

A photograph of three young people in a classroom setting. A young man in a red and black plaid shirt is holding a yellow and black robot. Two young women are looking at the robot with interest. The background shows a classroom with a globe and other students.

**Think  
Tank.**

**Arts &  
Métiers**

**COMMENT RENFORCER  
L'APPÉTENCES DES  
JEUNES TALENTS POUR  
LES TECHNOLOGIES**

RAPPORT / DÉC. 2022

# PRÉAMBULE

## MÉTHODOLOGIE

Ce rapport a été coordonné par Emmanuel RICHAUD, qui en est le principal auteur. Emmanuel RICHAUD et Aymeric MARTIN SENTENAS ont copiloté les travaux en mobilisant un collectif (voir composition du groupe de réflexion en annexe 2), complété par des entretiens et des contributions ponctuelles (voir remerciements ci-dessous).

## REMERCIEMENTS

Le groupe de réflexion remercie tout spécialement : Alexandre M. BAYEN (Pr, Electrical Engineering & Computer Science, University of California, Berkeley), Necesio GOMES COSTA (Pr, PhD Materials Science, Université Fédérale de Rio de Janeiro), Mikael HEDENQVIST (Pr Science, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm), Miho MURATA (TokyoTech), Valérie PRULHIÈRE (vice-présidente Arts & Métiers Alumni, coaching scolaire adolescents), Elisa SIMONPIETRI (Global Head of Science Programs, Fondation L'Oréal), Hugues TEMPLIER (CPGE Lycée Pierre-Gilles de Gennes), Audrey STEWART (International & European Development Director, Arts & Métiers), Christopher MARTELLET (responsable relations internationales, Arts & Métiers Paris), Christine OLLENDORF (directrice de la documentation et de la prospective, Arts & Métiers).

# SOMMAIRE

---

Introduction .....	4
<b>I. LES MÉTIERS À DOMINANTE TECHNIQUE SONT EN TENSION .....</b>	<b>6</b>
1.1 Les besoins de la société et le rôle de l'ingénieur.....	7
1.2 Nombres d'ingénieurs formés, filières choisies .....	10
1.3 Une faible représentation des femmes .....	12
<b>II. LES CHOIX SONT ORIENTÉS DÈS LE PLUS JEUNE ÂGE</b>	
<b>PAR DIVERS FACTEURS .....</b>	<b>13</b>
2.1 Les attentes des jeunes .....	13
2.2 Les processus guidant les choix des jeunes vers leur parcours .....	17
<b>III. L'ATTRAIT POUR LES STEM VARIE SELON LES PAYS.....</b>	<b>31</b>
3.1 Cas des pays voisins .....	32
3.2 Cas des pays moins développés .....	36
3.3 Cas des pays ayant un faible niveau en STEM	
mais un secteur technologique dynamique .....	38
3.4 Conclusions des comparaisons internationales .....	39
<b>IV. NOS PRÉCONISATIONS S'ADRESSENT TANT À L'ENSEIGNEMENT</b>	
<b>QU'À LA RECHERCHE ET AUX ENTREPRISES .....</b>	<b>40</b>
4.1 Recommandations à destination du monde de l'enseignement .....	40
4.2 Recommandations à destination du monde de la recherche .....	44
4.3 Recommandations à destination des entreprises .....	46
Conclusion .....	50
Bibliographie .....	52
Annexe 1 : Lettre de mission .....	53
Annexe 2 : Acteurs du groupe de réflexion .....	54
Notes de fin .....	55

# INTRODUCTION

Dans un monde incertain en changement constant, où les attentes des jeunes générations, et notamment leur recherche de sens, orientent leurs choix, il est apparu nécessaire de s'interroger sur les actions à mener pour renforcer l'attractivité de l'enseignement technologique supérieur pour les jeunes talents.

Afin d'éclairer les choix à venir, mission a été donnée à Emmanuel Richaud et Aymeric Martin-Sentenat d'animer un groupe de réflexion pour caractériser la situation actuelle, et pour promouvoir chez les jeunes (écoliers, collégiens, lycéens), mais aussi auprès des prescripteurs, l'enseignement des sciences et particulièrement des sciences de l'ingénieur(e).

Le présent rapport est le fruit du travail de ce groupe. Sans prétendre être exhaustif, il fait d'abord le constat qu'en France, les vocations vers les métiers scientifiques et techniques ne sont pas à la hauteur des besoins estimés et que, de plus, les femmes restent minoritaires dans ces métiers. La croissance du nombre d'ingénieurs diplômés (3 % par an environ) n'est pas suffisante et le pourcentage de femmes parmi ces jeunes diplômés, après une progression constante et régulière, plafonne depuis plusieurs années à 28 %.

Le groupe de réflexion s'est interrogé sur les attentes des jeunes, puis sur les causes de leur faible appétence pour les sciences et les technologies. En sont ressortis principalement le poids de l'enseignement, en particulier au collège, la difficulté pour les jeunes à percevoir les métiers de la technologie et leur finalité et, enfin, le processus de choix d'études et notamment le rôle des prescripteurs.

Une comparaison des pratiques en France avec celles d'autres pays, différents par leur puissance économique, leur niveau de développement et d'industrialisation, aide à en tirer des leçons.

La dernière partie du rapport est consacrée à des recommandations concrètes, articulées autour de trois axes prioritaires :

- Repenser la place des sciences et de l'ingénierie dans l'éducation ;
- Encourager l'orientation des jeunes, vers les filières scientifiques et techniques ;
- Faire des propositions tangibles à l'enseignement supérieur dans ses composantes recherches et formation.

Ces trois axes sont complétés par quelques dispositions concernant plus particulièrement les jeunes filles.

# LES MÉTIERS À DOMINANTE TECHNIQUE SONT EN TENSION

---

La France, comme le reste du monde, évolue dans un contexte de bouleversements économiques sans précédent : mondialisation des échanges, changement climatique, explosion de l'information disponible, raréfaction des matières premières, redistribution des ressources en eau, lutte contre les pandémies, instabilités géopolitiques, nouvelles responsabilités sociétales et environnementales.

Développer la recherche et l'innovation scientifique et technologique est indispensables pour répondre à ces nouveaux enjeux.

Pour apporter ses talents au développement mondialisé, pour lutter contre le chômage et la pauvreté, l'industrie française doit se réinventer et s'appuyer sur l'innovation et des compétences de pointe, en informatique notamment. Elle a besoin de scientifiques, de techniciens et surtout d'ingénieur(e)s pour accompagner ces changements et se transformer.

## 1.1. Les besoins de la société et le rôle de l'ingénieur

### La commission des titres d'ingénieur (CTI) définit ainsi le métier d'ingénieur :

« Le métier de l'ingénieur consiste à poser, étudier et résoudre de manière performante et innovante des problèmes complexes de création, de conception, de réalisation, de mise en œuvre et de contrôle de produits, de systèmes ou de services — éventuellement leur financement et leur commercialisation — au sein d'une organisation compétitive. Il intègre les préoccupations de protection de l'homme, de la vie et de l'environnement, et plus généralement du bien-être collectif. [...] À ces fins, l'ingénieur doit posséder un ensemble de savoirs et de savoir-faire techniques, économiques, sociaux, environnementaux et humains adaptés à ses missions, reposant sur une solide culture scientifique et lui permettant d'apporter une vision globale à tout projet. »

La définition très formelle et technique du métier d'ingénieur donnée par la CTI (voir encart) nécessite des compléments, en insistant sur l'importance particulière du rôle des ingénieurs aujourd'hui. Face aux dérèglements climatiques, aux perturbations de la biodiversité, à des ressources primaires sous tension, à la soif d'éthique, les ingénieurs sont parmi les acteurs clés pour répondre à ces enjeux environnementaux et sociétaux. Ce sujet fait l'objet d'un rapport spécifique du Think Tank Arts & Métiers.<sup>1</sup>

Le monde du travail est soumis à des bouleversements rapides et considérables. Les robots, l'intelligence artificielle, l'impression 3D, les drones, les nouvelles technologies, le développement de l'information, de la 5G, des réseaux sociaux transforment radicalement les opérations des entreprises et des services publics ainsi que la vie personnelle des individus.

Les ingénieurs ont et auront un rôle primordial : inventer, développer et mettre en œuvre des solutions afin de relever ces nouveaux défis et répondre à la recherche de sens qui caractérise les nouvelles générations.

Pourtant, si l'on se réfère à l'étude annuelle publiée par la DARES (Direction de l'Animation de la Recherche des Études et des Statistiques)<sup>2</sup>, il peut sembler assez surprenant qu'en dépit d'un nombre croissant de diplômés de nombreux postes d'ingénieurs restent à pourvoir. Ceci est illustré par le classement des principaux métiers en tension, au sein duquel apparaissent les métiers d'ingénieurs du bâtiment et des travaux publics – chefs de chantier et conducteurs de travaux –, d'ingénieurs et cadres informatiques, et d'ingénieurs et cadres des télécommunications.

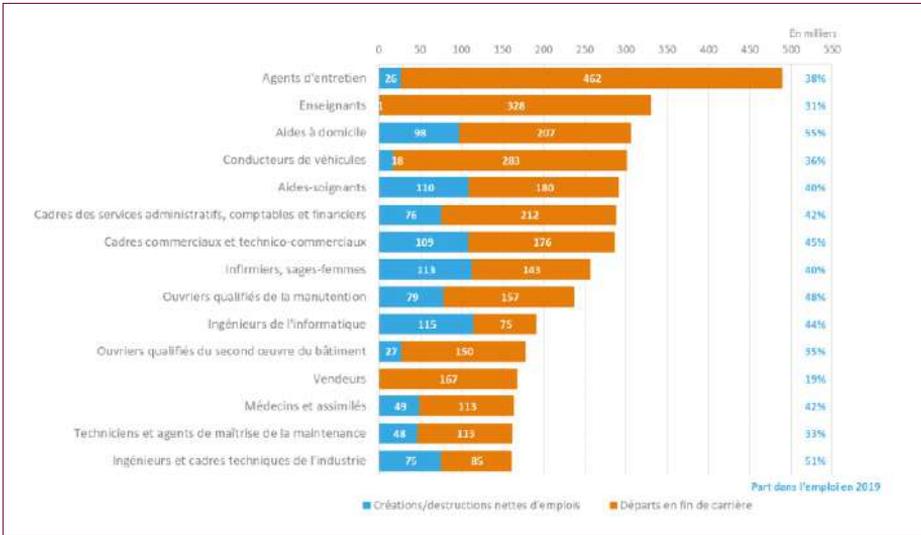
D'après un rapport du ministère de l'Économie et des Finances<sup>3</sup>, parmi les 10 métiers les plus recherchés en France en 2020, 8 professions sont directement liées aux STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematic*) : délégué à la protection des données, ingénieur en intelligence artificielle, community manager, ingénieur en fiabilité de site (SRE), spécialiste en cybersécurité, ingénieur DevOps, ingénieur data et data scientist.

Une prospective réalisée par France Stratégie évalue le nombre de postes à pourvoir entre 2019 et 2030<sup>4</sup>, à :

- 285 000 cadres commerciaux et technico-commerciaux, soit l'équivalent de 45 % de ces emplois en 2019 ;
- 190 000 ingénieurs de l'informatique, soit l'équivalent de 44 % de ces emplois en 2019 ;
- 160 000 ingénieurs et cadres techniques de l'industrie, soit l'équivalent de 51 % de ces emplois en 2019.

Ces deux dernières catégories se distinguent, car le besoin proviendra en grande partie de créations de postes : 115 000 parmi les 190 000 pour les ingénieurs de l'informatique, 75 000 parmi les 160 000 pour les ingénieurs et cadres techniques de l'industrie.

**FIG. 1 : les métiers comptant le plus de postes à pourvoir dans le scénario de référence entre 2019 et 2030 selon France Stratégie<sup>5</sup>**



Champ : France métropolitaine.

Lecture : entre 2019 et 2030, 490 000 postes seraient à pourvoir chez les agents d'entretien, dont 460 000 dus aux départs en fin de carrière et 30 000 aux créations nettes d'emplois. Ces postes à pourvoir représenteraient 38 % de l'emploi de ce métier en 2019.

Sources : projections France Stratégie/Dares. Psar Emploi-population (Insee), recensement de population 2015 – exploitation complémentaire, enquêtes Emploi en continu 2003-2016, modèle Destinie 2; Projections de métiers France Stratégie/Dares

L'analyse de ce graphique dresse un constat préoccupant si l'on envisage son impact en termes de compétitivité.<sup>6</sup>

Une autre tendance lourde se dégage selon la dernière enquête de l'IESF : 5,4 % des jeunes ingénieurs démarrent leur carrière dans le conseil en stratégie, l'audit, le management, les RH ou la finance – domaines faisant appel à un panel de compétences élargies (*soft skills*, marketing, management...) en plus des compétences techniques. Ces métiers qui attirent les jeunes talents les éloignent d'autant plus du monde de l'industrie.

## 1.2. Nombre d'ingénieurs formés, filières choisies

À la fin de l'année 2020, la France comptait 1160 000 ingénieurs diplômés d'une école française accréditée par la CTI<sup>7</sup> dont 80 % sont actuellement en activité professionnelle. Cette population augmente d'environ 3 % par an. Ce chiffre est stable depuis le début des années 2000.<sup>8,9</sup> De son côté, le nombre d'étudiant-e-s en cycle ingénieur a suivi la même tendance : +19,5 % entre 2016 et 2021.<sup>10</sup> Chaque année, ce sont environ 40 000 nouveaux ingénieurs qui sont diplômés<sup>11</sup> (ce chiffre ayant atteint 41 000 en 2019).

