



**Think  
Tank.**

**Arts &  
Métiers**

**LES INGÉNIEURS  
FACE AUX DÉFIS  
ENVIRONNEMENTAUX  
ET SOCIÉTAUX**

RAPPORT / MAI 2021

# PRÉAMBULE

## MÉTHODOLOGIE

Le Think Tank Arts & Métiers a confié à Alain Dovillaire, Frédéric Duband et Sorin Ignat la mission d'animer un groupe de réflexion<sup>1</sup> afin d'identifier comment les ingénieurs peuvent relever les défis environnementaux et sociétaux, et ainsi éclairer l'École sur la stratégie à mettre en œuvre, notamment en pédagogie pour relever ces défis.

Le groupe de réflexion a commencé ses travaux fin 2019, en s'adaptant à la situation sanitaire et en utilisant ainsi les outils du numérique habituels (visioconférences, espaces de partage en ligne, etc.). Les travaux se sont terminés fin 2020. Le groupe a réalisé des interviews de personnalités, d'ingénieurs en activité et d'étudiants, il a utilisé la base des interviews du groupe « attentes actuelles et futures de l'industrie vis-à-vis de l'enseignement supérieur », il s'est constitué une base documentaire (rapports, articles de journaux, publications) à partir d'un existant très riche. Le travail s'est tourné résolument vers une démarche permettant des propositions opérationnelles destinées à tout établissement de l'enseignement supérieur traitant de la formation des ingénieurs et en particulier à l'École des Arts et Métiers.

---

<sup>1</sup>/ Voir lettre de mission en annexe 1

Le groupe est constitué, en plus des trois animateurs, de Gérard Cappelli, Christine Chevignard, Alain Cornier, Nathanel Dougier, Jean-Claude Hubert, Gérard Mermet, Tamara Nahon, Camille Pédarriosse et Romain Thoreau<sup>2</sup>.

## **REMERCIEMENTS**

Le groupe de réflexion remercie l'implication de ses membres pour leur engagement dans les travaux, la richesse de leurs profils étant un atout indéniable pour les sujets traités.

Remerciements également aux membres du Conseil d'Orientation du Think Tank Arts & Métiers pour les précieux questionnements et conseils qui ont permis de canaliser l'énergie du groupe et d'améliorer le rapport final.

---

<sup>2</sup>/Voir annexe 2

# PRÉFACE

## VIVE LA CRISE ?

Crise : le mot est dans tous les esprits et sur toutes les lèvres. Il résume à lui seul la diversité, la complexité de la situation actuelle du monde. La « crise » que nous vivons est en effet multidimensionnelle : sanitaire; environnementale; économique; technologique; sociale; démographique; culturelle; politique; sécuritaire; morale... La conjonction de ces menaces est inédite. Les risques qu'elles font peser sur l'avenir sont avérés et inquiétants. Chacun d'eux représente un défi à relever, de façon urgente, efficace, globale. Et équitable.

La réponse est heureusement connue, au moins dans son principe. Elle consiste en la mise en place d'un « développement durable » pour la planète et ses habitants. C'est-à-dire le retour à un écosystème permettant un équilibre acceptable et pérenne entre la Nature et l'Humanité, constituants inséparables de la vie. Dans cette nécessaire transformation du système existant, les entreprises joueront un rôle essentiel. Fondées pour la plupart sur des objectifs de profit et de croissance, elles devront élargir considérablement leur domaine de responsabilité, afin d'améliorer le présent et de préserver l'avenir. Chacun de leurs collaborateurs devra participer à une RSE<sup>3</sup> renforcée.

Parmi eux, les ingénieurs occuperont une place particulière. Ils auront en effet la charge, majeure, de la recherche, de la production de biens et services,

---

3 / Responsabilité Sociétale (ou Sociale) des Entreprises

ainsi que d'une part importante de l'innovation et de sa mise en œuvre. Situés à l'avant-poste des transformations et des ruptures à venir, il leur faudra gérer les risques majeurs liés à l'activité humaine. Ils devront ainsi réorienter la croissance pour qu'elle soit créatrice (de valeur, d'emplois, de bien-être, de perspectives favorables pour tous) plutôt que destructrice (de l'environnement, de la qualité de vie, de la solidarité entre les individus et de l'harmonie au sein du vivant).

Cette mutation de leur métier impliquera que les ingénieurs disposent de connaissances diversifiées : scientifiques, techniques, mathématiques, mais aussi historiques, géographiques, écologiques, sociologiques, psychologiques, philosophiques. Leurs fonctions nécessiteront également des attitudes, compétences et comportements nouveaux : volonté de participer à l'amélioration du monde; aptitude à une prospective globale; capacité à travailler en équipe (multiculturelle)...

Plus encore qu'aujourd'hui, l'ingénieur de demain devra ainsi être cultivé, créatif, ouvert, empathique, solidaire, ambitieux, modeste, positif, engagé. Il devra pratiquer une veille permanente dans au moins cinq domaines : technologie, économie, société, environnement, management. Ces évolutions ont fait l'objet des travaux du Think Tank présentés dans ce rapport. Le rôle des écoles sera de les mettre en œuvre tout au long des parcours de formation.

Le monde se trouve à un carrefour de son Histoire. Mais cette situation est de nature à stimuler l'intelligence (individuelle et collective), la réflexion, l'innovation, l'engagement des « nouveaux ingénieurs ». Elle donnera du sens à leur vie professionnelle, mais aussi personnelle, familiale et sociale, et engendra des contributions majeures. Une perspective exaltante en ce siècle si particulier où tout est devenu possible. Alors, vive la crise!

Gérard Mermet,  
Directeur du cabinet d'études et de conseil Francoscopie  
(Cluny 66, MBA Columbia University) et membre du groupe de réflexion

# SOMMAIRE

---

Introduction .....	8
<b>I. UN CONTEXTE QUI CHANGE, DES DÉFIS À RELEVER .....</b>	<b>10</b>
1.1 L'axe économique .....	11
1.2 L'axe social .....	14
1.3 L'axe sociétal .....	16
1.4 L'axe environnemental .....	18
1.5 L'axe gouvernance-management .....	20
<b>II. DES OPPORTUNITÉS À SAISIR POUR LES INGÉNIEURS .....</b>	<b>23</b>
2.1 Le développement durable .....	23
2.2 Les chaînes de création de valeur .....	24
2.3 La gestion des crises.....	25
2.4 La place du numérique .....	26
2.5 Les formations et diplômes d'ingénieur .....	27
<b>III. DE NOUVELLES COMPÉTENCES À METTRE EN ŒUVRE .....</b>	<b>29</b>
3.1 Renforcer le sens du travail de l'ingénieur pour les défis environnementaux et sociétaux .....	31
3.2 Créer de la valeur en s'emparant des défis environnementaux et sociétaux .....	33
3.3 Élaborer et mettre en œuvre des méthodes de travail pour relever des défis environnementaux et sociétaux .....	35
3.4 Évaluer les impacts environnementaux et sociétaux du travail de l'ingénieur .....	38

<b>IV. RECOMMANDATIONS POUR LA FORMATION INITIALE ET TOUT AU LONG DE LA VIE</b> .....	<b>41</b>
Conclusion .....	43
Bibliographie.....	45
Annexe 1 : Lettre de mission .....	47
Annexe 2 : Acteurs du groupe de travail .....	49
Annexe 3 : Personnalités interviewées .....	54
Annexe 4 : Tableau taxonomique de Bloom .....	55
Annexe 5 : Tableau de priorisation des compétences .....	57

# INTRODUCTION

La place de la technologie dans la résolution des grands défis sociaux et environnementaux est source de débat. Une première approche consiste à se fier à l'évolution des technologies pour engendrer des progrès sociaux et réduire les impacts sur l'environnement. De l'autre côté, une approche prédisant une décroissance économique, voulue ou subie, relativise le rôle de la technologie comparé à des changements comportementaux. Les solutions apportées par les ingénieurs semblent donc perdre en crédibilité auprès d'une partie de la société.

Néanmoins, les actions actuelles liées au développement de la Responsabilité Sociétale d'Entreprise (RSE) ou contribuant aux Objectifs de Développement Durable (ODD) sont des opportunités pour les entreprises. L'ingénieur dans sa vie professionnelle et citoyenne devient de ce fait un acteur pour les défis environnementaux et sociétaux.

Nous avons une conviction : le changement climatique, les perturbations de la biodiversité, les ressources primaires sous tension, la soif d'éthique, etc. rendent le rôle des ingénieurs et des scientifiques encore plus crucial pour répondre aux enjeux environnementaux et sociétaux. Les ingénieurs ont la capacité d'apporter des solutions durables.



L'objectif dans les propos de notre groupe de réflexion est d'identifier les impacts des défis environnementaux et sociétaux pour l'exercice du métier d'ingénieur et donc les conséquences dans sa formation.

Nous allons démontrer, dans un contexte sociétal en évolution, que les jeunes ont aujourd'hui une formidable opportunité de choisir un métier qui invente, met en œuvre des solutions durables et qui a du sens : le métier d'ingénieur.

# UN CONTEXTE QUI CHANGE, DES DÉFIS À RELEVER

---

Le contexte environnemental et sociétal dans lequel s'exerce le métier d'ingénieur, les défis auxquels il est confronté, ainsi que les opportunités qui y sont liées, sont de plus en plus riches et variés.

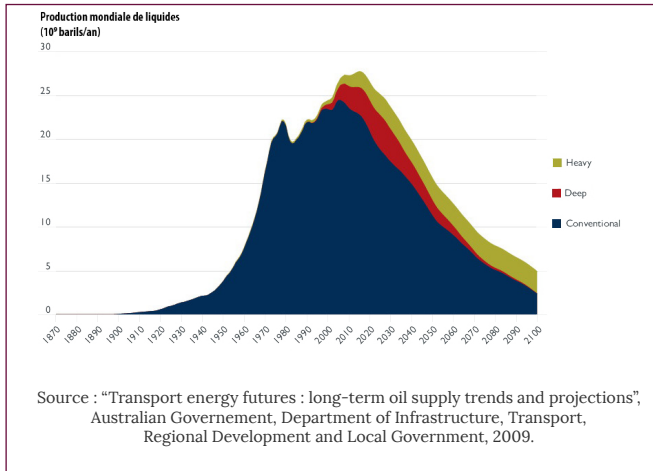
Le contexte mondial actuel met en lumière des problématiques variées et interconnectées qui engendrent de nouveaux défis pour les ingénieurs. Ces problématiques découlent de ruptures de temporalités multiples. Certaines sont lentes à l'échelle d'une vie humaine, comme le changement climatique et ses impacts (déforestation, recul des glaciers...), mais d'autres s'avèrent plus brutales et ont un impact sur la société dans son ensemble : crises sanitaires (Covid-19), incidents nucléaires (Fukushima) ou catastrophes naturelles, par exemple.

Si beaucoup de ces bouleversements sont négatifs, d'autres apparaissent positifs : la génétique, la santé, l'exploration spatiale, la longévité des populations... Les comportements se modifient, le style de vie change, les consommateurs modifient leurs exigences, les outils de communication deviennent de plus en plus flexibles et rapides, voire sophistiqués, les moyens de transport se transforment, les divertissements doivent répondre à des spectateurs exigeants, etc.

Ces nouveaux défis peuvent se décliner selon cinq axes : économique, social, sociétal, environnemental et gouvernance-management. Nous avons choisi d'illustrer chaque axe par deux ou trois faits majeurs parmi les nombreux existants engageant les ingénieurs.

