

L'Institut Mines-Télécom présente :

## **Portrait de l'ingénieur 2030**

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>PROSPECTIVE DE L'INGÉNIEUR : 3 DRIVERS POUR DEMAIN</b>	<b>4</b>
Trois Drivers	4
1.1 La Mutation	5
1.2 L'Horizontalisation	10
1.3 L'Hybridation	14
Conclusion	18
<b>LES 5 TERRITOIRES DE COMPÉTENCES TRANSVERSES DE L'INGÉNIEUR</b>	<b>20</b>
2.1 L'Expertise, au cœur	20
2.2 L'Ingéniosité	24
2.3 L'Agilité, talent critique de l'ère digitale	29
2.4 La Responsabilité, compétence rare	33
2.5 L'Influence, énergie nouvelle du pouvoir	37
Conclusion	41
<b>LES DÉFIS POUR LES FORMATIONS D'INGÉNIEURS</b>	<b>42</b>
Les Écoles face aux enjeux des Compétences-clé	42
<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>45</b>
<b>L'OBSERVATOIRE DES METIERS DE L'INSTITUT MINES-TELECOM</b>	<b>49</b>

# INTRODUCTION

## Quel ingénieur en 2030 ?

Quels sont les enjeux auxquels vont être confrontés les ingénieurs en 2030 ? Quelles seront les compétences transverses nécessaires à un ingénieur à l'horizon de 2030 ?

Beaucoup a déjà été écrit sur ces questions et au-delà de ces approches à court et moyen terme mais aussi des effets de mode, il a paru nécessaire à l'Institut Mines-Télécom de proposer un portrait structuré et dynamique de ce que pourrait être un ingénieur en 2030 pour servir d'élément de réflexion et d'échanges au sein de ses écoles.

Ce portrait a été dessiné par le cabinet Sociovision et ses grandes lignes s'appuient sur :

- des tendances lourdes qui modifient durablement l'environnement dans lequel les compétences de l'ingénieur s'expriment
- Une cartographie des compétences transverses en cinq domaines, construite sur un référentiel à deux dimensions.
- Les informations nécessaires au cadrage prospectif (les « Drivers ») collectées via quelques entretiens d'experts et une veille documentaire réalisée par l'Observatoire de Socio Vision.

La structuration en cinq domaines de compétences a été construite en tenant compte des attentes des entreprises et des fédérations professionnelles, des initiatives prises par d'autres écoles ou institutions à l'étranger, et du profil des ingénieurs.

## Un portrait à disposition de la communauté éducative

Toutes ces problématiques étant communes à l'ensemble des acteurs de l'enseignement supérieur, des élèves de lycée ou de prépas aux futurs recruteurs, l'Institut Mines-Télécom souhaite aujourd'hui, dans une démarche collaborative, proposer ce portrait de l'ingénieur de demain, à tous ceux susceptibles d'être intéressés.

Ce travail constitue dès lors une esquisse ou plutôt l'une des esquisses possibles de l'ingénieur 2030 que l'Institut Mines-Télécom propose à la discussion, aux échanges et collaborations.

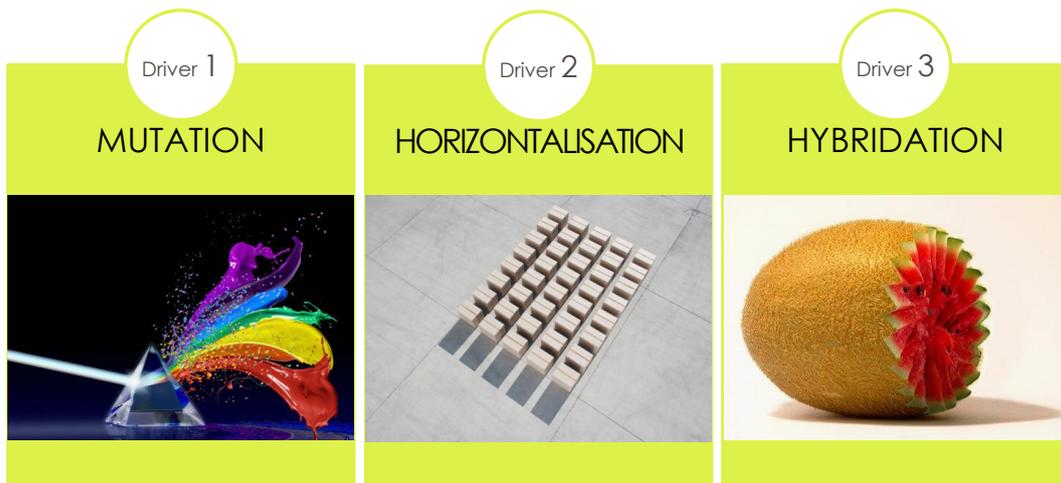
Cela s'inscrit dans sa volonté de contribuer à la reconnaissance internationale de « l'Ingénieur à la française ».

N'hésitez pas à nous contacter pour en discuter.



# 1 PROSPECTIVE DE L'INGÉNIEUR : 3 DRIVERS POUR DEMAIN

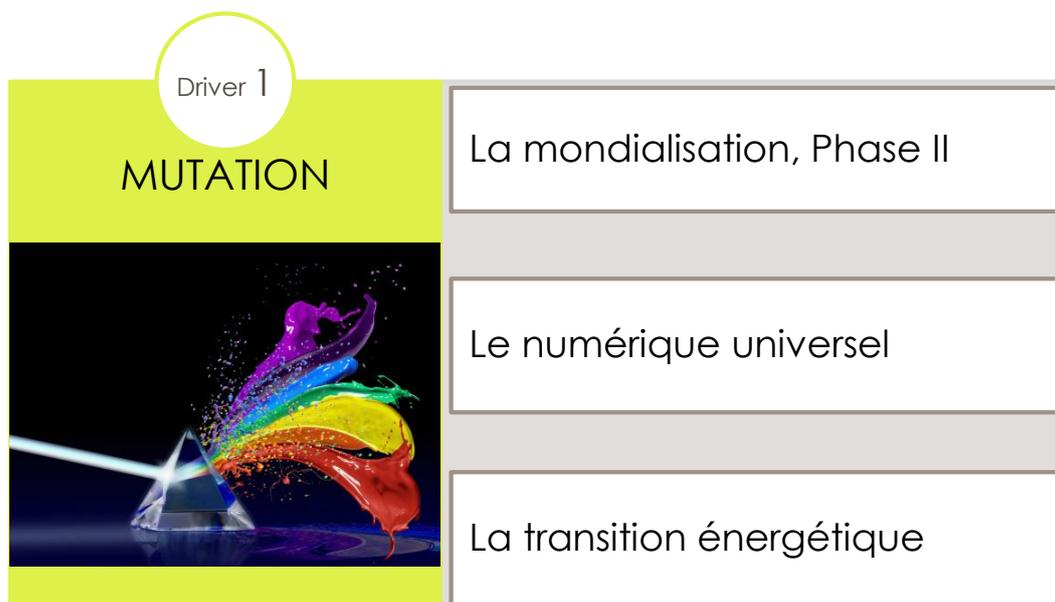
## Trois Drivers



Les changements en cours de l'environnement des écoles d'ingénieur peuvent se résumer à trois grandes tendances lourdes :

- Une **Mutation** technologique qui s'accélère et qui impacte la plupart des disciplines, alimentée par la globalisation des défis comme des solutions. Ceci s'opère en particulier, sous l'impulsion du numérique, mais également sous l'influence de la transition énergétique.
- Une **Horizontalisation** du système socio-économique qui modifie les logiques d'intermédiation dans l'entreprise et remet en cause en profondeur le rapport au savoir.
- Une **Hybridation** des cultures techniques, économiques et sociétales qui met en valeur des territoires nouveaux à l'interface de plusieurs domaines, avec le « design » comme culture emblématique.

## 1.1 La Mutation



La mondialisation, qui a pris forme à la fin des années 80, entre dans sa deuxième phase, avec au terme l'émergence de la Chine comme grande puissance technologique potentielle. Le numérique est devenu le liant universel des cultures techniques, jouant ainsi un rôle démultiplicateur de l'innovation, mais également de déstabilisation des ordres anciens. Enfin, les enjeux considérables de la transition énergétique et du développement durable en général deviendront critiques dans plusieurs parties du monde dès 2030.

La convergence de ces trois facteurs met en place les conditions, sinon d'une rupture, du moins d'une mutation où la technologie joue un rôle moteur et central.

Alors que la première phase de la globalisation avait mis la finance au cœur du changement, cette nouvelle mutation remet l'ingénieur au centre et lui donne potentiellement des responsabilités inédites.

Il y a plus d'un siècle et demi, « l'ingénieur » a été le fer de lance de la Révolution Industrielle. Il a été l'homme de l'industrie. Plus tard, la tertiarisation, puis la financiarisation des économies ont mis le « business man » au centre du jeu.

Les mutations en cours remettent l'ingénieur au centre, mais on n'attend plus de lui la même chose. Il n'a plus le monopole de l'innovation. Il n'y aura pas de retour en arrière vers l'âge d'or des Trente Glorieuses.

La Révolution en cours fait converger à terme trois facteurs dont la dynamique semble à ce jour irréversible :

- La mondialisation, phase II
- Le numérique universel
- La transition énergétique

## ► La mondialisation, phase II

La première phase de la mondialisation avait surtout impacté les systèmes de production industrielle et d'échange, les pays émergents, et a généré une compétitivité généralisée par les coûts. Ses effets sont encore majeurs.

La deuxième phase de la mondialisation modifie en profondeur les conditions de succès de l'innovation.

Au sein des pays développés, l'expérience, le savoir-faire exclusif et la programmatique perdent de leur importance. Les partenariats, la localisation de la R&D, la chasse mondiale aux talents, et l'articulation avec la finance deviennent prioritaires.

La « Destruction Créatrice » devient le modèle dominant des marchés technologiques, moins dominés que par le passé par les commandes d'état, surtout en Europe.

En France, la majorité du tissu des PME doit encore se mondialiser.

Il en est de même d'une grande partie du système éducatif supérieur.

## ► Le numérique universel

La vague atteindra progressivement toutes les activités humaines.

Cloud, IOT (Internet of Things ou Internet des objets), Big Data... les annonces se succèdent, qui présagent une quantification du monde et des personnes. Or, qui dit quantification dit champ d'opportunité pour l'ingénieur.

Le numérique, comme la Révolution Industrielle, puis financière, crée des utopies, mais aussi de nouvelles classes de problèmes (ex : protection de la vie privée, sécurité, propriété...).

Le très gros secteur de la santé n'a encore été que très peu touché par le numérique. Or, la santé connective sera probablement riche d'innovations de rupture d'ici dix ans, générant toute une classe de nouveaux métiers, à la frontière du médical et de l'ingénieur.

C'est le facteur qui impacte le plus le métier de l'ingénieur, tant au niveau de la formation que de l'ampleur de la demande et de la prédominance des acteurs étrangers.

## ► La transition énergétique

À peine commencée, elle exige, pour être supportable, des technologies de rupture et une prise de risque technologique importante

Le système énergétique, mais également la mobilité sous toutes ses formes, est impacté par une explosion des contraintes. Une partie des solutions passe par le développement de l'économie de la fonctionnalité et des PSS, qui se heurte à des obstacles culturels lourds. D'autres évolutions, comme les smart grids, sont davantage en continuité avec les champs de compétence et les modèles actuels.

Ici, c'est le législateur, qui prend l'initiative, mais la prise de risque technologique reste plus que jamais dans les mains de l'ingénieur.

La prise de risque technologique est nécessaire pour assurer la rupture dans ces domaines, comme dans celle de la réduction de la dépendance à l'égard des matériaux rares.

On assiste plus globalement, à l'horizon vingt ans, au besoin de trouver des solutions en rupture en simultané sur plusieurs types de ressources rares : eau, énergie, métaux. Cela ouvre probablement des possibilités pour des formations adaptées, en particulier pour les services d'infrastructure publique des grands pays émergents.

On notera toutefois, qu'à l'horizon de l'étude, les grands pétroliers et les électriciens sont susceptibles de fournir encore l'essentiel des emplois de haut niveau d'ingénieurs du secteur énergétique. Il serait donc hasardeux pour les formations de ne miser que sur les compétences de rupture.

## ► Autres Mutations : le médical, enfin ?

D'autres mutations, liées aux sciences du vivant, peinent en revanche à émerger, freinées, soit par le législateur et le juriste, soit par la faiblesse du modèle économique.

