction a dû assumer une prise de risque certaine. Cependant, le fait de pouvoir compter sur un atout non-négligeable propre au système académique européen offrant une garantie par l'Etat d'un financement de base solide pour l'enseignement et la recherche fondamentale, ce risque était acceptable pour entreprendre la mutation souhaitée. La stratégie ainsi retenue représente dans une certaine mesure une synthèse du meilleur des deux systèmes. Ce choix devait s'avérer non seulement étonnant mais détonant car il a soulevé d'emblée une résistance importante auprès de certains membres de l'institution y compris parmi les instances dirigeantes et autres partenaires du domaine des écoles polytechniques fédérales

Réorganisation de l'institution et renouvellement académique

De par le large niveau d'autonomie conféré en Suisse au président d'une école polytechnique pour l'accomplissement de son mandat, d'importantes réformes organisationnelles de l'école ont pu être immédiatement entreprises. Parmi les réformes essentielles qui ont permis d'initier la refonte et l'évolution étonnante de l'EPFL voici quelques points centraux à retenir:

A) Dissolution des départements et création de facultés dotées d'une autonomie importante.

Dans un premier temps, afin de rompre l'organisation en silos des différents départements et de favoriser les synergies interdisciplinaires des groupes de recherche, de nouvelles facultés les ont remplacés. Celles-ci ont été organisées en regroupant les instituts et laboratoires selon des thématiques de discipline propices à l'interdisciplinarité aussi bien pour la recherche que pour l'enseignement. La nouvelle faculté des Sciences de la Vie a d'ailleurs été créée et organisée selon ce même modèle.

B) Rôle clef confié aux nouveaux doyens de faculté

Afin d'atteindre les objectifs qu'elle s'était fixés, la direction de l'EPFL a nommé à la tête des facultés des doyens éminents dont certains ont été recrutés spécifiquement à l'international. Ceux-ci devaient disposer d'une haute réputation scientifique doublée d'une expérience académique américaine significative dans l'une des meilleures universités technologiques. Les doyens de faculté ont été les fers de lance pour la mise en place et la diffusion de la nouvelle culture recherchée, non seulement dans la promotion de nouveaux standards quant au positionnement stratégique des axes

de recherche et d'enseignement de leurs facultés, mais surtout pour les processus de recrutement et de promotions des professeurs. Enfin, de par leur réputation scientifique et leurs solides réseaux académiques au sein d'universités prestigieuses à l'international, ceux-ci ont permis d'attirer des candidats de grande qualité correspondant aux standards recherchés.

La mise en place de tels processus associés à des conditions d'engagement très compétitives a été un élément clef initiant le cercle vertueux qui a sans aucun doute permis à l'EPFL d'établir l'excellence de son repositionnement et son attractivité actuelle.

C) *Mise en place d'un système de professeurs-assistants "Tenure Track"*

La mise en place d'un système « Tenure Track » à l'EPFL a été motivée par les raisons suivantes. La possibilité de recruter de jeunes talents très prometteurs à qui l'on donne la possibilité de développer une recherche indépendante et de prouver leurs performances académiques durant une période de 6 à 8 ans, a permis aux meilleurs instituts de technologies américains de se doter d'un potentiel d'innovation remarquable et d'un moyen formidable de renouvellement académique. Simultanément, un tel système permet de promouvoir une culture de compétitivité, dirigée non pas au sein de l'institution mais bien vers l'extérieur et à l'international. Le fait qu'un tel programme permette de récompenser les meilleurs candidats par une offre de stabilisation (« Tenure »), redéfinit de façon transparente les conditions donnant une perspective de carrière académique. Cette approche étant basée essentiellement sur le mérite, elle est, par définition, sensée attirer les meilleurs éléments.

Un tel système comporte cependant certains risques et nécessite à la fois le respect de certains principes établissant de façon transparente les règles du jeu, et un « mentoring » actif des professeurs juniors engagés dans un tel programme par leurs collègues seniors au sein des facultés. Afin de réussir, un tel programme doit non seulement pouvoir donner de vraies perspectives académiques aux meilleurs candidats, mais aussi assurer une bonne probabilité d'engagement auprès d'autres institutions technologiques et dans l'industrie à ceux qui ne rempliraient pas les conditions requises pour une stabilisation. Ceci implique, pour la faisabilité et la crédibilité d'un tel programme, que l'on applique d'emblée un très haut niveau d'exigences lors du recrutement des candidats débutant le programme.