La population d'ingénieurs continue de se féminiser lentement, avec actuellement 24 % de femmes ingénieurs dans la population totale. Sur les 41 000 ingénieurs diplômés en 2019, 28 % sont des femmes.<sup>12</sup>

**FIG. 2 : répartition des effectifs et part de femmes en cycle ingénieur, selon le domaine de formation**

Domaines de formation	Effectifs	Evol. annuelle (en %)	Poids (en %)		Part des femmes (en %)	
			2020-21	2015-16	2020-21	2015-16
Agriculture et agroalimentaire	11216	9,0	7,3	7,3	59,1	58,7
Architecture et bâtiments	9653	-3,2	6,3	6,5	30,7	28,0
Chimie, génie des procédés et sciences de la vie	4956	10,9	3,2	2,6	60,3	57,3
Electronique, électricité	19082	1,4	12,4	11,0	18,5	18,8
Industrie de transformation et de production	34110	13,0	22,1	19,0	30,6	31,3
Informatique et sciences informatiques	17300	4,3	11,2	9,6	17,2	16,3
Ingénierie et techniques apparentées	28070	-7,0	18,2	22,3	22,8	20,8
Mécanique	14014	2,0	9,1	9,6	21,1	20,1
Sciences physiques, mathématiques et statistiques	8923	-1,2	5,8	7,1	40,8	37,8
Services de transports	5345	-0,2	3,5	3,5	17,2	14,2
Autres	1675	-15,7	1,1	1,5	49,7	29,9
<b>Ensemble</b>	<b>154 343</b>	<b>2,5</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>28,7</b>	<b>27,4</b>

Source : ministère ESRI, note flash du SIES, juin 2021

Il est à noter que les écoles d'ingénieurs sont moins nombreuses qu'auparavant : elles ne sont plus que 201<sup>13</sup> contre 250 environ il y a environ 15 ans,<sup>14</sup> principalement à la suite de la fusion d'écoles existantes et malgré la création de nouvelles. Autre tendance lourde, l'augmentation du nombre d'étudiants inscrits dans des écoles privées,<sup>15</sup> ces dernières ayant pour ambition de répondre au manque crucial d'ingénieur notamment pour les disciplines de spécialité. Enfin, il est important de noter que si le nombre d'ingénieurs formés chaque année augmente légèrement, le nombre relatif d'étudiants en Science & Technique rapporté à la population étudiante totale décroît dans de nombreux pays, depuis le milieu des années 1990. En France, cette proportion a connu une baisse importante, passant de 44 % à 33 % entre 1985 et 2003.<sup>16</sup>

Parmi les diplômés français, environ un ingénieur sur sept travaille à l'étranger.<sup>17</sup> Dans le même temps, les écoles d'ingénieurs accueillent un chiffre approximativement égal d'étudiants étrangers (14 % en 2012<sup>18</sup>).

Le salaire brut médian de l'ensemble de la population d'ingénieurs en activité avoisine 59 000 euros brut par an. Il triple au cours de la carrière, démarrant à environ 35 000 euros<sup>19</sup> (soit un peu plus que le revenu moyen des ménages en France<sup>20</sup>) pour atteindre 100 000 euros en fin de carrière. Il semble avoir été peu impacté par la crise récente.<sup>21</sup>

### Les ingénieurs en quelques chiffres clés<sup>22</sup>

- ◆ 77 % des ingénieurs sont satisfaits ou très satisfaits dans leur emploi.
- ◆ 96 % des ingénieurs salariés ont un statut cadre.
- ◆ 95 % des ingénieurs salariés en France sont en CDI ou titulaires de la fonction publique.
- ◆ 80 % des ingénieurs salariés travaillent dans le secteur privé.
- ◆ 55 % des ingénieurs dans le secteur privé sont employés par des entreprises de plus de 5 000 salariés.
- ◆ 56 % des ingénieurs en activité travaillent 45 heures ou plus par semaine.

Source : Enquête IESF 2021

### 1.3. Une faible représentation des femmes

Comme mentionné précédemment, il est à ce stade frappant de noter la faible féminisation de cette population.

Alors que les lycéennes représentaient 42 % des élèves inscrits en terminale S, STI2D et STL en 2019 sur le territoire,<sup>23,24</sup> elles sont toujours moins présentes dans les formations supérieures des domaines scientifiques, où elles constituent seulement 37 % des effectifs. La part des filles est encore plus faible, 29 %, si l'on ne considère que les CPGE scientifiques.<sup>25</sup>

Les écoles d'ingénieurs n'échappent malheureusement pas à ce constat, puisqu'elles ne comptent que 29 % de jeunes femmes en cours d'études<sup>26</sup> (voir figures 2 et 3), palier auquel ce chiffre se stabilise depuis 2013 après avoir connu une constante évolution pendant près de 40 ans.<sup>27</sup> Les disparités sont fortes entre des domaines très féminisés comme la chimie et d'autres comme la mécanique, l'électricité ou le transport. Si nous n'avons pas encore de chiffre nous permettant de comparer avec d'autres pays, nous pouvons tenter une comparaison entre le pourcentage de femmes chercheuses en France et celui d'autres pays :<sup>28</sup> la France accuse un retard d'une dizaine de points en comparaison avec ses principaux voisins.

**FIG. 3 : évolution du pourcentage de femmes ingénieures parmi les diplômés**



Source : enquête IESF 2021



# LES CHOIX SONT ORIENTÉS DÈS LE PLUS JEUNE ÂGE PAR DIVERS FACTEURS

---

## 2.1. Les attentes des jeunes

D'après le baromètre réalisé pour la conférence des grandes Écoles, « Talents, ce qu'ils attendent de leur emploi »,<sup>29</sup> les secteurs les plus attractifs pour les étudiants en 2019 sont l'environnement (76 %), l'énergie (62 %) et le conseil (55 %). On peut d'ores et déjà effectuer une comparaison avec les résultats de la même enquête effectuée en 2017 : l'environnement recueillait un score de 70 %, l'énergie de 66 % et l'automobile de 57 %.

**FIG. 4 : podium des secteurs attractifs pour les étudiants des grandes Écoles**



Source : baromètre « Talents : ce qu'ils attendent de leur emploi », janvier 2020 pour la conférence des grandes Écoles

On retrouve en quatrième position du baromètre, l'humanitaire, en sixième position, l'économie sociale et solidaire, et en septième, les arts et la culture. 92 % des étudiants recherchent avant tout un métier qui fait sens à leurs yeux et seulement 49 % des élèves ingénieurs considèrent le salaire comme un critère primordial. Cette vision conduit beaucoup de jeunes diplômés à être attirés par des carrières dans l'économie sociale et solidaire et la responsabilité sociale des entreprises.

Concernant les écoles d'ingénieurs, et en particulier pour certains secteurs comme ceux liés à l'industrie lourde, la perception que les jeunes diplômés en ont n'est pas en phase avec leurs attentes. La formation dispensée en école d'ingénieur ne correspond plus nécessairement à leurs perspectives de carrière, de sorte que certains étudiants cherchent avant tout à valoriser leur diplôme dans d'autres filières.

On notera une évolution très forte, voire une contradiction avec ce que veulent faire les élèves de classe préparatoire. Un sondage<sup>30</sup> fait entre novembre 2018 et février 2019, et ayant obtenu 441 réponses, dont 18 % de femmes, auprès de tous les types de filière de CPGE, mentionne les 3 fonctions les plus recherchées :

- Études et R&D (plutôt recherchées par les 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> quarts);
- Production et Services techniques associés (plutôt par les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> quarts).

En classe préparatoire, 53 % des étudiants de classes préparatoires sont sûrs ou plutôt sûrs de leur choix. Il est étonnant qu'ils soient peu attirés par l'ensemble Informatique, Gestion/Finance/Management. Inversement, les secteurs d'activités recherchés sont l'industrie, l'énergie, les transports & BTP... Seulement 16 % se disent intéressés par la Finance/Banque et 17 % pour le Conseil/BE, ces chiffres étant inférieurs au pourcentage qui travaillera réellement dans ces filières.<sup>31</sup>

Au terme des classes préparatoires, les étudiants se projettent en fonction de l'affinité pour des matières étudiées (physique, chimie...) et les secteurs indus-

triels qu'ils y associent. En école d'ingénieur, il se produit une bascule : les étudiants se projettent vers d'autres carrières qu'ils découvrent grâce à d'autres enseignements, et sans doute des rencontres avec des anciens, dont les parcours, de moins en moins monolithiques, offrent de nouvelles perspectives. Ce phénomène est sans doute accru par les nombreuses possibilités (années sabbatiques, césures, choix de stage et d'options...) qui offrent des portes de sortie de plus en plus variées.

Revenons sur le fort intérêt pour la RSE. Les jeunes se sentent très concernés par les préoccupations environnementales et sociétales.<sup>32</sup> On peut à la fois y voir une explication à un possible désintérêt des jeunes pour la technologie, qu'ils associent à l'activité industrielle, mais également une source d'espoir sur ce sujet, dans la mesure où produire de manière vertueuse vis-à-vis de l'environnement fera appel à la technologie dans un domaine fortement lié à la transition énergétique. Dans le bâtiment, secteur qui se rajeunit et se féminise, on note un regain du besoin d'ingénieurs en génie thermique et électrique, ce qui témoigne d'une attractivité pour des carrières dont le but est de permettre des économies d'énergie.<sup>33</sup>

Cette tendance n'a pas échappé aux écoles d'ingénieurs qui intègrent désormais progressivement ce domaine dans les cursus proposés.<sup>34</sup> On voit d'ailleurs émerger des écoles privées spécialisées dans la transition environnementale (Green Management School, Sup'écologique, ESI Business School...). On assiste également au développement d'initiatives permettant aux étudiants de s'impliquer dans la RSE de leur école.<sup>35</sup>

**FIG. 5 : préoccupation des jeunes par tranches d'âge<sup>36</sup>**



Source : étude BCG avec Moho (2021)

Parmi les élèves des grandes Écoles et les alumnis, beaucoup recherchent en définitive un poste intéressant (91 % pour les élèves, 94 % pour les alumnis<sup>37</sup>). Pour autant, une proportion importante (76 % chez les étudiants, 72 % chez les alumnis) recherche un métier en phase avec ses valeurs. Enfin, la fierté d'avoir apporté des changements utiles à la société semble devenir l'objectif prioritaire des ingénieurs. Ainsi, il semble qu'il se produise, au cours de leur cursus, une évolution : « devenir ingénieur n'est plus le but en soi », « travailler dans l'industrie n'est plus un débouché naturel et valorisant », au bénéfice de « la recherche d'un métier qui fait sens ». Celle-ci est incarnée par exemple par le film *Ruptures*<sup>38</sup> réalisé par Arthur Gosset, élève ingénieur à Centrale Nantes, qui traite de ceux qui, parmi les élèves des écoles d'ingénieurs les plus prestigieuses, ont renoncé à des carrières lucratives pour des métiers plus en phase avec les enjeux environnementaux.

Ce sont pourtant les ingénieurs qui contribueront à la conception et à la mise en œuvre de solutions optimales. C'est donc avec ces arguments, entre autres, qu'il faut susciter l'intérêt et attirer, dans les écoles d'ingénieurs, cette génération qui veut « réparer le monde » : l'ingénieur est un apporteur de solutions dans un monde en perpétuel changement voire maintenant en perpétuel bouleversement. Récemment, le prix Nobel de physique, Alain Aspect, a récemment interpellé la jeunesse : « La science n'est pas l'ennemie, c'est la solution, lancez-vous ! »<sup>39</sup>

Ceci pose donc clairement le problème de l'attractivité des filières techniques et technologiques pour les jeunes générations.

## 2.2. Les processus guidant les choix des jeunes vers leur parcours

### Donner le goût des sciences

◆ Ingénieure Arts et Métiers, diplômée d'un magistère de physique fondamentale, Amina Khelil a choisi de poursuivre sa carrière en créant D-PhiAlpha, centre de soutien scolaire établi à Aulnay-sous-Bois. Le centre a été créé pour aider des lycéens et collégiens ayant du potentiel et leur redonner le goût des matières scientifiques.<sup>40</sup> Parmi les freins relevés par Amina, deux semblent ressortir assez clairement :

- Dans l'orientation post-bac, les procédures sont complexes. Par manque d'informations claires, les jeunes s'orientent vers des cursus dont ils perçoivent clairement les débouchés (santé, droit, commerce...) au détriment de parcours généralistes (filière scientifiques...). Parfois, ce manque d'informations intervient dès le choix des options (instaurées avec la nouvelle réforme du bac) au lycée, celui-ci étant pourtant déterminant (car excluant) pour la suite de leur parcours.
- Dans l'enseignement même des sciences : les enseignements sont complexes, parfois superficiels, et donnés, dans les plus petites classes, par des enseignants qui n'ont pas un profil scientifique suffisant.