Toutefois, le développement généralisé de « métriques » dans le domaine de la santé, par exemple, via la généralisation des capteurs, combiné au vieillissement de la population, va accélérer la perception d'une urgence d'innovation dans les registres médicaux et paramédicaux. Le point-clé reste ici le modèle économique, très dépendant du législateur.

La percée potentielle de l'ingénierie paramédicale ouvre de nouvelles perspectives pour l'ingénieur, mais les pays occidentaux évitent pour l'instant d'ouvrir la porte juridique à une nouvelle classe de facteurs d'inégalités sociales.

L'Asie pourrait aller beaucoup plus vite dans ce domaine, non par avance scientifique, mais grâce à un cadre juridique moins limitatif pour la prise de risque.

Or, la France, qui, historiquement, s'est fait connaître par sa contribution majeure aux grandes avancées scientifiques médicales, puis par la qualité de sa recherche et de ses grands laboratoires pharmaceutiques, a sa carte à jouer, même si le monde des ingénieurs croise encore peu celui des médecins à l'université et dans les grandes écoles. La volonté stratégique de l'état sera ici déterminante, car l'écosystème est intégralement à construire, tant au niveau de la recherche et des écoles d'ingénieur que de la filière industrielle et des modèles économiques. Les besoins actuels sont encore en grande partie limités aux composants de tracking mais vont très vite évoluer en termes de plateformes d'intégration, de matériaux, de composants bio-médicaux actifs, et d'algorithmique.

# Citations d'experts



*« Aujourd'hui, le numérique permet la mobilité des idées, des informations, leur mise en relation et leur transformation en usages. Il rebat les cartes et change tout : la façon de travailler, les organisations, les pouvoirs dans l'entreprise... En tant que « terrain de négociations », dans notre culture rationnelle française, cette révolution challenge notre pays comme aucun autre au monde. C'est une révolution industrielle et sociale ! »*

Jean-Louis Fréchin, NoDesign

*« L'ère technologique, c'est l'immédiateté, ce qui implique pour les entreprises d'être beaucoup plus réactives. C'est aussi une compétition mondiale accrue, il n'y a plus de pré-carré protégé. »*

Michel Bénard, Google

*« Pouvoir traiter les atomes comme des bits est la nouvelle utopie de la Silicon Valley, nourrie par les rêves de Chris Anderson, mais aussi par des centaines de Start-Up. Les déceptions seront probablement immenses, mais la possibilité de rupture est bien réelle. Si elle a lieu, la mutation aura des conséquences majeures sur le quotidien. »*

Résumé de commentaires d'Hubert Guillaud, Fondation Internet Nouvelle Génération

*« Le département de la Défense (DOD) a financé le développement des technologies de rupture depuis plus de cinquante ans. GPS, Internet, supra-conducteurs, réalité augmentée, sont nés des besoins du DOD. Cela fait près de dix ans que nous planchons avec les meilleurs sur le Big Data et l'Internet des Objets. Dans moins de dix ans, cela aura basculé dans le domaine commercial. Les problèmes éthiques seront considérables. »*

MIT CDOIQ (Big Data) Symposium, 2013

*« Demain, le risque <ce n'est pas Boeing>, ce sera d'être bousculé par un nouvel entrant qui n'a pas d'historique, qui partira d'une feuille blanche. Comme SpaceX dans le spatial, qui impose de nouvelles règles du jeu. » (L'Usine Nouvelle, 2014)*

Yann Barbaux, Directeur de l'Innovation d'Airbus



« La plus grande Mine, ce sont les déchets. » (L'Usine Nouvelle, 2014)

Antoine Frérot, PDG, Véolia

« L'économie circulaire n'est pas une lubie d'illuminés. Les industriels prennent conscience que la bataille pour les matières premières est une bataille de compétitivité. » (L'Usine Nouvelle, 2014)

Jean-Louis Chaussade, PDG, Suez Environnement

« The Quantified Self is a movement to incorporate technology into data acquisition on aspects of a person's daily life in terms of inputs (e.g. food consumed, quality of surrounding air), states (e.g. mood, arousal, blood oxygen levels), and performance (mental and physical). Such self-monitoring and self-sensing, which combines wearable sensors (EEG, ECG, video, etc.) and wearable computing, is also known as lifelogging. Other names for using self-tracking data to improve daily functioning are « self-tracking », « auto-analytics », « body hacking », « self-quantifying », « self-surveillance », « lifelogging ». Quantified self-advancement have allowed individuals to quantify biometrics that they never knew existed, as well as make data collection cheaper and more convenient. One can track insulin and cortisol levels, sequence DNA, and see what microbial cells inhabit his or her body.... Numerous bio-medical hardware devices and cloud enabled software are becoming available as a result of advances and cost reductions in sensor technology, mobile connectivity, and battery life...Self-tracking is a major piece in health care because as health care costs continue to increase worldwide, more money is being spent on prevention and return on medical investment. »

Wikipedia (06/2014) – « Quantified Self »

## 1.2 L'Horizontalisation



### ► Le règne de l'ingénieur entrepreneur

Les évolutions technologiques et sociologiques convergent pour donner une autonomie et une agilité croissantes aux acteurs, et en particulier à l'utilisateur final.

Le transfert de pouvoir sur l'utilisateur se traduit par une réduction très forte de l'intermédiation, dans la communication, le commerce, l'entreprise, voire l'enseignement (Massive on line courses (MOOC), ou cours en ligne ouverts et massifs).

Les activités protégées historiquement des nouveaux entrants par la lourdeur des médiations nécessaires sont en difficulté.

Le transfert du pouvoir vers l'utilisateur met au premier plan la notion de « client » et « d'usage », au détriment du centrage sur les structures, les organisations, les plans.

La figure de l'ingénieur entrepreneur dépasse celle du génie ou du grand planificateur (on se plaît à rappeler aujourd'hui que le génie d'Eiffel est d'avoir su rassembler une « dream team », gérée sans hiérarchie, et surtout d'avoir su parler aux financiers).

L'ingénieur entrepreneur n'est plus l'homme de laboratoire qui a fait la découverte magique et déposé un brevet, mais celui qui est capable de transférer à son client tout le pouvoir que peut donner l'avance technologique, celui qui a « l'empathie » client.

## ► L'ère du collaboratif choisi

Les flux de communication s'inversent, en passant du vertical à l'horizontal : le « peer-to-peer » remplace la transmission d'autorité ou d'expérience, et rentre directement dans la chaîne de valeur en « open source ». Dans un monde en réseau, la barrière à l'entrée n'est plus le brevet, mais le référencement dans les nœuds du réseau.

Le « collaboratif » généralisé s'impose et, de plus en plus, est même imposé.

L'influence remplace l'autorité. L'influence est aux réseaux ce que l'autorité est aux organigrammes : un « aimant » qui oriente les flux d'action, polarise les décisions

Face à la démocratisation du savoir, la composante humaine et interactionnelle, voire émotionnelle, dans la transmission du savoir revient au premier plan pour traiter tout ce que les MOOC ne peuvent livrer : le « coach » et le « mentor » sont devenus aussi importants que « l'enseignant » et le « formateur ».

Cette culture du « coaching » est d'autant plus utile qu'elle s'inscrit dans un apprentissage par le « faire » avec les autres et pas par mimétisme cognitif personnel avec le spécialiste.

Le savoir-faire collaboratif est une alternative à la force brute du « Big Data ». Ce facteur est celui qui présente les défis les plus lourds pour l'enseignement, mais aussi pour le recrutement des élèves en France car il pose le problème de l'aptitude au relationnel.

## ► Accélération décentrée

La réduction des niveaux hiérarchiques et d'intermédiation, le décloisonnement interne/externe, génèrent une accélération générale des processus de changement.

La vitesse et la réactivité priment sur les fonctions de mémorisation et de capitalisation (ex : jeux vidéo). Pour les start-up, cela se traduit par moins d'« incubateurs » et plus d'« accélérateurs ».

Le contrôle d'un monde horizontal ne passe plus par l'optimisation des systèmes, mais par la maîtrise des flux (ex : Cloud), la prédiction des comportements individuels (ex: Big Data), et la valorisation des solutions agiles et décentralisées (ex : l'esprit start-up).

L'accélération est la plus rapide dans les pays faiblement régulés comme les USA et certains pays émergents.

La vitesse pure de raisonnement, et la capacité à traiter en simultanément plusieurs voies d'hypothèses en empruntant des référents à des champs de domaines très diversifiés (notion de « bande passante cognitive »), est un acquis des élèves français passés par les prépas, et donc, « à l'export », des ingénieurs français.

## Citations d'experts



*« Une des conséquences majeures du développement des nouvelles technologies dans l'entreprise est l'aplanissement de la hiérarchie et la désintermédiation : d'un côté les dirigeants, et, de l'autre, les opérationnels, c'est la fin du middle management. »*

Michel Bénard, Google

*« Les outils numériques vont de plus en plus modifier profondément les modèles d'affaires, les jeux d'acteurs et le travail en tant que tel. La réduction de l'asymétrie de l'information constitue l'un de ces changements ; pour l'entreprise, cela signifie la fin de la structure pyramidale qui suppose que la tête dispose de l'intégralité de l'information. Par ailleurs, la création de soft, de savoirs matériels (connaissances, logiciels, wikipédia...), mais aussi la production d'objets et de services par du collectif humain, des communautés d'intérêt vont se développer et les entreprises ne vont plus pouvoir s'en passer. »*

Gabriel Plassat, Ademe

*« Les technologies vont surtout changer les manières de travailler et d'apprendre. Même si les seniors pensent encore que les réseaux par exemple sont des gadgets. Ils ne mesurent pas l'impact pour le fonctionnement interne, notamment pour un fonctionnement plus transversal, hors silos. »*

Sylvia Godret, Vinci Academy

*« A propos de l'Intelligence Collaborative et de l'Open Innovation: J'ai des amis DSI dans des grands groupes qui me disent qu'ils ont tellement d'enjeu de sécurité, de spécificités, qu'ils sont obligés de s'appuyer sur des communautés... Des entreprises comme IBM ont totalement migré, ils vendent du SAP ou du Oracle, mais le « layer » de base, c'est de l'open-source, c'est Linux... Pour demain, il y a encore une chose qui n'est pas encore explorée, c'est la relation entre le Big Data et l'Intelligence Collective. » (Silex ID magazine, 2014)*

Gilles Babinet, Digital Champion, représentant de la France auprès de la Commission Européenne



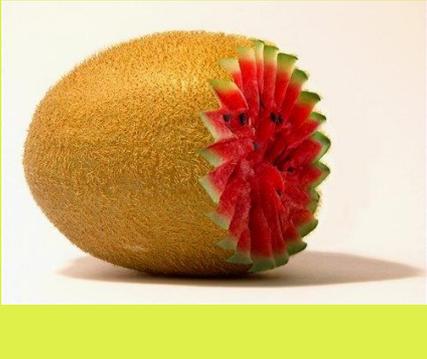
*« Nous souhaitons porter la part de l'industrie dans le PIB de 14% à 23% d'ici 2020 et créer 500000 emplois. Ma vision <n'est pas de lancer des grands projets d'état> mais d'orienter notre tissu industriel autour d'écosystèmes productifs démultiplicateurs... Il s'agit d'intégrer autour de donneurs d'ordres des fournisseurs travaillant en coopération. Au lieu de fabriquer une pièce, vous fabriquez un composant par ce jeu d'alliance. L'idée est de faire collaborer des entreprises en sous-systèmes rendus indispensables à leurs donneurs d'ordres. Cette structuration en écosystèmes collaboratifs accroît la création de valeur. » (L'Usine Nouvelle, 06/2014)*

Moulay Hafid Elamy, Ministre de l'Industrie du Maroc

## 1.3 L'Hybridation

Driver 3

### HYBRIDATION



Résilience des systèmes :  
de la diversité à l'hybridation

Designers et Makers, espaces  
privilegiés des hybridations

« L'augmentation » simultanée  
du monde et de l'homme

### ► Résilience des systèmes : de la diversité à l'hybridation

Les anciens modèles, hérités de l'ère industrielle, privilégiaient la performance. Les nouveaux modèles, nés dans l'ère du complexe et de l'imprévisible, privilégient la résilience et l'adaptabilité. Dans ce contexte, créativité et innovation ne sont plus des options, mais des compétences de survie.