## 1.1 L'axe économique

### DIMINUTION DES RESSOURCES MINIÈRES (PÉTROLE, MÉTAUX RARES...)



**FIG. 1 : Simulation de la production de pétrole pour le monde dans son ensemble en milliards de barils par an (1 baril = 159 litres)**

Il est évident que toutes les ressources du sous-sol sont en quantité limitée et que, tôt ou tard, cette contrainte impactera les comportements de consommation et donc l'industrie. À titre d'illustration, la Fig. 1 montre l'urgence des transformations qui s'annoncent pour les produits pétroliers. Le monde atteint actuellement son maximum de production de pétrole liquide.

Exemple pour les transports : le commissariat général au développement durable, dans son bilan énergétique de la France pour 2017, déclare que les produits pétroliers issus du raffinage du pétrole brut représentent en France plus de 90 % de l'énergie utilisée par les transports.

➤ Les ingénieurs doivent innover pour résoudre les problèmes de substitution des ressources minières qui s'épuisent.

## MONDIALISATION DES ÉCHANGES

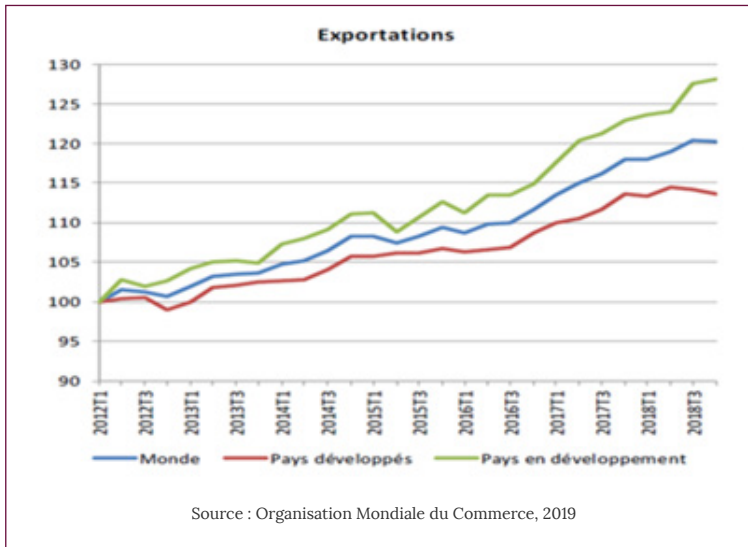


FIG. 2 : Exportations de marchandises par zone et monde

D'après l'OMC (Organisation Mondiale du Commerce) en 2019 : « *La croissance du commerce mondial s'essouffle alors que les tensions commerciales persistent* ».

Sur la Fig. 2 ci-dessus, on note une augmentation de 20 % des échanges mondiaux en six ans, ce qui ne va donc pas sans une modification de la carte des implantations industrielles. Les tensions internationales actuelles (exemple : Chine-USA) et la récente crise de la Covid-19 mettent en exergue l'ensemble des problématiques (sécurité d'approvisionnement, sûreté des datas, santé des populations, etc.) liées à la mondialisation des échanges.

- Les ingénieurs doivent appréhender la mondialisation et notamment gérer les modifications de flux et leurs conséquences.

## OMNIPRÉSENCE ET MONTÉE EN RÉGIME DU NUMÉRIQUE

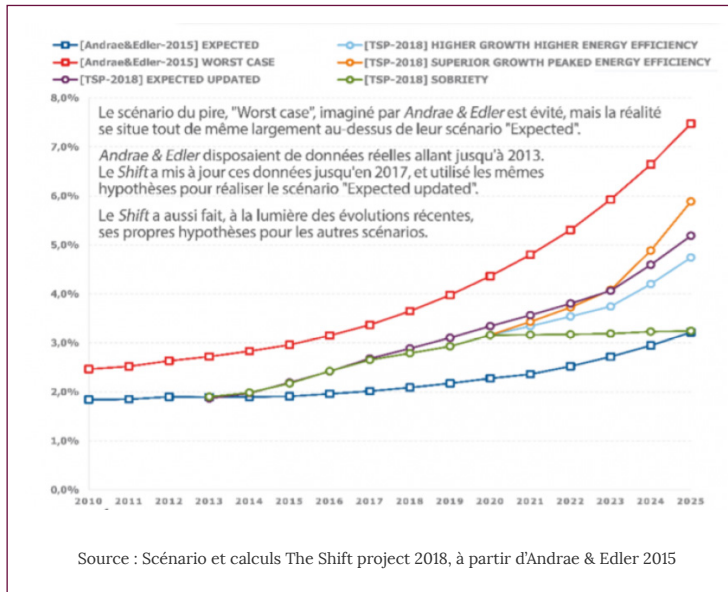


FIG. 3 : Évolution de la consommation énergétique mondiale du numérique entre 2010 et 2025, rapportée à la consommation énergétique mondiale totale

L'évolution des technologies numériques (5G, intelligence artificielle, réalité augmentée...) ainsi que des usages associés (industrie 4.0, Internet des Objets, télémédecine, transports intelligents...) engendrent une augmentation de la consommation énergétique. Des compétences spécifiques sont donc nécessaires pour développer des usages utiles à la société tout en limitant les impacts négatifs. Les ingénieurs sont en première ligne pour gérer ces contraintes.

La Fig. 3 ci-dessus montre que la consommation énergétique mondiale du numérique devrait vraisemblablement doubler en 10 ans, entre 2015 et 2025.

► Les ingénieurs sont au cœur des technologies du numérique.

## 1.2 L'axe social

### ATTENTES DES NOUVELLES GÉNÉRATIONS<sup>4</sup>

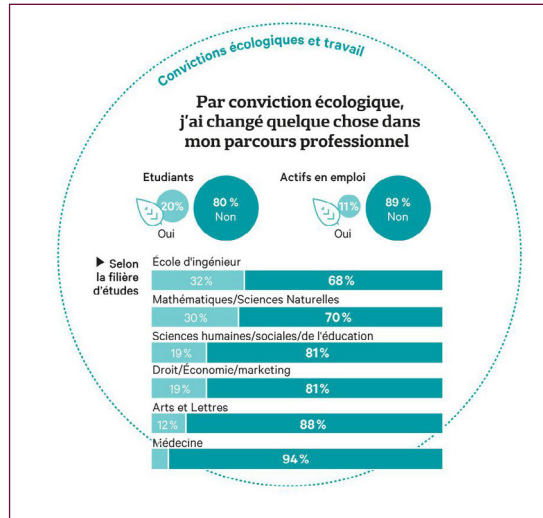


FIG. 4 : Enquête « Il est temps »

La grande enquête «Il est temps», portée par Arte, le collectif On est Prêt, Upian et Yami 2 a déjà mobilisé, depuis fin mai 2020, 200 000 Français, avec une proportion importante de jeunes. 79 % des Français qui ont répondu à cette enquête<sup>5</sup> classent l'environnement en tête des trois sujets qui les préoccupent le plus, loin devant le système éducatif qui recueille 45 % des réponses, et le système de santé (33 %).

- Les jeunes ingénieurs considèrent les questions sociétales et environnementales comme un incontournable, une donnée de l'équation à résoudre, dont il n'est pas concevable de s'affranchir.

4 / Un groupe de réflexion du Think Tank Arts & Métiers travaille sur ce sujet

5 / Voir l'article de Julia le Marchand dans *Les Echos Start*, le 2/10/2020, <https://start.lesechos.fr/societe/engagement-societal/il-est-temps-la-grande-enquete-pour-construire-le-monde-de-demain-1205415>

## SANTÉ DES POPULATIONS

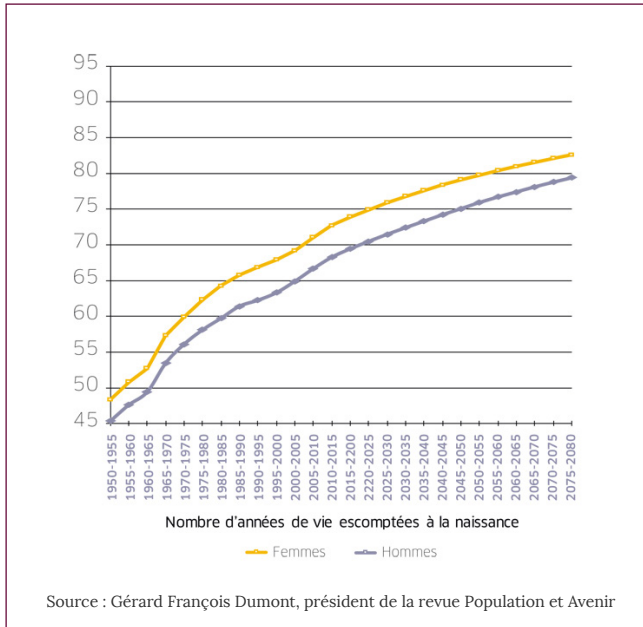


FIG. 5 : L'espérance de vie à la naissance de la population dans le monde

L'amélioration de la santé des populations se traduit par l'augmentation de la durée de vie des individus. Cette augmentation a pour cause le recul des famines, l'amélioration des soins de santé, de l'hygiène, de l'alimentation, le développement du machinisme, de l'équipement des foyers, etc. Comme le montre la Fig. 5, dans le monde, l'espérance de vie à la naissance augmente de plus de 2,5 ans environ tous les 10 ans.

- L'industrie pharmaceutique, la production des équipements médicaux (scanners...), le transport des malades, l'imagerie médicale, etc. sont autant de domaines où s'investissent les ingénieurs en coopération avec le corps médical.

## 1.3 L'axe sociétal

### DÉMOGRAPHIE AVEC L'AUGMENTATION DU NOMBRE D'HABITANTS SUR TERRE

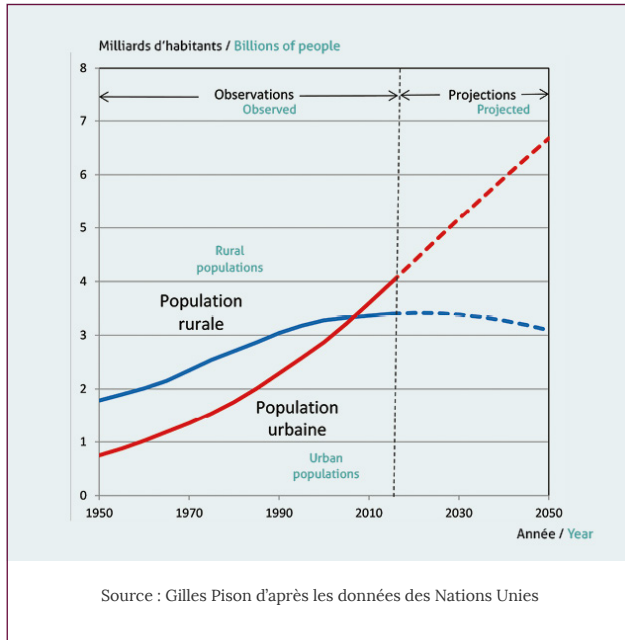


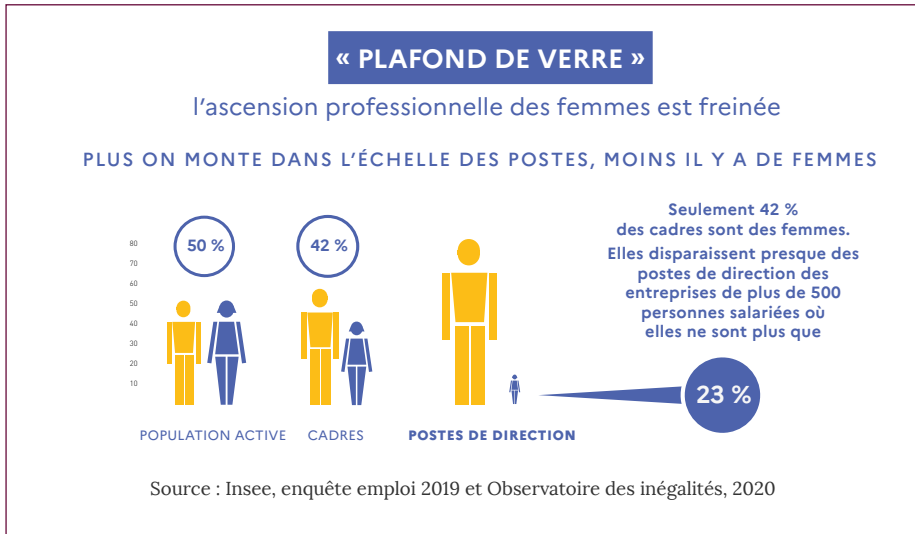
FIG. 6 : Évolution des populations rurale et urbaine dans le monde

Depuis des décennies, l'urbain prend le pas sur le rural et cette tendance s'accélère : d'ici à 2050, le nombre d'habitants dans les villes va presque doubler par rapport à la situation actuelle.