### LES PROCESSUS LIÉS À L'ENSEIGNEMENT DES STEM DANS LE PRIMAIRE ET LE SECONDAIRE

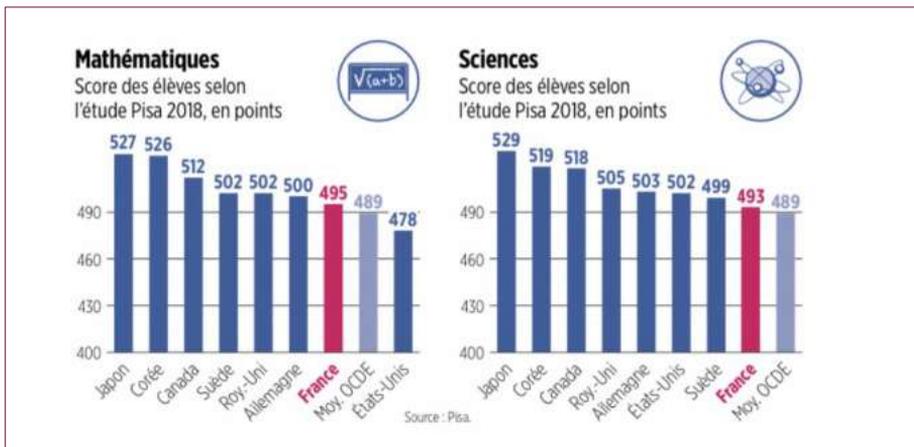
Le classement PISA (Program for International Student Assessment) mesure le niveau moyen, par pays, des compétences en mathématiques, en sciences et en compréhension de l'écrit d'adolescents de 15 ans tirés au sort. Par exemple, les compétences scientifiques expriment la capacité des élèves à utiliser leurs connaissances scientifiques pour identifier des problématiques, acquérir de nouvelles connaissances, expliquer des phénomènes scientifiques et tirer des conclusions étayées à propos de questions à caractère scientifique.<sup>41</sup>

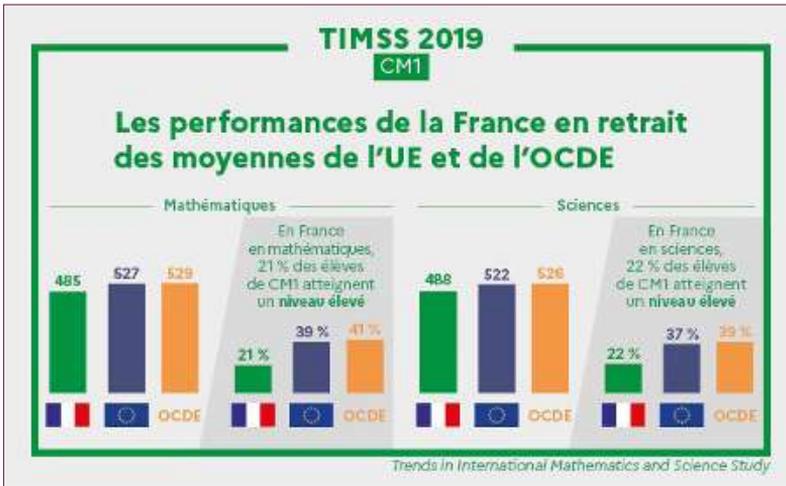
Le classement PISA est à la fois un indicateur de la qualité de l'enseignement, et des désirs d'orientation qui en découlent. S. W. Han rapporte par exemple qu'en France, 77 % des étudiants obtenant un score élevé au test PISA disent être intéressés par une carrière dans un domaine scientifique alors que les projets des élèves ayant des scores plus faibles sont moins clairs.<sup>42</sup> Il faut ainsi souligner que la photographie PISA actuelle à un instant donné produira ses effets dans 20 ans.

Il est communément admis que le score PISA français révèle de fortes disparités, ce qui, comme on le verra plus tard, est aussi le cas de nombreux autres pays (voir chapitre III). Toujours d'après cette enquête,<sup>43</sup> le meilleur quart des étudiants français a un niveau moyen comparable à celui des étudiants des pays les mieux classés, alors que le plus mauvais quart se situe, lui, au niveau des élèves des pays les moins bien classés. Cette forte dispersion semble effectivement liée à des causes extrascolaires (milieu d'origine des élèves) qui impactent clairement le score des élèves et, par la suite, leurs projets d'avenir. Notons par exemple que la France est le pays d'Europe où l'on donne le plus de cours particuliers en mathématiques, ce qui favorise assurément certains bons élèves, mais n'empêche pas le niveau global aux tests PISA de rester moyen. Paramètre jugé influent, le classement révèle aussi des disparités dans l'ambiance et la discipline des classes.

Signe d'une tendance lourde, le classement TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) s'intéresse aux élèves de CM1 (ou équivalent) et de 4<sup>e</sup>. Les chiffres de 2019 en France sont unanimement jugés alarmants<sup>44</sup> avec des classements faibles récoltés aux évaluations de 2015 puis de 2019.<sup>45,46</sup> On peut ainsi craindre que le vivier de bons élèves en 4<sup>e</sup> s'appauvrisse tellement que le recrutement des écoles d'ingénieurs 7 ans plus tard s'en trouvera sévèrement affecté.

**FIG.6 : résumé des scores PISA 2018 et TIMSS**





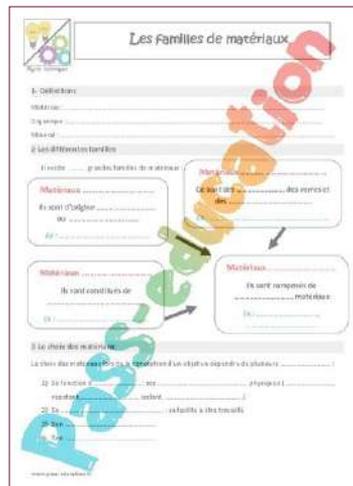
Face à ces résultats insuffisants et qui se sont dégradés ces dernières années (la France était 21<sup>e</sup> au classement de 2012 et seulement 26<sup>e</sup> au classement de 2018), deux explications peuvent être mises en avant : d'une part, une initiation aux sciences qui n'est pas assez attractive pour les plus jeunes et, d'autre part, une dépréciation du nombre d'heures en STEM au lycée.

### **Explication 1 : une initiation aux sciences pas assez attractive pour les plus jeunes**

Dans l'enseignement obligatoire (primaire et collège), la manière d'enseigner les sciences a conduit à une méconnaissance par une part importante de la population française du rôle de la science et des métiers scientifiques dans l'évolution économique et sociale. Elle ne donne pas la culture scientifique nécessaire à la critique objective des informations diffusées sur internet ou par des professionnels de la communication.

À titre d'exemple, deux supports pédagogiques portant sur les matériaux sont présentés sur les figures 7 et 8.

**FIG. 7 : support de cours de QLM (Questionner Le Monde) — Sciences de CM1**



Au niveau des plus petits (école primaire) : le cours illustré sur la figure 7 recense des grandes familles de matériaux dont il présente, via un texte à trous, les grandes propriétés<sup>47</sup>. Cette leçon, comme bien d'autres, représente l'intégralité de l'enseignement QLM (Questionner Le Monde) abordé sur une semaine.

**FIG. 8 : support pédagogique sur les matériaux au collège**



Au collège (document présenté en figure 8), on retrouve le même cheminement, plus poussé et enrichi en termes techniques, mais il s'agit ici aussi d'un cours « unique ». <sup>48</sup>

On peut, à ce stade, se poser les questions suivantes :

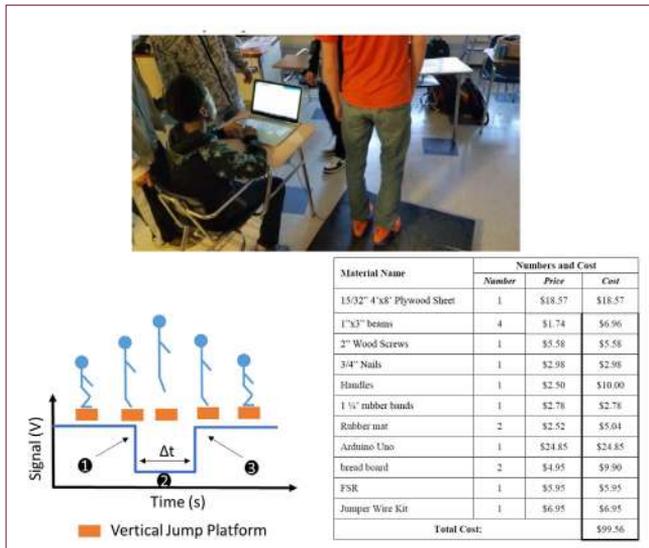
- Dans les plus petites classes : est-ce que ce type d'enseignement (privé de supports pratiques) peut susciter l'intérêt des enfants pour la science et la technologie ? Est-ce que les enseignants (essentiellement de formation non scientifique) <sup>49</sup> sont en mesure de mettre en lumière les applications pratiques de ces cours dans la vie de leurs élèves ?
- Au collège : un enseignement de science ou de technologie peut-il se résumer à apprendre les familles de matériaux et leurs propriétés de la même manière que l'on enseigne les déclinaisons en latin ? Par exemple, un des cours de physique récapitule différents procédés de transformation des matériaux (thermoformage, cisailage...). S'agit-il de les faire apprendre en vue d'une évaluation type « texte à trou » ? De montrer des vidéos des procédés ? De les relier à des pièces de notre vie courante ?

De leur côté, les enseignants déplorent en général une pénurie de matériel, des problèmes d'infrastructures et un problème de comportement qui nuit à l'efficacité pédagogique. <sup>50</sup> Notons que dans un rapport de 2021, l'Académie des technologies pointe du doigt un enseignement perfectible pour la technologie. <sup>51</sup> Nous partageons entièrement ce point de vue. L'Académie préconise aussi de réaliser des enseignements en demi-classe. <sup>52</sup>

On peut regretter que l'enseignement ne puisse pas s'appuyer sur des initiatives telles que la Main à la Pâte <sup>53</sup> ou, faute de mieux, directement sur des supports vidéos peut être moins approfondis, mais plus ludiques en montrant par exemple, une ligne de fabrication de Lego®. <sup>54</sup> Quand on parle de matériaux plastiques, une étude américaine de 2020 illustre que les jeunes peuvent être sensibilisés aux STEM grâce à leur intérêt pour le sport <sup>55</sup> en concevant

un dispositif de mesure des performances en détente verticale<sup>56</sup> (figure 9). Cet exemple est remarquable par la pluridisciplinarité des thèmes (du sport à la mécanique) et par la possibilité de concevoir un dispositif fonctionnel à un coût réduit (100 \$). D'autres exemples pourraient être pris en abordant des sujets les concernant directement comme l'alimentation.

**FIG. 9 : expérience d'enseignement américaine – la conception d'un dispositif de mesure de détente verticale**



Source : « A case study for integrated STEM outreach in an urban setting using a do-it-yourself vertical jump measurement platform », 2016, 38<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society

Citons également le cas des «STEM academies». Expatriée aux États-Unis pendant près de 10 ans, Valérie Prulhiere (vice-présidente Projets, international et RSO des Arts et Métiers Alumni) témoigne : son fils a effectué une partie de sa scolarité dans une école «pépète» où il pouvait simultanément poursuivre la pratique du hockey sur glace et un enseignement renforcé en sciences et technologies,<sup>57</sup> très orienté sur la pédagogie par projet. L'école ayant un partenariat fort avec la NASA, les élèves pouvaient ainsi travailler sur des études de cas très appliquées, comme la programmation ou l'étude du comportement d'un cœur artificiel en apesanteur, et rencontrer des ingénieurs et techniciens.

En France, de telles initiatives restent encore hélas marginales. Il faut tout de même citer des actions de diffusion scientifique auprès des collégiens,<sup>58</sup> qui permettent de montrer que la technologie n'est pas uniquement source de problème, mais qu'elle peut tout autant faire partie de la solution.

Pour autant, pointée du doigt par une série de rapports institutionnels datant du début des années 2000 (rapport Ourisson 2002, rapports Porcher 2002, 2003, 2004...), cette vision d'un enseignement théorisé et abstrait des sciences faisant des sciences physiques une des matières les moins appréciées des étudiants (rapport Meirieu 1999) ne semble ainsi pas avoir été corrigée pour le moment par les différentes réformes entreprises.

Si l'on se réfère aux enquêtes menées parmi l'ensemble des pays de l'OCDE, on voit que le métier d'enseignant est un des métiers qui ressort le plus parmi les carrières possibles pour la plupart des élèves. Il est pourtant crucial d'éviter le cliché « On étudie la physique uniquement pour devenir enseignant en sciences physiques ! ». Finalement, la question qui en découle est : « Est-ce que les étudiants du secondaire arriveront à faire, grâce à ces enseignements, le lien entre une discipline et un emploi possible ? » Pour le moment, nous dresserions donc un constat plutôt mitigé de l'envie qu'ont les étudiants du collège de s'orienter vers la technologie, et sans doute aussi des perspectives qu'on leur offre.

Il faut au contraire mettre à profit les stages de 3<sup>e</sup>, et sans doute les compléter par des journées ou semaines de découverte d'entreprises innovantes.

### **Explication 2 : une dépréciation du nombre d'heures en STEM**

Pendant 20 ans, les précédentes réformes du lycée général avaient abouti à la transformation de la filière scientifique en une filière généraliste couvrant toutes les filières du supérieur aux dépens de l'acquisition des compétences nécessaires à la poursuite d'études supérieures scientifiques. La dernière réforme du baccalauréat en 2019, en supprimant les filières, propose le choix

de trois spécialités aux élèves de première, dont les spécialités scientifiques sont : « mathématiques », « physique-chimie », « sciences et vie de la terre », « sciences de l'ingénieur », « numérique et sciences informatiques ». Chacune de ses spécialités ont un programme exigeant. Les deux dernières ne sont pas au demeurant proposées dans tous les lycées. Les élèves peuvent mixer les spécialités littéraires, artistiques, économiques et scientifiques, parmi celles qui sont proposées dans leur lycée. En classe de terminale, les élèves doivent abandonner une des spécialités choisies en première, pour n'en conserver que deux. À ce stade, on constate une diminution très importante de la spécialité des « sciences de l'ingénieur » en terminale (-65 % entre 2019 et 2020).

Les mathématiques sont une matière à part entière, mais aussi un outil qui permet la rigueur en sociologie, en économie ou en technologie. Essentielle pour l'avenir du pays, la technologie n'est traitée ni par le tronc commun, ni par une spécialité spécifique en plus de celle qui prépare l'orientation vers des études en mathématiques. Le monde industriel s'inquiète des conséquences de cette évolution, comme l'illustre par exemple l'article récent de l'Usine Nouvelle « Le recul des maths au lycée donne des sueurs froides au monde de l'ingénierie et du numérique ». <sup>59</sup> De nombreuses voix du monde académique et industriel préconisent ainsi d'en augmenter le nombre d'heures, notamment en mathématiques. <sup>60, 61</sup>

## LES PROCESSUS LIÉS AU RÔLE DES PARENTS

Les parents jouent un rôle important dans le choix de l'orientation des élèves. Cela est vrai non seulement au collège ou au lycée, mais aussi en classes préparatoires. Dans un sondage de février 2018 réalisé auprès des élèves de classes préparatoires aux écoles d'ingénieurs, 65 % d'entre eux indiquent que c'est avec leurs parents qu'ils discutent le plus de leur orientation.