L'hybridation des cultures, qu'elles soient géographiques, de formation initiale ou d'expérience, est demandée par les acteurs économiques pour assurer l'employabilité à terme de leurs personnels.

L'hybridation des cultures (une culture différente suppose également un langage différent, et une perception différente du risque) apparaît également indispensable pour assurer la variété cognitive nécessaire à une innovation centrée sur les usages et le client.

La diversité apparaît comme la clé de la nouvelle créativité.

Ce n'est pas un état, c'est un process, dont le résultat est l'hybridation.

Pour l'enseignement, cela suggère non seulement un profil « international » et si possible pluridisciplinaire, mais également, et surtout, un process délibéré d'hybridation des savoirs et des regards.

## ► Le design, espace privilégié des hybridations

Parmi les hybridations classiques réinventées par le numérique, on observe celle du savoir et du faire, qui s'appuie sur l'ingénieur-designer, et sur des logiques proches du bricolage, mais qui y ajoutent la rencontre avec l'autre.

Les mots clé « Fabrique », « Ateliers », « Digital Bars », se sont imposés, traduisant une mythologie préindustrielle où le concepteur était également prototypeur et animateur d'équipe.

La réconciliation de l'abstraction et du faire, et du professionnel avec l'amateur, est idéalisée dans la culture des « Makers » et dans les Fablabs.

Cette culture, qui se développe mondialement au sein des jeunes générations, est une réaction au sentiment d'incomplétude, d'éphémère, de fausses amitiés et de dictature de la forme que génère l'usage assidu du digital.

Dans ce contexte, l'ingénieur designer n'hybride pas seulement des formes avec des fonctions, mais des usagers avec des concepteurs, de la technologie de pointe avec de la culture, du futur et du passé, du flux avec l'objet. Il joue un rôle majeur de médiation entre le monde des ingénieurs spécialistes et la culture populaire, celle des modes de vie du quotidien, du cinéma, des marques, des machines qui dialoguent avec le corps...

## ► « Designer » la matière

Au XXème, l'ingénieur chimiste s'était quasiment octroyé le monopole de la matière. Depuis une quinzaine d'années, ce sont toutes les sciences de l'ingénieur qui investissent les laboratoires, non seulement pour rendre les matériaux plus performants, mais également, à termes, pour les rendre intelligents. Cette deuxième révolution des matériaux va s'opérer dans un contexte d'énergie et de matière chère, de capacités nano-technologiques inédites et d'un besoin accru d'intégration fonctionnelle de la matière dans les composants pour gagner simultanément en masse, en taille, en performance, en résilience, en temps de développement et en compatibilité native avec l'environnement biologique et digital. Face à ce cahier des charges infernal, la recherche semble avancer très vite, mais il faudra former une nouvelle classe d'ingénieurs multi-compétences, « designers en matériaux », à l'image des équipes qui opèrent actuellement dans les labos spécialisés.

## ► « L'augmentation » simultanée du monde et de l'homme

La numérisation et l'interconnexion du monde des objets et du vivant, tant au niveau fonctionnel qu'au niveau des matériaux, hybrideront le réel avec le virtuel, « l'augmenteront » dans des proportions dont peu ont pris la mesure. L'ingénieur de demain devra agir en simultané sur des référentiels abstraits et des référentiels tangibles, le tout dans un contexte où les critères de performance, de risque et d'acceptabilité économique et sociétale dépendra des usages, voire des usagers, et pas en totalité des concepteurs. L'ingénieur « augmenté » est à inventer.

Les registres éthiques ne fonctionneront plus en tout ou rien, bloqué/accepté, mais selon des algorithmiques à concevoir. Les interactions intimes croissantes de l'homme avec la machine et les matériaux de demain, nano ou pas, intelligents ou pas, poseront des problèmes en termes de TRL (Technology Readyness level ou niveau de maturité technologique) mais aussi en termes de Technology Acceptability Level.

L'hybridation des parcours professionnels s'accompagne aujourd'hui d'une demande d'hybridation des formats d'enseignement (MOOC, Fablabs, campus étranger, groupes projets, thèse, concours, jeu...), lesquels sont autant d'occasions de rencontres, et par là, de dialogue avec d'autres formes de rapport au risque et à l'éthique.

La notion de « double formation » est-elle déjà dépassée ? L'hybridation invite à une conception fractale de l'enseignement, c'est-à-dire un processus qui conduit en permanence à alterner les regards, et conduit à des interactions simultanées et non pas séquentielles avec d'autres acteurs.

## Citations d'experts



*« Chez Thalès, la diversité est une préoccupation majeure. C'est l'une des clés de notre politique d'innovation. »*

Pascale Sourisse, Directeur Général du Développement International, Thalès

*« Le Leader Augmenté aura besoin d'être profond et bienveillant, à l'écoute du monde et des autres.... Le monde de demain, celui du Big Data, nous parlera en permanence, nous lancera des défis en permanence. Nous devons réinventer l'éthique, la confiance, le respect. Plus que jamais, le manager aura besoin d'être plus conscient, d'avoir un regard plus profond sur l'humain. »*

Dominique Turcq, Fondateur, Boostzone Institute

*« The capacity to embrace ambiguity is a critical competency for tomorrow. »*

Alan Iny, BCG Innovation Director

*« Il ne faut pas que de la maîtrise technique, il faudra surtout une grande ouverture d'esprit sur des nouveaux sujets (environnement, biodiversité, éco-mobilité, sécurité...).*

*Ce que je recommanderais à un jeune ? Partir d'abord à l'étranger... Chez Vinci, il n'y a pas de parcours de carrière « tout fait » ; le minimum c'est la mobilité et le passage à l'international. Et demain, le standard sera un parcours encore plus diversifié et plusieurs passages à l'international. »*

Sylvia Godret, Directrice, Vinci Academy

*« Des matériaux inhabituels font leur apparition dans les laboratoires, dont l'architecture interne évoque des mousses, des grilles, des empilements, des structures finement ciselées comme de la dentelle, à des échelles qui varient du cm au nanomètre... L'objectif est de créer de nouveaux matériaux cellulaires ultralégers qui cumulent plusieurs fonctions (mécanique, acoustique, thermique, optique) pour coller au cahier des charges de l'application visée, et ça, c'est une sorte de révolution. Ce mouvement vers le « sur-mesure » doit beaucoup aux nanotechnologies, mais aussi aux nouvelles techniques de fabrication additive, et même à la chimie : un labo d'Harvard s'est chargé de montrer ce qu'on peut faire avec des minéraux en solution dans l'eau, des microstructures de formes très élaborées et parfaitement contrôlées. Cette fois, ce n'est plus l'inspiration qui est biomimétique, mais le résultat. »*

Les matériaux font dans la dentelle – L'Usine Nouvelle 2014

## Conclusion

Si la figure de Gustave Eiffel a éclipsé celle de la plupart de ses confrères du 19<sup>ème</sup> siècle, c'est peut-être parce qu'il a réalisé son œuvre la plus spectaculaire pour l'évènement symbolique de la première globalisation, la première Exposition Universelle, parce qu'il a su se faire entrepreneur et s'entourer de brillants talents complémentaires des siens, et enfin parce qu'il a su prendre des risques et réaliser très vite ses ouvrages, bien plus vite que les standards de l'époque, mais à l'aune de la vitesse d'une urbanisation alors en plein essor. Bref, Eiffel a su surfer avec puissance et élégance sur les mutations de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle.

Pour le 20<sup>ème</sup> siècle, les étudiants évoquent souvent la figure de Steve Jobs, qui a su mettre le talent de l'ingénieur, non pas au service de l'industrie et des organisations, mais au service du consommateur et de l'individu. Ingénieur d'une ère où la consommation représente les deux tiers du PIB, Steve Jobs, autant inspiré par l'usage que par la technique, a su se faire designer et spécialiste des hybridations conceptuelles pour créer la rupture. Comme Eiffel, il a pressenti mieux que d'autres les mutations de son siècle et y a répondu par des prises de risque considérables, tout autant que par l'art de savoir s'entourer. Sa formation chaotique montre cependant que le système d'enseignement supérieur technologique aux États-Unis n'était pas encore adapté à exploiter des talents créatifs de cette nature.

Si la capitalisation boursière des acteurs du net marque de son empreinte l'entrée dans l'ère digitale, ces derniers semblent davantage inspirer les entrepreneurs que les jeunes ingénieurs. Pourtant, ils ne se contentent pas de bénéficier de la numérisation du monde, voire de l'individu, et contribuent à réellement accélérer les mutations et globalisations en cours, en particulier par la réduction des intermédiations et le décloisonnement des savoirs. D'une certaine manière, des personnes comme Larry Page et Sergey Brin chez Google ont bien réalisé pour la société de l'information et de la communication ce qu'Henri Ford a su réaliser à son époque, mais on leur reproche peut-être d'avoir davantage pensé à révolutionner la publicité qu'à révolutionner l'époque.

Les valeurs éthiques sont en effet au cœur de la vision française de l'ingénieur, elles prolongent une tradition historique qui vise avant tout l'utile, voire le bien public. Mutations, Horizontalisation et Hybridations offrent à l'ingénieur des opportunités croissantes dans la sphère économique comme dans le registre technologique. Toutefois, il apparaît que les ingénieurs qui porteront l'époque seront également probablement ceux qui sauront non seulement résoudre ses problèmes mais sauront aussi lui donner du sens. Les grandes institutions scientifiques/technologiques américaines ont d'ailleurs renforcé leur cursus dans le registre éthique.

## ► Par exemple, à Stanford :

### « ETHICS AND THE PROFESSIONS SERIES »

« Stanford students will leave campus and embark on careers in a variety of fields. To better prepare students for their careers, in Fall 2012, the Center launched a yearlong series called Ethics and the Professions. In this series, Stanford Dean for Religious Life Scotty McLennan and a faculty member or practitioner from a particular profession discuss the ethical implications of various fields, something students are rarely exposed to in the classroom. »

### Example of Event:

#### « 6:00PM ON TUESDAY, FEBRUARY 5, 2013 AT HEWLETT PACKARD BUILDING »

Thinking about a career in engineering? What are the ethical issues unique to this field of education? What are some of the challenges you'll face? Please join Scotty McLennan (Stanford Dean for Religious Life) and John Kunz (Engineering) for a robust discussion of these issues.

## ► Ou bien au MIT:

### « ENGINEERING ETHICS »

« This updated course introduces the theory and the practice of engineering ethics using a multi-disciplinary and cross-cultural approach. Theory includes ethics and philosophy of engineering. Historical cases are taken primarily from the scholarly literatures on engineering ethics, and hypothetical cases are written by students. Each student will write a story by selecting an ancestor or mythic hero as a substitute for a character in a historical case. Students will compare these cases and recommend action. »

### Example:

The Love Canal toxic waste site, with its long history of health effects, cleanup efforts, and eventual relocation of all residents, is one of the case studies considered in this course.

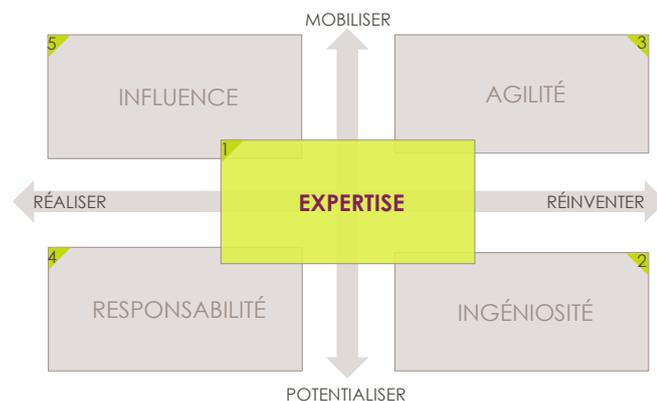


## 2 LES 5 TERRITOIRES DE COMPÉTENCES TRANSVERSES DE L'INGÉNIEUR

### 2.1 L'Expertise, au cœur

#### La puissance conceptuelle

La supériorité par la maîtrise conceptuelle est la spécialité des formations européennes, et en particulier françaises. La convergence des disciplines sur des niveaux d'abstraction supérieurs est inéluctable dans les prochaines décennies. L'ingénieur devra se familiariser avec de nouveaux outils conceptuels pour appréhender la diffusion à grande échelle de l'intelligence au sein de la matière, voire de l'humain. Une pensée de rupture est également nécessaire pour concilier performance économique et transition énergétique. Enfin, le passage d'une optimisation en système fermé à une optimisation en système mondialisé, partiellement ouvert, voire open-source, soulève des problèmes méthodologiques inédits.



