



Innovation, Technology, Higher Education and Research

# **LES FORMATIONS TECHNOLOGIQUES, CLÉS DE L'AVENIR INDUSTRIEL DE LA FRANCE**

Avril 2025

ISBN 978-2-9596754-1-6



9 782959 675416

*Cette étude est dédiée à Guy  
Gautherin, fondateur d'Ither consult,  
ancien Directeur Général de l'ENSAM*



## Avant-propos

ITHER Consult<sup>1</sup> accompagne les Écoles françaises d'ingénieurs depuis maintenant une douzaine d'années. Plus largement, le cabinet a pour cibles les établissements d'enseignement supérieur à forte composante scientifique et technique. De ce fait, il vient aussi naturellement dans son champ d'investigation les universités, au titre des écoles internes, les IUT et les unités de recherche, ainsi que la plupart des lycées du fait de leurs STS production et CPGE scientifiques.

Fort des compétences multiples et étendues de son réseau partenarial, ITHÉR Consult se veut aussi laboratoire d'idées au service de la communauté. À la suite des graves événements qui ont surgi dans le monde ces dernières années, il a été unanimement admis qu'un effort de réindustrialisation est nécessaire et urgent. Il promet aussi d'être douloureux parce que conditionné par le contexte de transition énergétique et d'exigences de défense nationale, sans oublier les révolutions numériques toujours en cours. Or cette situation interpelle tout particulièrement ITHÉR Consult dans le champ qui est le sien au sujet de l'état de l'appareil de formation dont dispose le pays. En effet, il est tout simplement banal de dire que ces défis ne seront pas relevés si des hommes et des femmes nombreux et de qualité ne participent pas au combat qui a déjà commencé.

Voilà donc le sens qu'il faut donner au titre du présent document. Des révolutions industrielles, technologiques et sociétales ont, en seulement un quart de siècle, profondément modifié l'appareil de formation en question. De ce fait l'orientation donnée à cette étude est d'établir un portrait précis et documenté de ce champ, de contribuer ainsi à poser de bons diagnostics et engager des traitements adaptés.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers toutes les personnes qui, par leurs critiques ou leurs propositions, nous ont accompagnés dans cette entreprise.

*Paul Jacquet  
Michel Mudry  
Gérard Noyel  
François Resch*

---

<sup>1</sup> [ither-consult.com](http://ither-consult.com)

## Table des matières

PROLOGUE.....	9
Les paradoxes de la Technologie.....	9
PREMIÈRE PARTIE.....	13
La Technologie : de quoi parlons-nous ?.....	13
DEUXIÈME PARTIE.....	19
Là où tout commence :.....	19
la formation technologique dans le second degré.....	19
1 — Bref historique .....	20
2 — Quelles en étaient les principales caractéristiques ?.....	21
3 — Organisation actuelle et performance de l’enseignement secondaire .....	22
4 — Les mathématiques : quand le mieux est l’ennemi du bien. ....	25
5 — L’enseignement de l’informatique : un rendez-vous manqué avec l’histoire dans les formations du secondaire ?.....	27
6 — Considérations finales.....	28
TROISIÈME PARTIE.....	31
L’univers original des écoles d’ingénieurs.....	31
1 — Un paysage impressionniste lentement élaboré .....	32
2 — Une grande variété statutaire.....	34
3 — Les mutations de la CTI .....	36
4 — L’appropriation de l’activité de recherche par les écoles.....	38
5 — Esquisse d’un idéal-type de l’école française d’ingénieurs.....	40
6 — L’agilité des écoles d’ingénieurs .....	43
QUATRIÈME PARTIE.....	47
Les ambiguïtés du dispositif d’ensemble .....	47
1 — Les étudiants en sciences et techniques.....	47
2 — STS et IUT : un couple insolite.....	48
3 — Les niveaux intermédiaires et l’emploi .....	50
4 — La mastérisation rampante des formations supérieures.....	52

5 — Un maillage territorial de haute densité.....	53
CINQUIÈME PARTIE .....	55
Un éclairage international.....	55
1 — La vraie nature d’une exception française.....	56
2 — Engineering Education .....	57
3 — Universités de technologie en Europe .....	59
4 — Colleges of Engineering aux États-Unis.....	61
5 — Autonomie et gouvernance des établissements .....	62
ÉPILOGUE.....	65
Quatre pistes de réflexion et d’action.....	65
Atmosphère.....	65
Adéquation.....	67
Alliances.....	69
Autonomie.....	70
RÉFÉRENCES .....	75
GLOSSAIRE.....	79



# PROLOGUE

## Les paradoxes de la Technologie

Notre pays n'aime plus la technologie ! Le pays du TGV, du nucléaire civil, d'Airbus... non seulement ne l'aime plus, mais se méfie de la technologie !

Dans des sondages successifs commandés à l'IFOP, l'Académie des Technologies a cherché à analyser l'évolution de la perception des Françaises et des Français à l'égard des technologies. En 2020, 56 % des sondés se déclaraient inquiets à ce sujet, ce qui représente une forte hausse par rapport à 2018 et 2019 (+ 15 % et + 16 %). Paradoxalement, dans le même sondage, 61 % considèrent que le progrès technique est synonyme de progrès pour l'humanité.

Comment en est-on arrivé là ? La réponse n'est sûrement pas simple, elle est sans doute multifactorielle.

Une première cause réside dans l'idée très répandue que l'usage, plus ou moins contrôlé, des technologies contribue à détériorer la planète, altérer le climat, supprimer des emplois, voire perturber le fonctionnement des démocraties. Face à ces risques écologiques, éthiques et sociétaux, nous sommes même allés jusqu'à créer une nouvelle époque géologique — l'anthropocène — pour qualifier, entre autres, les conséquences de la démesure technicienne pas toujours bien contrôlée. Pour autant, le fait que de nouvelles technologies puissent diminuer, voire éradiquer ces nuisances ne semble pas atténuer cette tendance. Autre indice, sur l'ensemble des citations des quinze titres les plus représentatifs de la littérature consacrée à la technique, les deux tiers concernent des ouvrages porteurs de thèses technophobes [RAYNAUD 2016]. Plus grave encore, on constate depuis quelques décennies une désaffection des jeunes pour les études scientifiques. Récemment, c'est à une remise en cause des formations, généralistes ou technologiques, par un scientifique militant écologiste, voire par les diplômés eux-mêmes à laquelle on assiste<sup>2</sup>. Alors que notre récent prix Nobel de physique, Alain Aspect<sup>3</sup>, essaie de convaincre la jeunesse que la science est pour une grande part la solution des problèmes qu'elle se pose. **Cette opposition de point de vue au sein même de la communauté scientifique est évidemment délétère, elle alimente entre autres le relativisme ambiant.** Toujours dans les mêmes sondages, les français sont nettement moins nombreux qu'il y a une dizaine d'années à reconnaître un impact positif des technologies sur le quotidien : 45 % pour la santé (-25 %)<sup>4</sup> et 21 %

---

<sup>2</sup> On fait ici référence à la conférence de l'astrophysicien Aurélien Barreau devant les élèves de CentraleSupélec où il assène : « *Vous n'êtes pas la solution, globalement vous êtes le problème* » et également aux discours prononcés par huit étudiants lors de la remise des diplômes d'AgroParisTech 2022.

<sup>3</sup> À ce propos, il est intéressant de noter qu'Alain Aspect est diplômé de l'ENSET (École Normale Supérieure de l'Enseignement Technique), devenue depuis l'ENS-Paris-Saclay.

<sup>4</sup> Et la cacophonie autour de la COVID n'a fait qu'aggraver la situation.

pour l'environnement (-28 %). Paradoxalement, 55 % des sondés se disent attirés par les produits comportant une innovation technologique.

Cette attitude paradoxale peut s'expliquer en partie par le manque d'information de la population. C'est ce qu'exprime constamment 33 % des sondés depuis 2001. Ce point est renforcé par un sondage très récent de l'IFOP pour le compte de la revue scientifique en ligne de l'Institut Polytechnique de Paris, où seulement 21 % des Français déclarent avoir une culture scientifique satisfaisante. Ce résultat est en retrait de 6 points par rapport à 2018<sup>5</sup>.

Un autre paradoxe, et pas le moindre, réside dans le statut des formations technologiques. Dans le secondaire, coincée entre la voie générale et la voie professionnelle, la voie technologique cherche désespérément à exister. Son attractivité est médiocre, c'est le plus souvent un choix par défaut et ses débouchés sont peu clairs. Son maintien est en discussion depuis sa création<sup>6</sup>. A l'opposé, dans le supérieur, c'est la voie d'excellence. C'est celle notamment des écoles d'ingénieurs, ces formations sont attractives, sélectives et garantissent d'excellents débouchés professionnels.

Autre paradoxe, celui de la recherche technologique publique. Cette recherche finalisée, souvent conduite en partenariat avec l'industrie, a des difficultés à s'imposer dans le monde académique. Depuis quelques décennies elle a cependant été encouragée par l'État grâce à des mesures favorisant le transfert des résultats de la recherche finalisée vers l'industrie. Cependant, lorsqu'on juge la carrière d'un enseignant-chercheur ou d'un chercheur, les publications dans des revues sont encore préférables à la prise de brevets. Par ailleurs, cette notion de transfert établit un lien de dépendance direct et permanent entre recherche non finalisée et recherche finalisée, ce qui, nous le verrons plus loin, est un raccourci trompeur. Notons également que l'État, pour conduire ce type de travaux, a historiquement davantage fait confiance aux organismes de recherche spécialisés (CEA, ONERA...) plutôt qu'au monde académique (Universités, Écoles, CNRS...). Le paradoxe ici est que la recherche technologique, qui est à la base de la **compétitivité** de notre industrie, n'est pas suffisamment soutenue, encouragée et valorisée au sein même du monde académique, alors que celui-ci est censé former nos futurs technologues.

Par ailleurs, notre pays souhaite se **réindustrialiser** [LLUANSI 2024] après une période où, pour des raisons purement financières et sans aucune réflexion approfondie sur les conséquences d'une mondialisation mal maîtrisée, la France a délocalisé la fabrication de nombreux biens essentiels [DUFOURCQ 2022]. Le paradoxe ici serait de penser que cette réindustrialisation du pays<sup>7</sup> pourrait s'opérer sans repenser le rôle et la place de la formation (en particulier des filières courtes) et de la recherche technologique.

Enfin, dernier paradoxe, et pas des moindres, cette **réindustrialisation** doit s'opérer dans un contexte mondial de **lutte contre le dérèglement climatique**. Notre pays a l'impérieux devoir de **mener de front les deux activités**. Beaucoup pensent que la technologie est à la base d'une croissance industrielle mal

---

<sup>5</sup> Il est d'ailleurs très regrettable que ce manque de culture scientifique affecte en très grande partie le monde politique et celui des médias !

<sup>6</sup> La suppression d'une heure de technologie en classe de sixième au profit d'un rattrapage dans les matières fondamentales en est une preuve supplémentaire.

<sup>7</sup> Même si, dans ce domaine, on doit penser plus généralement au niveau européen [DRAGHI 2024].

maîtrisée, qui a conduit à l'état climatique que nous connaissons. Si on peut comprendre et admettre cette position, nous sommes cependant de ceux qui considèrent que l'innovation technologique sera, dans les deux cas, un des leviers indispensables de progression.

Ces observations sur la technologie méritent d'engager une analyse et une réflexion afin d'en comprendre un peu mieux les causes. Elles procèdent, comme nous le verrons, essentiellement d'une vision dépassée en France des interactions entre science et technologie, ainsi que d'une conception trop restreinte des liens entre technologie et société. Un des enjeux essentiels pour reconnecter et réconcilier durablement le pays avec la technologie réside avant tout dans la formation. À cet égard, l'ensemble du dispositif doit être repensé autour des écoles d'ingénieurs qui restent le fleuron indiscutable des formations technologiques en France.