Or, les parents sont parfois perdus. Ils ne connaissent pas toutes les voies d'excellence des formations supérieures aux technologies et il leur est souvent très difficile d'obtenir l'ensemble des informations sur les possibilités offertes à leurs enfants.

Pour pallier cette difficulté, le ministère de l'Éducation nationale a mis en place, en 2015, le «Parcours Avenir», le parcours individuel d'orientation et de découverte du monde économique et professionnel.

Le «Parcours Avenir» permet aux élèves de la sixième à la terminale de construire progressivement, tout au long de leurs études secondaires, une véritable compétence à s'orienter. Pour ce faire, les élèves sont amenés à comprendre le monde économique et professionnel, à connaître la diversité des métiers et des formations, à développer leur sens de l'engagement et de l'initiative et à élaborer leur projet d'orientation scolaire et professionnelle. Chaque élève, quelle que soit sa formation en voie générale, technologique ou professionnelle, peut en bénéficier.

Ce parcours, auquel les parents sont associés, est mis en œuvre *via* des créneaux réservés (48 heures en collège et 54 heures en lycée).

Notre préconisation serait donc de ne pas faire de nouvelle proposition, mais de faire appliquer ce qui existe et qui ne semble pas uniformément déployé. Charge au monde industriel, aux écoles d'ingénieurs et aux associations d'alumni de fournir aux animateurs de ces parcours des supports et témoignages et surtout d'ouvrir les entreprises afin que les jeunes puissent voir les applications pratiques des technologies.

L'engagement des ingénieurs auprès des parents d'élèves du secondaire, avec l'appui des écoles d'ingénieurs de l'enseignement supérieur ainsi que des entreprises, permettrait d'éclairer ces parents sur les choix d'orientation de leurs enfants.

## LES PROCESSUS LIÉS À L'IMAGE DE L'INDUSTRIE ET DU MONDE ÉCONOMIQUE DANS LE GRAND PUBLIC

Il semble paradoxal que, dans un monde numérisé, il n'y ait pas des choix d'orientation plus marqués pour les secteurs des STEM<sup>62</sup> alors que, ceux-ci sont cœur de la majorité des métiers du futur<sup>63</sup> et des solutions actuelles.

Le manque d'intérêt des jeunes talents pour la technologie serait-il le reflet de l'image sociétale de la technologie ?

Le grand public peut avoir une mauvaise opinion de la technologie, au travers d'une image ternie de l'usine et de l'industrie. Citons ici quelques films tels que :

- *Dark Water* (2019),<sup>64</sup> *Erin Brockovich, seule contre tous* (2000),<sup>65</sup> ou plus récemment *Goliath* (2022) sur la pollution des rivières et de notre environnement, ainsi que la difficulté des victimes à faire reconnaître leur préjudice par de grandes compagnies de l'industrie chimique.
- *Boite Noire* (2021),<sup>66</sup> dans lequel l'intrigue repose sur les manipulations des constructeurs aéronautiques pour dissimuler l'origine d'un crash aérien.

Plus généralement, les médias relaient l'image d'une industrie peu respectueuse de la santé et du bien-être de ses salariés,<sup>67, 68</sup> et détruisant notre environnement.<sup>69</sup> Cette image ne peut qu'éloigner les jeunes talents désireux de faire un métier en accord avec leurs valeurs sociales, environnementales et humaines.

Pourtant, les médias peuvent tout aussi bien stimuler l'intérêt des jeunes pour des métiers scientifiques, à l'instar de la multitude de séries traitant de la police scientifique, qui ont suscité un réel engouement pour cette carrière.<sup>70</sup> Citons également l'effet entraînant d'émissions grand public comme « E = M6 » et « C'est pas sorcier », ou bien la participation de scientifiques de renom à des émissions de télévision ou encore des interventions dans les établissements scolaires, domaine dans lequel s'est par exemple illustré Pierre-Gilles de Gennes (prix Nobel 1991).<sup>71, 72</sup>

De la même manière, les jeunes en quête de modèles identifient souvent très bien des « héros ». Certains d'entre eux sont intimement liés au monde de la haute technologie tels Thomas Pesquet, Bill Gates, Elon Musk ou Jeff Bezos. Si ceux-ci savent mettre à profit leur image pour nous alerter sur différents risques qui pèsent sur notre avenir,<sup>73,74</sup> il est dommageable qu'ils ne soient pas les meilleurs ambassadeurs de la science et de la technologie. De la même manière, si la société en général sait apprécier les bienfaits des avancées technologiques, on peut regretter que les plus jeunes n'associent pas les études scientifiques à des réalisations concrètes (cœur artificiel, fusée Ariane...).

Si notre propos n'est évidemment pas d'éluider les dérives qui nuisent à l'image de l'industrie et de la technologie, il est clair que l'on peut mieux illustrer son association avec les grands défis sociétaux et environnementaux. Par exemple, il est regrettable que les problèmes liés aux emballages plastiques soient abordés dans des émissions grand public<sup>75</sup> alors que, les efforts des filières pour développer des emballages 100 % recyclés sont bien moins connus.<sup>76</sup> Il faut également montrer (en particulier aux plus jeunes) en quoi elle répond à leurs besoins. Cet aspect est illustré dans de nombreux travaux publiés dans des revues internationales. Citons par exemple l'étude publiée par le Dr O. Autio (chercheur à l'université d'Helsinki)<sup>77</sup> dont nous donnons ici la traduction des conclusions :

*« La principale différence entre ceux qui s'intéressent à la technologie et ceux qui n'ont pas de projet d'éducation technologique réside dans leurs besoins personnels et dans l'éventail des autres options. Dans les écoles finlandaises, il semble que certains élèves n'apprécient ni l'artisanat, ni l'enseignement professionnel. L'opinion commune est que l'université est sans aucun doute un lieu d'étude meilleur et plus respecté que l'école professionnelle. En général, ces points de vue sur l'enseignement technologique reflètent les valeurs et les attitudes qui viennent de la maison, et ces attitudes sont adoptées dès le plus jeune âge. »*

AUTIO, HIETANORO & RUISMÄKI, 2009<sup>78</sup>

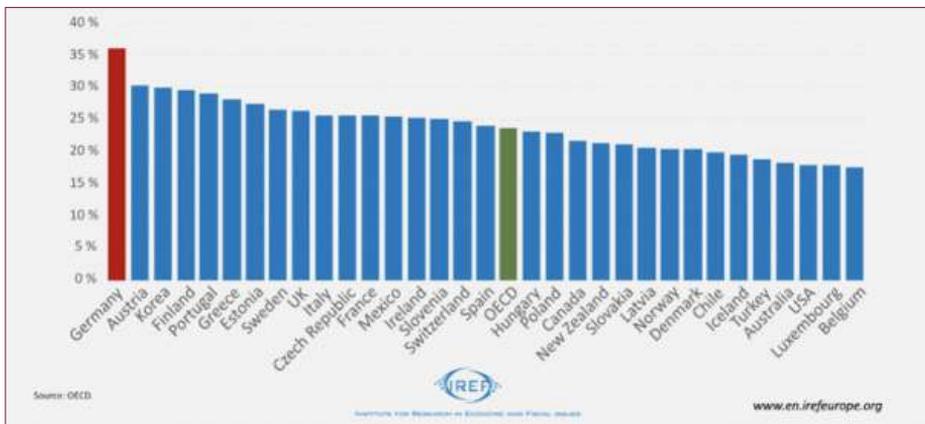
Il ressort de nos observations que la technologie souffre d'un réel déficit d'image : on note ainsi un fort écart entre la réalité et l'image perçue de l'entreprise, point de vue relayée parfois par les médias, qui dépeignent l'entreprise comme un lieu de harcèlement, de restructuration, de pollution de l'environnement, d'atteintes à la santé des travailleurs et des clients, de suppressions d'emploi et de patrons voyous à l'origine de mal-être et de drames.

## LES PROCESSUS LIÉS À L'ATTRACTIVITÉ DU TISSU INDUSTRIEL EN FRANCE

Nous faisons ici l'hypothèse que l'appétence des jeunes pour les technologies est également liée à l'existence d'un important écosystème industriel de qualité.

Cette hypothèse est confortée par les fortes proportions d'étudiants en STEM dans des pays reconnus pour la puissance et le dynamisme de leur industrie comme l'Allemagne ou la Corée (voir figure 10).

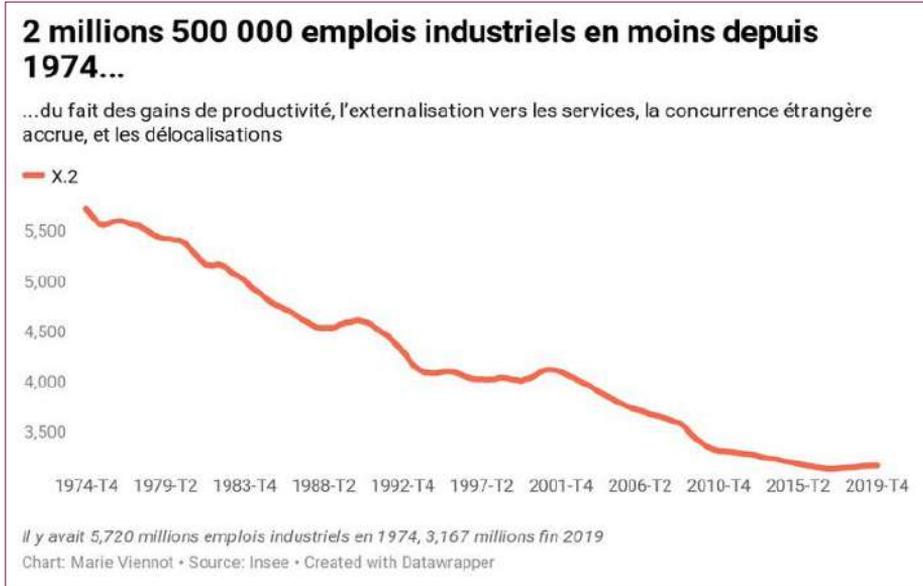
**FIG. 10 : pourcentage d'étudiants en STEM dans les pays de l'OCDE en 2016<sup>79</sup>**



Source : OECD

En France, le nombre d'emplois en lien avec le secteur industriel chute pratiquement continuellement depuis presque un demi-siècle (figure 11).

**FIG. 11 : évolution du nombre d'emplois d'industriels en France entre 1974 et 2019<sup>80</sup>**



Le secteur industriel français n'est pas homogène : on peut y distinguer, d'une part, des industries de pointe telles que l'aéronautique (Safran, Airbus), la chimie (Arkema), le luxe (L'Oréal), l'automobile (Stellantis, Renault, Michelin), et d'autre part, des secteurs industriels plus traditionnels (textiles, mines...), qui ont été progressivement démantelés, mais qui sont encore fortement associés à l'image des écoles d'ingénieurs – Textiles de Roubaix, Mines d'Alès, etc. – et souffrent d'un déficit d'image et d'une diminution des effectifs.

L'ensemble des emplois industriels représente 13,3 % des salariés, auxquels s'ajoutent 6,7 % dans la construction, alors que 75 % des salariés travaillent dans le tertiaire. La place de l'industrie dans le pays, en particulier la part des emplois en lien avec le secteur industriel, est un facteur clé de l'intérêt porté aux métiers de l'industrie. Or, il est difficile de se projeter vers des emplois en diminution constante.

D'après ces analyses, on peut donc avancer que la situation de l'industrie française nuit à son attractivité auprès des jeunes. Certaines écoles d'ingénieurs modifient leur image par du « *green washing* ». D'autres ont opté pour l'ouverture de nouvelles filières susceptibles d'attirer de jeunes talents en particulier féminins (par exemple l'INSA de Lyon avec une nouvelle filière Bioscience).



# L'ATTRAIT POUR LES STEM VARIE SELON LES PAYS

---

Dans ce chapitre, nous allons comparer la situation de la France (analysée précédemment) avec celles de pays étrangers, en nous focalisant sur l'environnement économique comme raison possible de l'intérêt des jeunes pour les STEM.

En préambule, commençons par nous tourner vers le Japon, qui est un exemple de pays très industrialisé, et à bon score PISA. Si nous analysons les statistiques d'embauches à la sortie de Tokyo Tech (*Tokyo Institute of Technology*), considérée comme l'une des plus grandes universités du Japon,<sup>81</sup> on constate qu'approximativement la moitié des étudiants intègrent des « *manufacturers* » (c'est-à-dire le secteur industriel).

**FIG. 12 : insertion des diplômés de TokyoTech<sup>82</sup>**

Master's students after graduation							
Graduate School	Number of graduates	Manufacturers	Non-manufacturers	Education	Government et public agencies	Other / Unknown <sup>1</sup>	Further study
School of Science	161	61	60	3	1	3	33
School of Engineering	584	288	194		3	35	64
School of Materials and Chemical Technology	409	268	70		4	11	56
School of Computing	162	26	94		1	17	24
School of Life Science and Technology	179	67	62		2	9	39
School of Environment and Society	329	34	201	1	5	47	41
Graduate School of Science and Engineering							
Graduate School of Bioscience and Biotechnology							
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering							
Graduate School of Information Science and Engineering							
Graduate School of Decision Science and Technology	1		1				
<b>Total</b>	<b>1,825</b>	<b>744</b>	<b>682</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>122</b>	<b>257</b>

Note: <sup>1</sup> includes fixed-term positions.

Source : TokyoTech

Nous allons maintenant effectuer des comparaisons entre différents pays pour déterminer si l'un des deux facteurs (score PISA et activité industrielle) joue un rôle prédominant dans l'appétence des jeunes talents pour la technologie.