#### La capacité à bousculer les *business models* dans tous les secteurs

Dans le passé, on attendait d'abord de l'ingénieur qu'il construise, ou ajoute des pierres à l'édifice. Demain, plus que jamais, on attendra dans la sphère économique, mais aussi dans le registre du développement durable, que l'ingénieur rende d'abord obsolètes les solutions actuelles. Les leaders du monde de l'entreprise et leurs conseils évoquent le changement régulier de « *business model* » (et non pas de structure ou d'organisation) comme la clé de l'adaptation et de la survie à long terme des activités. Or, le changement de *business model* ne peut avoir lieu par innovation incrémentale ou par optimisation, il faut d'abord redéfinir radicalement le rapport entre ressources et performance.

Dans tous les secteurs, et en particulier dans les PME, l'ingénieur est attendu comme celui par qui pourrait passer la redéfinition de la chaîne de valeur, une chaîne qui désormais ne va plus seulement de l'usine au fournisseur, mais de l'usager au fournisseur.

L'opportunité pour les ingénieurs est d'apporter cette puissance de reformulation de l'activité à des secteurs historiquement en retrait sur les avancées technologiques. Ce fut le cas pour la communication à la fin des années 80, la logistique dans les années 90, la finance dans les années 2000, et le « Big Data » aujourd'hui. Ce sera également le cas du médical et de la santé en général demain, mais aussi de la lutte contre la pollution de l'eau et de l'air après-demain. Dans tous ces domaines, les acteurs étrangers qui cherchent la rupture n'hésitent pas à s'entourer d'ingénieurs français.

### ► **Le poids des mathématiques et de la mémoire long terme**

L'ingénieur français se distingue de ses confrères de même nom formés dans d'autres pays par une formation en mathématiques souvent sensiblement supérieure, mais aussi par une mise en perspective historique du savoir. Bref, l'ingénieur français est doté d'une mémoire à long terme, qui lui permet d'oublier la technique tout en gardant son savoir. Or, dans un monde qui s'accélère, la technique apprise est déjà dépassée dès lors que l'on sort de l'école. C'est sur la capacité à apprendre les techniques nouvelles que se fera donc la différence.

### ► **L'importance de la puissance cognitive**

La puissance cognitive est tout autant une question de « bande passante » que de vitesse. L'ingénieur expert va vite, mais avec en tête un répertoire très vaste de méthodologies. Ce large spectre cognitif lui confère une grande autonomie. L'expert peut s'affranchir en grande partie du « collaboratif » avec ses pairs, ce qui lui permet d'être seul dans une PME par exemple.

### ► **Un atout des formations avec sélection à la française**

L'expertise nécessite une remise en cause permanente des connaissances, et donc, en situation professionnelle, une forte capacité de travail. C'est cette capacité de travail d'exception et cette capacité à formaliser très rapidement de l'expert ingénieur français qui marque les esprits. Elle est en particulier acquise lors du passage en prépas.

### ► **La recherche de l'excellence de classe mondiale**

L'expert moderne ne saurait briller uniquement dans son école et son pays. Son rayonnement doit être mondial. Le cadre national ne suffit plus. La recherche d'une excellence « world class » fait de plus en plus partie des prérequis par les recruteurs des grands groupes. C'est pourquoi il ne peut aujourd'hui y avoir d'expertise crédible sans la recherche délibérée de la compétition et du défi au niveau mondial.

## ► Le sens de la formalisation

Chaque expert a sa propre axiomatique dit-on. Cela suppose une formation à la construction théorique. L'ingénieur expert, est, dans d'autres pays (ex : l'Allemagne), le plus souvent un docteur-ingénieur. Les passerelles qui facilitent le développement des Docteur-Ingénieurs renforcent potentiellement les pôles d'expertise en favorisant la transmission réciproque du savoir entre étudiants et écoles via les thèses. Plus précisément, ce n'est pas la qualité du laboratoire qui semble générer l'expertise, mais le nombre et la diversité des thèses qui s'y préparent.

## ► L'esprit 'LAB'

L'expert, en particulier celui chargé d'une direction technique ou scientifique, et qui doit savoir apprécier l'état réel de maturité des technologies, se doit d'être proche des laboratoires et des chercheurs. Par rapport aux États-Unis, nos écoles n'ont pas toujours les outils d'expérimentation à la hauteur de leur expertise théorique, et les contacts avec l'université peuvent encore progresser. Il est cependant important de valoriser les laboratoires, d'y accueillir l'industrie comme les chercheurs étrangers, afin de continuer à faire vivre un esprit « Lab », clé de la légitimité de l'expert avec son futur dialogue avec les universités étrangères.

## Citations d'experts



*« La maîtrise parfaite de la technologie va rester un incontournable : être de très bons techniciens, capables de trafiquer. »*

Michel Bénard, Google

*« La France est un pays cartésien, avec une formation de nos élites très puissante sur le plan scientifique d'un point de vue théorique. Il faut continuer à faire ce qui fonctionne. Il nous faut faudra des data scientists de très haut niveau théorique. »*

Michel Bénard, Google

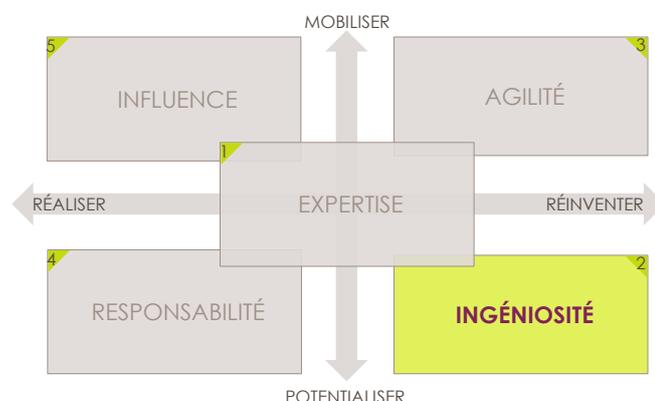
*« En France, nous avons des formations scientifiques de très haut niveau, mais le risque est que nos meilleurs scientifiques ne veulent plus faire de recherche, faute de possibilités de carrière intéressante. Dans la Silicon Valley, les centres de R&D sont adossés à l'Université et les chercheurs peuvent plus facilement basculer dans une start-up, tandis que les cadres de R&D font leur thèse à l'université. En France, nous faisons les thèses trop tôt, trop jeunes. Il faut imaginer d'autres passerelles. »*

Jacques-François Marchandise – Directeur de la Prospective FING

## 2.2 L'Ingéniosité

### ► L'art du détour au service de la rupture efficace

La capacité à trouver la rupture est une attente centrale, non seulement dans l'industrie, mais également dans les start-up, ainsi que dans le monde de la transition énergétique. L'époque qui s'annonce est lourde de défis, y compris économiques et écologiques, voire géopolitiques, qui n'ont pas encore de solutions. L'ingénieur de demain sera de plus en plus confronté à des problèmes sans solution apparente. On n'attendra pas nécessairement de lui la solution miracle, mais des heuristiques habiles qui rendront l'impossible possible, au prix d'un certain risque. L'art de mieux répartir les risques au sein de la chaîne de valeurs, et non de chercher à les minimiser à tout prix fait partie de la toolbox de l'ingénieur ingénieux. La rupture s'accompagne souvent d'une simplification, tout autant que de risques nouveaux. Or, porter un regard différent sur le risque suppose un détour par une autre discipline, voire une culture (ex : la définition des probabilités a priori dans l'approche Bayésienne, ou les prises de risque dans les jeux vidéo multi-joueurs). Sans détour culturel, sans redéfinition du risque, la rupture tant attendue a peu de chance de s'exprimer. L'ingéniosité est donc, loin du bricolage amateur, l'art de repenser les spécifications avec un œil neuf.



### ► La recherche délibérée du saut créatif, du dépassement du « savoir »

Dans leurs livraisons de ces dernières années, les grandes organisations, comme IBM, BCG ou Cap Gemini, font de la « créativité » des dirigeants une condition nécessaire à la réussite à long terme de leur projet. Le développement de la créativité des diplômés de l'enseignement supérieur est devenu récemment une priorité officielle en Chine. La créativité continue d'être une source de préoccupation majeure du ministère de l'éducation de Singapour, un pays qui s'est déjà réinventé trois fois avec succès, mais qui est conscient des freins que sa culture peut mettre à la reconnaissance positive de la singularité et de la différence. Ce qui fait consensus est que l'expression créative qui a envahi certains réseaux sociaux et nourrit l'imaginaire des Fablabs, n'est pas une simple mode, mais l'expression d'un nouveau besoin, celui du dépassement du savoir. A l'heure de Wikipedia, et des MOOC, la construction du savoir devient moins un défi riche en imaginaires aspirationnels, qu'un simple process où l'étudiant se fait consommateur critique. C'est dans le registre du talent créatif et de la capacité à innover, tant attendus par les leaders, que des formations nouvelles sont attendues, non pour ignorer ou nier le savoir technique, mais pour le dépasser. Dans ce contexte, la figure de l'ingénieur-designer est évidemment au premier plan.

## ► L'hybridation maximale des références, le détour culturel obligatoire

Depuis les années 90, les passerelles entre les disciplines et les écoles se sont multipliées. Toutefois, il ne suffit plus de multiplexer les disciplines, et inviter des enseignants étrangers, il est important de délibérément faire appréhender aux étudiants le choc des cultures. Dès son entrée dans un grand groupe technologique, le jeune ingénieur se verra confronté à des collègues issus d'autres cultures, parfois radicalement opposées. Dans une PME, c'est son fournisseur ou son client qui sera également porteur de différences culturelles. Le rapport à l'imitation, le management de l'erreur, la notion de responsabilité, la place de l'écrit, des enseignants, diffèrent selon les cultures. L'ingénieur n'est ingénieux que s'il maîtrise l'art des interfaces culturelles, celles qui séparent les disciplines, et celles qui séparent les hommes. Même la géométrie gagne parfois du détour culturel :

*« Je parle souvent de cette ligne unique propre au Japon, ni droite ni courbe à force de vouloir être à la fois courbe et droite : le flanc du Fuji, la ligne du sabre, le rempart d'un château, la branche du pin, les îles dans la Mer intérieure, le flanc du toit, le bord d'un seau, le bol à thé, la coupe d'un vêtement, le geste d'un danseur, un trait de calligraphie. » André Leroi Gourhan, « Pages oubliées sur le Japon »*

## ► La remise en cause permanente des référents, l'immersion dans les usages

L'époque va vite, vise la transformation immédiate et son moteur est l'action, tout autant que les années 60 et 70 étaient celle de la pensée théorique et politique. Dans le monde de l'ingénieur, ce mouvement se traduit par l'importance croissante donnée aux usages, c'est-à-dire à l'adaptation aux conditions d'exploitation dans le réel, dans des situations souvent imprévisibles et imparfaites. L'immersion préalable dans les usages fait partie de l'hygiène mentale de l'ingénieur designer. C'est également de plus en plus une exigence des systèmes socio-techniques où la qualité finale du système est appréciée par les « like » et le référencement de l'utilisateur final. La mise en relation directe des concepteurs avec l'utilisateur final aboutit nécessairement à une accélération des cycles de remise en cause, et donc des mises à jour fonctionnelles. Savoir se mettre à la place de l'utilisateur final, « l'empathie client », est une qualité de plus en plus attendue de l'ingénieur de recherche. C'est de la qualité de l'hybridation entre distanciation théorique et proximité avec les usages que naissent les bons concepts et les interfaces pérennes. Pour développer cet esprit, le stage en industrie ne suffit plus. Fablabs et prototypage dans les conditions du réel sont indispensables.

## ► Le dépassement de soi comme moteur

L'ingénieur Ingénieux en fait plus. Son moteur n'est pas le savoir, ni le pouvoir, mais le dépassement des limites, à commencer par les siennes. C'est pourquoi l'ingéniosité a besoin de parrainage et de « coaching » pour s'exprimer et se rassurer. Il n'y a pas de développement créatif sans accroissement d'anxiété.

## ► Le sens de l'économie de moyens

Le monde de demain ne sera pas hanté par l'idéologie de la parcimonie, nos experts ne le croient pas, mais ils sont en revanche persuadés qu'il faudra, encore plus qu'aujourd'hui, savoir faire plus, mieux, avec moins de ressources, et surtout moins de temps. Or, c'est moins dans les écoles que dans les start-up, ou dans l'économie de la fonctionnalité que s'apprend ce sens de l'économie de moyens combiné à un sens aigu de l'urgence.