- Les ingénieurs sont sollicités pour toutes les questions d'urbanisation dans des domaines tels que l'énergie, le transport, les infrastructures, etc.



## ÉGALITÉ FEMMES-HOMMES



**FIG. 7 : Proportion de femmes dans les postes à responsabilités**

L'égalité femmes-hommes est un des 17 grands objectifs Développement Durable de l'ONU. Il y a un net déficit d'emploi féminin chez les cadres et dans les postes de direction. Une des grandes missions pour les années à venir est d'augmenter le nombre de femmes en responsabilité dans les entreprises.

- Aujourd'hui, en France, seuls 20 % des ingénieurs sont des femmes. Leur accès à ces métiers est un challenge pour les entreprises et l'enseignement supérieur.

## 1.4 L'axe environnemental

### LA QUESTION DU CO<sub>2</sub> : LA DÉCARBONATION

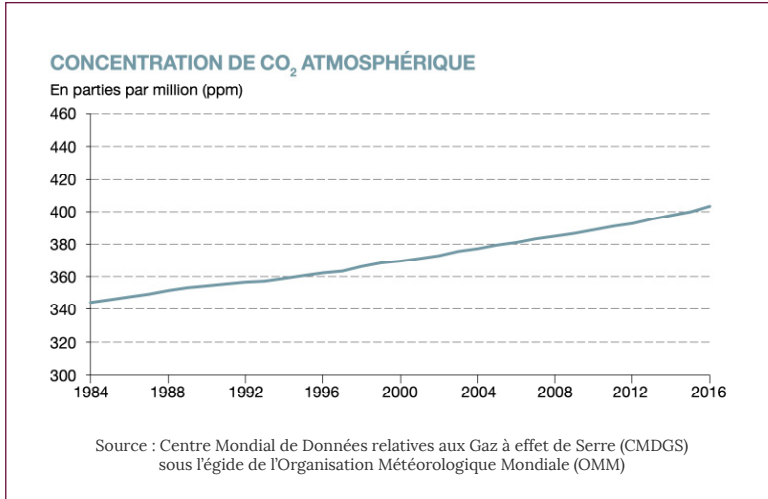
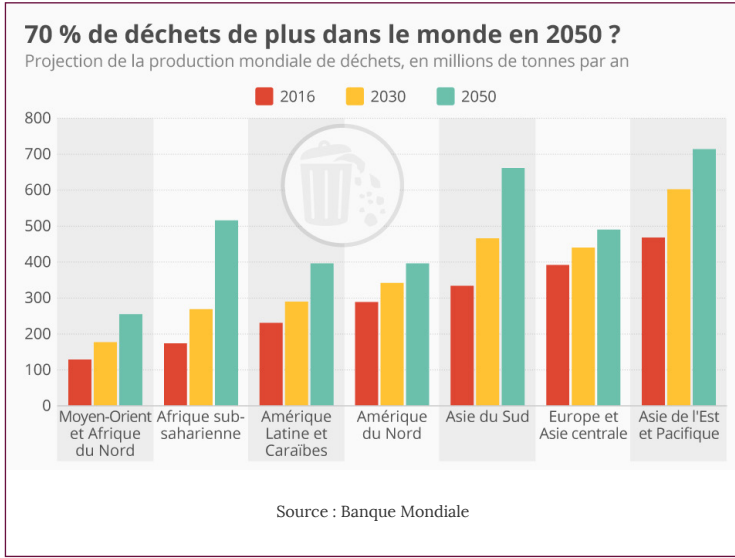


FIG. 8 : Concentration de CO<sub>2</sub> atmosphérique

Le CO<sub>2</sub> est l'une des causes principales de l'élévation de la température sur le globe. La décarbonation suppose, dans la transition énergétique, le remplacement des combustibles fossiles (gaz, pétrole, charbon) par des énergies renouvelables ne produisant plus de CO<sub>2</sub>. Malgré les efforts déjà faits, les émissions de dioxyde de carbone continuent de croître.

- En France, les entreprises doivent réaliser leur bilan carbone, en accord avec la loi sur la transition énergétique. Une grande part de l'amélioration dépend des technologies mises en œuvre, ce qui explique l'engagement des ingénieurs.

## VOLUME DES DÉCHETS, POLLUTION DE L'AIR, DES TERRES ET DE L'EAU



**FIG. 9 : Projection de la production mondiale de déchets en millions de tonnes par an**

La quantité des déchets rejetés dans le monde est à l'origine de problèmes pour le vivant (végétal, animal, humain) et touche l'air, l'eau et la terre. Les hypothèses d'évolution du volume des déchets dans chacune des zones du globe laissent entrevoir une augmentation de 70 % dans le monde, en 2050.

- Le cycle de vie des produits inclut la production et le traitement des déchets. Les ingénieurs sont au cœur de cette problématique.

## 1.5 L'axe gouvernance-management

### LES 17 OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DE L'ONU



FIG. 10 : Objectifs de développement durable

En 2015, l'ONU a adopté 17 objectifs de développement durable : « Les objectifs de développement durable donne la marche à suivre pour parvenir à un avenir meilleur et plus durable pour tous, ils répondent aux grands défis mondiaux auxquels nous sommes confrontés. »

- Plusieurs de ces objectifs font appel à des compétences d'ingénieur comme par exemple : « Énergie propre et d'un coût abordable », « Industrie innovation et infrastructure », « Villes et communautés durables », etc.

## L'ENTREPRISE, OBJET D'INTÉRÊT COLLECTIF



FIG. 11 : Couverture du rapport aux ministres de la Transition écologique et solidaire, de la Justice, de l'Éducation, des Finances, et du Travail

Le 9 mars 2018, Jean-Dominique Senard et Nicole Notat publient un rapport sur « l'entreprise, objet d'intérêt collectif ». Ce travail inspirera la loi PACTE 2019 et la création du statut d'entreprise à mission. Il incite les entreprises à tenir compte des enjeux environnementaux et sociaux dans leurs stratégies d'action et développement.

- **L'engagement des entreprises dans le développement durable et la responsabilité sociétale impliquent les ingénieurs dans la mise en œuvre de solutions efficaces et efficientes.**

## RÉFÉRENTIEL CDIO

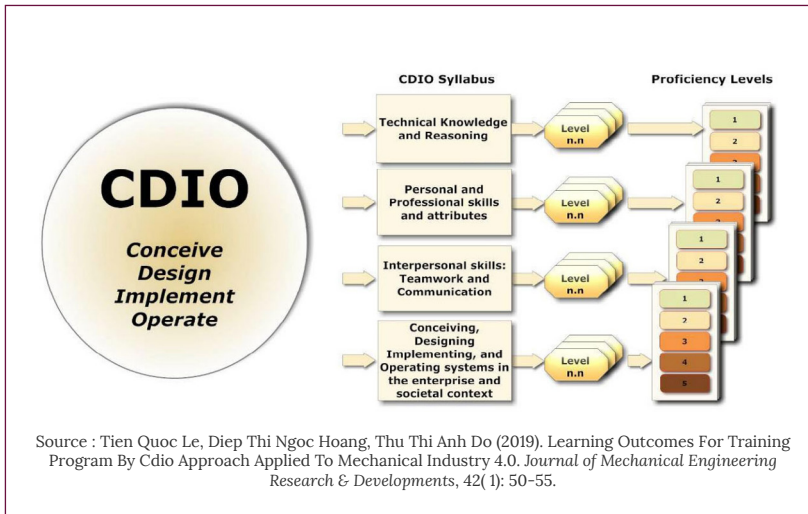


FIG. 12 : Le référentiel CDIO

Les systèmes de management environnementaux et sociétaux dans l'enseignement supérieur comptent parmi eux l'approche CDIO : *Conceive, Design, Implement, Operate*. Il s'agit d'un référentiel international initié entre autres par le MIT pour décrire la formation des ingénieurs sous forme de compétences dont une partie adresse directement les domaines DD et RSE.

Par exemple, dans le syllabus du CDIO, on trouve parmi les compétences : «Créer, concevoir, mettre en œuvre et exploiter des systèmes dans un contexte entreprise, sociétal et environnemental et processus d'innovation.»

- En intégrant le réseau international CDIO, constitué d'universités et d'écoles, la formation des ingénieurs vise l'acquisition de compétences pour relever les défis environnementaux et sociétaux.



# DES OPPORTUNITÉS À SAISIR POUR LES INGÉNIEURS

---

Dans ce paysage, de nombreux problèmes de toute nature se posent alors. Pour que la société apporte des réponses, les gouvernances se doivent d'étudier toutes les opportunités, dont la mise en œuvre de solutions techniques. Nous avons donc retenu cinq opportunités issues du contexte et des changements en cours et à venir et pour lesquels les ingénieurs sont susceptibles d'avoir, avec d'autres acteurs, un rôle important à jouer.

## 2.1 Le développement durable

*Et si le développement durable devenait un fil rouge du métier de l'ingénieur ?*

Durant les trente glorieuses, le monde moderne a été fortement marqué par l'économie. Durant cette période, l'ingénieur a exercé son métier dans un contexte de développement technique et technologique qui répondait à la préoccupation économique de la société. Sa formation a donc été fortement marquée par ces problématiques.

Le contexte sociétal, sociopolitique et socio-économique dans lequel se trouve le monde d'aujourd'hui, modifie peu à peu les raisons d'être de l'entreprise et ses missions (exemple : loi PACTE de 2019 en France).

L'ingénieur voit donc l'exercice de son métier évoluer pour répondre aux orientations de l'entreprise et de la société, le développement durable devient peu à peu un fil rouge dont il faut tenir compte pour sa formation. De nouvelles compétences deviennent alors nécessaires.

## 2.2 Les chaînes de création de valeur

*Et si des changements fondamentaux, notamment autres que économiques, intervenaient dans les chaînes de création de valeur ?*

La première préoccupation d'une entreprise et de toute structure de droit privé et/ou publique est d'assurer sa pérennité. Sans la pérennité, il est impossible de satisfaire les partenaires de l'entreprise : actionnaires, personnels, clients, fournisseurs et collectivités, pour qui l'entreprise doit créer de la valeur à long terme.

Celle-ci peut se détailler pour tous les partenaires en deux grandes parts :

- Une part tangible, mesurable : le chiffre d'affaires, le profit pour l'actionnaire, le salaire pour les personnels, le prix pour les clients, le coût pour les fournisseurs, les taxes pour les collectivités, etc.
- Une part intangible, immatérielle : la notoriété, le respect de l'environnement, de la santé, de la sécurité, l'entreprise citoyenne, la motivation et le savoir-faire du personnel, la qualité du service pour les clients, la cotraitance pour les fournisseurs, le respect de chacun, le non-travail des enfants, l'éthique, etc.