## 3.1. Cas des pays voisins

### L'ALLEMAGNE

La comparaison avec notre voisin allemand est pertinente, selon nous, pour deux raisons :

- Son score PISA est très légèrement supérieur au nôtre pour les sciences et les mathématiques;
- Son taux d'emploi industriel n'a que légèrement chuté (-2 % en 10 ans) à la différence de la France, tout en restant supérieur à 25 %<sup>83</sup> et avec une forte proportion de l'industrie lourde (automobile, construction mécanique, chimie, etc.) dans ce pourcentage.<sup>84</sup>

En ce qui concerne l'intérêt des jeunes pour les technologies, l'Allemagne fait figure de bon élève : outre une pratique développée de l'apprentissage,<sup>85</sup> 36 % des diplômés de l'enseignement supérieur le sont dans une discipline STEM. Afin de promouvoir cet intérêt, l'Allemagne a notamment mis en place une stratégie axée autour de fondations portées par de grands groupes tels que Bosch qui accompagnent l'évolution pédagogique,<sup>86,87,88</sup> mais également des partenariats directs entre entreprises et universités.<sup>89</sup> Pour autant, les métiers d'ingénieurs restent peu prisés par les jeunes filles (dans un contexte global où la part des femmes dans l'emploi est moins importante qu'en France), mais figurent cependant clairement dans le TOP 10 des aspirations des jeunes hommes (*ICT professionals, science and engineering professionals, engineers*).

Finalement, la réputation de l'Allemagne, « pays des ingénieurs », ne semble pas démeritée : nos voisins Allemands ont des raisons d'aborder les challenges technologiques d'avenir avec optimisme.<sup>90</sup>

Il ressort de cette brève analyse que l'écart entre la situation française et celle de l'Allemagne soit dû :

- à des différences de pratiques de l'enseignement en STEM dans les petites classes conduisant à un meilleur score PISA de l'Allemagne ;

Mais surtout :

- à la forte employabilité y compris dans des secteurs d'industrie lourde ;
- à une image positive de l'industrie (promue par les fondations auprès des élèves et étudiants) ;
- à une relation forte et positive entre recherche, enseignement et industrie, incarnée notamment par les instituts *Fraunhofer*, orientés vers la recherche appliquée et les *Lernpartnerschaften*, qui assurent la connexion entre le domaine de l'enseignement et le secteur économique (ce qui, selon nous, nécessite de rester vigilant sur le maintien des aspects fondamentaux).

**FIG. 13 : métiers envisagés par les jeunes Allemands**

Germany – Girls			Germany – Boys	
1	Teachers	10.4	ICT professionals	6.7
2	Doctors	10.0	Agricultural and industrial machinery mechanics and repairers	5.2
3	Child care workers	6.4	Motor vehicle mechanics and repairers	5.1
4	Psychologists	4.5	Police officers	4.5
5	Nursing associate professionals	4.5	Teachers	3.8
6	Architects	3.6	Science and engineering professionals	3.6
7	Police officers	3.5	Doctors	3.1
8	General office clerks	3.2	Engineers	3.1
9	Designers	2.8	Architects	2.8
10	Lawyers	2.7	Sportspeople	2.6

Source : Rapport OCDE 2018 : Dream Jobs? Teenagers' Career Aspirations and the Future of Work

## L'ITALIE

Tout comme l'Allemagne, l'Italie a un pourcentage d'emploi industriels supérieur à la France (28,3 %, contribuant à 23 % du PIB)<sup>91</sup> avec un riche tissu de PME et d'ETI accompagnant des fleurons tels que Gucci ou Armani dans le secteur du luxe, Ferrero ou Parmalat dans l'agroalimentaire, Fiat, Maseratti ou Alfa Romeo dans l'industrie automobile, pour ne citer qu'eux.

Le score PISA de l'Italie est légèrement inférieur à la France. Pour autant, la poursuite d'études dans les STEM est à peu près au même niveau qu'en France, aux alentours de 24 %.

## LA SUÈDE

Le cas de la Suède est également intéressant. La part industrielle de son économie est très importante (28 %), mais avec une forte partie d'industries traditionnelles (papeterie, mines et métallurgie, etc.) combinée à des industries plus «high tech» (militaire, électronique, etc.) et une culture forte dans des domaines tels que l'intelligence artificielle.<sup>92</sup> Associé à un bon score PISA, il n'est pas surprenant de voir les étudiants suédois faire des études en STEM.

Notre collègue suédois M. Hedenkvist (Professor of Science, KTH Royal Institute of Technology), complète :

*«I think that the overall interest for technology has gone down the last 20 years, partly because of competition from new programs. However, the interest has increased as observed by the increasing thresholds to enter the different technical programs. Today students are motivated in special subjects which is health and environmental technology. Pure Chemistry is not so interesting apparently.»<sup>93</sup>*

M. HEDENKVIST

Nous tirerons de ces trois comparaisons la conclusion suivante : la volonté des étudiants de poursuivre leurs études dans les STEM est corrélée en partie avec le score PISA, qui traduit leur motivation pour les domaines scientifiques, mais également, et surtout, avec l'attractivité, l'image positive (créatrice de valeur) et la force du tissu industriel au sein de leur pays.

## 3.2. Cas de pays moins développés

Tournons-nous maintenant vers le cas des pays moins développés. Commençons par rappeler que ceux-ci ont des scores PISA moins élevés. L'Indonésie en est une bonne illustration.

**FIG. 14 : comparaison des métiers souhaités par les jeunes Indonésiens avec les jeunes Allemands**

**Table 1.5 – The 10 most commonly cited occupations in Germany and Indonesia, by gender, 2018**

Germany – Girls		Indonesia – Girls		Germany – Boys		Indonesia – Boys		
1	Teachers	10.4	Business managers	20.6	ICT professionals	6.7	Business managers	25.6
2	Doctors	10.0	Doctors	15.7	Agricultural and industrial machinery mechanics and repairers	5.2	Teachers	9.2
3	Child care workers	6.4	Teachers	15.4	Motor vehicle mechanics and repairers	5.1	Armed forces occupations	7.1
4	Psychologists	4.5	Gallery, museum and library technicians	5.1	Police officers	4.5	Gallery, museum and library technicians	6.3
5	Nursing associate professionals	4.5	Police inspectors and detectives	4.6	Teachers	3.8	Doctors	6.3
6	Architects	3.6	Nursing and midwives	3.2	Science and engineering professionals	3.6	Police officers	4.4
7	Police officers	3.5	Designers	2.3	Doctors	3.1	Motor vehicle mechanics and repairers	3.4
8	General office clerks	3.2	Government social benefits officials	2.0	Engineers	3.1	Police inspectors and detectives	2.2
9	Designers	2.8	Pharmacists	1.9	Architects	2.8	Religious professionals	2.0
10	Lawyers	2.7	Armed forces occupations	1.8	Sportspersons	2.6	Sales workers	1.9

Source : Rapport OCDE 2018 : Dream Jobs? Teenagers' Career Aspirations and the Future of Work

Dans ce pays où l'agriculture reste le secteur prépondérant,<sup>94</sup> et l'industrie peu tournée vers les nouvelles technologies,<sup>95</sup> les ingénieurs et les professions en lien avec la technologie semblent sortir du champ des perspectives des jeunes.

Dans d'autres pays comme l'Inde, à la fois dynamique économiquement avec une industrie puissante<sup>96</sup> et attractive pour des grands acteurs internationaux par exemple dans le domaine du transport (Safran y a implanté plusieurs sites ces dernières années)<sup>97</sup> et du numérique (notamment à Bangalore).<sup>98</sup> Bien que souffrant de fortes disparités, les jeunes veulent souvent devenir scientifiques<sup>99</sup> et le gouvernement cherche à promouvoir l'éducation notamment en favorisant l'accès au numérique.

Le Maroc semble dans la même situation. Son économie a su bénéficier de nombreuses délocalisations de centres de production et de bureaux d'études (on pense en particulier au cas de l'industrie automobile) qui ont renforcé un secteur industriel traditionnel (mines de phosphates, textiles, etc.), hissant son taux d'emploi d'industriel à environ 28 %.<sup>100</sup> Malgré un score PISA globalement faible,<sup>101</sup> il semble que l'existence de débouchés dans ces secteurs motive très fortement une élite, qui obtient de très bons résultats dans les disciplines scientifiques.<sup>102</sup> Celle-ci forme alors un vivier de choix, capté par les plus grandes écoles françaises<sup>103, 104</sup> ou locales.

Le Brésil est la dernière illustration de cette tendance. Malgré une économie globalement dynamique, sa société souffre de fortes disparités sociales qui se répercutent distinctement sur la qualité de son enseignement et son score PISA. Pour autant, nos collègues de l'enseignement supérieur, qui enseignent à un public sélectionné parmi les étudiants les plus brillants, ne perçoivent pas un désamour pour la technologie.<sup>105</sup> Nous en avons pour exemple l'augmentation continue du pourcentage de docteurs de nationalité brésilienne dans le monde :<sup>106</sup> leur nombre (10 000 en 2016), ayant augmenté de 22 % par rapport à 2013.

Il semblerait donc que, la forte volonté de progression sociale soit une source de motivation puissante, surtout lorsqu'elle s'inscrit dans un contexte de dynamisme économique.

### 3.3. Cas de pays ayant un faible niveau en STEM, mais un secteur technologique dynamique

Le cas des USA laisse entrevoir un troisième facteur en sus du score PISA et du dynamisme industriel. En effet, le problème global du manque d'intérêt pour les STEM existe également aux États-Unis (figure 15) puisqu'ils se situent quasiment en queue de peloton des pays OCDE en ce qui concerne la poursuite d'étude en STEM, selon le rapport « Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer » (Jeffrey J. Kuenzi, 2012).

Ce rapport indique que le besoin de recruter des étudiants étrangers pour des contrats doctoraux et post-doctoraux est important (environ 50 % dans les domaines techniques et scientifiques),<sup>107</sup> situation qui semble assez proche de celle de la France. Enfin, la non-spécialisation des enseignants et son impact sur l'intérêt pour les STEM des élèves est également mis en avant.<sup>108</sup>

**FIG. 15 : centres d'intérêts des jeunes Américains<sup>109</sup>**



Source : « Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer », (Jeffrey J. Kuenzi, 2012)

Après des échanges avec des enseignants-chercheurs américains, il apparaît que certains ne partagent pas ce ressenti. À la question de la motivation des étudiants pour la technologie, notre collègue A. Bayen (Berkeley) considère que les étudiants sont « très motivés en général ». Il rapporte encore que « la plupart veulent devenir ingénieurs dans de grosses entreprises technologiques (Boeing,

Space X, GM, Ford, Google) ou des *consulting companies*. Quelques-uns explorent des carrières dans la finance». A. Bayen souligne enfin qu'«aujourd'hui, la plupart des étudiants travailleront dans un domaine qui a la technologie ou même dans des domaines où ils peuvent développer cette technologie.»<sup>110</sup>

Nous en tirons la conclusion suivante : malgré un score PISA faible (associé à un faible réservoir de talents), une industrie dynamique et des champions industriels (tels que les GAFAs) attirent les meilleurs profils. Les éventuelles «pénuries» de matière grise (par exemple dans le domaine de la recherche) sont aisément compensées par un flux de bons éléments étrangers, en particulier dans le domaine de la data science.<sup>111,112</sup>

### 3.4. Conclusions sur les comparaisons internationales

Les différents éléments présentés dans ce chapitre nous permettent de dresser plusieurs conclusions :

- Un tissu industriel solide et porteur de débouchés ainsi que des relations étroites entre l'industrie et l'enseignement favorisent l'attrait pour la technologie.
- Le score PISA est un indicateur intéressant mais limité (notamment car il s'agit d'une moyenne). Un pays peut, certes, posséder une économie dynamique et un système scolaire performant — le tout conduisant évidemment à un bon score PISA — tout en ayant une jeunesse intéressée par la technologie. Toutefois, on note de fortes hétérogénéités locales dans des pays de « faible score PISA » : les bons éléments (qui ont surmonté les obstacles sur le chemin des études supérieures) perçoivent plus facilement les portes que leur ouvriront des études dans les STEM.
- Un score moyen au test PISA laisse éventuellement présager d'un manque de dynamisme « technique » de la génération à venir, celui-ci pouvant être compensé par un recrutement de jeunes talents étrangers.

# IV

## NOS PRÉCONISATIONS S'ADRESSENT TANT À L'ENSEIGNEMENT QU'À LA RECHERCHE ET AUX ENTREPRISES

---

Sur la base des constats et des analyses ci-dessus, le groupe de réflexion du Think Tank Arts et Métiers formule les propositions suivantes.

### **4.1. Recommandations à destination du monde de l'enseignement**

#### **RENFORCER LA MAÎTRISE DU CALCUL PAR LES ÉCOLIERS ET LES COLLÉGIENS**

Les résultats des comparaisons internationales, cités précédemment, ont montré une maîtrise insuffisante des fondamentaux de la numération par les jeunes élèves issus du système scolaire français.

Or cette compétence est indispensable pour la vie de tous les jours et pour la poursuite d'études, notamment en STEM.

→ Il convient d'améliorer l'apprentissage initial en école élémentaire, en particulier au travers de la résolution de problèmes concrets (par exemple issus de la vie quotidienne) et d'en vérifier la bonne acquisition pendant toute la scolarité par tous les jeunes.

## **ILLUSTRER L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES**

Pour l'enseignement des sciences dans les petites classes, il faudrait généraliser l'emploi de supports ludiques éveillant la curiosité des enfants pour les sciences et la technologie, en s'appuyant sur des activités tangibles telles que les manipulations « le petit chimiste » ou éventuellement les vidéos type « E = M6 » avec des activités pratiques. Le site internet Les débrouillards, relayé par une chaîne Youtube, en est un autre bon exemple.

Il convient aussi d'encourager la participation aux initiatives comme les olympiades nationales dans les disciplines scientifiques en veillant à la mixité et à la diversité sociale des participants.

## **REPENSER LA FORMATION EN SCIENCE, DES PROFESSEURS DES ÉCOLES**

Les professeurs des écoles sont pour la plupart issus de formations non scientifiques.<sup>113</sup> Associé à un manque de moyens, ceci peut conduire à une initiation aux sciences et technologie trop théorique et moins attractive qu'une pédagogie par l'exemple.