Organisée en cinq parties, cette étude débute par une tentative de définition de la technologie, à partir de laquelle on pourra, dans un deuxième temps, conduire une réflexion constructive sur les problèmes de formation, à commencer par le secondaire. Un portrait des écoles d'ingénieurs est ensuite dressé ; il est assez éloigné de la perception qu'en a communément la société. Le point est mis sur l'originalité de ces dernières formations qui les distinguent singulièrement dans le système d'enseignement supérieur français. Les formations supérieures technologiques sont évoquées ensemble dans la quatrième partie pour constater leurs difficultés à mettre sur le marché du travail les techniciens qu'elles forment. Enfin, une comparaison internationale est esquissée, mettant en lumière les composants d'une certaine exception française.

Enfin, l'épilogue propose quelques éléments de réflexion prospective susceptibles de redonner agilité, dynamisme et efficacité à notre système de formation technologique, pour le rendre capable d'affronter les défis qui nous font face.



## PREMIÈRE PARTIE

### La Technologie : de quoi parlons-nous ?

Au fil des siècles, le mot technologie a recouvert plusieurs significations. Le but ici n'est pas d'en étudier les différentes acceptions. Nous nous bornerons dans cette partie à préciser la définition que nous retiendrons dans ce document. Au-delà de la classique interaction entre « technique » et « science » à laquelle certains auteurs ajoutent « l'usine » [SALOMON 1992], nous estimons que la technologie ne peut plus se penser et se développer sans prendre en compte ses interactions multiples et diverses avec la société.

Historiquement, deux démarches ont structuré et stimulé l'évolution « rationnelle » de l'humanité. L'une s'est risquée à modifier le monde qui l'entourait, l'autre a tenté de le comprendre tel qu'il était. Ainsi, « Homo sapiens » a d'abord été très longtemps « Homo faber ». Il a mis son intelligence au service de l'élaboration constante de nouveaux outils et de nouveaux procédés ou techniques. Bergson affirme même que l'apparition de l'outil correspond à l'apparition de l'intelligence : *si l'humanité est capable d'inventions, cela suppose qu'elle soit capable d'élaborer en elle des idées, des objets, des processus qui n'existent pas encore, mais qui se révéleront cependant utiles* [BERGSON 1907]. Cette **invention** permanente montre que l'« Homo faber » ne se contente pas de ce qu'il est, mais qu'il modifie sans cesse son milieu, son existence. C'est ainsi le seul être naturel qui se libérera de sa nature par la technique. Cette dernière sera, dans les premiers temps, formulée de manière purement empirique, sa transmission se faisant essentiellement par compagnonnage.

Ultérieurement, une démarche initiée, entre autres, par les philosophes grecs cherche à comprendre le monde naturel qui les entoure : le cours des saisons, la configuration du ciel, ...Ils jettent les bases de nombreuses branches des sciences et mettent en évidence des méthodes pour les développer. Très vite, les mathématiques sont installées comme principe fondamental des sciences et de l'ordre du monde [PLATON 358 av. JC]. Les sciences dites naturelles sont développées en mettant en avant les notions d'hypothèse et de réfutation, mais également d'expérimentation et de protocole. La notion de raisonnement se développe dans le monde abstrait de la logique formelle. La science développe ainsi un corpus évolutif de connaissances **découvertes** selon des méthodes rigoureuses et transmissibles dans les livres et dans les universités.

Il apparaît clairement que les objectifs de ces deux démarches sont différents [JOLIOT 2011]. Pour autant, elles ont eu dans l'histoire de nombreuses interactions qui, contrairement à une idée souvent répandue, n'ont pas été à sens unique. Certains savants ont été de très inventifs ingénieurs et, à

l'inverse, de grands ingénieurs ont fait avancer les connaissances de façon significative<sup>8</sup>. Deux situations se confrontent dans cette histoire commune, il convient de les distinguer. Tout d'abord, un jalon, difficile à dater précisément, à partir duquel « *un ensemble d'objets et de procédés techniques ont été fondés par une connaissance scientifique* » [RAYNAUD 2016]. C'est cette approche que nous choisirons, en première approximation, pour préciser le terme « **technologie** ». Par ailleurs, et de manière duale, on constate au fil de l'histoire une succession de cas où une nouvelle connaissance n'a pu être découverte que par le biais d'inventions techniques<sup>9</sup>. Cette complémentarité n'a cependant pas empêché que se développe l'adage selon lequel la technologie est le champ d'application de la science. Cette hiérarchie existait déjà chez les Grecs et elle n'a cessé de se conforter, en particulier en France, où elle est en grande partie à l'origine du déclassement de la technologie dans l'opinion publique. Elle sous-tend également les nombreux paradoxes évoqués dans l'introduction et induit une conception trop simple du processus d'innovation.

Nous défendons l'idée que la technologie se trouve en fait au carrefour de trois grands domaines qu'il est difficile de séparer tant leurs interactions permanentes sont nombreuses :

- La **Technique** : vue comme **l'invention permanente** d'objets, d'outils, de systèmes, de méthodes qui augmentent les capacités physiques et intellectuelles humaines.
- La **Science** : vue comme un ensemble cohérent et évolutif de **connaissances** permettant de **valider** des dispositifs technologiques ou d'en **inspirer** éventuellement de nouveaux. Notons que ce point de vue confère à la science une position ancillaire.
- La **Société** : vue comme un ensemble **d'usages** potentiels permettant de **valoriser** une invention donnée, mais également comme un ensemble de **valeurs** doté d'une capacité permanente de **critique** et de **régulation** de ces usages.

Cette énumération peut s'illustrer par le tétraèdre suivant dont le sommet est la technologie. Elle s'appuie et se développe sur trois bases interdépendantes : la Technique, la Science et la Société.

Dans ce schéma, cette approche de la technologie propose une grille d'analyse que nous allons utiliser dans la suite de cet exposé. En particulier, il apparaît que la technologie hérite du concept d'invention dont on a vu qu'il était propre à la technique.

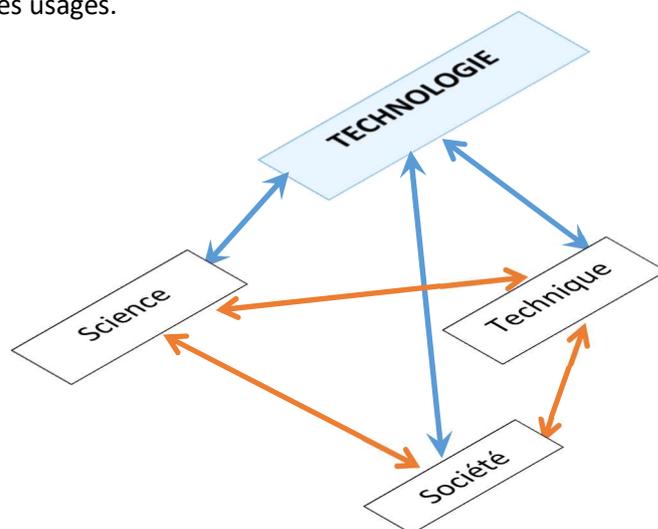


Figure 1 Tétraèdre de la Technologie

Une idée reçue concernant l'invention technologique résulte de son enfermement dans un processus purement linéaire qui, partant d'un résultat de recherche fondamentale, conduit à un objet, ou un

<sup>8</sup> En France, plusieurs prix Nobel étaient des ingénieurs de formation : Frédéric Joliot-Curie, Maurice Allais, Georges Charpak, Louis Chauvin, Jean-Pierre Sauvage.

<sup>9</sup> C'est ainsi que la machine à vapeur a précédé les œuvres de Carnot et de Joule, que les premiers avions ont volé avant que l'aérodynamique n'existe, etc. Sur cette interaction entre les postures technique et scientifique, on consultera [BAUDET 2016] et [GOFFI 1988].

processus, via des étapes de recherche appliquée et par la suite de développement. Ce modèle s'est imposé, en particulier aux États-Unis, où il a inspiré le développement de la recherche (il s'agit du fameux rapport Bush [BUSH 1945]) à la fin de la Seconde Guerre mondiale. Mais, depuis cette époque, la réflexion sur ce sujet a notablement progressé et le schéma initial de V. Bush a été remplacé par des schémas plus interactifs et moins hiérarchiques, comme celui proposé, par exemple, par Donald E. Stokes [STOKES 1997] :

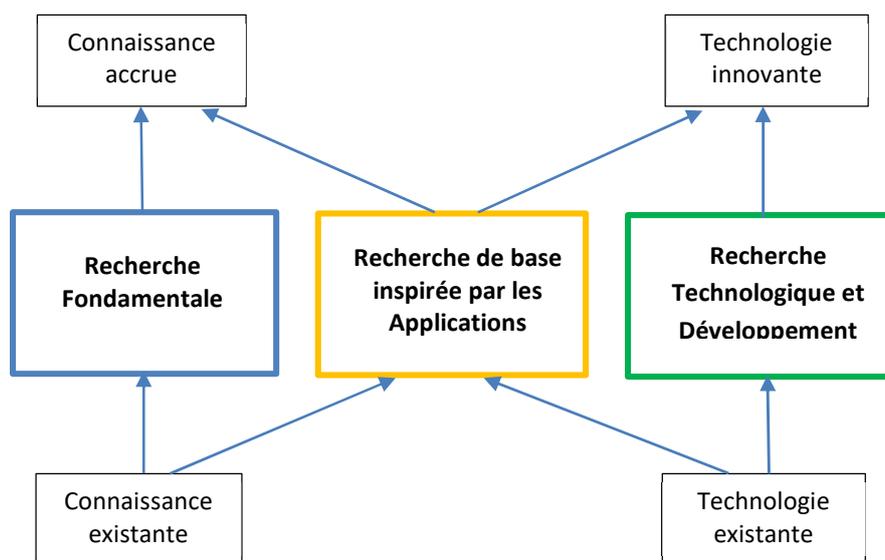


Figure 2 Schéma de Stokes

Dans ce schéma, recherche fondamentale et recherche technologique se développent parallèlement. Cependant, ces deux trajectoires peuvent être fortement couplées par l'intermédiaire de la recherche guidée par les applications.

Une invention technologique a un premier rapport avec la société, c'est le concept de valorisation, on parle alors d'**innovation technologique**. Ainsi, il est habituel de dire qu'une innovation est une invention qui a « trouvé son marché ».

Comme nous l'avons fait pour la technologie, nous défendons l'idée que le développement de l'innovation technologique implique l'interaction maîtrisée de trois grands domaines.

- L'Enseignement : vu comme une quête permanente d'équilibre entre **l'acquisition de connaissances de base** en science et technique et un **entraînement à la créativité** par le biais de projets et/ou d'approches dédiées comme le design thinking....
- La Recherche : vue comme le développement de connaissances **pluridisciplinaires** guidées par les usages et de solutions inventives comme l'indique la partie droite du schéma de Stokes.
- L'Entreprise : vue comme pourvoyeur d'expression de nouveaux **besoins** et comme le lieu de **validation** de nouvelles innovations et **d'accueil et d'emploi** pour les étudiants.

Cette définition peut être schématisée par le tétraèdre suivant dont le sommet est l'innovation. Elle s'appuie et se développe sur trois bases interdépendantes : l'Enseignement, la Recherche et l'Entreprise.

Le rapprochement de ce schéma avec celui de la figure n°1, réduit l'acceptation sociétale d'une innovation à sa seule dimension marchande, faisant ainsi du marché le régulateur principal. Cette approche a soutenu la compétitivité des entreprises, et ainsi contribué au développement économique. Elle a été encouragée par l'État qui a proposé divers outils institutionnels visant à rapprocher et à mettre en synergie enseignement, recherche et entreprises (loi sur l'innovation (1999), pôles de compétitivité, instituts Carnot, IRT ...).