## ► Le designer comme modèle

L'ingénieur designer n'est pas une exclusivité française, mais la France, entre autres sous l'impulsion de la DGE (ex-DGCIS) il y a quelques années, dispose de formations d'ingénieur de très haut niveau dans ce domaine, et de classe mondiale. Toutefois ce pôle d'excellence est moins visible au niveau mondial qu'il ne le devrait, alors que la figure de l'ingénieur-designer est pour les jeunes générations une figure des plus attractives.

## Citations d'experts



« Il faut revenir à l'idée d'ingénieur « ingénieux », qui a une culture un peu plus large, qui lui permet d'utiliser des idées pour concevoir. Si on ne veut pas redevenir une république populaire émergente, la seule place viable pour l'Occident, et en particulier pour la France, vu nos coûts salariaux, nos coûts d'éducation, l'avancement de notre société en termes de droits sociaux, est de se positionner dans le seul domaine viable pour nous, celui de l'intelligence, c'est-à-dire être extrêmement puissant dans l'innovation et la rupture, faire bouger l'industrie, ajouter une formation qui soit plus dans la conception que dans la production, même s'il en faut toujours. La production, ce n'est pas, pour moi, l'avenir de la France. Dans le luxe, par exemple, il y aura toujours des ateliers de très haut niveau, des fournisseurs, etc., mais on a plus intérêt à avoir des créateurs, des designers, des marketeurs, des gens qui vont faire la partie intelligente, plutôt que des gens qui produisent. »

Xavier Lazarus, Elaia Partners

« L'ingénieur devra de plus en plus avoir une capacité d'innovation, savoir sortir de l'ordinaire. »

Michel Bénard, Google

« Le vrai homme de progrès de demain sera le designer. [...] Le designer est un transformateur. [...] En prétend[ant] combler une partie du chemin entre des technologies et les usages, par une vision, une exploration de l'inconnu et un objectif, [...] il « fournit » des solutions. [...] La rupture, c'est forcément s'éloigner de la connaissance, créer ce qui n'existe pas. Proposer des objets ou des services qui ne répondent pas à des besoins spécifiés, mais à des mutations profondes de la société. Rappelons-nous les ingénieurs du XIXème siècle comme Eiffel ou Seguin, ils avaient des rêves qui les dépassaient. Cela, je le vois peu aujourd'hui. Rêver et faire rêver.... »

Jean-Louis Fréchin, NoDesign



« Il faudrait envoyer tout le monde faire un petit tour dans les sociétés avec peu de moyens car quand on a peu de moyens on fait beaucoup plus de choses. »

Xavier Lazarus – Elaia Partners

« Quand on veut inventer un nouveau matériau architecturé, l'observation de la nature est un bon point de départ... La nacre est 1000 fois plus résistante que ses constituants : tout est dans sa structure... Notre laboratoire s'est inspiré de ce mécanisme pour réduire la fragilité du verre. » (L'Usine Nouvelle, 2014)

François Berthelat, Biomimetics Laboratory, Université Mc Gill (Canada)

« Des écoles ont des établissements à l'étranger. La France accueille également beaucoup d'étudiants ingénieurs étrangers. Or ce n'est pas géré comme une richesse, nous n'en tirons pas profit. Par exemple, de très bons éléments viennent ici pour inventer leur pays de demain, en particulier d'Afrique, où les contraintes sont très fortes. Nous pourrions apprendre beaucoup de leur ingéniosité. »

Jacques-François Marchandise – Directeur de la Prospective FING

« Tels qu'ils existent aujourd'hui (2014), la plupart des Mooc n'ont aucun intérêt. Aujourd'hui, en moyenne, seuls 4% des inscrits finissent un Mooc... L'enjeu crucial est ailleurs, ce n'est plus l'accès au savoir, c'est celui de se mettre en situation pour explorer ses connaissances et les discuter, pas de les accumuler comme le proposent les Mooc d'aujourd'hui. »

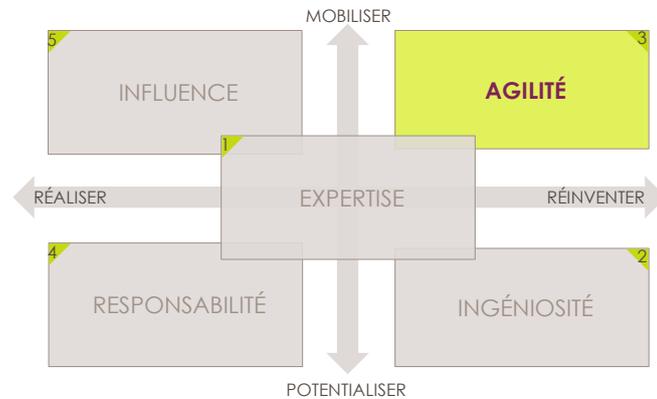
Dominique Boullier, Sociologue, Sciences Po, Directeur du projet Forccast

## 2.3 L'Agilité, talent critique de l'ère digitale

### ► Être tourné vers l'extérieur en permanence

L'agilité est le talent indispensable pour l'adaptation nécessaire à un monde horizontalisé en changement permanent. Dans ce monde, l'ingénieur doit partir du postulat qu'il ne peut parvenir seul à ses buts, ni en termes de savoir, ni en termes

de délai, ni en termes de satisfaction finale. La bonne solution est nécessairement ailleurs, chez l'autre. Cela suppose d'être non seulement connecté à l'autre, mais en dialogue permanent avec l'autre. Ce regard tourné vers l'extérieur peut aller de soi à l'École, mais peut rapidement s'enfermer en entreprise sous le poids de la confidentialité et des habitudes, certes, mais également en raison d'un niveau d'expertise initial très élitaire (le syndrome de « l'arrogance » attribué à certains ingénieurs français). Or, à l'ère digitale, les distinctions interne/externe deviennent plus floues, le client d'aujourd'hui peut devenir le partenaire de start-up de demain, et des ensembles « clé en main » de solutions transitent déjà par l'Open Source, y compris pour l'Internet des Objets, encore embryonnaire.



### ► L'empathie « client »

L'ingénieur du passé avait des spécifications, l'ingénieur contemporain a des clients. Ce basculement d'une relation fortement intermédiée (« le cahier des charges ») et distanciée à une relation horizontalisée et conversationnelle (la généralisation des versions et la notion de mise à jour en continu) a été perturbant pour une génération d'ingénieurs qui limite les interactions pour mieux maîtriser ses livrables. Or, des verrous ont sauté, et même dans l'ingénierie lourde, la remise en cause régulière des spécifications, mais aussi des ressources, sollicite l'agilité des équipes et leur réseau. C'est probablement dans les entreprises habituées aux process lourds comme Technip que les progrès apportés par l'agilité seront les plus visibles. Par exemple, la branche Flexible de Technip s'est dotée d'un nouvel outil et de nouveaux process en 2013 pour « améliorer d'un ordre de grandeur la réactivité métier, gagner en agilité et rendre la décision ubiquitaire. Cela a conduit à une intégration logicielle accrue et nomade au sein de Technip et avec ses partenaires, et a fortement gagné en vitesse, au prix d'une certaine prise de risque : Sur les nouvelles apps dont certaines permettent au président de faire des approbations de commande en temps réel, et contrairement aux anciens process, identifiant et mot de passe ne sont pas mémorisés, et le compte utilisateur est tout simplement systématiquement détruit à la volée en cas de compromission supposée ». Mais l'ingénieur Agile n'a pas seulement des pouvoirs inédits, il doit savoir gérer des responsabilités nouvelles : « Désormais, chaque ingénieur est responsable pour l'ensemble du groupe des données qu'il gère, dans un ode MDM » pointe Guy Gérard, « L'ensemble des processus ont donc été redessinés ».

## ► La solution est chez les autres, la maîtrise de l'open-source

Pour l'ingénieur Agile, l'autre n'est pas un rival, mais une ressource, l'open-source n'est pas une menace, mais une opportunité. Or, pour bien comprendre comment on peut orienter les équipes d'open-source à son profit, il faut en faire partie. Les ingénieurs Agiles donnent un peu, et récoltent beaucoup.

## ► La mémoire, c'est le réseau

Hier, l'ingénieur avait des dossiers, puis des disques durs. L'ingénieur Agile a aujourd'hui un réseau, qui l'accompagnera et s'enrichira quand il changera d'employeur. Savoir construire ce réseau et le faire « travailler » à son profit et celui de son entreprise fait partie des talents de l'ingénieur Agile, mais cela s'apprend également.

## ► Le capital, c'est le réseau

L'expertise reste au cœur de l'ingénieur Agile du futur, mais son vrai capital est moins sa formation propre que celle reçue par son réseau. D'ailleurs, le MIT, pour son programme de « *Civil and Environmental Engineering* », propose directement un réseau comme « livrable » du cursus :



*In the graduate programs in CEE at MIT we offer opportunities to:*

- *Meet and work with the world's best and brightest, building both your intellectual talent as well as your network of future collaborators and mentors*
- *Immediately step into cutting-edge research projects and work in international teams*
- *Engage in creative engineering and build professional networks beyond your specific research, e.g. Energy Club, Entrepreneurs Club, and Engineers without Borders*

## ► La capacité à prototyper rapidement

L'ingénieur Agile est créatif, mais d'une créativité qui se nourrit davantage de l'action et du court terme que de la formalisation et de la longue durée. C'est pourquoi la phase de prototypage arrive très vite dans ses process, avant même parfois la finalisation des spécifications. Cet esprit « Fablab » ou « Pré-Démonstrateur » peut choquer des générations attachées aux études théoriques préalables de faisabilité et à la sécurisation des process, mais correspond à l'enthousiasme et au dynamisme des équipes techniques, dans le monde anglo-saxon, mais également en Asie et en Corée.

## ► La capacité à abandonner rapidement, à contourner

L'ingénieur Agile sait détruire et oublier aussi rapidement qu'il sait construire et apprendre. Cette posture est plus facile à adopter dans des cultures où l'imitation joue un rôle important et où détruire ce que l'on a fait soi-même pour imiter plus grand que soi ne porte pas à préjudice moral.

Ce n'est pas le cas de la France, où l'ingénieur bâtisseur peut avoir des difficultés à remettre en cause des solutions qui ont fait sa réputation passée ou qui ont justifié les apports de fonds.

Apprendre à savoir détruire ou à renoncer rapidement à un axe de développement est l'une des conditions de l'Agilité les plus difficiles à enseigner en Occident.

### ► **Le sens de l'urgence : la performance, c'est le délai**

Les années 80 et 90 ont inscrit l'idée de qualité totale et de zéro défaut au fronton des entreprises. Il apparaît cependant que les plus grosses capitalisations boursières technologiques actuelles se sont surtout fait connaître par la mise sur le marché, en avant-première, de versions non stabilisées de leurs produits, sans cesse mises à jour. Même Apple, un acteur qui avait déclaré vouloir faire durer ses produits, a dû s'incliner devant la culture du « bêta-test » permanent.

En effet, dans la culture du nouveau siècle, l'avance technologique, ce n'est plus du pouvoir juridique (propriété industrielle), lequel est de plus en plus contesté, mais du pouvoir sur le temps. La lenteur tue. Ce changement de paradigme s'applique également aux start-ups. Au tournant des années 2000, les Start-ups cherchaient des « incubateurs » et des conseils pour protéger leurs brevets. Aujourd'hui, elles cherchent des « accélérateurs » et des accès rapides au marché.