→ Il faut donc évaluer, et éventuellement amplifier, de nouveaux parcours de formation des professeurs des écoles.<sup>114</sup> Il faudrait par exemple que chaque établissement dispose d'au moins un enseignant « expert/référent » en sciences, chargé de coordonner les enseignements et d'animer des séances dans chaque classe en soutien de ses collègues (un peu comme les enseignants d'EPS ou de langues). Il faudrait également permettre, grâce au tissu local, que des intervenants extérieurs puissent apporter leur expérience à l'école.

## **DÉVELOPPER LA CULTURE SCIENTIFIQUE DES ENSEIGNANTS ET DES ÉLÈVES**

Les Maisons pour la science sont des dispositifs destinées aux enseignants. ([www.maisons-pour-la-science.org](http://www.maisons-pour-la-science.org)). Les Centres de Culture Scientifique Technique et Industrielle (CCSTI) ont pour mission de préserver le patrimoine scientifique et technique et de diffuser la culture scientifique auprès du public et des scolaires. Ce sont des vecteurs de la culture scientifique qu'il convient de développer en prenant en compte les besoins de leur public cible, en veillant à l'absence de stéréotypes pouvant renforcer des préjugés sur les sciences et en soulignant l'impact positif des sciences et des technologies pour résoudre les problèmes de notre société (énergie, climat et environnement, santé, etc.).

Il s'agit de mieux faire connaître ces dispositifs et, de manière générale, d'encourager les enseignants à mobiliser les ressources scientifiques mises à disposition sur internet et à diversifier le choix des supports pédagogiques

## **FAIRE ÉVOLUER LE LYCÉE GÉNÉRAL ET TECHNOLOGIQUE POUR DONNER UNE RÉELLE POSSIBILITÉ D'ORIENTATION VERS LES MÉTIERS SCIENTIFIQUES, QUELS QUE SOIENT SON LIEU D'HABITATION, SON GENRE ET SON MILIEU SOCIAL**

Les choix d'options ou spécialités, et leurs combinaisons possibles, dépendent majoritairement de l'environnement familial et du lieu d'habitation (donc du secteur scolaire). Précisons d'ailleurs que les problématiques de logement, de transport et de restauration sont une source de décrochage scolaire<sup>115</sup> et sont particulièrement marquées dans de nombreux territoires ruraux, enclavés ou périphériques.<sup>116</sup>

Les choix structurants sont demandés plus tôt, à un âge où les stéréotypes sont d'autant plus prégnants. L'impossibilité de bifurquer pour se réorienter défavorise les jeunes issus de familles de milieux modestes qui doivent faire un choix à un âge où ils risquent de se conformer aux stéréotypes connus, par manque de connaissance des options qui s'ouvrent à eux.

À partir d'une analyse de la localisation des différents enseignements (options données aux lycées), ne conviendrait-il pas de « réduire les distances » entre lieu d'habitation et d'enseignement ? Des bourses devraient permettre à des élèves motivés de rejoindre un établissement qui dispense un enseignement spécifique ou non disponible dans son établissement de secteur. Dans le cas contraire, il faudrait que les enseignements « de spécialité » puissent, *a minima*, être donnés à distance, à travers des cours retransmis en direct d'un lycée à un autre.

Par ailleurs, il apparaît que les étudiants, plus particulièrement ceux issus de milieux modestes, sont encore parfois amenés à renoncer à une formation parce qu'ils doivent trouver un hébergement par eux-mêmes.<sup>117</sup> Un grand effort a d'ores et déjà été fait, notamment *via* les fonds sociaux régionaux, et doit désormais être accentué.<sup>118</sup> La majorité des internats publics sont maintenant mixtes. Cependant le nombre de places est encore trop limité et cela défavorise particulièrement les jeunes femmes.

Enfin, il faudrait approfondir les études d'impact sur les enjeux essentiels du système d'éducation<sup>119</sup> pour la nation et adapter le principe du lycée actuel en fonction de ces analyses et des retours d'expérience issus d'autres pays.

## **FAIRE DÉCOUVRIR LE MONDE DE L'ENTREPRISE ET DE LA RECHERCHE EN MONTRANT L'UTILITÉ DES SCIENCES ET DES TECHNOLOGIES**

Nous préconisons d'organiser des visites annuelles d'entreprises ou de centres de recherche pour tous les professeurs, et pas uniquement pour les volontaires, ceci dans un domaine différent à chaque niveau de cycle scolaire. Cette initiative relevant tout autant de l'Éducation nationale que du monde professionnel, elle sera reprise dans le paragraphe à destination des entreprises.

Il faudrait également prévoir des stages en entreprise ou en centre de recherche, dans le cursus de formation initiale des professeurs, afin qu'ils aient une image revalorisée des sciences et technologies et plus largement du monde industriel.

Le diplôme d'ingénieur devrait être promu par ceux qui vont le recevoir. Un élève ingénieur(e) devrait, au moins une fois dans sa formation, intervenir dans un lycée ou un collège pour témoigner de son métier et ses études. Dans une école telle qu'Arts et Métiers, il devrait même s'agir d'un élément exigible pour l'obtention du diplôme. On peut notamment s'inspirer de l'Opération Monge,<sup>120</sup> qui a pour objectif de sensibiliser et d'informer les lycéens : 400 élèves de Polytechnique sont ainsi intervenus dans des lycées en 2021, ce qui leur a permis d'échanger avec plus de 21000 lycéens.

À ce titre, on peut souhaiter une reconnaissance systématique de l'engagement dans les formations de l'enseignement supérieur, par le biais de la généralisation des unités d'enseignement « engagement associatif » et de l'attribution de crédits du système européen de transfert et d'accumulation de crédits (*European credits transfer system* - ECTS). Nous rappelons que la loi prévoit déjà des aménagements dans l'organisation et le déroulement des études pour les étudiants exerçant des responsabilités dans une association (articles 29 et 34 de la loi Égalité et Citoyenneté).

## 4.2. Recommandations à destination du monde de la recherche

### ASSURER LA PROMOTION DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Il s'agit d'encourager les laboratoires et les centres de recherche à permettre à leurs employés et aux jeunes chercheurs de participer à des actions de promotion des sciences ou de mentorat dans les établissements scolaires sur leur temps de travail. Cette activité pourrait être comptabilisée parmi les heures de service.

On pourrait également faire connaître aux plus jeunes l'initiative « Ma Thèse en 180 s ». <sup>121</sup> Ce concours met en compétition des doctorants qui doivent présenter en 180 secondes un résumé didactique de leur thèse au travers d'un exposé théâtralisé.

Les écoliers et collégiens visionneraient les présentations, ce qui les familiariserait avec le sujet et son impact sociétal, puis pourraient voter pour sélectionner les meilleurs candidats. De plus, il serait enrichissant de favoriser des rencontres et des échanges directs entre les doctorants et des publics plus jeunes.<sup>122</sup>

## **ENCOURAGER LA RECHERCHE PARTICIPATIVE QUAND ELLE IMPLIQUE DES ÉLÈVES**

La recherche apparaît intrinsèquement comme un domaine de spécialistes et semble parfois abstraite aux yeux du grand public. Celui-ci en perçoit généralement l'impact dans des domaines qui le touchent directement (recherche médicale par exemple), mais en perçoit moins les retombées dans les disciplines plus éloignées de notre quotidien.

La recherche participative offre une excellente occasion d'associer spécialistes et non-spécialistes,<sup>123</sup> et notamment les plus jeunes. Ceux-ci, impliqués par exemple, dans un projet de collecte de données, peuvent ainsi être sensibilisés aux mécanismes de la recherche (analyse de l'état de l'art, hypothèses, problématique et construction de la démarche de recherche) et être familiarisés avec le processus de discussion des résultats. De telles initiatives existent déjà, mais restent rares. Une équipe de chercheurs issus de différents pays européens a par exemple réalisé une étude sur l'évolution de la population de différents papillons.<sup>124</sup> Les données acquises (1500 000 heures-hommes) n'ont pu être collectées que grâce à la participation du grand public. Ce type de recherche a également été mise en œuvre dans d'autres travaux portant sur l'étude des eaux.<sup>125</sup> De telles initiatives devraient pouvoir être généralisées. Les appels à projets qui financent la recherche pourraient considérer la mise en place d'un tel dispositif comme un critère d'évaluation des dossiers de financement (dans des domaines où cela s'y prête).

De telles actions seraient d'ailleurs bénéfiques pour lutter contre tous les phénomènes de *fake news*, celles-ci se nourrissant d'une défiance vis-à-vis des sciences et de la recherche.<sup>126</sup>

## **OUVRIER LES LABORATOIRES DES ÉCOLES D'INGÉNIEURS AUX LYCÉENS ET AUX ÉLÈVES DE 3<sup>E</sup> LORS DE LEUR STAGE**

Il faut permettre aux jeunes n'ayant pas dans leur entourage des scientifiques ou des ingénieurs de se familiariser avec ces métiers. On peut par exemple s'inspirer de l'école Polytechnique, qui a mis en place un véritable projet d'accompagnement des collégiens.<sup>127</sup>

On peut encore citer les journées « Filles, Maths et Informatique, une équation lumineuse ». Organisées depuis 2012 en partenariat avec les associations Femmes et Maths et Animath, ces journées impliquant différentes écoles d'ingénieurs et dédiées aux lycéennes intéressées par les sciences,<sup>128</sup> pourraient être déclinées et reproduites sous différentes variantes.

## **ENCOURAGER LA MISE EN PLACE DE PROJETS PÉDAGOGIQUES INCLUANT DES ÉLÈVES DU SECONDAIRE AVEC DES ACTEURS DE LA RECHERCHE, DES START-UPS ET DES AGENCES PUBLIQUES**

À l'exemple des *STEM academies* (cf. page 23), il faut renforcer les enseignements par projets dans lesquels l'ensemble des compétences techniques sont mobilisées pour résoudre des problèmes réels sur des sujets attractifs. Ceux-ci permettent à la fois de renforcer l'exigence scientifique, la créativité et montrent toutes les portes qu'ouvrent les sciences et la technologie.

### **4.3. Recommandations à destination des entreprises**

#### **PROPOSER AUX PROFESSEURS DES STAGES EN ENTREPRISE OU EN CENTRE DE RECHERCHE**

Comme évoqué plus haut, il faudrait prévoir dans le cursus de formation initiale des professeurs, des stages en entreprise ou en centre de recherche, afin de revaloriser l'image des sciences et des technologies. Une telle mesure pourrait être encouragée au travers de dispositifs comme la taxe d'apprentissage.

## **ENCOURAGER LES ENTREPRISES À ACCUEILLIR DES ÉTUDIANTS EN STAGE DE 3<sup>E</sup> OU TOUT AUTRE TYPE DE STAGE D'OBSERVATION**

Une des raisons qui fait que les jeunes ne s'orientent pas vers les métiers de la technologie est leur méconnaissance ou leur représentation erronée des domaines correspondants.

Les témoignages de professionnels, techniciens et ingénieurs, ainsi que les visites de sites industriels sont les meilleurs moyens de rendre concrets les métiers auxquels préparent les études scientifiques et techniques. Les professionnels auront ainsi l'occasion de montrer leur enthousiasme et leur capacité à innover dans l'industrie et la recherche, tout en développant des compétences de communication qui leur seront utiles pour progresser dans leur propre carrière.<sup>129</sup>

Les incubateurs permettent le développement et la croissance de start-ups. Nombre d'entre elles offrent aux jeunes ingénieurs l'occasion de mettre à profit et de renforcer simultanément leurs compétences dans plusieurs domaines : commercial, managérial et technique. L'accueil de jeunes talents dans ces structures leur donnerait l'opportunité de voir en quoi les compétences techniques aident au développement et à la conception d'un produit.

Cette préconisation concerne évidemment toutes les start-ups, mais s'appliquerait également et en particulier à celles incubées dans des écoles d'ingénieurs, lesquelles sont régulièrement mises à profit pour des accueils de stage de découverte.

Il faudrait les inciter à accueillir des stagiaires en classe de 3<sup>e</sup> et à déployer un service généralisé de mise en ligne d'offres de stages de 3<sup>e</sup> (exemple : site « Vienstoirmontaff », <sup>130</sup> ou également à travers les sites de certaines régions).<sup>131</sup>

## ENCOURAGER LES SYSTÈMES DE FONDATIONS QUI FONT LA PROMOTION DES SCIENCES, NOTAMMENT AUPRÈS DES JEUNES FILLES

De telles fondations peuvent permettre de financer la poursuite d'études, voire de se lancer dans l'entrepreneuriat.<sup>132,133</sup> Elles s'inscrivent dans la continuité des parcours inspirants mis en avant par la Fondation L'Oréal, par exemple.

### La féminisation des métiers de l'ingénieur

◆ Revenons sur le sujet de la féminisation des métiers de l'ingénieur, évoqué dans la partie 1.2. Nous avons alors souhaité étayer notre lecture en rencontrant une actrice de la promotion des sciences et technologies auprès des jeunes et en particulier des jeunes femmes : Mme Elisa Simonpietri, du pôle Science de la fondation L'Oréal. Celui-ci s'intéresse à trois sujets : la sous-représentation des femmes dans le milieu scientifique, la beauté inclusive et le climat.

Concernant le sujet de la sous-représentation des femmes dans le milieu scientifique, qui est selon nous étroitement lié au désintérêt des jeunes talents pour la technologie, il convient tout d'abord de rappeler le chiffre évoqué plus haut illustrant la plus faible proportion de femmes parmi les enseignants chercheurs.<sup>134,135</sup>

En partenariat avec l'Unesco, ce sujet est étudié depuis 1998 et a conduit au déploiement d'une stratégie reposant sur 5 piliers :<sup>136,137</sup>

1. Identifier et rendre visible des rôles modèles et parcours d'exception (système de prix)
2. Comment créer l'urgence, documenter le sujet (statistiques) et montrer l'impact sociétal
3. *Networking* et création d'un réseau féminin formées aux *softs skills*
4. Travail sur les barrières systémiques *via* une coalition d'hommes scientifiques
5. Filles et la Science. Celui-ci cible notamment les jeunes femmes étudiant au lycée et vise à leur proposer :
  - des rencontres inspirantes et des journées portes ouvertes avec des labs et universités ;
  - du soutien scolaire ;
  - des bourses pour lever le frein des inscriptions aux grandes Écoles.