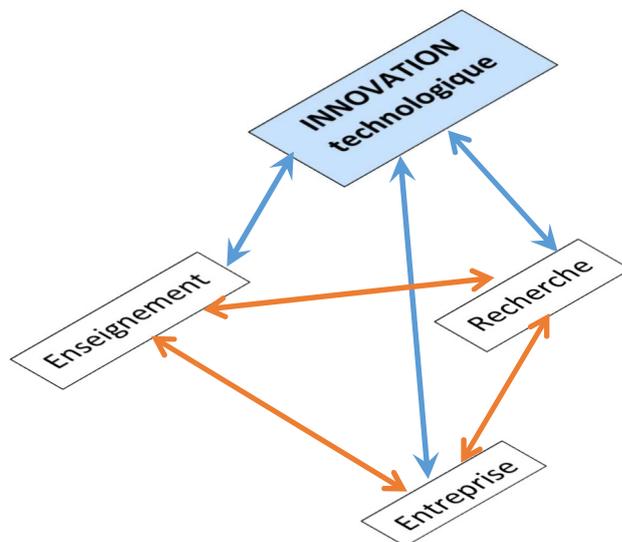


Figure 3 Tétraèdre de l'innovation

Longtemps, les changements induits par la technique se sont réalisés dans le cadre de l'évolution relativement lente de ce qu'il convient d'appeler le progrès. Notons qu'une bonne partie de l'humanité, ne disposant pas des connaissances et des moyens actuels de communication, n'en saisissait pas nécessairement les tenants et les aboutissants. Une forme de confiance dans le progrès régnait puisqu'il était globalement porteur de « mieux être ». Ce n'est plus le cas. La société en est maintenant à un stade dans lequel les effets et les conséquences de l'utilisation massive et incontrôlée de certaines technologies influencent notablement notre environnement géographique et sociologique. Par ailleurs, on assiste à une accélération importante de l'innovation technologique qui concerne maintenant de nombreux domaines et qui ne pose plus à l'homme la seule question de savoir ce qui est « bon » pour lui, mais de ce qui est « bon » pour la planète. Cette accélération et ce changement d'échelle sont la source d'un climat de technophobie qui s'installe dans la société et plus particulièrement chez les jeunes. Ce rejet et cette méfiance se portent également sur la formation et la recherche technologique, ce qui pourrait expliquer en grande partie la désaffection des jeunes pour ce type d'études.

Face à ce constat, deux attitudes au moins s'affrontent. La première est portée par une partie de la société qui ne souhaite pas s'inscrire dans un schéma dans lequel la raison technique aurait réponse à toutes les questions existentielles que les citoyens se poseraient. Dans ce courant, la dialectique éristique de l'écologie radicale vise à nous convaincre que la solution réside dans le rejet du développement technologique et l'adoption d'une forme de décroissance. La seconde attitude, au contraire, défend l'idée que les méfaits d'un usage inconsidéré de la technologie peuvent être combattus par la technologie elle-même, par son usage raisonné associé à une sobriété bien pensée et bien acceptée. Autrement dit, **si les problèmes de la planète sont d'origine humaine et technologique, alors la solution ne peut être, elle aussi, qu'humaine et technologique.** Le concept de

« Right Tech » [CAMPILLO 2019] développe cette approche en prônant « *d'intégrer très en amont dans les étapes d'innovation la recherche par la simplicité du meilleur équilibre entre trois champs de contrainte que nous estimons majeurs aujourd'hui pour les entreprises : la compétitivité prix du produit ; l'alignement avec les attentes du client ; la limitation volontaire et anticipée de l'impact sur l'environnement* ».

Nous retiendrons deux questions essentielles que cette approche implique. La première est de nature politique : comment développer, encadrer, orienter le développement technologique pour diminuer considérablement les usages passés, présents et potentiellement à venir, néfastes pour la planète ? Le défi politique est de taille. Il s'agit de promouvoir des valeurs écologiques et de convaincre l'ensemble de la société de leur bien fondé, tout en conciliant cette démarche avec la dynamique du marché portée par l'innovation technologique.

De nature politique, ce sujet n'est pas l'objet de cette note, mais il conditionne fortement la seconde question : **comment, dans ce contexte, redonner le goût de la science et de la technologie à la jeunesse de notre pays ?**

Il est urgent que nos dirigeants comprennent que ce sujet affecte au premier chef notre future indépendance industrielle

A propos des **formations** qui sont l'objet de cette étude, il s'agit de celles que l'on qualifie de **technologiques** – et professionnelles - mobilisant principalement les sciences dites "**dures**", allant des mathématiques aux sciences de la vie, en passant par l'informatique, la physique et la chimie<sup>10</sup>. Cette précaution est indispensable puisqu'en France on a pris l'habitude d'utiliser les étiquettes « technologique » (les IUT) ou « technicien » (les STS) pour toutes leurs spécialités, aussi bien de « production » que de « service ».

Pour notre part, nous ne ciblons ici que les formations dites aussi « industrielles », c'est-à-dire, pour ce qui concerne **l'enseignement supérieur**, les spécialités classées dans la catégorie « production ». Par ailleurs, en termes de compétences (RNCP) sont visés les niveaux 5 et 6, c'est à dire les DUT/BUT et licence professionnelle, et les BTS de ces spécialités. Au niveau du grade de master les diplômes d'ingénieurs constituent bien sûr pour nous l'essentiel des formations technologiques et professionnelles de niveau RNCP 7<sup>11</sup>. Cette population de formations fait l'objet des parties III et IV dans l'espace français, puis de la partie V avec la dimension comparative internationale.

Toutefois, pour avoir une vision globale de la filière technologique en France, il est indispensable de placer dans le champ de cette étude **les formations secondaires** qui se trouvent en amont. Relevant du CAP et des trois séries du baccalauréat – niveaux RNCP 3 et 4 – ces formations font l'objet de la partie II qui suit.

---

<sup>10</sup> Depuis quelques années, dans les pays anglo-saxons, ces domaines sont de plus en plus assemblés sous l'acronyme STEM, pour Science-Technology-Engineering-Mathematics. En France il a donné STIM, où le I de « Ingénierie » remplace le E de « Engineering ».

<sup>11</sup> En amont cela inclut les CPGE scientifiques dont elles constituent le débouché principal, comme l'illustre l'apparition du sigle SI accolé à ceux des séries scientifiques pour la première année. Cela dit, ce n'est pas le moindre des paradoxes de l'esprit français que de ne pas penser spontanément à cet ensemble lorsque l'on parle de technologie. Conformément à l'acceptation que nous donnons ici à ce terme cet ensemble historique en constitue pour nous l'incarnation.



## DEUXIÈME PARTIE

Là où tout commence :

### la formation technologique dans le second degré

Au Moyen Âge et jusqu'au début de l'époque moderne, l'activité économique non agricole était représentée par l'artisanat et le commerce. Les formations professionnelles associées s'effectuaient sous la forme de l'**apprentissage** et reposaient essentiellement sur l'*imitatio*.

À partir du 17<sup>e</sup> siècle, pour répondre à un besoin accru de main d'œuvre qualifiée, apparurent les premières écoles d'enseignement technique, à l'initiative des communes (écoles de dessin au mitan du 18<sup>e</sup> siècle) ou au sein des écoles primaires des ordres religieux.

Ce fut le début du phénomène de scolarisation de la formation professionnelle.

Au niveau supérieur, c'est à l'**action de l'État monarchique** que l'on doit l'invention des écoles d'ingénieurs, institutions nouvelles dédiées à la formation des ingénieurs dont il avait besoin. Selon les formules d'Antoine Prost [PROST 1968], il s'agissait de l'apparition des « écoles du gouvernement », l'État étant déjà à l'époque le « premier employeur de France ». Les principales furent les écoles d'artillerie dès 1725, du Génie (École royale du génie de Mézières) et bien sûr l'École des Ponts et Chaussées en 1747 (pour alimenter le Corps des Ponts créé en 1716) suivie de l'École des Mines de Paris en 1783. Conformément à l'analyse toquevillienne, la **Révolution et l'Empire** organisent ensuite cet **héritage** en système, autour de l'École Polytechnique.

Historiquement, la formation supérieure technologique a toujours été attractive. Avec la Médecine, ce sont deux modèles français de formation qui ont fait école dans le monde entier. Les évolutions successives, la diversité des Écoles, l'élévation de leur niveau de recrutement et d'études, leur ouverture sur la recherche font qu'elles relèvent pleinement, pour le secteur public, d'un ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Nous reviendrons dans la suite sur leurs problématiques propres.

Dans un passé peu éloigné, la formation technologique était également attractive dans le secondaire. Elle procurait de nombreux débouchés et, de plus, participait à l'ascension sociale des jeunes issus de milieux modestes. Aujourd'hui, ces atouts ont quasiment disparu et il faut comprendre pourquoi nous en sommes arrivés là.

On regroupe traditionnellement sous le terme « enseignement technique » les dispositifs partiellement ou totalement scolarisés, délivrant des savoirs et des savoir-faire initiaux à orientation professionnelle dans les domaines agricole, commercial et industriel [LEMBRE 2016]. Nous laisserons

de côté dans cette étude les composantes commerciale et agricole qui ont leurs spécificités propres, pour nous concentrer sur les formations technologiques à finalité industrielle.

Sans rentrer dans une étude exhaustive de ce que l'on appelait l'enseignement technique jusqu'en 1971, date à laquelle est promulguée la Loi d'orientation de l'enseignement technologique, il est intéressant d'en rappeler brièvement les origines et d'en dégager les propriétés spécifiques.

## 1 — Bref historique

Les origines de cet enseignement sont multiples, autant dans le temps que dans l'espace. Cependant, s'il faut en citer une, c'est l'initiative du Duc de La Rochefoucauld-Liancourt [LEMBRE 2016] qui est sans doute à retenir. C'est d'un séjour en Angleterre, où il put observer des ateliers-écoles, qu'il ramena l'idée d'une école dispensant un enseignement général technique et élémentaire en posant l'enjeu de la place des ateliers dans l'enseignement scolaire. Une première école d'Arts et Métiers fut créée en 1780. Dans un premier temps, ces écoles s'adressaient aux ouvriers et proposaient une formation élémentaire pour de futurs contremaîtres. Puis le recrutement s'élargit au primaire supérieur et le niveau de formation s'éleva avec une vocation industrielle renforcée dans les années 1870 pour former des techniciens généralistes à la fin du siècle. C'est finalement en 1907 que fut délivré le premier brevet d'ingénieur des Arts et Métiers.

L'ENSAM<sup>12</sup> est implantée aujourd'hui sur huit campus répartis sur le territoire national. Il est intéressant de noter que l'école a lancé un projet innovant qui renoue, en les modernisant, avec les idées du Duc de La Rochefoucauld-Liancourt : c'est le concept « *d'Evolutionary Learning Factories* », concept vers lequel chaque campus devrait évoluer. L'idée est de développer des environnements technologiques proches des lignes de production industrielle qui tirent profit de l'impact considérable du numérique. Ainsi, si les technologies ont formidablement évolué depuis plus de deux siècles, les principes de formation restent invariants.

Au-delà de la belle histoire des écoles des Arts et Métiers, retenons que le modèle initial a également inspiré en son temps bon nombre « d'écoles pratiques du commerce et de l'industrie », « centres d'apprentissage », « collèges techniques », « écoles nationales professionnelles », « lycées techniques » ... qui ont conduit, comme on le verra ci-dessous, à nos actuels « lycées technologiques » et « lycées professionnels ».