## Citations d'experts



« Ce qui nous intéresse, chez les ingénieurs, c'est avant tout leur mécanique intellectuelle, leur esprit analytique, structuré et rapide. »

Caroline Haquet, Responsable Développement Partners chez Mazars

« Thinking outside the box still preserves the old box as the core reference point for change, when in many cases the more transformational and effective solution comes from replacing it altogether... Thinking outside the box is helpful in that it forces us outside our comfort zone, but it takes us only a very small way toward potential solutions. »

Luc de Brabandere, former BCG Innovation director

« By contrast, Thinking in New Boxes challenges us not just to step outside the old ways, but also to ask whether they are even viable any more, and what could replace them. That's how revolutionary breakthroughs happen, by completely redefining the way we see the world. »

Alan Iny, BCG Innovation Director

« On a toujours à apprendre des autres. Nous comptons nous inspirer des meilleurs pratiques de Saint-Gobain ou de 3M en matière de partenariat avec les start-ups. » (L'Usine Nouvelle, 2014)

Yann Barbaux, Directeur de l'Innovation, Airbus

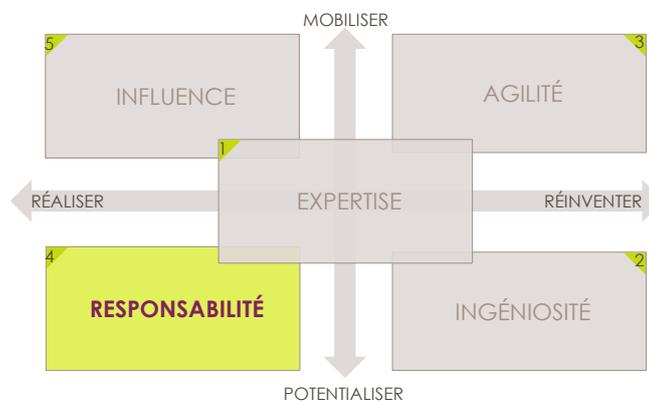
« Dans un cadre normé, l'ingénieur centralisait, puis optimisait des systèmes complexes où son rôle était de tout prévoir. Demain, dans un monde horizontal, au cadre structurellement incertain, l'ingénieur ne pourra s'en sortir que par des compétences majeures en écoute, en savoir-faire coopératif, en intelligence collective. »

Jacques-François Marchandise – Directeur de la Prospective FING

## 2.4 La Responsabilité, compétence rare

### ► Le sens du long terme dans un monde de court terme

Le 21<sup>ème</sup> siècle accélère et ne semble pas pouvoir s'affranchir de la dictature du court terme, celle dictée par les marchés financiers, mais également celle imposée par les acteurs technologiques du monde digital où le rythme d'innovation est tel que la dépose du brevet est parfois abandonnée pour ne pas retarder la mise sur le marché ou la réponse à l'appel d'offres.



La capacité à penser avec sérénité et justesse le long terme n'est donc plus vraiment une obligation professionnelle (en dehors du leadership), mais un choix et une compétence qui devient rare, en particulier en raison de l'affaiblissement des grands programmes industriels en Europe (civils et militaires).

Or, les défis de la transition énergétique, de la rareté des ressources, de la sécurité et de la santé, des transports, ne disparaissent pas. Bien au contraire, ils s'accumulent à l'horizon 2025-2030.

Dans dix ans, la plupart des pays émergents se trouveront confrontés à tous ces problèmes, alors que leur système éducatif forme surtout actuellement des ingénieurs productivistes ou techniciens. Il est donc tout à fait possible de voir émerger à cet horizon une demande au niveau des états et des grands groupes industriels et énergétiques, fournisseurs d'infrastructures, pour des responsables de projets de transformation de haut niveau et capables de comprendre les enjeux politiques, écologiques et économiques sur une longue période de leurs choix technologiques. Il y a donc là une nouvelle opportunité pour l'ingénieur responsable, au service d'entités publiques en majorité étrangères, et, partiellement, via des groupes étrangers.

### ► L'anticipation et la maîtrise systémique des risques

Pour le sociologue Ulrich Beck (« La société du risque »), une société industrielle ne se définit pas par ses classes sociales ou son taux d'inégalité, mais par la façon dont elle répartit le poids des risques (économiques, écologiques, sécuritaires...) sur chacun de ses membres.

La maîtrise juridique des risques technologiques supposera une capacité supérieure à formaliser le champ des risques systémiques en général, une compétence à développer au carrefour de plusieurs disciplines, dont le droit et le médical.

### ► **Le sens de la sécurité, de l'utilité collective, du développement durable, mais aussi de la propriété intellectuelle, du législateur**

L'ingénieur Responsable, à l'opposé de l'ingénieur Agile, ne vise pas à la vitesse et à l'action, mais à l'équilibre dans la durée, et à la facilitation des inévitables transitions. Cela suppose un état d'esprit différent, qui se soucie de la chose publique, et s'interroge avant tout sur ce qui demain sera le plus « utile ». En particulier, la problématique de la sécurité et de la propriété des données, soulève la question du rapport à la loi, sujet rendu très complexe par la globalisation et le cloud. Peu d'ingénieurs sont formés à aborder ces sujets en amont, et peu de juristes ont une formation suffisante pour anticiper les enjeux juridiques de projets techniques. L'ingénieur Responsable est donc loin d'être un simple ingénieur « Qualité Totale », il est avant tout un ingénieur qui maîtrise les compétences du juriste, voire de l'administrateur et du législateur.

### ► **La maîtrise des enjeux éthiques, juridiques, sociétaux, et politiques de la technologie sur tout le cycle de vie des systèmes et leur chaîne de production**

L'ingénieur Responsable prend tout son sens dans l'économie de la fonctionnalité et dans la problématique du développement durable, en particulier pour la conception de PSS (Product-Service Systems) innovants. A ce titre, l'Ingénieur Citoyen devra avoir été confronté lors de sa formation à des dilemmes long terme/court terme, et devra disposer d'un socle moral solide, qui lui permette de résister aux pressions d'une culture dominante qui ne sera pas la sienne.

### ► **La capacité à dire non (hors problématique TRL : Technology Readiness Level )**

L'ingénieur Agile dit toujours « oui », et l'Ingénieur dit « pourquoi pas ». L'ingénieur Responsable se distingue et se distinguera, non seulement par sa volonté de dire non, mais par sa capacité à savoir ensuite construire un consensus dans l'entreprise autour de son refus, afin de faire de son opposition, non un point de blocage individuel, mais l'occasion d'innover toujours collectivement, mais différemment.

### ► **Atout France : la déontologie et la culture générale des Grands Corps**

La culture historique des Grands Corps apporte une légitimité particulière aux Grandes Écoles Françaises pour former ce type de profil, mais cette fois, dans un contexte mondialisé qui dépasse les besoins et les natifs de la France.

## ► Les refondateurs du futur

Si l'Ingénieur Agile fonde le présent en parlant du futur, l'ingénieur Responsable fonde le futur par la critique du présent. Ils portent tous deux des facettes complémentaires de l'avenir et, selon nos interlocuteurs experts, seront tous deux indispensables au monde à venir.

## Citations d'experts



« L'ingénieur sera, à l'avenir, un cadre responsable, qui intégrera dans son travail quotidien la triple dimension sociale, environnementale et économique du développement durable avec méthodologie et prudence. Très concrètement, cela signifie qu'il devra gérer le cycle de vie d'un produit ou d'un projet avec des notions d'écoconception, utiliser des outils comme le bilan carbone et mesurer les incidences sur la sécurité des biens et des personnes. Cette dimension doit être mêlée aux enseignements, et l'approche croisée des disciplines, qui mène à l'analyse systémique, est inéluctable. »

Avenir Ingénierie  
(<http://www.avenir-ingenierie.fr/home/enseignements/le-portrait-du-futur-ingenieur/>)  
Syntec Ingénierie

« L'accès de plus en plus généralisé à l'information va entraîner la nécessité d'une transparence quasi-totale sur les produits industriels, les processus. [...] Avec des conséquences sur le métier d'ingénieur en termes de responsabilité. »

Gabriel Plassat, Ademe

« Engineers are good at quantitative analysis and most of the time thoughtful about the range of options, they can be expansive in their listing of different options but they have to be willing to put a clear and loud stake in the ground even if they don't have perfect information. »

Alan Iny, BCG Innovation Director

« L'économie circulaire, c'est aussi le basculement vers l'économie de la fonctionnalité. Le constructeur reste propriétaire de ses produits et vend le service associé. Ainsi, il a tout intérêt à faire durer et à régénérer ses biens... L'économie de la fonctionnalité force <l'ingénieur> à imaginer des produits plus évolutifs, plus modulaires, plus durables. » (L'Usine Nouvelle, 2014)

« L'ingénieur était formé pour améliorer les systèmes, pas pour les questionner. On attendra surtout de lui demain qu'il propose de faire autre chose, comme par exemple aider à réduire les besoins de transports plutôt que de proposer des transports plus rapides. Cela suppose qu'il donne à l'utilisateur final et à la projection dans l'avenir une place plus grande dans sa démarche. »

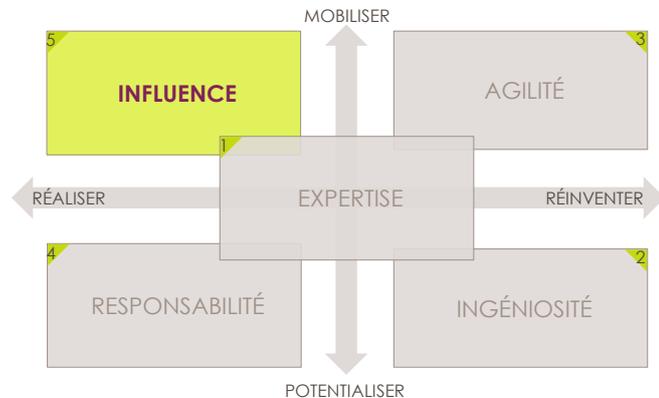
Jacques-François Marchandise – Directeur de la Prospective FING

## 2.5 L'influence, énergie nouvelle du pouvoir

### ► La capacité à faire venir à soi les ressources

Dans le monde à venir, les ressources ne seront jamais complètement acquises à un projet. A tout moment, les talents peuvent partir, des budgets être réduits, des priorités être changées, des plannings être non respectés, des contrats être remis en cause. Bref,

l'incertitude sur les ressources, et non seulement sur les délais, sera un élément majeur pour la décennie à venir. La ressource sera rare et conditionnelle. L'ingénieur chef de projet aura donc comme lourde et nouvelle responsabilité la sécurisation de ses ressources. Or, cette sécurisation ne pourra plus être imposée par la hiérarchie ou l'autorité, mais par l'influence. A l'heure du crowdfunding, du crowdsourcing et autres démarches collaboratives « bottom-up » générées par l'horizontalisation de la société, l'influence est plus puissante que l'autorité. C'est pourquoi, améliorer sa capacité à faire venir à soi les ressources sera plus efficace que demander de l'autorité pour les garder.



### ► La capacité à entraîner, la maîtrise de l'humain, de la confiance

Savoir mobiliser, créer des dynamiques positives est un talent qui se conjugue souvent avec des prédispositions individuelles, comme le reconnaissent les experts consultés, mais la capacité à inspirer confiance, une condition nécessaire de l'influence, est une compétence qui s'apprend. Cela suppose, entre autres, une maîtrise élevée des contextes humains. La pratique du travail en équipe est une première étape, mais insuffisante pour apporter une bonne maîtrise de l'influence. L'encadrement d'un projet de Fab Lab en crowdsourcing/crowdfunding est probablement plus formateur. Savoir faire venir les ressources à soi sans avoir à se battre pour les exiger ou les mendier sera une compétence-clé des ingénieurs leaders de demain, en particulier dans des contextes multi-culturels.

### ► L'influence simultanée en interne et en externe, sens stratégique réseau

La notion de chaîne d'influence est tout aussi importante que la notion de chaîne de valeur, en particulier lorsqu'il s'agit d'inciter des chercheurs et labos externes à travailler dans l'intérêt d'une entreprise sans nécessairement apporter des incitations financières lourdes. Essilor est l'une des entreprises qui maîtrise le mieux l'interaction subtile entre l'interne et l'externe, entre les intérêts de chercheurs externes et ceux de la direction scientifique et technologique de l'entreprise, et ce sur plusieurs continents.