## **FAVORISER LES RELATIONS ENTRE ENSEIGNEMENT ET ENTREPRISES**

À l'image de ce qui se fait en Allemagne (cf. 3,1), il s'agit de favoriser la création de technopoles, porteurs notamment de dispositifs qui rassemblent les acteurs économiques, institutionnels et académiques, et qui peuvent inciter les entreprises à confier leurs projets d'innovation à des étudiants dans le cadre de stages ou de projets pédagogiques et à motiver ainsi les jeunes talents pour la technologie.<sup>138,139</sup>

## CONCLUSION

Partant du constat que la France s'apprête à manquer d'ingénieurs, ce rapport a pour but d'examiner comment renforcer l'appétence des jeunes talents pour la technologie.

Nous avons d'abord analysé les motivations des jeunes et les réflexions qui guident leurs choix.

L'enseignement des mathématiques, des sciences et des technologies dans les petites classes joue un rôle primordial. Les indicateurs, au nombre desquels on retrouve les scores PISA et TIMSS, sont prédictifs de la capacité des élèves évalués à faire des études supérieures en science et en technologie. Dès le plus jeune âge, il faut susciter le goût des enfants pour la science en leur montrant toutes ses applications, par exemple à travers des activités pratiques ludiques. Dans le cas spécifique des collégiens, le niveau et l'intérêt pour les sciences jouent naturellement le rôle de GPS de l'orientation dans le contexte de la réforme du bac qui conduit les élèves à un choix d'options de spécialités actuellement décisif pour la suite de leurs études. Ce choix apparaît également fortement influencé par l'émergence des questionnements «extra-pédagogiques» sociétaux liés à l'éthique (la science et la technologie peuvent-elles nous aider à «réparer le monde»?). Ce choix est également lié à l'employabilité perçue, dans un contexte où le nombre d'emplois industriels en France chute régulièrement.

À ce stade, la comparaison avec différents pays étrangers a montré qu'avec des scores PISA proches, les pays qui ont une industrie dynamique parviennent plus aisément à attirer les jeunes talents vers les STEM. Ils y sont aidés par des interactions plus fortes entre formation et monde économique sous forme de fondations ou de partenariats.

Nous avons conclu ce rapport par une série de recommandations.

- Certaines sont destinées au monde de l'enseignement, en particulier aux cycles primaires et secondaires, où il conviendrait notamment de renforcer la part de résolutions de problèmes concrets et l'utilisation de supports ludiques, mais aussi de repenser la formation en science des professeurs des écoles et d'impliquer davantage les ingénieurs dans les lycées et collèges.
- D'autres sont destinées au monde de la recherche et visent à encourager les jeunes chercheurs en laboratoires et centres de recherche à promouvoir les sciences dans les établissements scolaires et à développer la recherche participative en impliquant des élèves.
- Les dernières recommandations ont trait à l'insertion professionnelle et s'adressent aux entreprises. Outre les stages en entreprise des professeurs, il conviendrait de développer les moyens permettant de rendre concrets les métiers auxquels préparent les études scientifiques et techniques en faisant appel à des témoignages de professionnels de la technologie, à des start-ups innovantes et à des « héros » du monde scientifique.

De telles actions visent, bien sûr, à donner l'envie aux jeunes générations de devenir acteurs et apporteurs de solutions concrètes aux défis sociétaux, environnementaux et climatiques auxquels ils devront faire face et, ce faisant, à donner du sens à leurs engagements.

# BIBLIOGRAPHIE

---

Académie des sciences et Académie des technologies. (Novembre 2020). *Science et technologie à l'école primaire : un enjeu décisif pour l'avenir des futurs citoyens.*

Corazza, C. (2020). *Les femmes au coeur de l'économie – La France pionnière du leadership au féminin dans un monde en pleine transformation.* Rapport public. Ministère de l'Économie et des finances. <https://www.vie-publique.fr/rapport/273180-les-femmes-au-coeur-de-leconomie>

Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs. (2022). *Panorama des écoles d'ingénieurs.* <https://www.calameo.com/cdefi/read/005555939bd493fc98164>

Conférence des grandes Écoles & Boston Group Consulting. (mars 2021) *Baromètre «talents : ce qu'ils attendent de leur emploi».* Consultation réalisée auprès des élèves et alumnis des grandes Écoles.

Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques. (octobre 2020). *Les tensions sur le marché du travail en 2019*, Note DARES N° 032. <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/publications/les-tensions-sur-le-marche-du-travail-en-2019>

France Stratégie & DARES. (mars 2022). *Les Métiers en 2030.* Rapport du groupe Prospective des métiers et qualifications. <https://www.strategie.gouv.fr/publications/metiers-2030>

IESF. (2021). *32<sup>e</sup> enquête nationale sur les ingénieurs et scientifiques diplômés en France.*

Gonzales, H. B. & Kuenzi, J. J. (aout 2012). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer.* Congressional research service.

OCDE. (2018) *Résultats du PISA 2018.*

# ANNEXES

---

## Annexe 1 : lettre de mission



Paris, le 11 mars 2020

**Lettre de mission**  
**au binôme, Aymeric Martin-Sentenais et Emmanuel Richaud,**  
**afin d'animer un groupe de réflexion sur le thème**  
**« Comment renforcer l'appétence des jeunes talents pour les technologies »**

Cher Aymeric, Cher Emmanuel

« 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'Ecole.

Dans un monde en changement constant où les attentes des jeunes générations, et notamment leur recherche de sens, orientent leurs choix, il apparaît nécessaire de s'interroger sur les actions à mener pour renforcer l'attractivité de l'enseignement technologique supérieur pour les jeunes talents, et notamment les plus brillants.

Afin d'éclairer les choix à venir, nous vous confions la mission d'animer un groupe de réflexion pour caractériser la situation actuelle, notamment après la réforme des lycées et du baccalauréat, et pour promouvoir chez les jeunes, mais aussi auprès des prescripteurs, l'enseignement des sciences et particulièrement des sciences de l'ingénieur.

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 porter sur les points suivants et adresser éventuellement des recommandations spécifiques à chacune des 4 missions de l'Enseignement Supérieur (formation, recherche, valorisation de la recherche et insertion professionnelle) :

- Une analyse et une synthèse des études, enquêtes et rapports existants,
- Une étude comparative des pratiques des pays voisins,
- Une synthèse d'interviews de personnalités,
- La mise en évidence des principales attentes et priorités des jeunes générations,
- L'identification des éléments qui pourraient être publiés à l'initiative du Conseil d'Orientation.

Un premier ensemble de recommandations devrait être présenté fin 2020 et votre rapport final mi 2021.

Vous êtes libres de choisir vos méthodes de travail et les moyens requis pour la mission dans l'esprit de prospective, de créativité et d'agilité du Think Tank Arts & Métiers.

Vous aurez le soutien 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

- Jacques BOUHELIER, cadre dirigeant retraité du groupe SAFRAN
- Alain DOVILLAIRE, ingénieur diplômé d'Arts et Métiers et de l'Institut Polytechnique de Grenoble, ancien manager au sein du groupe Pechiney
- Florence FERRY, animatrice de la commission Promotion du Métier de l'ingénieur de l'association Femmes Ingénieure, administratrice et présidente de l'association Projets Métiers
- Pierre MEYNARD, ancien président d'Alcan France, de Rio Tinto France, de Sciences-Po Alumni et de la Chambre de commerce France-Canada
- Aymeric MARTIN SENTENAS, ingénieur Arts & Métiers, diplômé de SciencesPo Paris
- Eddy OBEID, ingénieur diplômé d'Arts et Métiers, consultant chez Forizons
- Jean Guy QUEROMES, diplômé d'Arts et Métiers, ancien cadre dirigeant chez PSA
- Emmanuel RICHAUD, ingénieur-chimiste, professeurs à Arts & Métiers
- Christian VALADE, ingénieur diplômé d'Arts & Métiers, ancien dirigeant chez Airbus et Stelia, coach en développement personnel

# NOTES DE FIN

---

1. <https://think-tank.arts-et-metiers.fr/fr/node/66>
2. <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/publications/les-tensions-sur-le-marche-du-travail-en-2019>
3. Chiara Corazza. Rapport public - Les femmes au coeur de l'économie - La France pionnière du leadership au féminin dans un monde en pleine transformation. Ministère de l'Économie et des Finances (2020).
4. Rapport du groupe Prospective des métiers et qualifications France Stratégie, mars 2022
5. Rapport du groupe Prospective des métiers et qualifications France Stratégie, Mars 2022
6. Heather B. Gonzalez, Jeffrey J. Kuenzi. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer (2012)
7. <http://courriercadres.com/management/lemploi-des-ingenieurs-ne-connaît-pas-la-crise-25062021>
8. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjD8rHO3N\\_2AhXAQvEDHRJOAkkQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.iesf.fr%2Foffres%2Ffile\\_inline\\_src%2F752%2F752\\_pj\\_260620\\_150632.pdf&usg=AOvVaw0bGxqHZgliliyIQl4PwQAp](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjD8rHO3N_2AhXAQvEDHRJOAkkQFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.iesf.fr%2Foffres%2Ffile_inline_src%2F752%2F752_pj_260620_150632.pdf&usg=AOvVaw0bGxqHZgliliyIQl4PwQAp)
9. [https://www.challenges.fr/emploi/10-choses-a-savoir-sur-les-ingenieurs-en-france\\_17952](https://www.challenges.fr/emploi/10-choses-a-savoir-sur-les-ingenieurs-en-france_17952)
10. <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/progression-sensible-du-nombre-d-etudiants-en-cycle-ingenieur-en-2020-2021-47443>
11. <https://www.letudiant.fr/educpros/actualite/ecoles-d-ingenieurs-plus-que-201-etablisements-pour-37-000-diplomes.html>
12. <https://www.cdefi.fr/fr/la-cdefi/chiffres-cles>

13. <https://www.letudiant.fr/educpros/actualite/ecoles-d-ingenieurs-plus-que-201-etablisements-pour-37-000-diplomes.html>
14. Daniel Vitry (dir.), Repères et références statistiques sur les enseignements, la formation et la recherche : édition 2009, septembre 2009, 426 p. (ISSN 1635-9089, lire en ligne [archive]), p. 69 (2,17 Établissements et structures de l'enseignement supérieur).
15. <https://grandes-ecoles.studyrama.com/ecoles-d-ingenieurs/choisir-son-ecole/les-criteres-pour-choisir/6-points-essentiels-a-savoir-sur-les-ecoles-d-ingenieurs-privees-7146.html>
16. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/enseignement-des-sciences/2-l-orientation-vers-des-etudes-scientifiques-quel-constat/#PA086267>
17. <http://www.cdefi.fr/fr/la-cdefi/chiffres-cles>
18. <https://www.dimension-ingenieur.com/ecoles-d-ingenieurs-qui-at-tirent-le-plus-etudiants-etrangers/715>
19. <http://www.cdefi.fr/fr/la-cdefi/chiffres-cles>
20. <https://www.lafinancepourtous.com/decryptages/finance-perso/revenu-niveau-et-composition-des-revenus-moyens-en-france/>
21. <https://www.cadremploi.fr/editorial/actualites/actu-emploi/detail/article/les-chiffres-qui-vous-font-regretter-de-ne-pas-etre-ingenieur.html>
22. Enquete IESF 2021
23. Rapport T2AM
24. Rapport DEPP
25. Filles et garçons dans l'enseignement supérieur : permanences et/ou changements ? Éducation & formations – n° 77 [novembre 2008]
26. <http://www.cdefi.fr/fr/actualites/chiffre-du-mois-les-effectifs-femini-nis-en-ecole-dingenieurs>
27. <http://courriercadres.com/management/lemploi-des-ingenieurs-ne-connaît-pas-la-crise-25062021>
28. <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid38153-cid127382/esri-chiffres-cles-de-l-egalite-femmes-hommes-parution-2018.html>
29. Baromètre « talents : ce qu'ils attendent de leur emploi ». Consultation réalisée auprès des élèves et alumnis des Grandes Écoles

30. Baromètre «talents : ce qu'ils attendent de leur emploi». Consultation réalisée auprès des élèves et alumnis des Grandes Écoles
31. <https://grandes-ecoles.studyrama.com/ecoles-d-ingenieurs/choisir-son-ecole/carrieres-et-debouches/enquete-emploi-cge-2021-quelle-insertion-pour-les-diplomes-2020-des-ecoles-d-ingenieurs-9628.html>
32. Baromètre «talents : ce qu'ils attendent de leur emploi». Consultation réalisée auprès des élèves et alumnis des Grandes Écoles
33. <https://www.batiactu.com/edito/ingenieur-genie-electrique-et-climatique-un-metier-62309.php>
34. <https://www.letudiant.fr/etudes/ecole-ingenieur/comment-s-impliquer-dans-la-rse-de-son-ecole-d-ingenieurs.html>
35. cf. le rapport du T2AM sur la société
36. <https://start.lesechos.fr/societe/environnement/lenvironnement-premiere-preoccupation-des-jeunes-sauf-pour-les-15-17-ans-1286862>
37. Baromètres «Talents 2019 et 2021»
38. <https://www.ruptures-le-film.fr/>
39. [https://www.francetvinfo.fr/monde/prix-nobel/face-au-complotisme-le-prix-nobel-de-physique-alain-aspect-interpelle-la-jeunesse-la-science-n-est-pas-l-ennemie-c-est-la-solution-lancez-vous\\_5398837.html](https://www.francetvinfo.fr/monde/prix-nobel/face-au-complotisme-le-prix-nobel-de-physique-alain-aspect-interpelle-la-jeunesse-la-science-n-est-pas-l-ennemie-c-est-la-solution-lancez-vous_5398837.html)
40. [https://www.linkedin.com/posts/amina-khelil-029707a9\\_activity-6806605150858297344-V9uF](https://www.linkedin.com/posts/amina-khelil-029707a9_activity-6806605150858297344-V9uF)
41. <https://data.oecd.org/fr/pisa/competences-en-sciences-pisa.htm>
42. S. W. Han. Curriculum standardization, stratification, and students' STEM-related occupational expectations: Evidence from PISA 2006. *International Journal of Educational Research* Volume 72, 2015, Pages 103-115
43. <https://www.lesechos.fr/politique-societe/societe/enquete-pisa-dix-resultats-pour-situer-les-eleves-francais-1153200>
44. <https://www.education.gouv.fr/timss-2019-mathematiques-au-niveau-de-la-classe-de-quatrieme-des-resultats-inquietants-en-france-307819>
45. <https://www.lanouvellerepublique.fr/france-monde/en-maths-et-sciences-les-ecoliers-francais-en-bas-du-classement>