“ L’avantage compétitif d’une entreprise et sa capacité à créer de la valeur sont le fruit d’une alchimie complexe entre actifs tangibles et immatériels. » **JEAN-FRANÇOIS RÉROLLE**, PRÉSIDENT DE VIENGI ET DE L’INTERNATIONAL VALUATION PROFESSIONAL BOARD

La part intangible devient un élément de plus en plus présent dans la chaîne de création de valeur, l’exigence des partenaires de l’entreprise augmentant. Les défis environnementaux et sociétaux deviennent des entrants pour l’entreprise, sujet reflété amplement dans la presse économique. Le travail des ingénieurs s’en trouve directement impacté.

“ Le projet de loi Pacte publié ce lundi 18 juin retient la modification très symbolique de deux dispositions piliers du Code civil napoléonien de 1804 : les articles 1833 et 1835. Comme le rapport qui l’a inspiré, rédigé par Nicole Notat et Jean-Dominique Senard, il fait le pari de la pédagogie pour inciter les entreprises à tenir compte des enjeux environnementaux et sociaux de leur stratégie. » **GIULETTA GAMBERINI**<sup>6</sup>

## 2.3 La gestion des crises

*Et si l’agilité permettait aussi une meilleure gestion des crises et des ruptures ?*

Les ruptures brutales, les crises, les accidents (Covid-19, Fukushima, méga incendies, interdiction du Boeing 737 MAX, Dieselgate, etc.), rappellent à la société que son besoin de sécurité n’est pas garanti. Nos sociétés sont appelées à mettre en place des programmes préventifs et prospectifs.

Malgré ces programmes, les accidents sont statistiquement inéluctables et des réponses rapides et immédiates sont attendues par les populations à chaque évènement grave. Les autorités mais aussi les entreprises doivent réagir de

---

6 / Article paru dans *La Tribune* le 18 juin 2018, <https://www.latribune.fr/economie/france/objet-social-la-loi-pacte-retient-l-essentiel-du-rapport-notat-senard-782151.html>

manière coordonnée et avec célérité. L'actualité nous a récemment fourni des exemples des conséquences sociales et environnementales liées à la gestion d'une crise : fourniture de masques, de vêtements de protection et de solutions hydro-alcooliques lors de la crise de la Covid-19 ou bien rejets polluants lors incendie de l'usine Lubrizol à Rouen le 26 septembre 2019. La rapidité, la flexibilité et l'adaptation des interventions deviennent un enjeu pour les défis environnementaux et sociétaux, et les ingénieurs doivent développer leur agilité afin de mieux répondre aux crises, aux ruptures et aux accidents.

Prospection, prévention et agilité doivent ainsi compléter leurs compétences afin de prévoir et de gérer au mieux les risques sociaux et environnementaux.

## 2.4 La place du numérique

*Et si le numérique, avec l'innovation et la création de nouvelles richesses, prenait systématiquement en compte les problématiques des défis environnementaux et sociétaux ?*

Aujourd'hui, l'omniprésence et la montée en régime du numérique s'impose à tous les ingénieurs. Le monde du numérique doit participer au développement de solutions pour relever les défis environnementaux et sociétaux par différents moyens :

- Ouvrir de nouveaux champs du possible ;
- Permettre l'optimisation des installations existantes (machines, bâtiments, etc.);
- Faire évoluer les méthodes de travail (travail à distance, lean management, etc.);
- Permettre, à l'aide des Big Data, d'optimiser les processus (réduction des temps de conception, études des risques, pilotage par anticipation, etc.);
- Réduire les déchets, améliorer les circuits courts, etc.

Cela nécessite toutefois de prendre en compte les impacts environnementaux et sociétaux du numérique.

## 2.5 Les formations et diplômes d'ingénieur

*Et si la formation et les diplômes d'ingénieur s'enrichissaient, en reconnaissant d'autres dimensions que les expertises techniques et scientifiques ?*

Les diplômes délivrés sont, aujourd'hui, une garantie d'un socle scientifique et technique solides et peu contestés sur le fond par les recruteurs. Cependant ces derniers sont surtout à la recherche d'individus présentant des profils avec des compétences interpersonnelles, telles que le leadership, la confiance en soi, le travail d'équipe, la communication, l'éthique, la dimension humaine individuelle mais aussi collective et même jusqu'à la dimension sociétale et humaniste des activités de l'ingénieur.

L'appréhension de problématiques sociales et environnementales nécessite de maîtriser les bases scientifiques associées et également de s'ouvrir à d'autres champs tels que l'économie, le droit ou la sociologie, par exemple. L'interaction entre domaines distincts requiert de mobiliser des compétences interpersonnelles, comme le travail d'équipe, la communication ou la curiosité intellectuelle.

Les ingénieurs doivent donc être encouragés à développer ces compétences humaines afin de valoriser les connaissances et compétences venant d'autres disciplines dans leurs projets. Cela doit se refléter à la fois dans la formation initiale – tant dans les activités pédagogiques que de recherche ou extra-scolaires (exemple : appel à projets lancé par les étudiants Arts et Métiers « Transition énergétique ») – mais également dans la formation tout au long de la vie<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup>/Voir le rapport *Quels ingénieurs pour l'industrie du futur ?* du Think Tank Arts & Métiers

\*  
\* \*

Ces cinq opportunités nous paraissent représentatives des transformations parmi toutes celles qui attendent le monde pour les décennies à venir. L'état de la planète préoccupe les grandes instances nationales et internationales, les entreprises sont de plus en plus contraintes, les populations aspirent à vivre dans un monde de plus en plus écologique.

Les attentes scientifiques et techniques étant plus grandes (exemple : gestion de la crise de la Covid-19 en France et le rôle joué par le comité scientifique), les ingénieurs sont sollicités et ils ont à mobiliser de nouvelles compétences pour saisir les opportunités qui se présentent à eux.



# DE NOUVELLES COMPÉTENCES À METTRE EN ŒUVRE

Les domaines scientifiques et technologiques au service des défis environnementaux et sociétaux vont nécessiter la mise en œuvre de compétences spécifiques et transversales par lesquelles les ingénieurs vont trouver un enrichissement dans l'exercice de leur métier.

Nous avons retenu et illustré, par des citations et/ou extraits de rapports, quatre compétences majeures déclinées elles-mêmes en sous-compétences.

Les compétences et sous-compétences sont qualifiées par un niveau taxonomique de Bloom<sup>8</sup>, du plus simple au plus complexe, dont voici un extrait :

Objectif cognitif Habileté (Niveau)	1. Connaissance	2. Compréhension	3. Application	4. Analyse	5. Synthèse	6. Jugement/ évaluation
Verbes d'action	Citer Décrire Définir énumérer Désigner Nommer Sélectionner identifier...	Expliquer Démontrer Préciser Interpréter Résumer Traduire Illustrer Discuter Extrapoler...	Appliquer Adapter Employer Compléter Calculer Résoudre Établir Mettre en oeuvre Poser Représenter Schématiser Traiter...	Décomposer Extraire Rechercher Choisir Discriminer Comparer Catégoriser Inférer...	Composer Construire Créer Elaborer Inventer Mettre en rapport Organiser Planifier Réarranger...	Evaluer Juger Argumenter Critiquer Décider Tester Justifier Défendre Recommander...

FIG. 13 : Les 6 niveaux de la taxonomie de Bloom

8 / Tableau complet en annexe 4

La Fig. 14 ci-dessous contient les quatre compétences (et leurs sous-compétences) que nous avons retenues en analysant notre base de données. On y trouve le niveau taxonomique (de 1 à 6) attendu pour chacune d'entre elles. Ces compétences seront détaillées dans les pages suivantes.

Compétences « majeures »	Sous-compétences	Niveau taxonomique attendu
<b>1. Renforcer le sens du travail de l'ingénieur pour les défis environnementaux et sociétaux</b>		5
	<i>a. Comprendre les grands enjeux environnementaux et sociétaux et leur contexte</i>	4
	<i>b. Intégrer et agir dans une communauté professionnelle ou citoyenne</i>	4
	<i>c. Adopter une démarche éthique</i>	5
	<i>d. Importer et mutualiser des compétences et des savoir-faire environnementaux et sociétaux depuis d'autres horizons</i>	5
<b>2. Créer de la valeur en s'emparant des défis environnementaux et sociétaux</b>		5
	<i>a. Innover et inventer (y compris par la rupture) à partir des défis environnementaux et sociétaux</i>	6
	<i>b. Communiquer et développer son leadership dans son métier pour relever les défis environnementaux et sociétaux</i>	4
<b>3. Élaborer et mettre en œuvre des méthodes de travail pour relever des défis environnementaux et sociétaux</b>		4
	<i>a. Résoudre un problème sous forte contrainte (matière première, énergie, social...)</i>	6
	<i>b. Intégrer les souhaits et besoins du client, citoyen final</i>	3
	<i>c. Intégrer et pratiquer l'analyse du cycle de vie (ACV) dans tout produit et/ou service</i>	5
	<i>d. Intégrer et pratiquer les systèmes de management des domaines environnementaux et sociétaux (certifications)</i>	3
	<i>e. Manager en contribuant à la qualité de vie au travail (QVT)</i>	4
<b>4. Évaluer les impacts environnementaux et sociétaux du travail de l'ingénieur</b>		5
	<i>a. Maîtriser les outils de prospective pour évaluer les risques</i>	3
	<i>b. Évaluer les impacts en prenant en compte les aspects multifactoriels : économique, social, environnemental, sociétal, managérial, etc.</i>	6

FIG. 14 : Tableau de synthèse des compétences, avec les niveaux taxonomiques associés

## 3.1 Renforcer le sens du travail de l'ingénieur pour les défis environnementaux et sociétaux — T5 Synthèse

Cette compétence permet à l'ingénieur de comprendre et d'intégrer les finalités environnementales et sociétales attendues par son entreprise et la société, en mettant en œuvre de façon pertinente les actions qui s'y rapportent. Elle se décline en quatre sous-compétences.

### a/ Comprendre les grands enjeux environnementaux et sociétaux et leur contexte — T4 Analyse

Cette compétence permet à l'ingénieur, dès sa formation, de positionner son métier dans un contexte global (éclairer et questionner le pourquoi de son action).

- ◆ Le think tank The Shift Project, œuvrant en faveur d'une économie post-carbone, a publié en mars 2019, ses préconisations dans un rapport intitulé *Mobiliser l'enseignement supérieur pour le climat*, dont voici un extrait :

- Questionner les choix techniques en les replaçant dans un contexte géo-historique
- Proposer un cours sur les problématiques énergétiques globales
- Compter 50 heures de formations sur ces thématiques

Selon Jean-Marc Jancovici, sur l'ensemble de ces points, il serait pertinent d'envisager que tous les futurs enseignants soient formés et aptes à eux-mêmes former leurs élèves aux questions environnementales et climatiques.

- Former les étudiants au « quoi » (exemple : donner des exemples d'actions de certaines entreprises sur les questions de développement durable) ne suffit pas, il faut aussi poser la question du « pourquoi » et contextualiser ces apprentissages (prendre une position plus macro pour comprendre le contexte des actions mises en place.)

“ L'École elle-même doit avoir une posture RSE-DD de façon à ce que les étudiants la vivent. » MICKAËL VALENTIN, ASSOCIÉ OPEO

“ Parmi toutes les compétences qu'une formation peut proposer, la RSE est celle qui devra être maîtrisée avant l'entrée dans le monde du travail. C'est la complexité des enjeux et de leurs interactions qui requiert une formation structurée. » HENRI MARCHETTA, PRÉSIDENT DU GROUPE MECALAC

## b/ Intégrer et agir dans une communauté professionnelle ou citoyenne — T4 Analyse

Cette compétence engage l'ingénieur et renforce la compréhension du milieu où son entreprise travaille. Une entreprise n'est pas isolée des lieux où elle opère, l'ingénieur se doit donc d'être un représentant actif auprès de son environnement professionnel et personnel afin de mieux percevoir le sens de son métier, son rôle et son implication dans la communauté citoyenne.