D) *Organisation d'une école doctorale ouverte à l'international et très sélective.*

L'organisation d'une école doctorale de haut niveau, capable d'attirer les meilleurs étudiants et ce d'où qu'ils viennent, a été identifiée comme un autre élément clef participant à la qualité de la recherche menée dans une institution. La mise en place de programmes doctoraux structurés avec une sélection des candidats effectuée par un comité ad hoc, puis comportant un examen de sélectivité en fin de première année, a été immédiatement entreprise. Le rôle de l'école doctorale comme élément d'attractivité est d'ailleurs régulièrement confirmé lors des entretiens d'embauche réalisés auprès des candidats aux chaires professorales mises au concours. De plus les programmes doctoraux se sont avérés être un facteur clef pour le développement de compétences interdisciplinaires chez les étudiants doctorants, de même que pour stimuler les collaborations inter-laboratoires.

E) *Réforme de l'enseignement avec passage à l'anglais pour l'ensemble de l'enseignement au niveau master*

Parmi les choix stratégiques, celui-ci a probablement été l'un des plus controversés à l'interne parmi la population de professeurs attachés à la tradition francophone de l'EPFL. Cependant le fait d'avoir introduit cette mesure essentiellement au master a permis la flexibilité nécessaire aux différents programmes pour s'adapter. De plus ceci a rendu possible l'inclusion rapide des professeurs nouvellement recrutés à l'international pour les cours de spécialité au master ayant une forte composante de recherche. L'une des autres conséquences de cette évolution a été de voir exploser

le nombre d'application d'étudiants internationaux désirant réaliser un master suivi d'un doctorat, fournissant par là une population nouvelle de talents propice au développement de l'école doctorale.

F) Création d'une unité professionnelle pour la communication vers le grand public et les édiles politiques

Afin d'informer sur les progrès et les nouveaux positionnements de l'école, un effort important de communication a été entrepris par la nouvelle direction. Des journées portes-ouvertes ont permis au public de participer et vivre la transformation de l'école. La présence active de l'EPFL dans les médias a produit des résultats spectaculaires créant progressivement un réel engouement du public. Le partage de succès scientifiques ou de la mise en place de nouveaux programmes, démontrait qu'il était possible de développer à Lausanne une institution moderne et ambitieuse avec des accessits supportant la comparaison internationale. Ce partage avec le grand public a certainement contribué à constituer une image de pionnière à l'école, celle-ci servant de catalyseur à une transformation de la culture locale de l'entrepreneuriat et de l'innovation. Ainsi les succès obtenus grâce au premier partenariat public-privé débouchant sur les victoires du team Alinghi à l'America's cup ont aussi permis de franchir une marque importante non seulement pour une identité nouvelle vécue à l'interne - on est fier d'être à l'EPFL - mais ceux-ci ont amené une visibilité et une image de gagnante à notre école dans les médias. Cet élément a certainement été clef pour permettre les futurs développements des partenariats public-privés entrepris par la suite à l'EPFL donnant naissance au Rolex Learning Center, au Parc Scientifique et aux différents incubateurs de start up de l'EPFL.

Conclusions et éléments explicatifs permettant de mieux comprendre le succès de la démarche entreprise

Il est certes toujours plus facile d'analyser a posteriori quels ont été les éléments ayant permis le succès de la stratégie entreprise par Patrick Aebischer. La réforme structurelle, que ce soit pour la gouvernance de la recherche ou de l'enseignement, ou encore pour l'application de nouveaux standards de performance, a certainement suscité une importante résistance au sein de l'école. Cependant, le mérite de son président a été de garder de façon déterminée le cap avec son équipe, de convaincre ses partenaires suite aux réalisations obtenues, et surtout de ne s'être jamais arrêté dans le développement de son école, et ceci dans la cohérence de sa vision.