« Trois centres Innovation et Technologie situés en France, aux États-Unis et en Asie ainsi que deux centres sous la responsabilité des joint-ventures Transitions aux États-Unis et Nikon-Essilor au Japon, concentrent l'essentiel des équipes de chercheurs du Groupe. La démarche d'innovation d'Essilor s'appuie également sur un réseau de partenariats créés avec des universités, des groupes industriels et des PME innovantes. Les collaborations avec l'Institut de la Vision, le CNRS, l'université de Shanghai, l'université de Montréal, avec laquelle Essilor a créé une chaire de recherche, en sont quelques exemples. »

**Exemple d'application : Projet de Master verre Ophtalmologique 2014, en collaboration avec Mines ParisTech et Télécom ParisTech.**

« L'avancement de la recherche amène Essilor à développer une stratégie s'appuyant sur des projets d'innovation collaboratifs avec des acteurs d'expertises diverses. Ce type de projets permet également de saisir des opportunités de financements publics nationaux ou européens et de fédérer différents partenaires académiques et industriels. Le projet de master contribuera au développement potentiel de projets collaboratifs pour Essilor. Il consistera dans une première phase à identifier et analyser les stratégies nationales et européennes en matière d'aide aux projets d'innovation collaboratifs. L'objectif est de repérer les opportunités de partenariat dans lesquels Essilor serait susceptible de participer. Pour mener cette analyse, l'élève aura à comprendre les expertises détenues par ESSILOR et les projets d'innovation en cours afin d'identifier des complémentarités entre les développements internes et les développements conjoints. »

**■ La maîtrise de la distribution du pouvoir (plutôt que de l'autorité)**

Dans l'ancien monde, linéaire et hiérarchique, l'ingénieur progressait en acquérant du pouvoir. Dans le nouveau monde, organisé en réseau, il progresse en redistribuant habilement son pouvoir. Nourrir l'autonomie et les moyens d'action de ses subordonnés relève de la notion générique d'« empowerment ». Sans cette maîtrise, l'influence n'est pas compétence, mais talent individuel.

**■ La maîtrise de toutes les formes d'interface**

Dans l'univers de l'influence, comme celui des réseaux sociaux, par exemple, tout se passe au niveau des interfaces. Le concept est même parfois l'interface lui-même. Dans la chaîne de valeurs, l'interface n'est donc plus en périphérie mais au centre, le point de départ du process. Cette logique de conception, qui a fait des interfaces tactiles un succès mondial foudroyant, ne doit pas être vue comme une expertise disciplinaire, une extension de l'ergonomie, mais comme une compétence transverse, celle d'influencer l'utilisateur sans autorité.

## ► Aider les autres à se dépasser, valoriser l'utilisateur

La valorisation de l'utilisateur n'est pas naturelle dans une chaîne de valeur technique classique car l'utilisateur est souvent perçu comme le « maillon faible » d'une chaîne que, dans l'idéal, on souhaiterait totalement automatisée et autorégulée.

Or, dans une logique d'influence, donner du pouvoir à l'utilisateur est l'objectif ultime, l'éthique au quotidien de l'ingénieur. Cette approche, qui a été celle d'un Apple, et même d'un Google, suppose une meilleure fluidité entre la notion d'utilisateur et celle de concepteur, et la capacité de chacun à apprendre à être « l'utilisateur » de son collègue, et réciproquement.

## ► Priorité à la réalisation collaboratrice, au « faire » partagé

L'influence ne se mesure vraiment qu'à l'aune de son impact sur le réel. Son champ d'action privilégié est bien évidemment dans le collaboratif et l'ensemble des logiques de partage.

L'économie du partage et la consommation collaborative qui aboutissent déjà à des capitalisations boursières considérables (ex : Airbnb, Uber) va accélérer son déploiement avec l'Internet des Objets et l'entrée du collaboratif dans de nouveaux territoires, comme la santé par exemple.

## ► L'architecte des systèmes ouverts, de la « Fabrique »

Le monde de l'open-source (et des systèmes ouverts en général) est le territoire privilégié des stratégies d'influence. C'est pourquoi le développement dans ce contexte est particulièrement formateur. Il en est de même dans l'esprit « Fabrique » qui anime certains laboratoires. Ce que nous retenons ici, c'est la primauté des étapes de réalisation, du « faire avec » ou du « faire ensemble », sur les étapes de conception.

## Citations d'experts



*« L'ingénieur, leader de demain, ne sera pas un « chef », pas plus qu'il ne sera un « subordonné ». Il sera, comme d'autres, et peut-être mieux que d'autres, dans certains cas, un animateur de talents et de compétences, d'énergies et de projets. »*

Alexis Kummetat, Kaqi

*« Les ingénieurs, aujourd'hui, ne font pas face uniquement à des défis techniques... Chefs de projets, chefs d'équipe, les ingénieurs sont aujourd'hui également des managers souvent peu ou pas formés à la gestion humaine et professionnelle d'une équipe. Leur cursus, leur personnalité, leur ouverture d'esprit sont souvent mis à l'épreuve dans ces situations et révèlent parfois une difficulté à comprendre humainement les motivations des individus qu'il manage. »*

Dino Ragazzo, auteur de 'Manager d'élite', 2011

*« Je recrute avant tout des personnalités, SI la compétence technique est toujours présente, il est plus difficile de trouver des candidats dotés de compétences relationnelles. Je cherche des gens humbles, à l'écoute, sachant communiquer. C'est ce qui permet d'ouvrir toutes les portes du management. Ensuite, les bons ingénieurs savent résister au stress, savoir réfléchir et, in fine, être capable d'aboutir à créer quelque chose. »*

Alexis Coiseur, ingénieur Arts et Métiers, responsable RH chez Italcementi group

*« Chez Bosch, en période d'activité réduite, les plus qualifiés ont formé les moins qualifiés... Non seulement nous avons gardé nos compétences, mais elles ont fortement progressé. » (L'Usine Nouvelle, 2014)*

Edda Rosenfeld, chargée du développement des carrières, Bosch

*« Les transformations en cours se traduisent par le déplacement du facteur incertitude sur l'organisation. On attendait de l'ingénieur d'hier une compétence majeure en organisation centralisatrice. Son rôle était clairement au service du centre, voire de la R&D du centre, et ce dans un secteur spécialisé. Or les grands systèmes sont de plus en plus multi-acteurs. Il n'y plus de centre permanent. De plus, les jeux d'acteurs sont en permanence bousculés, les rôles redistribués. Il a constamment des « intrus » qui s'invitent dans les projets, les systèmes. L'ingénieur doit donc se faire plus souple, savoir gérer des innovations « bottom-up », savoir se croiser avec d'autres métiers, comprendre davantage le mécanisme des décisions humaines... En France, les ingénieurs ne sont pas formés pour ça. Inventer la pédagogie active de l'ingénieur de demain est un chantier passionnant ! »*

Alexis Jacques-François Marchandise – Directeur de la Prospective FING

## Conclusion

Dans les décennies qui viennent il est à prévoir que les entreprises et surtout les sociétés d'ingénierie auront un besoin croissant de grands experts technologiques, des maîtres de l'état de l'art, en prise avec les toutes dernières recherches mondiales de l'université et des écoles. Non des techniciens, mais des technologues de très haut niveau dotés d'une grande puissance conceptuelle. L'expertise technologique, et la formation scientifique de haut niveau qu'elle exige pour être pérenne, restera donc au cœur de ce qui est attendu de l'ingénieur de haut niveau. L'expertise qui permet d'apprécier le « Technology Readiness Level » est par exemple l'une des ressources-clé de la stratégie d'innovation des entreprises et de leur capacité d'anticipation et d'adaptation.

Une formation scientifique et mathématique de haut niveau, une forte capacité de travail, une vitesse adaptée à une mise à jour continue des connaissances, un examen rapide des dossiers, et une conceptualisation des solutions, seront toujours des bases demandées en priorité demain, et en particulier à l'ingénieur français connu pour ces qualités. Ce sont par ailleurs ces qualités que le secteur de la finance recherche chez les ingénieurs qu'il recrute.

Toutefois, que ce soit pour percer dans le registre créatif ou pour l'accès à des responsabilités supérieures, l'ingénieur de demain devra savoir quitter sa « zone de confort » et développer des compétences fortes dans deux registres très éloignés de son expertise de base :

- **Le relationnel, l'art collaboratif, la capacité à savoir utiliser les talents des autres, en dépit des différences de culture, de discipline, de niveau de compétence.** Il s'agit de savoir faire venir les ressources à soi par le réseau et l'influence plutôt que par le planning formel et la hiérarchie, lesquels sont soit mal aimés soit changeants.
- **L'hybridation créative de ses compétences scientifiques avec des paradigmes issus d'autres domaines** où les critères de performance sont forts différents, mais visent à la satisfaction de l'utilisateur et à la performance dans un système ouvert plutôt qu'à l'optimisation endogène des process. Cette compétence, qui est aujourd'hui uniquement celle de l'ingénieur-designer, sera de plus en plus attendue de l'ingénieur standard, comme gage de ses capacités à trouver des solutions là où l'expert ne trouve que des contraintes. Cette ingéniosité ne saurait se confondre avec le talent créatif individuel. Il s'agit plutôt de la capacité de l'ingénieur à savoir « émuler » ou « instancier » d'autres regards sur la réalité, les objectifs, les contraintes et les risques. En effet, le regard sur le risque dépend non seulement des cultures techniques, mais également des cultures géographiques, et du mode de légitimation de la prise de risque (ex : l'aspect « artistique » du travail du designer).

L'enjeu pour les écoles consiste ici à « décentrer » l'expertise de l'ingénieur, à le pousser à interroger d'autres cultures, à exploiter des compétences asymétriques, à expérimenter dans un cadre où les regards des juges ne sont pas de sa culture. Cela questionne l'organisation des doubles formations.



# 3 LES DÉFIS POUR LES FORMATIONS D'INGÉNIEURS

## Les Écoles face aux enjeux des Compétences-clé



### ► L'Expertise : un héritage qui reste, en grande partie, à globaliser

Assise sur un solide socle de connaissances scientifiques et une grande rapidité de raisonnement apportée par la sélection via les prépas, l'Expertise reste en France une compétence majeure attendue de l'environnement économique et technologique.

Dans le reste du monde, cette compétence scientifique positionne l'ingénieur français très largement au-dessus des ingénieurs « standards » dont la culture, essentiellement technique, spécialisée, et orientée « problème/solution » est frappée plus rapidement d'obsolescence et se trouve souvent mise en défaut dès lors qu'il faut revenir aux bases scientifiques pour redéfinir les problèmes.

Pour les écoles, le premier enjeu est bien de conserver la puissance cognitive et l'aptitude à la direction scientifique et technologique qui rendent l'ingénieur français particulièrement utile, non seulement aux groupes Français, mais également aux grands groupes technologiques étrangers soucieux d'avoir en interne une bonne évaluation TRL des avancées scientifiques.

Un second enjeu est de pouvoir faire remonter périodiquement au niveau des écoles cette culture de direction technologique ou scientifique avancée qui va être de plus en plus dispersée dans des groupes étrangers (par le passé, les industries françaises aéronautiques, de défense, et de Télécom ont joué ce rôle de capitalisation du savoir).



## ► L'Agilité : la compétence qui vient (souvent) d'ailleurs

Dans le contexte français, l'Agilité est une compétence de rupture. Elle construit le futur à partir d'un sens très élevé du présent, de sa dynamique, de ses opportunités, de ses incertitudes assumées, de ses espaces de fluidité mondiaux. L'Agilité relie les compétences de l'ingénieur à l'environnement économique, juridique et financier, vus non pas sous l'angle des contraintes et de la responsabilité, mais bien au contraire sous l'angle du « game changer ».

Son espace privilégié d'expression est l'univers des start-up, du capital-risque, des partenariats risqués et du digital, mais pas seulement. Le ressort vital de l'Agilité est moins la vitesse que la capacité à détruire aussi vite que l'on construit, à reconfigurer l'équipe, à changer les règles à l'improviste, et surtout à exploiter toutes les ressources et possibilités d'un monde en réseau. L'Agile accélère bien avant d'optimiser, rend son écosystème incontournable via l'open-source plutôt que de peaufiner ses brevets, et mise davantage sur l'hybridation des cultures et des principes que sur le culte des spécialités. L'Agile archétypal est israélien, américain, coréen, rarement français.

Pour les écoles, le premier enjeu est de former les étudiants, mais aussi, un peu, les enseignants, à une culture et un mode de travail qui va en apparence à l'opposé des préceptes qui en ont fait de « bons élèves ».

Le deuxième enjeu est pour les écoles de planifier de manière proactive l'hybridation des cursus de leurs étudiants.

## ► La Responsabilité : hier un devoir, demain une compétence choisie, de haut niveau

La Responsabilité n'est pas la compétence que le grand public et les marchés attendent le plus de l'ingénieur, on lui préfère l'Agilité,



l'Ingéniosité, l'Expertise flamboyante. Pourtant, les défis du siècle, de la transition énergétique à la sécurité, au médical, aux risques environnementaux dans les pays émergents et aux difficultés économiques françaises, sont énormes.

La demande en ingénieurs capables de réformer et de planifier en toute sécurité les infrastructures sensibles de demain va considérablement s'accroître, en particulier dans les pays émergents. L'ingénieur se fait alors expert des risques, mais dans un monde ouvert, cela signifie également juriste, urbaniste, économiste de la fonctionnalité.