- ◆ L'une des préconisations du Référentiel Plan Vert des CGE/CPU<sup>9</sup> est de :  
« Engager l'établissement dans le développement DD et RS sur ses territoires. »

“ La curiosité... avoir envie d'aller voir ce qui se fait ailleurs : au cours de sa vie professionnelle et de son cursus, sortir de sa sphère. » **LOUIS GALLOIS**,  
PRÉSIDENT CS DE PSA

## c/ Adopter une démarche éthique — T5 Synthèse

Cette compétence traduit pour l'ingénieur une condition essentielle de la pérennité de l'entreprise où il exerce. Le terme éthique intègre la notion de responsabilité et n'a de sens que s'il est sincère et partagé par les membres de l'entreprise.

“ De deux choses l'une, ou bien on est capable de faire rentrer les sociétés humaines dans le cadre biophysique que nous fixe la nature et les ingénieurs ont du travail pour réaliser ça et après ça ils auront encore du travail pour permettre à nos sociétés de vivre, ou on n'y arrive pas, et il n'y aura plus de travail pour les ingénieurs car il n'y aura plus d'humanité. Mais ce n'est pas l'option préférée. Ce que l'ingénieur doit être capable de faire, c'est de prendre en compte l'aspect multifactoriel des choix technologiques qui sont faits. »

**PHILIPPE LAMBERTS**, DÉPUTÉ EUROPÉEN

9 / La loi Grenelle 1 (dans son article 55 du 3 août 2009) impose à tous les établissements d'enseignement supérieur de mettre en place une démarche Développement Durable, sous la dénomination « Plan Vert ». Le Référentiel Plan Vert des CGE/CPU accompagne les établissements de l'enseignement supérieur dans la définition et la conduite de leur propre démarche de DD, dans une logique d'amélioration continue.



## d/ Importer et mutualiser des compétences et des savoir-faire environnementaux et sociétaux depuis d'autres horizons

— T5 Synthèse

Pour relever les défis environnementaux et sociétaux, l'entreprise devra intégrer des compétences situées hors de son champ traditionnel. L'ingénieur a donc un rôle à jouer pour les gérer et en retirer toute la «substantifique moelle» pour optimiser son action.

“ Dans mon cursus de formation, il y avait une ouverture vers des enseignements très divers (multiculturel et multidisciplinaires). Il y avait de nombreux travaux en groupe avec des participants issus de filières différentes ou à l'international (labos, chercheurs...). » **EVA LEIROS**,  
ÉTUDIANTE EN BIOLOGIE, 1<sup>ÈRE</sup> ANNÉE DE ENS CACHAN

◆ Objectif cité dans les documentations de l'École CentraleSupélec :  
« Développer de nouvelles formes de partenariats internationaux pour former des ingénieurs totalement à leur aise dans un environnement de travail multiculturel. »

## 3.2 Créer de la valeur en s'emparant des défis environnementaux et sociétaux

— T6 Jugement

La notion de création de valeur ne s'entend pas ici uniquement en termes de valeur tangible (ex : économique) mais aussi en création de valeur intangible et durable – telle que la renommée de l'entreprise, l'éthique, le respect de l'environnement, le service client... – souvent difficile à mesurer directement.

“ Les établissements peuvent former les diplômés à intégrer une pensée ayant pour fondement la création de valeur plutôt que la recherche d'efficacité ou de retour sur investissement à tous crins. Parfois ce qui a le plus de valeur ne se mesure pas. Il ne faut pas réduire l'évaluation de la création de valeur à ce qui se mesure. » **FRANÇOIS TADDEÏ**, DIRECTEUR DU CENTRE DE RECHERCHE INTERDISCIPLINAIRE (CRI)

Avec un niveau taxonomique 6 qui correspond au jugement et à l'évaluation, elle engage des éléments qui participent à la pérennité de l'entreprise. Cette compétence se décline en deux sous-compétences.

### **a/ Innover et inventer (y compris par la rupture) à partir des défis environnementaux et sociétaux — T6 Jugement**

Cette compétence suppose d'être créateur de solutions. Innover et inventer doit intégrer de nouvelles dimensions comme le biomimétisme, par exemple. Les sciences humaines viennent au secours des sciences exactes car elles permettent de comprendre le contexte d'émergence de solutions techniques ainsi que de participer à la prévention de leur impact (psychologie humaine, attitudes et comportements de consommation, opinions et valeurs, culture, mode de vie, etc.).

“ L'innovation ne doit pas se limiter à des “gadgets” sensibles à la mode du moment et souvent inadaptés à l'usage concret des produits. Elle doit être incrémentale (la meilleure voie pour assurer son financement), réfléchie et visible par les clients afin de leur procurer des avantages concurrentiels dans les métiers. » HENRI MARCHETTA

◆ Objectif cité dans les documentations de l'École CentraleSupélec :

« Développer des projets innovants en rapport avec l'ouverture sociale ; experts dans le lancement et le pilotage de projets innovants, et à forte culture internationale. »

### **b/ Communiquer et développer son leadership dans son métier pour relever les défis environnementaux et sociétaux — T4 Analyse**

Au-delà de sa créativité pure, un ingénieur a besoin de communiquer avec son environnement et de développer les contacts avec de nombreux partenaires : entreprises, universités, services publics, clients, etc. Son leadership doit ainsi se révéler dans des domaines qui ne sont pas considérés comme des sciences exactes mais qui sont porteurs de valeurs pour lui et son entreprise.

« Être plus attentif à l'aspect environnemental au sein de l'entreprise pour attirer les jeunes talents. » **GUILLAUME DOVILLAIRE**, DIRECTEUR

TECHNIQUE, IMAGINE OPTIC

◆ Extrait du rapport du think tank The Shift Project, *Mobiliser l'enseignement supérieur pour le climat*, paru en mars 2019 :

« Savoir communiquer sur ces questions de DD et RSE par exemple en apprenant à argumenter via certains outils pédagogiques. »

### 3.3 Élaborer et mettre en œuvre des méthodes de travail pour relever des défis environnementaux et sociétaux — T4 Analyse

Avant de déployer de nouvelles méthodes et bousculer les existantes, il est important de réaffirmer que l'ingénieur, quelle que soit sa position dans l'organisation, doit disposer d'une base scientifique et technique solide. C'est d'ailleurs ce que garantit aujourd'hui un diplôme d'ingénieur (CTI, HCERES).

Se contenter de ces expertises scientifiques et techniques n'est pas suffisant pour répondre à l'ensemble des grandes questions posées par l'environnement et la société dans le contexte actuel des activités des entreprises. Un ingénieur se doit d'acquérir et de mettre en œuvre de nouvelles compétences et/ou renforcer celles déjà existantes.

« Garder un socle scientifique robuste – Les disciplines de bases indispensables : la mécanique, l'électricité, l'électronique. La chimie devrait avoir sa place alors qu'elle a presque disparu de nombreux cursus.

La gestion des systèmes d'information va devenir décisive. » **LOUIS GALLOIS**

◆ Extrait du Référentiel Plan Vert des CGE/CPU de 2017 :

« Intégrer les problématiques de DD et RS dans les programmes et enseignements / Créer des pôles de formations spécialisées. »

Cette compétence a un niveau taxonomique 4, celui de l'analyse, et se décline en cinq sous-compétences.

### a/ Résoudre un problème sous forte contrainte (matière première, énergie, social...) — T6 Jugement

Bien qu'existante déjà dans la formation et l'exercice du métier d'ingénieur, notamment en termes économiques, il est essentiel que cette compétence soit renforcée. La diminution des ressources naturelles et l'exigence des populations notamment, vont peser sur tous les secteurs de l'entreprise et en particulier sur les ingénieurs ; pour eux, le niveau d'exigence augmente.

◆ Sujet de stage sur le GNL (gaz naturel liquéfié) à Cluny (juin 2020) :  
« Intégrer des projets sous forte contrainte avec des entreprises pendant le cursus ingénieur (valider un stage si le cahier des charges est suffisamment complet sur RSE et DD). »

### b/ Intégrer les souhaits et besoins du client, citoyen final — T3 Application

La connaissance de ses clients, avec des gigantesques bases de données détaillées (Big Data), fait le succès des GAFAs. Connaître son client final est à la fois un atout concurrentiel mais fait aussi la renommée de l'entreprise et renforce sa valeur. L'ingénieur peut trouver des opportunités, en servant les clients et leurs aspirations.

“ Il faut enseigner le design (design au sens “Silicon Valley”) : c'est-à-dire comprendre avec empathie les besoins des clients/utilisateurs finaux de façon à designer le processus, le produit et le service en fonction de ces besoins. » MICKAËL VALENTIN

“ La concurrence est mondiale (c'est le périmètre de référence). Les clients veulent percevoir rapidement les réponses à leurs attentes. Innover de façon continue est indispensable. » HENRI MARCHETTA

## **c/ Intégrer et pratiquer l'analyse du cycle de vie (ACV) dans tout produit et/ou service — T5 Synthèse**

Le cycle de vie d'un produit et/ou d'un service doit aujourd'hui intégrer l'ensemble des données de nature environnementales et sociétales avec une vision globale et systémique : utilisateurs finaux; et ce tout au long du cycle de vie du produit/service. Ce sont des opportunités d'innovation, pour répondre aux besoins et aspirations de la société.

- ◆ Extrait du rapport de ZEN 2050<sup>10</sup>, *Imaginer et construire une France neutre en carbone*, paru en mai 2019 :

« Très concrètement, en amont, l'écoconception et l'économie de la fonctionnalité (vente d'un service plutôt que du produit nécessaire à la réalisation de ce service), le réemploi, la réparation et le partage par plusieurs utilisateurs des équipements [...] permettent de réduire la quantité d'équipements mis en marché. En aval le développement, partout où cela est possible, de parcs industriels s'inspirant des principes de l'écologie industrielle contribuera à la valorisation matière ou énergie des déchets. La formation des représentations et imaginaires collectifs qui guident nos décisions de consommateurs apparaît ainsi fondamentale, elles devraient évoluer puisque ce sont les usages et consommations à forte empreinte carbone qui ont jusqu'ici largement tiré la croissance économique et les profits des entreprises. »

## **d/ Intégrer et pratiquer les systèmes de management (certifications) des domaines environnementaux et sociétaux — T3 Application**

Depuis l'apparition des systèmes de management de la qualité (ISO 9000), de nombreux référentiels sont apparus et couvrent l'ensemble des registres du management de l'entreprise (ISO 9001, ISO 14000, ISO 22000, ISO 26000, OSHAS 18001, etc.). Les systèmes de management permettent de guider les managers par des approches normées.

---

10 / Initiative pour contribuer à la neutralité carbone en 2050 (Zéro Émission Nette) au travers d'actions et d'animations menées auprès des enfants.

- ◆ Pour l'enseignement supérieur, il existe, dans le cadre du Plan Vert, le référentiel DD et RS CPU/CGE dont voici un extrait (référentiel de 2017) :

« Une démarche de développement durable pour tout établissement d'enseignement supérieur. L'article 55 de la loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite "Grenelle 1", impose à tous les établissements d'enseignement supérieur la mise en place d'une démarche de développement durable au travers d'un Plan Vert, et de pouvoir solliciter une labellisation sur la base de critères de développement durable. »

## d/ Manager en contribuant à la qualité de vie au travail (QVT)

### — T4 Analyse

De par sa place dans l'entreprise et ses responsabilités, un ingénieur se doit de mettre son leadership et ses valeurs (éthique, travail d'équipe, sens citoyen, etc.) au service de la qualité de vie au travail (QVT) de son entourage.