Pour l'anecdote et en guise de conclusion, il est intéressant de s'attarder sur l'un des facteurs qui à mon sens a certainement grandement contribué au succès de l'entreprise « aebischérienne ». En effet, l'une des plus grandes opportunités dont le président ait bénéficié de 2002 à 2006 a été le nombre important de départs naturels à la retraite de professeurs seniors. Ainsi, lorsque l'on additionne les nouveaux engagements permis par la croissance de l'école à ceux dus au taux exceptionnel de départ en retraite, il s'avère que plus de 80% des professeurs en fonction aujourd'hui n'étaient pas présents à l'EPFL en 2002.

III – Vers la constitution de quelques grands établissements technologiques

La France n'est pas la Suisse, et au sortir de cette lecture, le Lac Léman peut nous paraître presque aussi large que l'Océan Atlantique. Les conditions universelles à satisfaire pour permettre la réussite de tels grands ensembles technologiques émergent de ce texte. Ces conditions portent sans doute d'abord sur les acteurs – dirigeants, universitaires, étudiants – plus que sur les structures, lesquelles, on vient de le lire, ne doivent être qu'un moyen au service d'un projet.

L'espoir de gain est immense dans la mesure où il s'agit d'investir concrètement pour l'avenir économique du pays. Par conséquent, il est nécessaire d'assumer une certaine prise de risque, dans une logique d'investissement, et l'utilisation de fonds du PIA (Programme d'Investissement d'Avenir) semble particulièrement adaptée.

Laurent Carraro propose, à l'instar de l'initiative d'excellence allemande, d'imaginer un appel à projets « grands établissements technologiques », de type blanc (ou gris clair !), qui permette de faire émerger quelques ensembles satisfaisant aux conditions citées, pour lesquels les moyens alloués seraient de deux types :

- Moyens financiers permettant à ces ensembles de construire l'écosystème vertueux qui a vocation à atteindre l'équilibre à l'horizon de 10 ans.
- Moyens réglementaires de manière à rendre possible des expérimentations en termes de relations public/privé, établissements ESR/RTO (Research Technology Organisation), politique RH (Ressources Humaines).

De ce point de vue, les ensembles ainsi formés doivent pouvoir imaginer des modèles d'organisation très variés, sans qu'une norme – comme ce fut le cas lors des appels à projets IDEX (Initiatives d'Excellence) - ne soit plus ou moins imposée.

Au moins **quatre conditions** structurelles devront être remplies :

- **Une gouvernance bien établie à la tête de l'établissement fondée sur un conseil d'administration indépendant des coalitions internes** et notamment libéré de l'autogestion par les personnels, mais au contraire essentiellement ouvert sur l'extérieur, **et garant de la continuité de la stratégie.**
- **Un président recruté lui-même à l'extérieur par le Board, disposant de larges pouvoirs et de la longue durée** pour réaliser la vision d'avenir de l'institution
- **Un dispositif de recrutement et de carrière des enseignants/chercheurs très autonome**, afin que le « facteur humain » permette la réalisation de cette vision
- **Une grande autonomie laissée à l'établissement**, en particulier en ce qui concerne la régulation des étudiants à l'entrée dans les cursus offerts.

À l'issue de la table ronde, la « chute » est revenue à Laurent Carraro qui s'est limité à cette conclusion pour le moins ramassée : « *Nous en sommes très très éloignés en France* ».

Cette formule suffit sans doute à évoquer une situation si particulière à la France. Chacun mesure en effet combien notre pays est « aux antipodes » de ces quatre conditions dans le grand secteur de ce que l'on appelle parfois encore « l'Université ». De fait, les composantes de ce grand secteur, nos « universités », évoluent dans un cadre législatif et réglementaire qui repose, pour une large part, sur

la négation même de ces principes. De plus, le référentiel politique et idéologique de la « communauté universitaire » française, habituée qu'elle est à l'autogestion « démocratique » d'une fonction publique d'État, est lui-même imprégné de cette négation. Certes, dans une certaine mesure, la plupart des grandes écoles satisfont quant à elles à ces conditions. Mais c'est seulement dans une certaine mesure, et elles ne sont grandes que par leur renommée hexagonale et ne peuvent prétendre individuellement être ces grands établissements. Nous sommes donc bien loin de l'objectif. Et c'est sans doute pourquoi toute réforme d'ensemble est impraticable, ou condamnée à n'être qu'un simulacre. **Une stratégie d'expérimentation est donc incontournable.** Elle viserait la réussite de quelques projets, lesquelles deviendraient ensuite des modèles susceptibles d'être adaptés et de se propager raisonnablement dans chacune de nos nouvelles « grandes régions ».