Cet enseignement était localement soutenu et influencé par les milieux professionnels qui avaient bien sûr un intérêt à ce que les jeunes élèves soient préparés au mieux dans la perspective d'une future embauche. Les collectivités locales ainsi que les chambres de commerce et d'industrie se sont également investies dans ces formations, de même que certains syndicats en particulier au sortir de la dernière guerre mondiale. Au sein même de l'appareil d'État, deux administrations vont s'affronter, celle de l'Instruction Publique et celle du Commerce et de l'Industrie. Ce ministère bénéficie d'un arbitrage favorable en 1900, lorsqu'il obtient la tutelle de toutes ces écoles. Pourtant, il ne s'agira là que d'une victoire à la Pyrrhus puisqu'en 1919 est créé un sous-secrétariat d'État à l'enseignement technique, lequel est rattaché au ministère de l'Instruction Publique, dont les ambitions seront accrues

---

<sup>12</sup> École Nationale Supérieure des Arts et Métiers

après le changement d'appellation en « Éducation Nationale » en 1932. De fait, le processus de « phagocytage » pouvait commencer, même s'il fut masqué durant quarante ans par le fait que, sous la protection politique que lui procurait le sous-secrétariat, l'enseignement technique a constitué un quatrième ordre d'enseignement indépendant, géré par une direction spécifique. Pendant toute cette période (1919 – 1959) l'enseignement technique s'est ainsi construit comme une filière scolarisée – en partie ou totalement – autonome et élitiste [LEMBRE 2016]. **Ces derniers attributs furent abolis en 1959 dans le cadre de la réforme Berthoin de janvier 1959.** Après avoir rappelé quelles étaient les spécificités de cet enseignement technique, l'objet de cette seconde partie est d'examiner comment elles ont été "liquidées" au sein de l'appareil du ministère de l'Éducation Nationale dès le début des années soixante.

## 2 — Quelles en étaient les principales caractéristiques ?

- Une filière sélective, en partie dès la sortie de l'école primaire
- Un corps d'enseignants formés spécifiquement et où la participation de professionnels était la règle.
- Une diversité de formations adaptées à un maillage fin du territoire en forte proximité avec le tissu industriel local<sup>13</sup>.
- Un outil d'ascension sociale
- Une autonomie de fonctionnement

Comment ces caractéristiques ont-elles évolué ?

- La diversité des formations associées à la massification de l'éducation, a été perçue comme un facteur de reproduction des inégalités sociales. La volonté d'uniformiser les parcours a progressivement pris le dessus au prétexte d'égaliser les chances. Affirmer que les différences d'origine sociale et culturelle, considérées comme la source de l'inégalité, pouvaient être réduites par une offre uniforme d'éducation a constitué un contre-sens historique dont notre système de formation ne s'est jamais vraiment remis. Dans ce grand élan d'uniformisation, dont l'État français a le secret, la formation technologique a été au fil du temps plongée dans la formation générale et selon Yves Malier [MALIER 2017] : « *Les différentes expériences montrent que lorsqu'on plonge la technique dans l'enseignement général, elle s'y dissout* ». Cette dissolution a progressivement effacé les principales caractéristiques énoncées ci-dessus. La massification du système éducatif dans lequel la formation technique a été fondue supprime l'idée de sélection, comme le note Lembré [LEMBRE 2016] : « *L'enseignement technique, souvent sélectif auparavant, a été contraint d'accueillir un grand nombre d'élèves qui n'auraient auparavant pas poursuivi leur scolarité au-delà de quatorze ans ou n'auraient pas fréquenté l'enseignement secondaire. La suppression en 1967 de l'examen d'entrée dans les CET<sup>14</sup>, favorise l'identification de cette filière à une voie de relégation dans laquelle on est orienté ou on s'oriente par défaut* ». Par ailleurs, comme le note Christian Hamon dans son essai sur le Baccalauréat technique [HAMON 2015], « *Des études plus longues sont nécessaires dans l'enseignement technique pour obtenir une reconnaissance équivalente à un*

<sup>13</sup> Concernant le rôle du monde industriel, voir [TROYER 1989]

<sup>14</sup> Collège d'Enseignement Technique

*diplôme de l'enseignement général* ». Voilà les principaux faits qui ont fortement affecté le niveau de recrutement des lycées techniques et qui ont transformé une orientation choisie en orientation par défaut.

- L'existence d'un corps d'enseignants dédiés s'est progressivement lui aussi dilué dans une formation unique baptisée IUFM<sup>15</sup> devenue depuis INSPE<sup>16</sup>. Certes, des options existent pour l'enseignement technique, baptisé pour la circonstance sciences industrielles de l'ingénieur. Quatre options, parmi quinze autres, sont proposées pour le CAPET<sup>17</sup> : ingénierie des constructions, ingénierie électrique, ingénierie informatique, ingénierie mécanique. Par ailleurs, la participation des professionnels à ces formations reste minime.
- Les parties prenantes locales (collectivités, chambres de commerce ...) s'étant *de facto* éloignées de ces formations, le maillage et l'adaptation aux réalités industrielles du territoire ne sont plus nécessairement de mise.
- La voie générale étant la voie de la réussite par excellence, la voie technologique est un choix par défaut qui ne porte plus nécessairement l'idée d'ascension sociale.
- Le mode de gouvernance de l'Éducation Nationale s'est progressivement imposé, ôtant toute velléité d'expérimentation.

**Le « Mammouth »<sup>18</sup> a donc en quelques décennies digéré l'enseignement technique !**

Il y a de multiples explications à cette évolution [LEMBRE 2016] et force est de constater l'affaiblissement des formations technologiques du secondaire auxquelles ces réformes structurelles successives ont abouti. La formation technologique est vue maintenant, dans l'opinion publique, comme une forme dégradée de la formation générale. La tutelle de l'État n'a pas remplacé le dynamisme et l'efficacité des acteurs économiques et des élus territoriaux. Pourtant ceux-ci ont un intérêt évident dans le développement de formations technologiques performantes, de proximité et adaptées aux spécificités de leur territoire.

### 3 — Organisation actuelle et performance de l'enseignement secondaire

Pour avoir une idée globale des performances de notre « système » d'enseignement secondaire, nous proposons de suivre la démarche suivante : décrire la structure fonctionnelle du système, mesurer le niveau des élèves à l'entrée du système, mesurer la performance du système en termes d'effectifs et de résultats au baccalauréat et enfin évaluer la qualité de la jonction de ce système avec celui de l'enseignement supérieur.

---

<sup>15</sup> Institut Universitaire de Formation des Maîtres

<sup>16</sup> Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation

<sup>17</sup> Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement Technique

<sup>18</sup> L'expression désigne le Ministère de l'Éducation Nationale, elle a été introduite par Bernard Toulemonde dans son livre « Petite histoire d'un grand ministère. L'Éducation nationale » en 1988. Elle a été reprise en 1997 par le Ministre Allègre qui lui voulait « dégraisser le mammouth ».

**Structure fonctionnelle :**

Elle est résumée par le schéma suivant :

<b>Bac Général</b>	<b>Bac Technologique</b>	<b>Bac Professionnel</b>	<b>Brevet Professionnel</b>
Terminale générale	Terminale technologique	Terminale professionnelle	Brevet professionnel
Première générale	Première technologique	Première professionnelle	CAP 2 <sup>ème</sup> année
Seconde générale et technologique		Seconde professionnelle	CAP 1 <sup>ère</sup> Année
Lycée Général	Lycée Technologique	Lycée Professionnel	CFA CENTRE DE FORMATION D'APPRENTIS
<b>COLLÈGE</b>			

*Structure fonctionnelle de l'enseignement secondaire*

On retrouve en amont à la base de ce schéma les quatre années du socle commun que constitue le Collège Unique instauré en 1975. Puis la filière historique de l'apprentissage mise en place en 1919 via le CAP, suivi du Brevet Professionnel créé en 1927. On retrouve la filière non moins historique (1808) du Bac général, dont le contenu et l'organisation ont été très souvent modifiés au fil des années. Vient ensuite la filière du Bac Technologique qui date de 1968 et qui a subi bon nombre de transformations depuis sa création. Enfin, la filière du Bac Professionnel fondée en 1985, fait l'objet d'une importante modification en 2024.

**Mesure du niveau des élèves à l'entrée :**

Cette taxonomie étant établie, examinons le niveau des élèves entrant en sixième. Les statistiques de la DEPP<sup>19</sup> répartissent les élèves en trois groupes : « satisfaisant », « fragile » et « à besoins », ce dernier groupe rassemble les élèves qui auront besoin d'accompagnement dès le début de l'année. Nous nous intéressons aux résultats de l'année 2022.

En français, cinq catégories sont proposées. Pour trois d'entre elles : compréhension de l'écrit, lexique et compréhension de l'oral, 51 % des élèves ont un niveau satisfaisant. Ce pourcentage se réduit à 38,5 % pour la grammaire et 34,8 % pour l'orthographe. En mathématiques, il est proposé là aussi cinq catégories, nous les donnons toujours avec le pourcentage de « satisfaisant » : Automatismes (67 %), Résolution de problèmes (44,9 %), Nombres et calculs (52,4 %), Espace et géométrie (38 %), et enfin Grandeurs et mesures (54,8 %).

<sup>19</sup> Direction de l'Évaluation, de la Prospective et de la Performance

Nous mettons en relief dans cette étude les faiblesses parfois importantes du système d'enseignement secondaire et ce aussi bien en termes d'organisation qu'en termes de résultats. À sa décharge, il convient de constater le faible niveau, d'environ la moitié, des élèves qui y sont admis.

### Mesure de la répartition et du niveau des élèves en sortie :

Le tableau ci-dessous résume sur une génération les évolutions d'effectifs et de résultats des différentes filières du baccalauréat :

Série	Année 1995	Pourcentage de réussite	Année 2020 Année 2022	Pourcentage de réussite
Générale	287 046	75,1	384 158	97,6
			381 221	96
Technologique dont Production	138 267	75,5	149 272	94,8
			141 978	90,4
Professionnelle dont Production	67 096	72,7	188 841	90,4
			186 200	82,2

*Évolution des effectifs et résultats selon les filières du Bac. Stat 2022 RERS*

Ces données appellent plusieurs remarques.

La première, qui saute aux yeux, est que le pourcentage de réussite au Bac, toutes filières confondues, augmente en moyenne de 25 % en 25 ans. D'aucuns pourraient alors imaginer que l'ensemble de ce dispositif est d'une redoutable efficacité ! Nous savons qu'il n'en est rien. Les quatre auteurs de la présente étude ont, en qualité de professeurs des Universités, présidé des jurys de Bac dans différentes académies. Ils ont pu constater le faible niveau de beaucoup de candidats ainsi que les arrangements de notes pour en repêcher le plus possible, le tout sous la houlette des rectorats. Ajoutons à cela que **80 % d'une classe d'âge possède le baccalauréat**. On aura compris que ces résultats sont avant tout la conséquence d'un choix politique, plutôt que le reflet de résultats satisfaisants du système de formation.

La seconde remarque porte sur le constat suivant : les séries « Générale » et « Professionnelle » ont absorbé en grande partie l'évolution des effectifs, cantonnant la filière « technologique » à une progression négligeable de 1,5 %. Ce résultat souligne le manque crucial d'attractivité de cette filière. Par ailleurs, aussi bien dans la série « Technologique » que dans la série « Professionnelle », la part des bacheliers relevant des services est plus importante (de l'ordre des 2/3 dans la série « Technologique ») que la part de ceux qui relèvent de la production. On peut légitimement considérer que cet écart est en grande partie le reflet de la désindustrialisation du pays. En effet, durant cette période, notre pays a perdu la moitié de ses usines et un tiers de ses emplois industriels. Nous reviendrons à plusieurs reprises sur ce point important dans la suite de l'étude.

Enfin, pour l'année 2019-2020, près de 23 000 élèves de terminale avaient opté pour la spécialité sciences de l'ingénieur. Ils étaient un peu moins de 8 000 un an plus tard après l'entrée en vigueur de la réforme du Bac. Cet effectif représente seulement 2 % des élèves de terminale générale. Dans ce très faible pourcentage, les filles sont huit fois moins présentes que les garçons.