Dans un monde où les repères moraux et politiques fluctuent et où son employeur n'est pas nécessairement de sa propre nationalité, c'est dans sa formation et l'appui de ses pairs que l'ingénieur de haut niveau devra trouver les éléments de sa déontologie professionnelle.

Si l'optimisation à long terme est bien le territoire de l'ingénieur Responsable, à l'avenir, ce sera à lui-même de proposer le champ des contraintes à prendre en compte et d'anticiper sur le droit autant que sur la science.

La tradition des Grands Corps français est tout à fait dans la ligne de cette compétence. Il faudra cependant en internationaliser les fondamentaux, les formaliser, les intégrer dans la confrontation au réel, à ses risques et ses compromis. Harvard a mis en place un module d'éthique, avec dilemmes délibérément insolubles au programme, pour ses futurs financiers (dont la moitié sera en poste à l'étranger). De son côté, le MIT milite pour des Fablabs ouverts au public dans des quartiers difficiles, voire en ONG.

Le deuxième enjeu va consister à embrasser les spécialités du développement durable, mais également de la Sécurité (celle des personnes comme celle des organisations en partenariat avec des états, et pas seulement des écoles.



### ► **L'Ingéniosité : Le défi ultime, former des ingénieurs à être plus que des ingénieurs**

L'Ingénieur français mythique est supposé investi par le génie. Il s'agit en fait d'une tradition européenne, qui fait de l'ingénieur omniscient l'héritier de Dédale, à des années-lumière du simple technicien professionnel formé dans les institutions étrangères. La figure du Génie, est, de Léonard de Vinci à Eiffel voire à Steve Jobs, celle d'une al-

liance entre l'art et la science, le tout baigné d'un profond humanisme. La figure contemporaine de ce génie humaniste et visionnaire est celle de l'ingénieur designer.

Le design est l'un des enjeux des écoles françaises et une formidable opportunité. Le fait est connu et différents programmes ont été actés depuis une quinzaine d'années. Les mises en place sont brillantes, il faudrait à présent les valoriser afin qu'elles soient aussi reconnues à l'international que notre industrie du luxe, et que l'image « french touch » en architecture.

Le deuxième enjeu est d'aider davantage les étudiants à « hybrider » leurs propres référentiels. La confrontation des cultures, c'est-à-dire des humanismes, est aussi importante que celle des techniques. C'est pourquoi il faut chercher les partenariats les plus loin possibles.

Les concours internationaux de types ArtScience permettent également à enseignants et étudiants de pratiquer l'hybridation des compétences en situation de compétition, c'est-à-dire plus proche des conditions du réel du futur ingénieur-designer.

## REMERCIEMENTS

### ► **Gabriel Plassat, ADEME, professeur à l'École des Ponts et à l'ESTACA**

Expert de la Commission européenne FP7 (Green cars et Urban Mobility) et diplômé de l'École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs (IFP School) ainsi que de l'Institut national des sciences appliquées de Strasbourg, Gabriel PLASSAT a débuté sa carrière en tant qu'ingénieur Architecture Moteur chez Peugeot Citroën, puis en tant qu'ingénieur produit chez BORG Automotive.

En 2002, Gabriel PLASSAT rejoint l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) au poste d'Ingénieur Énergies et Prospectives, dans le service Transports & Mobilités. Il développe au travers du blog Les Transports du Futur, des approches systémiques des mobilités et des chaînes logistiques, identifiant de nouvelles opportunités et de nouveaux risques.

### ► **Alan Iny**

Alan Iny is the senior specialist for creativity and scenario planning at The Boston Consulting Group. He has trained thousands of executives and BCG consultants, runs a wide range of workshops across industries, and speaks around the world about coming up with product, service, and other ideas, developing a new strategic vision, and thinking creatively about the future. Before joining BCG in 2003, he earned an MBA from Columbia Business School and an honors BSc from McGill University in mathematics and management.

Co-author of Thinking in New Boxes: A New Paradigm for Business Creativity.

### ► **Caroline Haquet – Responsable Développement Partners chez Mazars**

Responsable du développement de carrière des associés chez Mazars, Caroline Haquet a dirigé le recrutement de plusieurs centaines d'ingénieurs pour des fonctions de finance et d'audit. Avec Mazars, elle s'est particulièrement impliquée dans la levée des obstacles à la carrière des femmes ingénieurs.

Mazars est une entreprise internationale d'origine française de plus de 1200 cadres au siège et plus de 13 000 collaborateurs dans le monde, spécialisée dans l'audit, l'expertise comptable, la fiscalité et le conseil aux entreprises.

“*Chez Mazars, nous tenons à assurer un recrutement diversifié et chaque année, près de 25% de nos débutants sont issus d'écoles d'ingénieurs.*

*Pour Mazars, il est primordial d'avoir des équipes à même de comprendre au mieux les business très spécifiques de nos grands clients.*

*Appréhender les enjeux d'un leader de l'énergie nucléaire, challenger les modèles mathématiques de banques ou des compagnies d'assurance, comprendre les spécificités des contrats longs termes d'acteurs du BTP, de l'armement, de l'aéronautique... autant d'exemples où les profils ingénieurs peuvent faire valoir leur valeur ajoutée.*

*Débuter en audit financier, c'est pour les ingénieurs la meilleure façon d'élargir leurs champs de compétences et d'accroître encore l'attractivité de leur profil.*

### ► **Jean-Louis Fréchin, designer et architecte français spécialisé dans le design numérique et l'innovation**

Formé à l'École nationale supérieure d'architecture de Paris-Villemin et à l'École nationale supérieure de création industrielle, il a enseigné à l'École supérieure d'art et de design d'Amiens, et à l'École nationale supérieure de Création Industrielle (Ensci/Les Ateliers) où il a fondé l'Atelier de Design Numérique et l'atelier FABLab.

Parmi les pionniers du CD-ROM culturel en France, il a piloté des projets chez Montparnasse Multimédia entre 1995 et 2002, par exemple La Résistance, Les petits débrouillards, La Terre merveilleuse, L'histoire de l'aviation, Le Louvre, Collections et palais.

Depuis 2001, il dirige NoDesign, Agence de Design et d'innovation où, avec Uros Petrevski, il produit des « néo-objets », comme il les nomme lui-même : des objets capables de produire, de récolter ou de transmettre des informations, de réagir à des données diverses dans le cadre de projets industriels, culturels ou de recherches.

### ► **Michel Bénard, Google Suisse, University Relations Manager**

Ingénieur diplômé de Télécom Paris, Michel Bénard a rejoint voilà presque deux ans Google en tant que « *university relations manager* » en charge de la France, de l'Allemagne et de la Suisse. Une fonction qu'il connaît bien pour l'avoir occupée notamment chez Hewlett Packard au cours d'une carrière internationale dans l'industrie (IBM, Apollo Computer et HP).

### ► **Xavier Lazarus – Co-fondateur d'Elaia Partners**

Initialement formé par la recherche, il présente à la fois une expérience de création d'éditeur de logiciels et de capital investissement technologique.

Après avoir été membre du laboratoire d'Arithmétique et Géométrie Algébrique de l'université de Paris-Sud, il crée une entreprise dans le secteur des logiciels éducatifs, qui est cédée en 1999 à un éditeur parisien. Il était plus spécifiquement en charge de la conception des logiciels et de la gestion de l'équipe de développement. Début 2000, il rejoint le groupe CPR pour créer et animer l'activité de capital risque dans le secteur des technologies logicielles et de l'Internet. A la suite du rachat de CPR par le groupe Crédit Agricole Indosuez, il rejoint le pôle de private equity du Crédit Agricole SA, et participe à la gestion de la gamme de FCPI Tech'Invest dont l'activité est regroupée en 2002 avec celle de CPR Private Equity. Ancien élève de l'École normale supérieure de Paris (Ulm 91), agrégé de mathématiques et titulaire d'un doctorat en théorie des groupes.

## ► Sylvia Godret - Directrice de Vinci Academy

Ingénieur ENSTP 95. A dirigé des activités de Vinci Park avant de lancer la Vinci Academy (Programme de management pour dirigeants) en 2012.

“ Pour manager des projets de plus en plus importants et complexes et répondre aux acteurs publics de manière globale, le Groupe a souhaité mettre en place au sein de l'Académie VINCI, un dispositif de professionnalisation de la fonction de Maîtrise d'ouvrage, intitulé « COOPERATE in concession projects » et destiné aux dirigeants des sociétés concessionnaires et aux constructeurs impliqués dans de telles opérations

L'audience de la Vinci Academy est constituée d'ingénieurs français et étrangers de niveau Mines/Ponts, directeurs de filiales ou de grands projets.

## ► Paul Friedel – Directeur de Télécom Bretagne

Polytechnicien (1976), Paul Friedel est titulaire d'un doctorat d'État en physique des solides (1987) et a effectué un post-doctorat aux États-Unis. Il a obtenu le Grand Prix de l'électronique Général Ferrié en 1996.

Paul Friedel a entamé sa carrière professionnelle au sein de la direction de la recherche de Philips en France, avant de rejoindre, en 2002, la société américaine Diebold comme vice-président en charge de la R&D sur les automates bancaires, les systèmes de sécurité et le vote électronique.

De 2005 à 2010, Paul Friedel a travaillé au sein du groupe France Télécom en tant que directeur de la recherche et de la stratégie d'Orange Labs R&D.

Par ailleurs, Paul Friedel est membre fondateur du conseil d'administration de C.Génial, fondation pour l'avancement de la culture scientifique et technique auprès des jeunes.

## ► Jacques-François Marchandise – Directeur de la Prospective FING

Co-auteur du rapport « La prospective d'Internet perspective 2030 » publié en Mai 2013 par le ministère de l'industrie

Directeur de la recherche et de la prospective de la FING, qu'il a cofondée en 2000. Philosophe de formation, impliqué dans l'innovation numérique depuis trente ans, il travaille depuis quinze ans sur les stratégies publiques numériques. Il a coordonné en 2011 l'atelier de réflexion prospective PRISE, consacré aux mutations numériques, pour l'Agence nationale de la recherche. Il enseigne à l'ENSCI et à l'université Rennes 2. Expert en prospective du design.

“ J'ai créé en 1997 Proposition (aujourd'hui Items Proposition), petit cabinet de conseil en stratégies numériques, qui intervient principalement pour le compte d'acteurs publics ou ayant des missions d'intérêt général.

*Impliqué depuis 1982 dans l'innovation numérique, je m'intéresse plus particulièrement aux questions de maîtrise collective et d'appropriation, de réflexivité et de pensée critique. Je participe à la Fing comme à une « communauté apprenante » au sein de laquelle nous progressons tous ensemble par nos réflexions et par nos pratiques ; et comme à un organisme « passerelle », inter-réseaux, entre acteurs et chercheurs, entre théoriciens et praticiens, entre thématiques trop cloisonnées, entre organisations de toutes tailles.*

**► Remerciement spécial pour ces esquisses :**

Michel Ladet et son équipe, du cabinet **sociovision**  
MASTERING A CHANGING WORLD

## L'OBSERVATOIRE DES METIERS DE L'INSTITUT MINES-TELECOM

L'[Observatoire des Métiers de l'Institut](#) (l'OMI) a pour mission d'apporter des informations aux écoles de l'Institut Mines-Télécom et aux diplômés sur l'évolution des secteurs d'activité, des métiers et des compétences.

Pour cela, l'Observatoire des Métiers :

- **Rédige** des articles, études et synthèses à partir des informations publiées sur Internet par des sources référencées, des colloques, des instances professionnelles etc.
- **Publie** chaque année la synthèse des statistiques de [l'enquête Insertion jeunes diplômés](#), qui permet de dégager les tendances du marché de l'emploi pour les jeunes ingénieurs et managers des écoles de l'Institut Mines-Télécom
- **Réalise** également chaque année une enquête conjoncture auprès des entreprises sur leurs prévisions de recrutement pour l'année à venir
- **Coordonne** des études réalisées par des cabinets externes, sur les sujets intéressant son périmètre

Retrouvez l'OMI :

- Sur le blog La Sélection Infos Métiers <http://metiers.wp.mines-telecom.fr>

Les infos/études/dossiers publiés sur les métiers et secteurs d'activité des diplômés des écoles de l'Institut Mines-Télécom

- Sur Twitter : [@Obs\\_metiers](#)