E – En conclusion

Les questionnements autour de la place de la technologie dans la société et dans l'enseignement et la recherche ont mis en évidence la curieuse situation de notre pays : des besoins clairs, des compétences existantes, et cependant des difficultés importantes à faire valoir ces potentialités.

Pour tous les intervenants **la réindustrialisation du pays exige de réformer notre système d'enseignement supérieur et de recherche quand bien même les résistances sont nombreuses tant les corporatismes sont ancrés**. Il n'est plus temps d'attendre, la compétition est mondiale, aussi bien pour l'industrie que pour l'économie de la connaissance. **Durant les deux dernières décennies la France a décroché par rapport à ses principaux partenaires et/ou concurrents**.

Le constat d'ensemble a été que la France dispose d'une formation aux sciences de l'ingénieur de bon niveau, mais qui n'est pas valorisée par une reconnaissance sociale, à l'exception du titre d'ingénieur diplômé. **On s'oriente vers les formations techniques à reculons dans les petites classes, alors qu'elles s'ouvrent sur des métiers attractifs et bien valorisés**. Et, concernant les formations d'ingénieurs, beaucoup de jeunes s'orientent souvent vers elles avec l'objectif d'en sortir au plus vite pour devenir « managers ». Diverses actions ont été proposées. **Mais de façon récurrente, la première citée est une action de reconnaissance mutuelle, d'information des élèves et des enseignants, d'ouverture du monde industriel vers les lieux de formation**. Si cette première action de fond n'est pas menée, il y a la menace d'un inexorable tarissement du vivier des vocations.

Presque tous les participants ont souligné combien la structure de notre enseignement supérieur apparaît inadaptée à la compétition internationale, alors qu'elle a tous les atouts pour y réussir. Une gouvernance des établissements beaucoup plus proche des modèles anglo-saxons, une implication plus forte de l'industrie (par des chaires industrielles), une plus grande fluidité des personnels (en autorisant les recrutements au niveau salarial requis), un encouragement aux activités de consultance et aux détachements à temps partiel, une procédure de recrutement au niveau des standards internationaux avec la capacité financière à le faire, sont autant de mesures concrètes qui permettront à notre pays d'être de nouveau compétitif. Sans oublier l'adage paradoxal selon lequel « *ce sont les bons étudiants qui font les bons professeurs et non l'inverse* » : l'excellence est également conditionnée à celle des étudiants, ce qui suppose des processus pertinents de régulation des admissions, la « sélection » qui en résulte étant corrélée à la réputation de l'établissement.

La création de quelques grands établissements d'enseignement et de recherche technologique sur appel à projets, semble à beaucoup tout à fait adaptée pour mettre en place ces recommandations à titre expérimental. De tels établissements autonomes seront jugés sur leurs résultats, aussi bien en termes de formation qu'en termes de recherche. Ces établissements, réactifs et agiles dans leur fonctionnement, pourront mettre en place les innovations pédagogiques dans l'enseignement technologique initial, continu et en alternance que les lourdeurs réglementaire et administratives actuelles transforment en chemin de croix. **Il est temps pour notre pays de rendre à la technologie une place estimable et reconnue dans la société, dans la formation et dans la recherche. C'est une condition indispensable à la compétitivité de notre industrie et à l'attractivité de notre enseignement supérieur et de notre recherche**.

Merci à tous les contributeurs pour avoir engagé cette réflexion. Elle devra être enrichie et déployée dans un avenir proche...



THINK TECHNOLOGY 2017

Tél. :+33 (0)4 76 57 45 70
Fax : +33 (0)4 76 57 45 97

Courriel : ither@ither-consult.com

Site internet : www.ither-consult.com
20 44 164

SAS Ither-Consult MINATEC
3 Parvis Louis Néel CS 50257
38016 Grenoble cedex 01
n° SIRET 75 20 44 164 00016
n° TVA intracommunautaire FR 95 75

Innovation, Technology, Higher Education and Research