Ces quelques remarques montrent que l'affirmation d'Yves Malier est, une fois de plus, parfaitement vérifiée : *l'enseignement technologique non seulement s'est dissout dans l'enseignement général, mais de plus, il en est devenu la branche la plus faible et la moins attractive.*

### **Qualité de la jonction avec l'enseignement supérieur**

Désormais, environ 80 % des bacheliers s'engagent dans des études supérieures. Ces dernières concernent désormais plus des deux tiers d'une classe d'âge. À ce propos, deux tendances sont à retenir. Il y a tout d'abord la baisse significative du nombre d'inscriptions des titulaires du Bac Général en première année d'IUT (de 10,6 % en 2010 à 7,4 % en 2021), corrélée à l'augmentation des inscriptions des titulaires du Bac Technologique (de 9,8 % à 14,4 %, sur la même période)<sup>20</sup>. Par ailleurs, on constate également une forte propension – environ un sur deux selon la DEPP - pour les bacheliers professionnels à poursuivre leurs études, en particulier vers les STS.

Ce dernier phénomène prouve que le Bac, même professionnel, n'est pas synonyme d'employabilité. Nous le précisons dans la quatrième partie, d'une manière générale la course à la première diplomation professionnalisante vise maintenant le niveau Bac +2 ou Bac +3, et même au-delà.

Pour clore ce paragraphe, nous devons mentionner la forte poussée de l'enseignement privé. Dans le secondaire, c'est 17,6 % des élèves qui suivent leur scolarité dans un établissement privé. Dans le supérieur, c'est plus d'un quart, et ces chiffres sont en progression constante depuis une trentaine d'années. Concernant les formations technologiques, cette augmentation peut s'expliquer en partie par leur caractère professionnalisant et par la politique récente du gouvernement en faveur de l'apprentissage.

Par ailleurs, une enquête de PISA en 2012 a montré qu'il y avait un écart de 31 points entre le privé et le public. On sait qu'il y a plus d'enfants issus de milieux aisés dans le privé que dans le public, mais ce n'est pas la seule explication. En effet, si on neutralise ce critère social, le privé a toujours de meilleurs résultats que le public.

À ce fiasco organisationnel s'est ajouté un échec pédagogique concernant deux grandes branches des sciences qui constituent des socles majeurs pour les formations technologiques (voir Figure 1, Tétrahèdre de la Technologie) : les mathématiques et l'informatique.

## **4 — Les mathématiques : quand le mieux est l'ennemi du bien.**

Les plus anciens se souviennent de l'introduction des mathématiques modernes au lycée (1969-1984) et de ses conséquences catastrophiques dans l'enseignement secondaire et supérieur.

Sur la base des travaux du groupe Bourbaki (fondé en 1935), dont l'objectif visait une redéfinition cohérente, structurée et axiomatique des mathématiques, fondée sur la théorie des ensembles, la

---

<sup>20</sup> Ceci correspond à l'obligation faite en 2016 aux IUT et STS d'accueillir un quota minimal de bacheliers professionnels et technologiques.

« Commission Lichnerowicz » (1967-1973) imposa une profonde réforme de l'enseignement des mathématiques [ENFERT 2011]. Terminé l'apprentissage des quatre opérations de base, finie la géométrie euclidienne, place aux ensembles, aux axiomes, aux structures ! Notons que Bourbaki ne préconisait pas une telle révolution. Il est bien entendu facile de réinterpréter l'histoire. Mais, comment croire que cette construction des mathématiques, fruit d'un travail colossal d'abstraction et de structuration conduit par une brochette de mathématiciens parmi les plus doués du moment, pouvait servir de base à l'enseignement des mathématiques, et ce, dès l'école primaire [THOM 1970]. L'expérience n'a heureusement pas duré trop longtemps, mais l'enseignement des mathématiques ne s'en est jamais vraiment remis. De fait, l'échec des maths modernes a eu comme principale répercussion de condamner irrévocablement la sélection par les maths là où ces dernières n'étaient pas essentielles, ce qui peut être considéré positivement. Plus grave cependant, d'aucuns ont remis en cause l'intérêt d'enseigner les mathématiques. Ce choc en retour a ainsi provoqué une diminution drastique des horaires d'enseignement des mathématiques, jusqu'à devenir optionnel dans les dernières classes du lycée (2022). Cet enseignement revient sur la pointe des pieds (1 h 30) dans le tronc commun de la filière générale à la rentrée 2023. Ajoutons à cela des professeurs des écoles aux cursus majoritairement littéraires, et donc peu à l'aise dans l'enseignement des mathématiques. On aura alors compris les résultats désastreux de nos écoliers et collégiens dans les évaluations internationales concernant le niveau de mathématique.

Ces études mettent en évidence les conséquences de cet enchaînement de décisions consternantes. La plus récente, PISA<sup>21</sup> 2022, mesure l'efficacité des systèmes éducatifs. Cette étude a été lancée à l'initiative de l'OCDE en 2000. Depuis cette date, le score en mathématiques des élèves français a régulièrement baissé, passant de 517 en 2000 à 480 en 2022, classant la France au 22<sup>e</sup> rang des pays de l'OCDE. Par ailleurs, l'étude internationale TIMSS<sup>22</sup> mesure, entre autres, depuis 1995, les performances en mathématiques des élèves de CM1 et de 4<sup>e</sup>. Les résultats de 2024 ont confirmé l'inexorable baisse de niveau en France ce qui nous place dans le peloton de queue des pays de l'OCDE. Par ailleurs, l'enquête de 2019 avait montré que les collégiens français de 4<sup>e</sup> avaient en 2019, le niveau des élèves de 5<sup>e</sup> en 1995 ! Autre constat inquiétant et relativement nouveau, seuls 3 % des élèves de 4<sup>e</sup> ont un niveau avancé contre une moyenne de 11 % en Europe (notons que ce taux est de 50 % pour Singapour et la Corée du Sud).

Suite au rapport Villani-Torossian [VILLANI 2018] quelques recommandations ont été proposées pour tenter de sortir notre pays de cette spirale infernale. L'une d'entre elles a été mise en place : elle consiste à former les professeurs des écoles qui, comme on l'a déjà dit ont, pour une grande part, suivi des cursus littéraires. Cet investissement était de première importance, il portera ses fruits dans plusieurs années.

Craignons que cette action louable, si elle ne s'accompagne pas d'une profonde réflexion sur le contenu des programmes et sur les méthodes d'enseignement, ne soit qu'un coup d'épée dans l'eau.

Dans la perspective d'un enseignement technologique autonome, il est clair que les mathématiques jouent deux rôles bien distincts. D'abord celui de former les esprits à l'abstraction et la structuration, au raisonnement, qu'il soit déductif ou inductif, et à une rigueur intellectuelle que tout technicien ou

---

<sup>21</sup> Programme International pour le Suivi des Acquis

<sup>22</sup> Trends in Mathematics and Sciences Study

ingénieur doit maîtriser. Mais, les mathématiques sont également, dans ce cas précis, une discipline ancillaire qui permet de spécifier, de modéliser et de calculer des systèmes technologiques complexes.

Il est intéressant à cet égard de constater que ces deux visions des mathématiques correspondent à deux approches philosophiques réalistes ancrées dans la Grèce antique. L'une, portée par l'école platonicienne, stipule que la réalité mathématique existe dans un monde idéal (au sens littéral du terme), indépendamment de nos propres activités intellectuelles humaines. De ce fait, le mathématicien est plus un « découvreur » qu'un « inventeur » pour reprendre la typologie évoquée dans la précédente partie. Cette approche est relativement prédominante chez les mathématiciens actuels. Certains peuvent même aller jusqu'à prétendre que tel résultat formel important n'a certainement pas « d'application » pratique et que, d'une certaine manière, ils en sont assez fiers !

A l'opposé, on trouve l'école aristotélicienne. Celle-ci prône que les entités mathématiques existent bien, mais qu'elles sont incarnées dans le monde matériel. Dans cette approche, la connaissance mathématique existe parce que notre intellect est capable d'abstraction. On peut assez facilement comprendre que cette seconde approche est plus adaptée à l'apprentissage et à la maîtrise des concepts de base des mathématiques (nombres, opérations, figures ...).

Il n'est évidemment pas question ici de trancher sur le bien-fondé philosophique de l'une ou l'autre de ces deux approches. Du point de vue de la formation, on voit que la première plaide pour un enseignement endogène des mathématiques, éventuellement détaché de toute application. La seconde ancre les mathématiques dans une modélisation permanente du monde qui nous entoure. Cette dernière approche des mathématiques comme science pour l'ingénieur n'implique pas nécessairement le même contenu et surtout pas les mêmes méthodes pédagogiques que le fait de considérer les mathématiques comme une science en soi, déconnectée de toute réalité matérielle, telle qu'on pouvait souhaiter l'enseigner. C'est cette approche qu'il faut privilégier à l'école et au collège pour donner une culture mathématique de base à l'ensemble d'une classe d'âge. L'enjeu principal étant de maintenir **l'intérêt** des élèves pour cette discipline. Toutes les initiatives, y compris les plus disruptives, seront à cet égard les bienvenues.

## 5 — L'enseignement de l'informatique : un rendez-vous manqué avec l'histoire dans les formations du secondaire ?

L'informatique est simultanément une science, fondée sur la logique mathématique, mais également une technologie de mise en œuvre d'algorithmes, via un ordinateur, au service d'une multitude de technologies, comprenant d'ailleurs l'informatique elle-même. On retrouve cette dualité dans la science des matériaux, fondée sur la physique et la chimie, et au service également d'un grand nombre de technologies spécifiques utilisant des matériaux fonctionnels ou de structure.

En France, l'informatique (formation + recherche) est apparue dans l'enseignement supérieur dès les années cinquante dans un petit nombre de sites comme Grenoble, Toulouse, Paris, parallèlement aux enseignements de mathématiques appliquées. Elle s'est ensuite développée dans d'autres lieux, et à divers niveaux : BTS, DUT, Master, Ingénieur, Doctorat, contribuant à doter la France de cadres spécialisés pour une industrie, logicielle et matérielle, qui a tenu ou qui tient une place honorable dans

la concurrence mondiale. Elle a pénétré, souvent avec des succès mitigés, certaines formations supérieures généralistes ou spécialisées dans d'autres domaines. **Le point le plus sensible est son développement catastrophique dans l'enseignement secondaire.** La première session du CAPES d'informatique s'est tenue en 2020, et celle de l'agrégation en 2022 ! Ces deux dates montrent à quel point il a été long et difficile de constituer les bases de ce que doit être un enseignement d'informatique, cohérent et adapté, au collège et au lycée. Cet enseignement a eu une existence extrêmement chaotique, voire anarchique, entre la formation à « l'informatique outil » et « l'informatique comme science et/ou technique », le tout prenant des formes en perpétuel changement, entraînant des horaires très fluctuants et une véritable gabegie financière. Notons cependant quelques expérimentations intéressantes conduites dans des collèges ou lycées à l'initiative de professeurs et de principaux visionnaires. Ces expérimentations ont perduré le temps d'un changement d'affectation des initiateurs, alors que le système éducatif était dans l'incapacité de repérer, d'évaluer et de capitaliser les bonnes pratiques accumulées. Certes, il était sans doute difficile de prévoir les développements de l'informatique<sup>23</sup>, mais d'autres pays ont été beaucoup plus réactifs que nous (USA, Asie ...) au regard de l'importance que prend l'informatique dans l'industrie, les services et la vie au quotidien. Il est évidemment important de donner à tous les futurs citoyens les bases nécessaires à leur futur métier et à la compréhension du monde dans lequel ils évoluent sans pour autant faire de tous les lycéens de futurs informaticiens. Un peu comme on enseigne la langue française sans nécessairement vouloir que tous les élèves deviennent écrivains. Notons que l'enseignement de l'informatique peut être un excellent véhicule pour apprendre à maîtriser les processus d'abstraction et de structuration, comme peut l'être l'enseignement des mathématiques. Avec le calcul, ces deux outils intellectuels sont la base de la conception et de la mise en œuvre des modèles numériques qui constituent fondamentalement l'usage principal de l'informatique. Par ailleurs, les développements « grand publiques » récents de l'IA montrent la nécessité impérieuse d'en maîtriser les fondements et les usages. Ceci doit se concevoir au sein d'un enseignement cohérent et adapté de l'informatique.