- ◆ Extrait du baromètre Ipsos « Talents : ce qu'ils attendent de leur emploi » réalisé auprès des élèves et alumni des grandes écoles, paru le 23 janvier 2018 :
  - Choix de l'emploi pour les dimensions humaines : intérêt du poste, ambiance et bien être, travail en phase avec ses valeurs.
  - Une majorité des étudiants en faveur d'un management collaboratif encore peu répandu dans les entreprises.
  - Les qualités essentielles pour les managers d'aujourd'hui : la capacité à motiver et fédérer, l'écoute, le respect et la vision, etc.

## 3.4 Évaluer les impacts environnementaux et sociétaux du travail de l'ingénieur

### — T5 Synthèse

Toute intervention issue du travail des ingénieurs est susceptible d'avoir un impact important sur l'environnement, les individus et la société. Il est de la responsabilité de l'ingénieur de l'évaluer et d'en tirer les conclusions sur la nature de son travail.

“ La prospective sera de plus en plus nécessaire au fonctionnement de l'entreprise. Son but n'est pas de prédire l'avenir tel qu'il adviendra mais d'identifier le ou les scénarios le ou les plus probables dans le cadre des projections, extrapolation et hypothèses de rupture prise en compte. La prospective permet aussi d'évaluer leurs conséquences environnementales, économiques, sociales, morales, directes ou indirectes. Son intérêt est alors de décider si cet avenir est suffisamment désirable pour l'entreprise et pour les différentes composantes de son écosystème. » **GÉRARD MERMET, SOCIOLOGUE**

Elle se décompose en deux sous-compétences.

## a/ Maîtriser les outils de prospective pour évaluer les risques

### — T3 Application

Afin de mettre en œuvre les dispositions nécessaires à la prévention des risques environnementaux et sociétaux liés à l'exercice de son métier, l'ingénieur doit maîtriser les outils de prospective. Il pourra ainsi élaborer les solutions optimales répondant aux besoins de la société en termes de défi.

“ L'informatique et l'IA devront renforcer la prévision de risques et anticiper en prévenant les dégâts DD. » **EVA LEIROS**

◆ Extrait de l'article « Produire durable : le défi de l'usine 4.0 » paru sur *Les Echos* le 9 avril 2019<sup>11</sup> :

« Un exercice prospectif mené par l'Ademe estime que, d'ici à 2030, l'industrie française pourrait réduire sa consommation énergétique de 3,3 Mtep par rapport à 2010, soit une baisse de 9 %, grâce à une meilleure efficacité énergétique. »

11 / <https://www.lesechos.fr/thema/articles/produire-durable-le-defi-de-lusine-40-1007792>

## **b/ Évaluer les impacts en prenant en compte les aspects multifactoriels : économique, social, environnemental, sociétal, managérial, etc. — T3 Application**

Tout exercice du métier de l'ingénieur par la mise en œuvre de technologies – qu'elles soient en amélioration ou nouvelles – doit, au-delà de la performance économique, garantir que les contraintes environnementales et sociétales seront respectées.

En termes de responsabilité, s'il apparaît que l'impact global d'un projet est défavorable, il faut alors décider d'abandonner le projet et de travailler sur d'autres ou de modifier le projet pour le rendre plus utile à l'écosystème.

◆ Extrait du rapport de synthèse du GIEC, *Changements climatiques*, 2014 :  
« Il est possible de prendre des décisions avisées pour limiter les changements climatiques et leurs effets en appliquant une vaste gamme d'outils d'analyse pour l'évaluation des risques et des avantages probables, qui prennent en compte la gouvernance, les questions d'éthique, l'équité, les jugements de valeur, les évaluations économiques et la diversité des perceptions et des réactions face aux risques et à l'incertitude. »

\*  
\* \*  
\*

Pour les établissements d'enseignement supérieur, il est de pratique courante d'utiliser les référentiels de compétences des métiers et leur évaluation pour mettre en place des programmes correspondants aux stratégies retenues.

Cependant, pour être plus opérationnel, nous avons priorisé et fait une synthèse de ces quatre compétences et leurs sous-compétences, et en avons déduit cinq recommandations à mettre en place dans leur formation initiale et tout au long de la vie des ingénieurs.



# IV

## RECOMMANDATIONS POUR LA FORMATION INITIALE ET TOUT AU LONG DE LA VIE

---

L'approche par les compétences de l'exercice du métier d'ingénieur nous conduit à prioriser et à synthétiser l'ensemble sous forme de trois « maxi-compétences ». On retrouve en annexe 5 – Fig. 15 ce travail de priorisation, qui avec la taxonomie, nous a permis d'atteindre ce résultat (résultat qui s'applique tout aussi bien à la formation initiale qu'à la formation tout au long de la vie).

Trois maxi-compétences :

1. Éclairer le travail de l'ingénieur par une bonne compréhension des grands enjeux environnementaux et sociétaux, avec mise en œuvre de comportements éthiques et engagement dans des actions citoyennes
2. Résoudre des problèmes sous forte contrainte (énergie, matières premières, social...) et pratiquer l'analyse du cycle de vie dans tout produit et service
3. Évaluer les impacts environnementaux et sociétaux de son travail en prenant en compte les aspects multifactoriels : économiques, managériaux, etc.

En prenant en compte cette priorisation de compétences, nous proposons cinq grandes recommandations aux établissements de l'enseignement supérieur pour la formation des ingénieurs pour relever les défis environnementaux et sociétaux en gardant à l'esprit que l'ingénieur est et reste garant avant tout d'une expertise technique et scientifique solide dans l'exercice de son métier :

**1. Dans toutes les filières, un cours spécifique devrait exposer le cadre des grands enjeux environnementaux et sociétaux et ce en quoi les ingénieurs y sont directement engagés et responsables.**

**2. Les processus pédagogiques, dans les programmes, les disciplines ou les filières, devraient apprendre à résoudre des problèmes sous forte contrainte des défis environnementaux et sociétaux (matière première, énergie, social...). L'analyse du cycle de vie d'un produit et la création de valeur liée devraient être maîtrisées et pratiquées.**

**3. Chaque projet (mémoire, thèse...) devrait comprendre systématiquement dans son énoncé et en conclusion, une partie sur les impacts du projet dans plusieurs domaines environnementaux et sociétaux (social, environnement, énergie, social, gouvernance, etc.). L'analyse des risques devrait être maîtrisée et pratiquée.**

**4. Les étudiants devraient être incités à un engagement personnel, dans une activité étudiante et/ou dans tout engagement citoyen.**

**5. Les établissements d'enseignement supérieur devraient intégrer les défis environnementaux et sociétaux dans leur stratégie et leur quotidien, à décliner en actions opérationnelles (cf. plan vert et référentiel CPU-CGE).**

## CONCLUSION

L'évolution de l'environnement naturel et social bouleverse bien des aspects de la vie des citoyens du monde. Parmi les grands changements qui nous attendent (politiques, sociaux, comportementaux, etc.), les sciences et les technologies vont jouer un grand rôle et les ingénieurs y sont engagés.

Les problématiques sociales et environnementales doivent être prises en compte de manière permanente par l'ensemble des acteurs et les défis associés sont des opportunités de création de valeur pour les acteurs socio-économiques : sociétés, entreprises, employés, clients, fournisseurs et collectivités (état, région, municipalité...). Un très grand nombre d'entreprises affirment être impliquées pour relever ces défis, mais les changements profonds sont encore loin d'atteindre l'efficience que la société attend.

Les ingénieurs sont en première ligne dans l'évolution des domaines scientifiques et technologiques. Ils devront, en parallèle de leur expertise technique, développer des compétences liées aux défis environnementaux et sociétaux afin d'être efficaces dans chaque aspect de leur métier. À ce titre, la formation initiale et la formation tout au long de la vie pourront apporter ces compétences et les connaissances et méthodes pour les aider à assurer leurs missions.

Toute une série d'opportunités sont ainsi à saisir par les ingénieurs pour exercer les compétences spécifiques à leur métier, indispensable à notre société. Les ingénieurs pourront agir, inventer et mettre en œuvre des solutions afin de relever les défis environnementaux et sociétaux et, ce faisant, répondre à la recherche de sens qui caractérise en particulier les nouvelles générations.

**L'action génère l'espoir : agir est une forme d'optimisme!**

# BIBLIOGRAPHIE

---

## ARTICLES

Corbier, M. C. (2019, 9 avril). Eric Labaye veut lever «au moins 200 millions d'euros». *Les Échos*. <https://www.lesechos.fr/politique-societe/societe/poly-technique-eric-labaye-veut-lever-au-moins-200-millions-deuros-1007731>

Gamberini G. (2018, 18 juin). Objet social : la loi Pacte retient l'essentiel du rapport Notat/Senard. *La Tribune*. <https://www.latribune.fr/economie/france/objet-social-la-loi-pacte-retient-l-essentiel-du-rapport-notat-senard-782151.html>

Molga P. (2019, 9 avril). Produire durable : le défi de l'industrie 4.0. *Les Échos*. <https://www.lesechos.fr/thema/articles/produire-durable-le-defi-de-lusine-40-1007792>

## RAPPORTS ET ÉTUDES

IESF (2020). *L'école d'ingénieur du XXI<sup>e</sup> siècle, une entreprise socialement responsable?*

L'Alliance Industrie du Futur (mars 2018). *Le guide des technologies de l'industrie du futur*.

CPU, CGE et Comité 21 (octobre 2019). *Mutations sociétales & nouvelles compétences*.

The Shift Project (mars 2019). *Mobiliser l'enseignement supérieur pour le climat*.

Entreprises pour l'Environnement (mai 2019). *Vision ZEN 2050 [Étude]*.

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (septembre 2019). *Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'énergie en France de 1990 à 2017*.

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (2019). *Chiffres clés du climat France, Europe et Monde*.

GIEC (2014). *Changements Climatiques*.

Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (avril 2019). *Bilan énergétique de la France en 2018*.

Ipsos (janvier 2020). *Baromètre Talents : Ce qu'ils attendent de leur emploi*.

The Shift Project (janvier 2020). *Climat : 8 propositions pour la future ENA*.

## **DIVERS**

Centrale Paris. Document de communication. [https://www.centralesupelec.fr/Référentiel\\_CGE](https://www.centralesupelec.fr/Référentiel_CGE). <https://www.cge.asso.fr/liste-actualites/version-2021-du-referentiel-ddrs/>

Roby C. (2014). *Place et fonction des SHS dans les Écoles d'ingénieurs en France...* [Thèse de doctorat].

Entreprises pour l'environnement (8 janvier 2018). *Vision ZEN 2050* [communiqué de presse].

Tarissi, P. (avril 2019). *Chercheurs, industriels et ingénieurs : premiers et vrais écologistes!* LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/chercheurs-industriels-et-ing%C3%A9nieurs-premiers-vrais-pierre-tarissi>

# ANNEXES

---

## Annexe 1 : Lettre de mission

à Alain Dovillaire, Frédéric Duband et Sorin Ignat afin d'animer un groupe de réflexion sur le thème «les ingénieurs acteurs des défis environnementaux et sociétaux»

cher Alain, cher Frédéric, cher Sorin

«*Depuis sa création en 1780, Arts et Métiers s'attache à répondre aux défis industriels et aux enjeux sociétaux, en constante évolution*» peut-on lire en tête de la présentation de l'École.