46. <https://leblogdenathaliemp.com/2020/12/09/education-chronique-ordinaire-dun-desastre-annonce/>
47. <https://www.pass-education.fr/familles-de-materiaux-cm1-cm2-lecon/>
- 48.
49. <https://www.academie-sciences.fr/fr/Rapports-ouvrages-avis-et-recommandations-de-l-Academie/rapport-science-technologie-ecole-primaire.html>
50. Rapport Pisa 2018
- 51.
52. [https://www.afdet75.org/l-enseignement-de-technologie-au-college-rapport-de-l-academie-des-technologies--\\_r\\_10\\_a\\_159.html](https://www.afdet75.org/l-enseignement-de-technologie-au-college-rapport-de-l-academie-des-technologies--_r_10_a_159.html)
53. <https://www.fondation-lamap.org/>
54. <https://www.youtube.com/watch?v=C3oiy9eekzk>
55. John F. Drazan. Biomechanists can revolutionize the STEM pipeline by engaging youth athletes in sports-science based STEM outreach. *Journal of Biomechanics* Volume 99, 23 January 2020, 109511.
56. J. F. Drazan, H. Danielsen, M. Vercelletto, A. Loya, J. Davis and R. Eglash, « A case study for integrated STEM outreach in an urban setting using a do-it-yourself vertical jump measurement platform » 2016 38<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2016, pp. 3027-3030, doi: 10.1109/EMBC.2016.7591367.
57. <https://louisville.edu/graduate/plan/stem-academy>
58. <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/le-mans-72000/videos-le-mans-dans-son-labo-fanon-decortique-le-plastique-6539405>
59. <https://www.usinenouvelle.com/editorial/le-recul-des-maths-au-lycee-donne-des-sueurs-froides-au-monde-de-l-ingenierie-et-du-numerique.N1171007>
60. [https://www.francetvinfo.fr/societe/education/reforme-du-bac/mathe-matiques-cedric-villani-preconise-de-renforcer-de-deux-heures-a-quatre-heures-le-tronc-commun\\_4976874.html](https://www.francetvinfo.fr/societe/education/reforme-du-bac/mathe-matiques-cedric-villani-preconise-de-renforcer-de-deux-heures-a-quatre-heures-le-tronc-commun_4976874.html)

61. [https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/industries/education-30-grands-patrons-lancent-un-appel-pour-sauver-les-maths\\_AD-202203310434.html](https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/industries/education-30-grands-patrons-lancent-un-appel-pour-sauver-les-maths_AD-202203310434.html)
62. [https://www.lavenir.net/cnt/dmf20210202\\_01551202/jeunes-et-stem-casser-l-effet-repoussoir](https://www.lavenir.net/cnt/dmf20210202_01551202/jeunes-et-stem-casser-l-effet-repoussoir)
63. E. Simonpietri, Entretien
64. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Dark\\_Waters\\_\(film,\\_2019\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Dark_Waters_(film,_2019))
65. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Erin\\_Brockovich,\\_seule\\_contre\\_tous](https://fr.wikipedia.org/wiki/Erin_Brockovich,_seule_contre_tous)
66. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bo%C3%AEte\\_noire\\_\(film\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bo%C3%AEte_noire_(film))
67. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Merci\\_Patron\\_!](https://fr.wikipedia.org/wiki/Merci_Patron_!)
68. <https://www.youtube.com/watch?v=j7qPt60QQUs>
69. [https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/11/08/en-europe-l-operation-survie-de-l-industrie-lourde\\_6101332\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2021/11/08/en-europe-l-operation-survie-de-l-industrie-lourde_6101332_3234.html)
70. [https://www.lemonde.fr/series-d-ete/article/2021/07/21/les-experts-ncis-bones-l-empreinte-des-series-chez-les-aspirants-a-la-police-scientifique\\_6089055\\_3451060.html](https://www.lemonde.fr/series-d-ete/article/2021/07/21/les-experts-ncis-bones-l-empreinte-des-series-chez-les-aspirants-a-la-police-scientifique_6089055_3451060.html)
71. <https://www.pourlascience.fr/sd/histoire-sciences/pierre-gilles-de-gennes-5974.php>
72. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Pierre-Gilles\\_de\\_Gennes#cite\\_note-Express-33](https://fr.wikipedia.org/wiki/Pierre-Gilles_de_Gennes#cite_note-Express-33)
73. <https://www.natura-sciences.com/agir/thomas-pesquet-interview-iss.html>
74. <https://www.forbes.fr/environnement/quelle-est-la-position-delon-musk-en-matiere-de-lutte-contre-le-changement-climatique/>
75. Cash investigation 11/11/2021
76. <https://www.plastiques-caoutchoucs.com/Un-tournant-pour-le-plastique.html>
77. O. Autio. Elements in Students Motivation in Technology Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 29 (2011) 1161 – 1168

78. Autio, O., Hietenoro, J. & Ruismäki, H. (2009). The Touch of Craft, Design and Technology – Factors in Students' Attitudes. In Kaukinen, L. (Ed.) Proceedings of the crafticulation & education conference. Techne Series. Research in Sloyd Education and Craft Science A:14/2009 (237-243). Helsinki : Helsinki University Press.
79. <https://en.irefeurope.org/Publications/Online-Articles/article/STEM-Popularity-in-Germany-A-Reason-for-Optimism>
80. <https://www.franceculture.fr/emissions/la-bulle-economique/la-desindustrialisation-a-la-francaise>
81. [https://en.wikipedia.org/wiki/Tokyo\\_Institute\\_of\\_Technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Tokyo_Institute_of_Technology)
82. <https://www.titech.ac.jp/english/public-relations/about/disclosure/facts>
83. <https://fr.statista.com/statistiques/683308/pourcentage-des-emplois-industrie-en-allemande/>
84. <https://www.objectif-import-export.fr/fr/marches-internationaux/fiche-pays/allemande/marche-principaux-secteurs>
85. <https://www.connexion-emploi.com/fr/a/l-apprentissage-en-allemande-une-voie-de-formation-a-part-entiere>
86. <https://www.bosch-stiftung.de/en/support-area/education>
87. <https://www.siemens-stiftung.org/en/>
88. <https://www.thalesgroup.com/en/stem-germany>
89. <https://www.ifrap.org/education-et-culture/les-entreprises-et-le-cole-en-allemande>
90. <https://en.irefeurope.org/Publications/Online-Articles/article/STEM-Popularity-in-Germany-A-Reason-for-Optimism>
91. [https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89conomie\\_de\\_l%27Italie](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89conomie_de_l%27Italie)
92. <https://www.giovannellapolidoro.com/italie-plan-strategique-2022-2024-sur-lintelligence-artificielle/>
93. Professor Mikael Hedenqvist ; Royal Institute of Technology
94. [https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89conomie\\_de\\_l%27Indon%C3%A9sie](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89conomie_de_l%27Indon%C3%A9sie)

95. <https://indonesie.marcovasco.fr/guide-indonesie/secteurs-dactivite-en-indonesie.html>
96. <https://fr.statista.com/infographie/20863/top-10-des-pays-selon-la-part-de-la-production-industrielle-mondiale/>
97. <https://www.aerospatium.info/safran-renforce-son-implantation-en-inde/>
98. <https://www.frenchweb.fr/zoom-sur-bangalore-la-silicon-valley-indienne-aux-500-startups/121096>
99. <https://www.universalis.fr/media/PA086267/>
100. [https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89conomie\\_du\\_Maroc#Industries](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89conomie_du_Maroc#Industries)
101. <https://www.lafactory.ma/classement-pisa-2019-punition-pour-lenseignement-marocain/>
102. [https://etudiant.lefigaro.fr/article/leur-niveau-en-maths-est-incroyable-l-insolent-succes-des-marocains-aux-concours-des-ecoles-dingenieurs\\_3c696c10-5c2f-11ec-8986-b8ee2f4285c7/](https://etudiant.lefigaro.fr/article/leur-niveau-en-maths-est-incroyable-l-insolent-succes-des-marocains-aux-concours-des-ecoles-dingenieurs_3c696c10-5c2f-11ec-8986-b8ee2f4285c7/)
103. <https://fr.hespress.com/268196-linsolent-succes-des-etudiants-marocains-aux-grandes-ecoles-francaises.html>
104. [https://etudiant.lefigaro.fr/article/leur-niveau-en-maths-est-incroyable-l-insolent-succes-des-marocains-aux-concours-des-ecoles-dingenieurs\\_3c696c10-5c2f-11ec-8986-b8ee2f4285c7/](https://etudiant.lefigaro.fr/article/leur-niveau-en-maths-est-incroyable-l-insolent-succes-des-marocains-aux-concours-des-ecoles-dingenieurs_3c696c10-5c2f-11ec-8986-b8ee2f4285c7/)
105. Prof Necesio Gomes Costa - Universidade Federal de Itajubá
106. Les doctorants à l'international tendances de la mobilité doctorale en france et dans le monde
107. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer
108. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer
109. John F. Drazan. Biomechanists can revolutionize the STEM pipeline by engaging youth athletes in sports-science based STEM outreach. Journal of Biomechanics Volume 99, 23 January 2020, 109511.
110. Prof A. Bayen. Univ Berkely

111. <https://www.journaldunet.com/management/formation/1423287-quelles-sont-les-competences-en-ia-les-plus-prisees-en-france/>
112. <https://www.journaldunet.com/management/formation/1423287-quelles-sont-les-competences-en-ia-les-plus-prisees-en-france/>
113. <https://www.letudiant.fr/etudes/concours-fonction-publique/un-nouveau-parcours-pour-devenir-professeur-des-ecoles-des-janvier-sur-parcoursup.html>
114. <https://www.letudiant.fr/etudes/concours-fonction-publique/un-nouveau-parcours-pour-devenir-professeur-des-ecoles-des-janvier-sur-parcoursup.html>
115. <https://la1ere.francetvinfo.fr/en-guyane-tous-les-enfants-n-ont-pas-acces-a-l-ecole-1318316.html>
116. <https://www.ouest-france.fr/elections/presidentielle/presidentielle-guyane-francaise-des-citoyennes-amerindiennes-revendiquent-leur-droit-a-l-education-396e14b4-b280-11ec-8876-03d2d9ddd4f0>
117. <https://www.ipsos.com/fr-fr/les-etudiants-ont-de-plus-en-plus-de-mal-se-loger>
118. <https://aides-territoires.beta.gouv.fr/aides/202c-fonds-social-regional/>
119. <https://www.education.gouv.fr/presentation-de-l-etude-elaine-303264>
120. <https://grandes-ecoles.studyrama.com/ecoles-d-ingenieurs/actualites/polytechnique-lance-la-2e-edition-de-l-operation-monge-9957.html>
121. <https://www.youtube.com/channel/UCvWoYjTzOe-dC0xFNQI-TGg>
122. [https://twitter.com/i/flow/single\\_sign\\_on](https://twitter.com/i/flow/single_sign_on)
123. <https://www.inrae.fr/actualites/prix-recherche-participative>
124. Devictor, V., van Swaay, C., Brereton, T. *et al.* Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Clim Change* 2, 121-124 (2012). <https://doi.org/10.1038/nclimate1347>
125. <https://usbeketrica.com/fr/article/top-10-des-projets-de-science-participative>
126. <https://www.scientificamerican.com/video/covid-dominated-their-science-lives-heres-what-four-experts-learned-over-two-years/>

127. <https://www.polytechnique.edu/ecole/diversite-reussite/nos-actions/stage-dobservation-de-3eme>
128. <https://filles-et-maths.fr/jfmi/>
129. <https://www.jobirl.com/conseils-et-infos/trouver-son-stage-de-3eme-grace-a-jobirl>
130. <https://www.viensvoirmontaf.fr>
131. <https://www.iledefrance.fr/trouvez-un-stage>
132. [https://etudiant.lefigaro.fr/article/ce-concours-offre-entre-5000-et-8000-euros-de-bourse-a-des-etudiantes-scientifiques\\_7b50c1ae-02af-11ed-8e4a-ec2ccd1c6d36/](https://etudiant.lefigaro.fr/article/ce-concours-offre-entre-5000-et-8000-euros-de-bourse-a-des-etudiantes-scientifiques_7b50c1ae-02af-11ed-8e4a-ec2ccd1c6d36/)
133. <https://bpifrance-creation.fr/entrepreneur/actualites/fondation-manpowergroup-saccomplir-annonce-laureats-son-appel-a-projets-lentrepreneuriat-au-feminin>
134. <https://www.forwomeninscience.com/>
135. Rapport de l'UNESCO sur la science vers 2030 (2021)
136. <https://www.fondationloreal.com/fr>
137. <https://www.carenews.com/fonds-de-dotation-de-l-institut-henri-poincare/news/la-fondation-l-oreal-partenaire-de-la-maison>
138. <https://www.niortagglo.fr/details-de-lactualite/techno-pole-du-niortais-un-nouvel-outil-pour-favoriser-linnovation-sur-le-territoire/index.html>
139. <https://www.technopole-mulhouse.com/le-technopole-mulhouse>



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 : © Getty images

Directeur de la publication : Stéphane Lapujoulade

Auteurs : Emmanuel Richaud et Aymeric Martin Sentenas

Mise en page et relecture : Cécile Chemel