## 6 — Considérations finales

Ces deux exemples, très brièvement résumés, sont en partie responsables de l'état actuel de notre système éducatif et de ses résultats très décevants dans toutes les évaluations internationales. Par ailleurs, ils mettent en relief quelques handicaps majeurs dont souffre ce système :

- Lorsqu'une discipline a une forte connotation ancillaire, comme les mathématiques, l'informatique, la science des matériaux, ..., il est important de distinguer la formation des experts de cette discipline de celle qui s'adresse au contraire à ceux qui devront l'utiliser au service d'une science ou d'une technologie particulière. C'est toute la question de l'interdisciplinarité qui est en jeu et on sait à quel point elle est un des fondements de l'innovation. Notre mode d'organisation, fortement disciplinaire à tous les étages du système éducatif, constitue un puissant obstacle à son développement.

---

<sup>23</sup> Jean Kuntzmann, fondateur des mathématiques appliquées et de l'informatique à Grenoble comptabilisait 50 gros ordinateurs en France dans les années 60 et prévoyait une croissance d'un facteur 10 en 10 ans, cette prévision était osée pour l'époque, ce fut évidemment beaucoup plus.

- Cette organisation disciplinaire, alliée à la viscosité extrême du système éducatif, est également un frein à l'émergence de nouvelles disciplines. On l'a vu pour l'informatique, chacun défendant son pré carré à tous les étages de l'organisation : l'arrivée d'un nouveau domaine est puissamment freinée malgré l'évidence de son importance. Ceci est d'autant plus vrai que la mise en place de nouvelles formations doit être la même pour tous sur l'ensemble du territoire national. On remarquera que cela n'a pas été le cas dans le supérieur où la liberté de lancer de nouvelles pistes en recherche et formation était possible<sup>24</sup>.
- Plus généralement, on peut se demander comment une telle organisation, composée de femmes et d'hommes bien formés, dynamiques et aimant leur métier, soucieux de l'avenir de leurs élèves, a pu avoir un comportement global aussi éloigné des évolutions de la société et obtenir de si médiocres résultats.
- C'est pour beaucoup la pesanteur de l'organisation et l'inertie du système éducatif qui sont en cause. Le centralisme effréné et la réglementation pesante restreignent l'espace d'initiative de chaque professeur, de chaque établissement. Par ailleurs, les syndicats n'ont pas retrouvé l'enthousiasme et la volonté d'adapter le système aux évolutions de la société, comme ils l'avaient fait au sortir de la Seconde Guerre mondiale.
- En cela, les livres de Soazig Le Nevé et Bernard Toulemonde [LE NEVE 2017] de Monique Canto-Sperber [CANTO-SPERBER 2022] et même celui de Jacques de Larosière, ancien gouverneur de la banque de France [LAROSIÈRE 2024] proposent des analyses pertinentes des causes et proposent des pistes pour donner plus d'autonomie aux acteurs et aux établissements. Cette autonomie locale permettrait sans doute d'échapper aux lourdeurs qu'on vient d'évoquer. Cela ne peut s'envisager qu'en donnant plus d'autonomie aux établissements (écoles, collèges, lycées) et donc plus de pouvoir à leurs responsables. Dans cette perspective, ces derniers devraient recevoir une formation adaptée à ces responsabilités nouvelles. Cette nouvelle organisation permettrait également d'apprécier plus facilement les processus de décision et d'en mesurer plus directement les conséquences. Alors que, dans le système hyper centralisé actuel, ces processus sont particulièrement complexes, voire obscurs et les conséquences des décisions prises s'évaluent souvent bien tardivement, voire... jamais !

---

<sup>24</sup> Un rapport, commandité par le Premier Ministre Jean Castex en octobre 2021 (rendu en avril 2022), fait des propositions intéressantes pour rendre plus autonome et structurer la gouvernance du numérique éducatif.



## TROISIÈME PARTIE

### L'univers original des écoles d'ingénieurs

En considérant maintenant l'enseignement supérieur, il peut paraître **paradoxal** de l'aborder à travers un domaine dont le champ pèse seulement dix pour cent des effectifs étudiants et dont la nature n'est guère représentative du dispositif dominant, c'est-à-dire ce que l'on appelle encore couramment « l'Université ». Il y a pourtant **quatre bonnes raisons** au choix que nous faisons ici.

- La première est celle de **l'antériorité**. Comme on l'a déjà relevé précédemment, le concept d'**école d'ingénieurs** a été littéralement inventé en France sous l'Ancien régime. Et ce n'est qu'à la suite de la disparition des universités médiévales que Napoléon a pu édifier son Université Impériale, unitaire et monopolistique, dont notre dispositif « d'Éducation Nationale » est le lointain héritier.
- La seconde raison tient à l'objet même de ce document, conditionné qu'il est par les épithètes de « **technologique** » et de « **professionnel** ». Il semble trivial de constater que les formations d'ingénieurs sont celles qui les méritent l'une et l'autre au premier chef. Il est vrai que l'on réserve souvent la première à la désignation des formations courtes récemment créées, sous un vocable tel que « voie technologique ». Pourtant, prise au sens de la synergie entre science et technique que nous avons adoptée, il n'est pas douteux que l'ingénieur français en soit la plus authentique incarnation. Quant à la seconde épithète, il se trouve que le titre d'ingénieur diplômé est nettement le plus « professionnel » qui soit, si ce qualificatif désigne l'insertion directe massive sur le marché du travail.
- La troisième raison tient au fait que les écoles d'ingénieurs demeurent des établissements d'enseignement supérieur emblématiques de ce qui fut la règle jusque dans les années soixante. C'est-à-dire d'être un **dispositif sélectif**. Jusqu'à cette époque, une réelle régulation des flux entrants à l'Université était *de facto* assurée par les deux parties du baccalauréat qui clôturaient l'enseignement secondaire<sup>25</sup>. Ainsi, Grandes Écoles comme Université étaient élitistes. La suppression brutale de la première partie du baccalauréat en 1966 a provoqué une massification non maîtrisée de l'enseignement supérieur public – à l'exception notable des études de médecine – et en a modifié ainsi profondément la nature<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup> On rappelle que la réussite à la première partie, située en fin de classe de première, conditionnait le passage en classe de terminale. La seconde partie intervenait à l'issue de cette classe.

<sup>26</sup> La crise de mai 1968 dans les facultés parisiennes doit sans doute beaucoup à la conjonction de l'afflux soudain de néo-bacheliers à l'Université à la rentrée 1967 et de la mise en place précipitée de la « réforme Fouchet » des études supérieures.

- La quatrième raison enfin est *a priori* plus implicite, mais elle n'est pas la moins importante. Elle vient du fait que durant les deux siècles qui ont suivi les premières créations, l'école française d'ingénieurs a connu bien des mutations, dont les recombinaisons ont produit le paysage d'aujourd'hui. Or ce dernier doit beaucoup à ce qui s'est produit en ce premier quart de siècle qui est la temporalité dominante de cette étude. Cela lui confère finalement une grande **modernité**, remarquable contrepoint de son antériorité. Dans le **monde imprévisible** qui s'annonce, ces caractéristiques sont susceptibles de **servir de modèle** à tout système de formation se réclamant des deux épithètes en question. C'est ce qui va être décliné tout au long de ce qui suit et sera complété dans les deux dernières parties.

## 1 — Un paysage impressionniste lentement élaboré

Depuis la cessation d'activité du Centre d'Études des Formations d'Ingénieurs (CEFI), il n'existe plus en France d'organisme spécialisé dans la connaissance fine des écoles d'ingénieurs<sup>27</sup>. A défaut cependant, une bonne source d'information d'ensemble sur les deux cents écoles françaises peut être trouvée dans le dossier spécial que l'ONISEP édite chaque année<sup>28</sup>. Néanmoins, la singularité que représente chaque école ne permet pas de faire l'économie de sources d'informations individuelles. Bien entendu, le site web de chacune y pourvoit en partie, mais si l'on veut accéder à des informations quantitatives objectivées, il est recommandé de consulter le site de la Commission des Titres d'Ingénieur (**CTI**). Celui-ci fournit des « données certifiées » relatives à chaque école habilitée, c'est-à-dire dotée de son propre titre « d'ingénieur diplômé » (**TID**) reconnu par la commission<sup>29</sup>. Enfin, le site de la Conférence des Directeurs des Écoles Françaises d'Ingénieurs (**CDEFI**) complète l'information, ne serait-ce que par une vision territoriale, grâce à une carte interactive des sites d'implantation des écoles<sup>30</sup>.

Par la diversité de ses origines et à l'instar d'un « écosystème » vivant, cet ensemble se prête difficilement à l'établissement d'une typologie. La plus objective s'appuie sans doute sur la nature du **statut juridique de l'école**. Cette approche permet **une classification en quatre catégories**.<sup>31</sup> Leur importance relative est donnée dans le **tableau suivant**, mesurée en termes d'**effectifs étudiants engagés dans un cursus conduisant au TID en formation initiale**.

<sup>27</sup> Le site du CEFI apparaît en effet figé depuis 2017. Nous profitons de ce texte pour rendre hommage à son fondateur Claude Maury, récemment disparu.

<sup>28</sup> Le dernier est le « Spécial Écoles d'Ingénieurs » N°104 paru à la rentrée 2023. Il est agrémenté de 200 « fiches écoles » en ligne (<https://ingenieur.onisep.fr>). Il est indéniable que l'ONISEP a fait de grands progrès sur ce sujet. Cependant, malgré ses qualités ce document ne donne pratiquement pas d'information sur le contenu de la formation proposée, contrairement au Guide du CEFI des années quatre-vingt-dix. Il est vrai que depuis lors chaque école donne ces informations sur son site internet.

<sup>29</sup> La liste des TID des écoles reconnues est actualisée chaque année par un décret du mois de janvier. Cette liste découle des travaux de la CTI et est consultable sur son site.

<sup>30</sup> On consultera également le Panorama des écoles d'ingénieurs, document principalement statistique réalisé par la CDEFI, dans sa dernière édition de 2023.

<sup>31</sup> Une première catégorisation apparaît spontanément fondée sur la dichotomie privé/public, écoles notées Pu et Pr respectivement. Ensuite, au sein des écoles publiques une nouvelle dichotomie s'impose, faite des écoles disposant de la personnalité morale (Pu/E et Pu/T) et des écoles qui ne l'ont pas (Pu/E'). Enfin pour les premières on prend en considération le ministère de tutelle de l'école, en opérant un dernier clivage entre celles qui sont sous tutelle du MESRI (Pu/E) et toutes les autres (Pu/T). Nous avons construit ainsi un agrégat de ces dernières dont la pertinence a ses limites, car chaque ministère de tutelle a ses propres caractéristiques.

Écoles par type de statut d'établissements	Effectifs cursus TID (hors formations en partenariat)
Pu/E Écoles publiques sous tutelle MESRI	52 000
Pu/E' Écoles internes aux universités ou rattachées	30 500
Pu/T Écoles publiques/tutelle ministères techniques	23 700
Pr Écoles privées	52 000
<b>TOTAL</b>	<b>158 200</b>

Tableau III.1. Répartition des élèves ingénieurs dans les écoles.