Les enjeux environnementaux, sociaux et sociétaux sont de plus en plus prégnants dans nos sociétés contemporaines. La (les) technologie(s) va (vont) donc jouer un rôle de plus en plus important pour ces enjeux. Les démarches actuelles liées au développement de la Responsabilité Sociétale d'Entreprise (RSE) ou contribuant aux Objectifs de Développement Durable (ODD) sont des opportunités pour les entreprises pour mieux les intégrer.

L'ingénieur dans sa vie professionnelle et citoyenne est donc un acteur de la RSE et du Développement Durable.

Afin d'éclairer les choix à venir, nous vous confions la mission d'animer un groupe de réflexion pour identifier les principales attentes et besoins de la société dans ces domaines, cerner les enjeux dont doit se saisir l'enseignement supérieur technologique et suggérer les principales priorités.

Ce groupe de réflexion sera constitué de volontaires cooptés par vous : personnalités externes et membres de la communauté Arts et Métiers.

Les travaux du groupe pourront notamment reposer sur les points suivants et adresser éventuellement des recommandations spécifiques à chacune des quatre missions de l'Enseignement supérieur (formation, recherche, valorisation de la recherche et insertion professionnelle) :

- Une analyse et une synthèse des études et rapports existants,
- Une identification des volontés politiques nationales et internationales
- La contradiction apparente entre les activités de l'ingénieur et leurs impacts sociétaux et environnementaux
- Une synthèse d'interviews de personnalités
- Une grille d'analyse des compétences à développer
- Suggérer les principales priorités
- L'identification des éléments qui pourraient être publiés à l'initiative du Conseil d'Orientation.

Un premier ensemble de recommandations devrait idéalement être présenté fin 2019 pour un échéancier final mi 2020

Le groupe de réflexion est libre de choisir ses méthodes de travail et les moyens requis pour la mission dans l'esprit de prospective et de créativité et d'agilité du Think Tank Arts & Métiers.

Vous aurez le soutien des instances du Think Tank et l'accès le plus large à la communauté Arts et Métiers.

Pour le Conseil d'Orientation, le Président  
Pierre MEYNARD



## Annexe 2 : Acteurs du groupe de travail

### Gérard CAPPELLI

Gérard Cappelli est ingénieur Arts et Métiers avec un 3<sup>e</sup> cycle en Marketing-Management à l'E.M. Lyon. Consultant-formateur en Qualité managériale et en RSE, il a tiré son expérience d'une trentaine d'années dans une PMI familiale devenue une ETI internationale. Référent RSE à l'association France Qualité, il anime par ailleurs le groupe professionnel « Développement durable – RSE » à l'Alumni des Arts et Métiers. Promoteur de la synergie Qualité-RSE, il est membre actif de deux commissions normatives Afnor : « Qualité & Management » et « Développement durable – RSE ». Il est l'auteur de *Faire croître une PMI* (Afnor Édition, 2010) et a rédigé deux ouvrages au sein du Club Rodin : *Réinventer notre industrie : le rôle essentiel des achats* (FIEEC, 2012) et *Réinventer nos PME : le rôle essentiel de la RSE* (FIEEC, 2017).

### Christine CHEVIGNARD

Christine Chevignard est enseignante-documentaliste, responsable de la bibliothèque du campus Arts et Métiers de Cluny depuis 2002. Elle enseigne le Français Langue Étrangère depuis 2015 dans le milieu associatif. A été coprésidente du Centre de Conférences Internationales de Cluny ; association 1901 organisant des universités d'été, des cycles de conférences pour la diffusion de l'information sur l'Europe, sur les sciences et techniques, mais aussi sur les questions économiques et culturelles. A contribué aux actions de la mission Égalité des chances du campus, et reste attentive à ces questions dans ses relations avec les étudiants et étudiantes.»

### Alain CORNIER

Enseigne depuis 20 ans à l'institut Arts et Métiers de Chambéry qu'il dirige, et dont les activités sont orientées vers la formation et la recherche sur le cycle de vie environnemental des produits complexes. Il intervient sur l'écoconception des produits ou des services, leur recyclage en fin de vie, et les processus de développement associés. La diversité des formations et de recherche de l'institut, sa certification ISO 14001 et des interventions dans différents

campus Arts et Métiers lui ont permis de cerner les besoins et les potentiels d'une école d'ingénieur sur ces thématiques.

### **Nathanael DOUGIER**

Ingénieur diplômé de l'école des Mines de Nantes, Nathanael Dougier est aujourd'hui doctorant en génie énergétique au Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physique et Numériques (LISPEN) sur le campus des Arts et Métiers d'Aix-en-Provence. Outre son travail de recherche sur la conception de systèmes énergétiques locaux, il s'engage dans le milieu associatif autour des enjeux sociaux et environnementaux. Il s'intéresse à la pédagogie et réalise également des actions de vulgarisation scientifique.

### **Alain DOVILLAIRE**

Titulaire d'un diplôme d'ingénieur AM et d'un diplôme d'ingénieur de l'Institut Polytechnique de Grenoble, Alain Dovillaire a exercé des responsabilités de management au sein du groupe Pechiney dont trois ans comme vice-président technique au Canada. Il a une expérience de responsabilités opérationnelles dans l'industrie lourde et dans le manufacturing. Il s'est ensuite orienté vers des responsabilités support au niveau mondial en environnement santé-sécurité chez Pechiney et Alcan. Retraité il a créé son propre cabinet dans le domaine de la sécurité santé au travail. Il a été pendant trois ans Directeur du campus Arts et Métiers de Cluny. Il a ensuite réalisé des missions de conseil auprès de la Direction Générale des Arts et Métiers. Aujourd'hui vice-président du Conseil d'administration de l'École Nationale Supérieure de Micro Mécanique de Besançon, il travaille en indépendant pour Perrier Consulting (Canada) et est ambassadeur de la Fondation Arts et Métiers.

### **Frédéric DUBAND**

Frédéric Duband est un enseignant de l'ENSAM depuis plus de 30 ans dans le domaine du génie électrique. Après une formation d'ingénieur à l'INSA de Lyon, il a rejoint, en tant qu'enseignant, le campus Arts et Métiers de Cluny. Il a aussi été membre du comité de direction de ce campus pendant 15 années, ayant différentes responsabilités administratives notamment à deux reprises

directeur-adjoint. Depuis 2002, il a occupé différentes missions nationales au sein de la Direction Générale Adjointe des Formations et co-dirige, depuis 2013, l'Institut de Conseil et d'Innovation en Formations Technologiques (ICIFTech - Arts et Métiers). Actuellement sur le campus Arts en Métiers d'Aix en Provence, il occupe les fonctions d'adjoint au directeur en charge des Formations et de Directeur des études de la Formation d'Ingénieurs en Partenariat Génie Électrique.

### **Jean-Claude HUBERT**

Carrière professionnelle internationale et diversifiée, combinant enseignement dans l'enseignement supérieur nord-américain, expertise R&D dans les nouvelles technologies, conception de produits avec une dominante dans le domaine de la science des matériaux et le management « corporate ». Jean-Claude Hubert a animé et géré des équipes R&D multiculturelles internationales, pratiqué la planification stratégique Hoshin par la qualité totale, l'ingénierie simultanée, l'amélioration continue des processus et des organisations, conçu et mis en œuvre des programmes de prévention et gestion des risques industriels. Compétences : R&D (génie nucléaire, capteurs de température, composants électroniques, diffusion silicium, connecteurs professionnels), TQM & Kaizen, brevets et licences, stratégie et gouvernance d'ETI, gestion multiculturelle d'équipes distantes dans six pays. Responsabilités : CTO, Directeur R&D, enseignement supérieur universitaire (Canada, France), secrétaire bénévole d'association professionnelle.

### **Sorin IGNAT**

Sorin Ignat est enseignant-chercheur à l'ENSAM depuis 2002. Après une formation d'ingénieur en génie mécanique à l'Université Polytechnique de Timisoara (Roumanie), il a commencé sa carrière d'enseignant dans la même université. Une thèse de doctorat en cotutelle (avec École Centrale de Lyon) en génie des matériaux, soutenue en 2001 en France l'a approché de l'enseignement supérieur français qu'il a intégré en 2002. De 2004 à 2012 il a été successivement directeur des formations, directeur adjoint et directeur à l'ENSAM de Cluny, en charge aussi du pilotage d'un programme de double diplôme entre

l'ENSAM et les Pays d'Europe Centrale et Orientale, avec plus de 130 ingénieurs diplômés en 15 ans. En 2013 il a co-créé et co-dirige depuis l'ICIFTech (l'Institut de Conseil et d'Innovation en Formations Technologiques – Arts et Métiers). Il assure également la responsabilité scientifique d'un master type recherche en Ingénierie des Matériaux et Surfaces, pour le réseau Arts et Métiers, il est membre du comité de pilotage d'une formation en apprentissage (EGR – ENSAM Chambéry) et d'un projet lauréat PIA3 – Nouveau Coursus à l'Université (RITM-BFC).

### **Gérard MERMET**

Titulaire d'un diplôme d'ingénieur AM et d'un MBA de l'université de Columbia (New York), Gérard Mermet a d'abord exercé pendant une douzaine d'années des responsabilités au sein d'entreprises nationales et multinationales. Il s'est ensuite orienté vers la sociologie, publiant en 1985 le premier ouvrage de synthèse sur la société française : Francoscopie. Il a créé en 1994 le cabinet de conseil éponyme. Ses principaux champs d'investigation sont l'observation du changement social, l'évolution des modes de consommation et la prospective. Il a produit et animé pendant neuf ans des émissions de société sur Radio France Internationale. Il a enseigné à l'université Paris-Dauphine. Il a été membre de la commission de réflexion sur les mécanismes de baisse des prix (ministère de l'Économie et des Finances, 2008). Il a effectué des missions internationales pour le compte du ministère des Affaires Étrangères : Hong-Kong; Chine; Canada; Australie; Nouvelle-Zélande; Russie...

### **Tamara NAHON**

Fraîchement diplômée ingénieure des Arts et Métiers, Tamara Nahon est aujourd'hui en alternance à l'IFP School pour étudier les marchés de l'énergie et l'économie circulaire. Romain et Tamara sont à l'initiative de l'association Arts et Métiers Environnement créée en 2019. Engagée dans des associations pour des enjeux sociétaux et environnementaux, Tamara s'intéresse aussi à la pédagogie dans les cursus ingénieurs.

### **Camille PEDARRIOSSE**

Ingénieure pédagogique sur le campus de l'ENSAM d'Aix-en-Provence depuis janvier 2019, Camille Pédarriosse s'est intéressée aux conditions d'émergence d'une conscience écologique dans le cadre de son Master en sciences de l'éducation. Elle assure aujourd'hui des fonctions d'accompagnement des enseignants tant sur les méthodes que sur les outils de pédagogie et nourrit un intérêt pour l'intégration des questions de responsabilité environnementale et sociétale dans la formation des ingénieurs.

### **Romain THOREAU**

Ingénieur Arts et Métiers (Ch 216) et doctorant en Observation de la Terre à l'ONERA et Magellium, Romain travaille au développement de méthodes d'apprentissage profond pour la cartographie des surfaces imperméables. La donnée de ces surfaces – souvent artificielles – est essentielle pour les scientifiques et les décideurs publics dans la mesure où elles ont un impact fort sur l'hydrologie, le climat et la biodiversité.

## Annexe 3 : Personnalités interviewées

- Vincent BOUFFARD, Directeur général adjoint chez VINCI Energies France
- Fabrice BREGIER, Président de PALANTIR France, ex PDG d'AIRBUS
- Gérard BRESCON, DRH, Expleo Group
- Jean BRUNET, ex PDG et co-fondateur de Sherpa Engineering
- Gérard CAPPELLI, gérant, CROISSANCE PMI (Qualité managériale – RSE)
- Emmanuel CHIVA, Directeur de l'agence de l'innovation au sein du Ministère des Armées
- Guillaume DOVILLAIRE, directeur technique, Imagine Optic
- Henri MARCHETTA, Président du groupe MECALAC
- Louis GALLOIS, Président CS de PSA, Président de la Fédération des Acteurs de Solidarité
- Jean-Paul HERTEMAN, Président du CA du CNAM, ex PDG de SAFRAN
- Philippe LAMBERTS, Député européen
- Benoît LEGUET, Directeur du I4CE (Institute for Climate Economics)
- Eva LEIROS, étudiante en biologie, 1<sup>ère</sup> année de ENS Cachan
- Frédéric LISSALDE, Président et chief executive officer de BORWARNER (équipement auto USA)
- Gérard MARDINE, accompagné de Gabriel ARTERO et Jean-Marie BERTHO, respectivement Secrétaire confédéral général, président et secrétaire national de la Fédération Métallurgie Syndicat CFE-CGC
- Michel MAYA, Yoann ARNAUD et Aurélin BESNARD, enseignants ENSAM Campus Cluny
- Jean SOUCHAL, Président du Directoire, POMA
- François TADDEÏ, Directeur du Centre de Recherche Interdisciplinaire (CRI)
- Mickaël VALENTIN, associé OPEO (cabinet leader de l'excellence opérationnelle)

## Annexe 4 : Tableau de la taxonomie de Bloom

Niveau	Caractéristiques du niveau	Verbes d'action		
1. Connaissance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mémoriser et restituer des informations dans des termes voisins de ceux appris.</li> <li>• Repérer de l'information.</li> <li>• Connaître des événements, des dates, des lieux, des faits.</li> <li>• Connaître de grandes idées, des règles, des lois, des formules.</li> </ul>	Acquérir Arranger Associer Cataloguer Citer Copier Décrire Définir Désigner Dire	Distinguer Enregistrer Énumérer Étiqueter Examiner Identifier Indiquer Lister Mémoriser Montrer	Nommer Ordonner Rappeler Réciter Répéter Reproduire Retenir Sélectionner Spécifier
2. Compréhension	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traduire et interpréter de l'information en fonction de ce qui a été appris.</li> <li>• Saisir des significations.</li> <li>• Traduire des connaissances dans un nouveau contexte.</li> <li>• Interpréter des faits à partir d'un cadre donné.</li> </ul>	Associer Changer Classer Comparer Compléter Conclure Convertir Décrire Démontrer Déterminer Différencier Discuter Distinguer Estimer	Établir Expliquer Exprimer Extrapoler Faire Identifier Illustrer Inférer Interpoler Interpréter Localiser Ordonner Paraphraser Préciser	Prédire Préparer Rapporter Réarranger Redéfinir Réécrire Regrouper Réorganiser Représenter Résumer Sélectionner Situer Traduire Transformer
3. Application	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sélectionner et transférer des données pour réaliser une tâche ou résoudre un problème.</li> <li>• Réinvestir des méthodes, des concepts et des théories dans de nouvelles situations.</li> <li>• Résoudre des problèmes en mobilisant les compétences et connaissances requises.</li> </ul>	Acter Adapter Appliquer Calculer Choisir Classer Classifier Compléter Construire Contrôler Démontrer Développer	Employer Expérimenter Généraliser Gérer Illustrer Informer Interpréter Jouer Manipuler Modifier Opérer Organiser	Planifier Pratiquer Rédiger Relier Résoudre Restructurer Schématiser Simuler Traiter Transférer Utiliser
4. Analyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distinguer, classer, mettre en relation les faits et la structure d'un énoncé ou d'une question.</li> <li>• Percevoir des tendances.</li> <li>• Distinguer les sous-entendus.</li> <li>• Extraire des éléments.</li> <li>• Identifier les parties constituantes d'un tout pour en distinguer les idées.</li> </ul>	Analyser Arranger Catégoriser Choisir Classer Comparer Contraster Corréler Critiquer Décomposer Déduire	Délimiter Détecter Différencier Discriminer Distinguer Diviser Examiner Expérimenter Expliquer Identifier	Inférer Interpréter Modéliser Nuancer Organiser Rechercher Relier Séparer Subdiviser Tester

5. Synthèse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concevoir, intégrer et conjuguer des idées en une proposition, un plan, un produit nouveau.</li> <li>• Utiliser des idées disponibles pour en créer de nouvelles.</li> <li>• Généraliser à partir d'un certain nombre de faits.</li> <li>• Mettre en rapport des connaissances issues de plusieurs domaines.</li> </ul>	Anticiper Arranger Assembler Classer Collecter Combiner Compiler Composer Concevoir Constituer Construire Créer Déduire Dériver	Développer Discuter Écrire Élaborer Formuler Généraliser Imaginer Intégrer Inventer Modifier Organiser Planifier Préparer	Produire Projeter Proposer Raconter Relater Réorganiser Schématiser Soutenir Spécifier Structurer Substituer Synthétiser Transmettre
6. Évaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimer, évaluer ou critiquer en fonction de normes et de critères que l'on se construit.</li> <li>• Comparer et distinguer des idées.</li> <li>• Déterminer la valeur de théories et d'exposés.</li> <li>• Poser des choix en fonction d'arguments raisonnés.</li> <li>• Vérifier la valeur des preuves.</li> <li>• Juger de la part de subjectivité.</li> </ul>	Apprécier Appuyer Argumenter Choisir Classer Comparer Conclure Considérer Contraster Convaincre Critiquer	Décider Déduire Défendre Estimer Évaluer Expliquer Juger Justifier Mesurer Noter	Persuader Prédire Recadrer Recommander Résumer Sélectionner Soupeser Standardiser Tester Valider

Sources :

Bloom, B.S. et al. (1979). Taxonomie des objectifs pédagogiques. Tome 1 : Domaine cognitif (traduit par M. Lavallée). Montréal : Les Presses de l'Université du Québec.

Carrefour pédagogique (s. d.). Les 6 habiletés de la taxonomie de Bloom. Repéré à <http://reptic-crla.collanau.qc.ca/carrefour/bloom/>.

Collège Ahuntsic (1997). Des objectifs-standards aux plans de cours. Repéré à [http://www.collegeahuntsic.qc.ca/sites/default/files/public/services/spdp/documents/plan\\_de\\_cours/os-plan-de-cours.pdf](http://www.collegeahuntsic.qc.ca/sites/default/files/public/services/spdp/documents/plan_de_cours/os-plan-de-cours.pdf).

Centre d'études et de formation en enseignement supérieur (CEFES) (s. d.). Taxonomie des apprentissages de type cognitif. Repéré à [http://www.cefes.umontreal.ca/ressources/guides/Plan\\_cours/popCognitif.htm](http://www.cefes.umontreal.ca/ressources/guides/Plan_cours/popCognitif.htm).



## Annexe 5

### Niveau souhaité des compétences majeures répondant aux cinq opportunités<sup>12</sup>

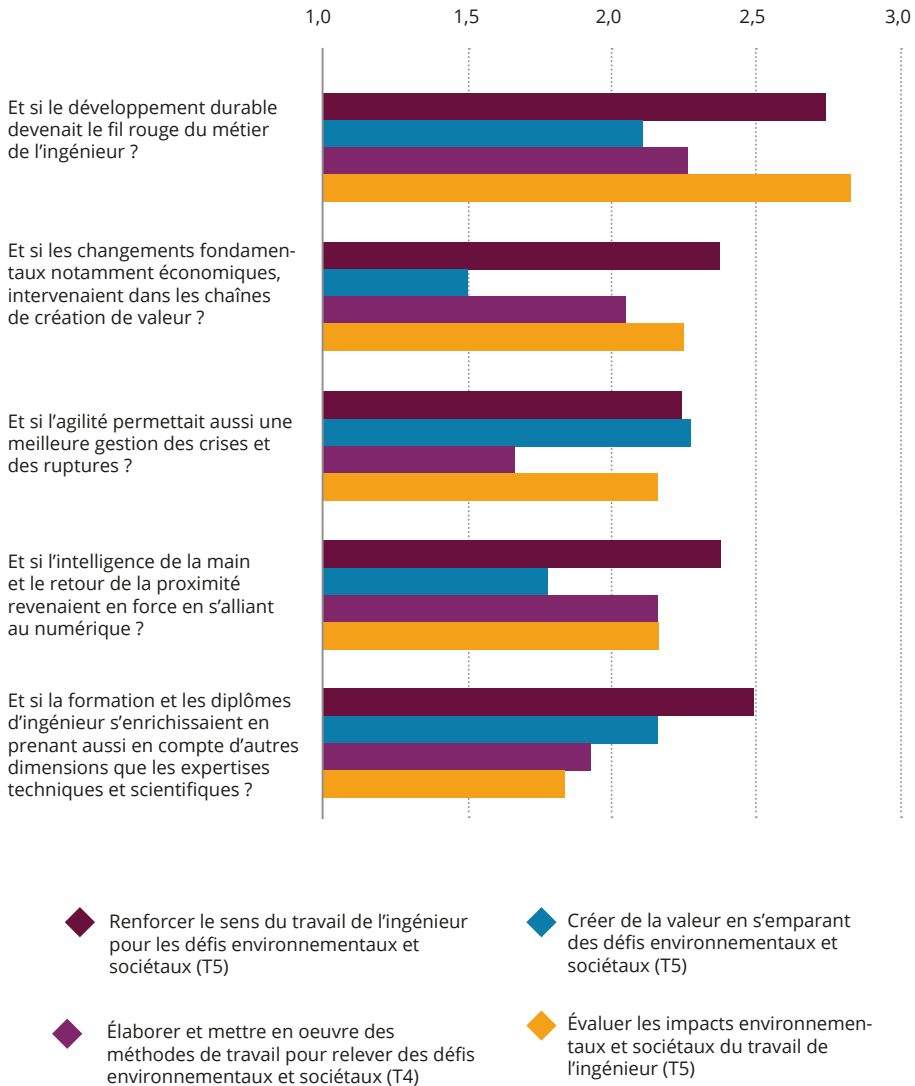


FIG. 15 : Extrait partiel du tableau de priorisation des compétences avec le niveau de taxonomie

<sup>12</sup>/ Opportunités détaillées dans le chapitre II.



Retrouvez l'ensemble des travaux du Think Tank sur :  
[think-tank.arts-et-metiers.fr](http://think-tank.arts-et-metiers.fr)

Et suivez nous sur les réseaux sociaux :



## À propos du Think Tank

Le Think Tank Arts & Métiers a été créé en 2018, conjointement par l'École nationale d'Arts et Métiers et la Société des ingénieurs Arts et Métiers. Il se donne pour double mission de mener des réflexions prospectives sur l'industrie et la technologie dans une démarche d'intérêt général ainsi que d'alimenter la réflexion sur l'avenir de l'École et son identité.

Le Think Tank est politiquement et financièrement indépendant. Composé de personnalités provenant d'horizons professionnels, politiques et académiques variés, il agit dans la plus totale indépendance et dans le but d'éclairer la communauté des Arts et Métiers, en particulier, et, plus généralement, le monde de l'enseignement supérieur et de la recherche autant que le monde industriel.

© Think Tank Arts & Métiers

This work is licensed under Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Photo couverture : © unsplash.com / @bill\_oxford

Directeur de la publication : Stéphane Lapujoulade

Auteurs : Alain Dovillaire, Frédéric Duband et Sorin Ignat

Mise en page : Cécile Chemel, Copy-writing : Estelle Djazayeri