Source : SERS/MESR

Ce tableau ne prend donc pas en compte la totalité des étudiants inscrits dans les écoles d'ingénieurs. Pour l'obtenir, il faut d'abord ajouter à ces données les cursus TID des formations dites « en partenariat » (globalement 13 000 étudiants relevant souvent de l'apprentissage ou de la formation continue). Ensuite, il faut considérer les formations que les écoles offrent à côté du cursus ingénieur : masters de tous types et mastères spécialisés. S'y ajoutent enfin, en aval, le doctorat, et depuis peu, en amont, des cursus de « bachelor ».

- On peut ainsi estimer sur la base des statistiques MESRI que l'effectif des écoles d'ingénieurs dépasse les **230 000 étudiants**, valeur couramment avancée par la CDEFI<sup>32</sup>.
- Par ailleurs, les cycles préparatoires intégrés connaissent toujours une croissance forte, nous le soulignons plus loin. Néanmoins les deux premières années des cursus ingénieur TID sont, en valeur relative, encore majoritairement assurées à l'extérieur des écoles, principalement en **CPGE**. De ce fait, il convient de placer dans le champ des écoles d'ingénieurs les effectifs de la **filière scientifique** des CPGE, lesquels restent stables autour de **52 000 élèves**<sup>33</sup>.

Quoique commode, cette typologie est pauvre. En particulier la prééminence quantitative des écoles « publiques » est trompeuse quant au rôle joué historiquement par l'État central. De fait chacune des deux cents écoles possède son histoire propre en raison même des mécanismes singuliers qui ont conditionné sa création et son évolution. Ces derniers ne doivent pas grand-chose à une action étatique globale qui aurait été élaborée et pilotée depuis le sommet. Au contraire, qu'elles soient privées ou publiques, ces écoles se sont développées au fur et à mesure des besoins de la société, dans la profondeur de **près de trois siècles d'histoire**. S'il est vrai que l'État dans l'ancien régime en fut l'innovateur en France du fait de sa puissance précoce, c'est qu'il était alors « le premier entrepreneur de France ». Et, selon une continuité toute toquevillienne, la Révolution a suivi, avec la création emblématique de l'École Polytechnique<sup>34</sup>. Cependant dès le début du siècle suivant, ce furent les attentes des "entreprises" nées de la révolution industrielle qui s'installèrent définitivement au

<sup>32</sup> La dernière estimation de la CDEFI affiche même plus de 240 000 étudiants. L'incertitude tient sans doute en partie au fait que les formations hors cursus TID des écoles internes aux universités soient difficiles à identifier. Une levée de doute pourrait être obtenue par une compilation des données certifiées de la CTI.

<sup>33</sup> Note flash du SIES. n°4 – Février 2022 . Les écoles d'ingénieurs constituent le débouché massif de ces classes.

<sup>34</sup> La continuité en question est même incarnée par la mise en place en 1794 du « système polytechnicien » composé de cette nouvelle école et d'écoles d'application (Ponts, Mines, Génie, ...) héritées de l'ancien régime.

premier plan. Ainsi, l'autre création emblématique est celle de l'École Centrale des Arts et Manufactures en 1827, suivie de nombreuses autres initiatives privées analogues en province, au service des économies locales. Puis à partir de la fin du siècle, des "intrapreneurs universitaires", soucieux des applications de disciplines nouvelles – chimie, électricité-, entrèrent dans le jeu pour inventer les premières "formations universitaires" d'ingénieurs<sup>35</sup>.

Au total, les créations d'écoles furent couramment le produit de l'initiative souvent conjointe de trois types d'acteurs : des industriels, des politiques, des académiques. Et, nonobstant une intrusion volontariste de l'administration centrale du MEN durant les trente glorieuses, le monde incertain qui a suivi celui de cette période de planification a rétabli cette dynamique, toujours à l'œuvre aujourd'hui. À vrai dire, comme l'indique une note disponible sur le site de la CDEFI, cette longue durée doit être divisée en **deux ères** - « période historique » et « période contemporaine » - articulées autour de l'année **1934**. C'est cette année-là que la loi du 10 juillet réussit tout à la fois à réguler autour du titre « d'ingénieur diplômé » le mécanisme foisonnant de création d'écoles, tout en le respectant grâce à la subtilité de composition et de missions données à une commission ad hoc créée à cette occasion : la **CTI**. La Loi mettait ainsi en place un dispositif d'une grande originalité du fait du cantonnement initial de l'État et de la place importante réservée dans la commission aux représentants des partenaires sociaux.

Nous n'insisterons pas davantage sur la période historique. La note CDEFI présente une description synthétique. De plus et si l'on veut aller plus loin, les articles des principaux auteurs qui ont publiés sur ce sujet<sup>36</sup> suppléent, dans une certaine mesure, l'absence d'une histoire des écoles d'ingénieurs. Toutefois comme on l'a signalé, plus on s'approche du présent et plus les sources s'amenuisent. Or, **la connaissance des dernières décennies de la « période contemporaine »** est indispensable à la compréhension de la situation actuelle. C'est ce que nous proposons dans la suite.

## 2 — Une grande variété statutaire

Il n'est pas question de détailler une question qui devient vite très technique d'un point de vue juridique. Néanmoins il est indispensable de bien prendre la mesure de la nature de la personne morale support de chaque école. En effet, comme pour une entreprise, c'est dans ce cadre qu'il est possible de caractériser la mission de l'institution, ses fins, et d'apprécier en regard sa capacité à mettre en place les moyens d'y satisfaire avec succès. De plus, ces dernières décennies ont également été celles d'innovations statutaires qui sont d'ailleurs toujours d'actualité. Le tableau suivant donne une vue d'ensemble<sup>37</sup>. On retrouve les quatre catégories distinguées par le tableau III.1. Pour des raisons qui apparaîtront ensuite elles sont classées dans un ordre différent.

<sup>35</sup> Nous reviendrons au paragraphe 4 sur la dynamique enclenchée à l'époque.

<sup>36</sup> Pour le lecteur intéressé, y compris au sujet de l'influence du modèle français dans le monde au début du 19<sup>ème</sup> siècle, il faut nommer les auteurs importants : [BELHOSTE 2004], [GRELON 2020] [PROST 1968] ainsi que [LEON 1968], [PICON 1992] [CHATZIS 2009], pour ne citer que les principaux.

<sup>37</sup> Les sigles et acronymes sont explicités dans le glossaire.

Établissements	
Pr Écoles d'ingénieurs privées, et assimilées	. Association – Fondation – Syndicat. . EESC. Régie municipale . SA. SAS.
Pu/T Écoles d'ingénieurs publiques sous tutelle de ministères techniques	. Établissement public administratif (EPA) . Grand établissement (EPSCP/GE)
Pu/E Écoles d'ingénieurs publiques sous tutelle du MESRI	. École ou institut extérieur aux universités . Grand établissement (EPSCP/GE) . Université par assimilation . Établissement public administratif (EPA) . Établissement-composante, d'un GE ou EPE
Composantes d'établissement	
Pu/E' Écoles d'ingénieurs internes aux universités et assimilées	. Composante d'université relevant de l'article L 713-9 du Code de l'Éducation . Ou bien : composantes <i>ad hoc</i> , dans certains EPE, GE dont INP

### Statuts des écoles d'ingénieurs

Il faut souligner d'abord le développement assez fulgurant de la catégorie juridique nouvelle (article 33 de la loi du 26 janvier 1984, devenu *ne varietur* l'article L 713-9 du code de l'éducation) des **écoles internes** aux universités. Partie de presque rien dans les années soixante-dix, elle représente aujourd'hui un cinquième des ingénieurs formés. Depuis une vingtaine d'années, cette catégorie est à l'étiage **d'une cinquantaine d'écoles** habilitées, certains regroupements<sup>38</sup> ayant été compensés par de nouvelles créations.

Concernant les écoles publiques disposant de la personnalité morale (Pu/T et Pu/E) et quelles que soient les tutelles, il faut relever le « **fabuleux destin** » du statut de **Grand Établissement**<sup>39</sup> (GE). Il n'était destiné initialement qu'à quelques institutions historiques. Ainsi en l'an 2000, 14 établissements de cette nature étaient répertoriés, dont seulement **3** écoles d'ingénieurs<sup>40</sup>. Or, au **1<sup>er</sup> janvier 2024**, le décompte est passé à 41 grands établissements, dont **21** délivrent un **titre d'ingénieur diplômé**. La principale raison de ce succès involontaire et imprévu est tout simplement que la loi, n'impose pratiquement aucune contrainte organisationnelle, au contraire des universités. Elle laisse ainsi toute latitude pour définir l'organisation et la gouvernance de l'établissement<sup>41</sup>. Cette dynamique ne semble pas près de faiblir dans la mesure où le MESRI privilégie ce statut pour la sortie de la période transitoire d'établissement public expérimental (EPE).

Nous voulons examiner ici l'impact que produit cette variété sur la vie des écoles. Pour l'essentiel cet impact ne porte que faiblement sur les fins, c'est-à-dire sur les conditions de l'exercice de la mission de formation, qui met en œuvre les activités d'enseignement, de recherche et les relations industrielles. Cette affirmation va être largement justifiée dans les trois paragraphes qui suivent. Par

<sup>38</sup> Certains d'entre eux ont correspondu à la création des écoles polytechniques des universités (nom d'usage Polytech) en application de la loi de 1985 sur la technologie. Comme on le sait leur réseau compte actuellement quinze écoles.

<sup>39</sup> La catégorie d'EPSCCP en question a été créée par la loi de 1984. Définie par trois articles, elle permet à la tutelle de définir par décret les statuts et l'organisation interne de l'institution, en s'affranchissant de fait du code de l'éducation.

<sup>40</sup> Il s'agit des trois institutions historiques que sont l'École Centrale de Paris, l'ENSAM et l'École des Ponts et Chaussées.

<sup>41</sup> C'est pourquoi depuis moins de vingt ans les ministères techniques ont beaucoup utilisé ce statut, soit pour donner de l'autonomie à certaines de leurs écoles, soit pour opérer des regroupements. Ce processus n'est pas terminé.

contre on peut dès à présent faire le constat des importantes différences entre catégories d'écoles sur les conditions de mise en œuvre des moyens.

- **En termes de financement**, apparait de façon évidente un premier clivage public/privé. En effet il est admis en France que ce soit le contribuable qui finance les écoles sous tutelle de l'État, alors que ce dernier laisse cette charge principalement aux usagers des écoles supérieures privées. À cet égard, la création par la loi de 2013 du label EESPIG n'a guère modifié cette répartition. Mais cependant, les trois catégories d'écoles publiques ne connaissent pas tout à fait le même sort. Il est clair que les mieux pourvues sont les écoles sous tutelle des ministères techniques, chacun n'ayant que quelques établissements à supporter, soit un poids assez marginal sur son budget. Ensuite au sein même du MESRI, la situation des écoles internes aux universités ne cesse de se dégrader. Le constant "grignotage" par ces dernières de l'autonomie financière que leur confère l'article L.713-9 accentue toujours plus leurs difficultés financières.
- **En termes de GRH** des personnels académiques, les différences sont aussi très importantes, et sans doute cruciales puisqu'elles impactent directement la mission d'enseignement et de recherche. Dans ce domaine le clivage a cette fois lieu entre les écoles du MESRI d'une part, et les autres écoles - publiques ou privées - d'autre part. Les personnels académiques de ces dernières relèvent en général d'une position de contractuel de l'école. Si bien qu'elles disposent en principe d'une très forte autonomie de gestion dans ce domaine. Mais en contrepoint, elles pâtissent de l'ombre portée que représente la grande "congrégation" des universitaires à la française. Ces derniers forment l'essentiel des personnels académiques des écoles du MESRI, si bien que celles-ci sont soumises aux us et coutumes de la "congrégation" en question, accentuées par les pratiques de la DGRH dont pâtissent d'ailleurs les universités elles-mêmes. Leur marge d'autonomie est de ce fait très limitée. Et, une fois de plus, cette situation est aggravée pour les écoles internes aux universités, soumises à des pratiques qui font bon marché de leur mission spécifique.

### 3 — Les mutations de la CTI

Si nous revenons en l'année **charnière 1934**, date de naissance de la commission, un pointage montre qu'il existait alors **75 écoles d'ingénieurs**, dont 18 de statut privé<sup>42</sup>, nées on l'a vu en quatre générations sur la longue période des deux siècles qui ont précédé. Il n'est pas exagéré de les qualifier "d'écoles historiques". À ce moment, leur effectif total n'excédait guère les 7 000 étudiants, soit un peu plus de 2 000 diplômés par an. Au plan qualitatif, ces écoles recrutaient toutes sur concours national après deux à trois ans de classes préparatoires.

Pour avoir une idée des **vingt-cinq premières années d'activité de la CTI**, il suffit de constater qu'à l'orée des années soixante le modèle traditionnel régnait toujours sans partage au sein de 90 écoles habilitées pour un effectif total de l'ordre de 15 000 élèves ingénieurs, soit un flux annuel de 5 000

---

<sup>42</sup> On rappelle la double compétence de la CTI : un pouvoir juridictionnel pour les écoles privées mais simple avis (sur saisine obligatoire) pour les écoles publiques. Mais il est remarquable que la première ait *de facto* transformé la seconde jusqu'à paraître s'appliquer aussi à ces dernières, comme en témoigne l'expression universelle de « titre reconnu par la CTI ».

diplômés. Elle avait reconnu le titre des écoles historiques et en avait habilité une quinzaine de nouvelles<sup>43</sup>. Comme on le voit, la CTI fut d'abord une institution gardienne d'un **univers statique et malthusien**. Mais après tout, elle avait été créée pour cela.

Une **première mutation** a été provoquée par l'entrée en lice du MEN dès le début de la décennie gaullienne de la 5<sup>ème</sup> République. Pendant ces dix années, elle a alors accompagné ce ministère dans ses projets, bien souvent le fruit d'initiatives locales, soulignons-le une fois encore, la création des **INSA** et des **ENI**, écoles recrutant au baccalauréat rompant ainsi drastiquement avec le modèle historique. Ensuite, dans les années soixante-dix, un certain malthusianisme est revenu face aux formations développées dans les nouvelles universités, telles que les MST et les DESS. Très vite des amalgames de ces diplômés ont commencé çà et là à prétendre au titre d'ingénieur. Et pendant plus de dix ans la CTI a résisté à cette pression en n'acceptant que trois habilitations de tels cursus<sup>44</sup>.

Sa **deuxième mutation** s'est produite à partir de 1981. Elle a été sans nul doute la conséquence d'une lutte des milieux professionnels avec le nouveau pouvoir au sujet des grandes écoles et des CPGE lors de la préparation de la loi sur l'enseignement supérieur promulguée le 26 janvier 1984. C'est alors que la CTI a accepté de s'ouvrir aux dossiers des écoles nées dans les universités<sup>45</sup>. Elle fut sans doute rassurée par l'article 33 de la loi qui prévoyait un statut spécial « d'école et institut » dont devaient bénéficier les IUT. Cette ouverture fut l'acte de naissance du développement fulgurant des **écoles internes**. Par la suite, une affaire analogue a eu lieu au début des années quatre-vingt-dix à travers la création de « nouvelles formations d'ingénieurs » (**NFI**) aujourd'hui appelées « **en partenariat** »<sup>46</sup>. Ce fut en fait une "sortie par le haut" du conflit des IUP à propos de la création d'un diplôme « d'ingénieur-maître ».

La **troisième mutation** peut être qualifiée de « **révolution** ». Elle a donné à la CTI le visage qu'elle présente aujourd'hui. Il s'est agi, entre 1994 et 1999, de la conception et la mise en route des deux caractéristiques de base du dispositif actuel d'accréditation qui sont :

- La réalisation d'un **document de doctrine** désigné « R&O<sup>47</sup> » que les écoles candidates auront à prendre en compte dans leurs demandes
- La mise en place d'un **dispositif d'habilitation périodique** de toutes les écoles selon un rythme qu'elle a fixé initialement à six ans

Soulignons que ce qui semblait comme une véritable rupture avait été largement préparé par les deux mutations qui l'ont précédée. En particulier, il n'est pas douteux que l'entrée en lice plus massive de ces « entrepreneurs académiques » apparus dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle en a été un puissant

---

<sup>43</sup> Compte tenu des cinq années d'interruption de son activité durant l'occupation, on voit que le rythme des nouvelles habilitations fut inférieur à une par an.

<sup>44</sup> Pour le reste elle aussi reconnut quelques expériences originales et politiquement bien appuyées comme la création de l'UTC ou la restructuration d'écoles historiques du ministère de la défense qui a donné l'ENSTA.

<sup>45</sup> En fait le premier dossier qui a scellé l'accord de paix fut l'habilitation de l'ESEM à Orléans dès juillet 1982, lequel avait d'ailleurs l'avantage de respecter le modèle historique.

<sup>46</sup> Les NFI ont été créées par Bernard Decomps, Professeur au CNAM, Directeur de l'ENS Cachan, Directeur Général de la Recherche Scientifique et Technologique à l'ESR

<sup>47</sup> Références & Orientations. Ce document n'a cessé d'évoluer depuis lors.

déterminant<sup>48</sup>. Mais ce phénomène a sans doute été équilibré par le dialogue entre professionnels et académiques qui s'est renforcé à l'occasion des créations de formations en partenariat. En fait, la CTI a ainsi été en situation d'innovation en produisant elle-même sa propre "loi" et en adoptant pour son propre compte un dispositif de relations contractuelles que le MEN venait de mettre en place.

Il est important de compléter cette description en faisant le point sur vingt-cinq années de fonctionnement de ce nouveau système. Nous en avons implicitement relevé les aspects positifs. Il nous faut aussi tempérer ce satisfecit en se faisant l'écho des critiques récurrentes formulées par les écoles elles-mêmes. La principale est l'excès de lourdeur normative de cette "loi de la CTI" incarnée par le document R&O. On est en effet allé d'un extrême à l'autre. D'un système qui reposait sur la tradition orale et des visites aléatoires, on en est arrivé à une auto normalisation pesante, d'ailleurs alourdie par l'invasion de la démarche qualité. Il s'en suit un travail considérable pour les écoles examinées, consacré au renseignement de nombreux indicateurs alors que la dimension qualitative s'en trouve reléguée. A la décharge de la CTI il faut bien dire que la création de l'AERES (HCERES aujourd'hui) a poussé une CTI qui ne voulait pas être en reste. Il semble donc qu'il soit urgent pour la CTI de parvenir à des principes d'examen et de décision plus jurisprudentiels en conformité avec sa nature profonde.

#### 4 — L'appropriation de l'activité de recherche par les écoles

Aujourd'hui, il existe **encore un autre facteur d'unité** au sein des écoles d'ingénieurs, dont l'apparition est récente et qui de ce fait n'est pas encore bien perçue même par des connaisseurs de l'ESR. Il s'agit du développement d'activités de recherche au sein même des écoles, question qui concerne l'extension du périmètre de la mission d'une école d'ingénieurs.

De ce point de vue, on a dit précédemment que les applications des sciences ont été le moteur de ce qui fut **la quatrième génération d'écoles d'ingénieurs** à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Les premiers entrepreneurs universitaires, à Grenoble, Lyon, Nancy ou Toulouse, ont profité du nouveau support des instituts de faculté ou « d'université », structures périphériques autonomes consolidées par décret en 1920. Par la suite, les créations se sont multipliées pour donner une importante population d'écoles développées autour de la spécialité de laboratoires de recherche. À partir des années soixante-dix, la création du département SPI au CNRS a puissamment favorisé le phénomène<sup>49</sup>. Elles constituent aujourd'hui une bonne part de la catégorie des **écoles sous tutelle du MESRI**.

Plus récemment, les écoles de la dernière génération des **écoles internes aux universités (Pu/E')**, furent pour la plupart à nouveau le produit de la rencontre de secteurs industriels avec la compétence de laboratoires. En réalité, c'est le même mécanisme que celui qui fut à l'œuvre au début du XX<sup>ème</sup> siècle. La différence fut, qu'entre-temps, des universités qualifiées d'autonomes avaient été créées et

---

<sup>48</sup> Il faut rendre hommage à cet égard à Georges Lespinard, il fut un acteur de premier plan de cette révolution pendant son passage de six années à la CTI. Il a d'ailleurs présidé la commission au moment de la mise en œuvre de l'accréditation périodique il y a donc 25 ans de cela. Il fut ainsi le premier professeur des universités à présider la CTI depuis sa création.

<sup>49</sup> On a parfois reproché à certaines le poids excessif de leurs laboratoires, lesquels déséquilibrerait leur mission de formation.

qu'un statut spécial avait été conçu pour les maintenir en leur sein. Nous avons souligné l'importance de ce statut et déploré son affaiblissement constant.

**A contrario**, pour des raisons historiques, la recherche ne pouvait être inscrite dans les "gènes" des écoles sous tutelle des **ministères techniques**. Ces écoles sont nées en effet à une époque où leur vocation était d'être un lieu d'enseignement<sup>50</sup>. Cette activité reposait d'ailleurs en partie sur des ingénieurs des corps techniques, et la recherche était conduite dans des centres techniques et des instituts de la même tutelle<sup>51</sup>. **Les choses ont changé** à partir des années quatre-vingt-dix. Il s'est produit alors un double mouvement : d'une part l'autonomisation de ces écoles déjà évoquée sous statut de Grand Établissement et d'autre part, le développement en leur sein même d'activités de recherche. **En vingt-cinq ans** à peine, ce nouveau modèle associant enseignement et recherche est devenu le plus répandu dans cette catégorie d'écoles<sup>52</sup>. Il est certainement corrélé avec l'adoption d'un statut d'EPCSCP, lequel implique la conduite d'activité « scientifiques ». Il est clair que ce modèle d'évolution est corrélé également avec ce que nous avons appelé la « révolution de la CTI ». Celle-ci lui a fait intégrer la dimension « recherche » à sa doctrine dès la réalisation du document R&O.

Cela nous amène au problème du développement de cette dimension dans la dernière catégorie statutaire, celle des **écoles privées**. Ces écoles se sont évidemment trouvées concernées par cette évolution de doctrine, alors même que la dynamique de leur développement les amène aujourd'hui à représenter - redisons le - le tiers des élèves ingénieurs. Ces écoles pâtissent évidemment de l'absence de financement propre pour la recherche, mais de plus elles ne bénéficient guère du support que constituent les écoles doctorales. Par ailleurs, le mode de financement des projets de recherche publique n'est pas adapté à leur statut. Malgré ces handicaps, certaines de ces écoles sont parvenues au prix de beaucoup d'imagination et d'efforts à se hisser à un certain niveau de recherche alors que leur mission d'intérêt général est reconnue du fait du label EESPIG.

Au total, cette chronique de ce premier quart du 21<sup>ème</sup> siècle montre de façon incontestable que **toutes les catégories d'écoles développent des activités de recherche**, y compris celles dont ce n'était pas la mission à l'origine. Nous espérons que d'avoir martelé un peu ce constat contribue à tordre le cou au lieu commun qui court encore selon lequel « les Grandes Écoles ne font pas de recherche ». Nous verrons néanmoins dans le paragraphe suivant que ces progrès pourraient être menacés par les politiques de regroupement mises en place.

---

<sup>50</sup> Parmi les écoles qualifiées d'historiques – nées rappelons-le au 18<sup>ème</sup> et au début du 19<sup>ème</sup> siècles – on mettra à part l'École Centrale et les écoles d'arts et métiers regroupées aujourd'hui dans l'ENSAM qui dépendent du MEN/MESRI, tutelle qui a induit une pénétration plus précoce de la recherche.

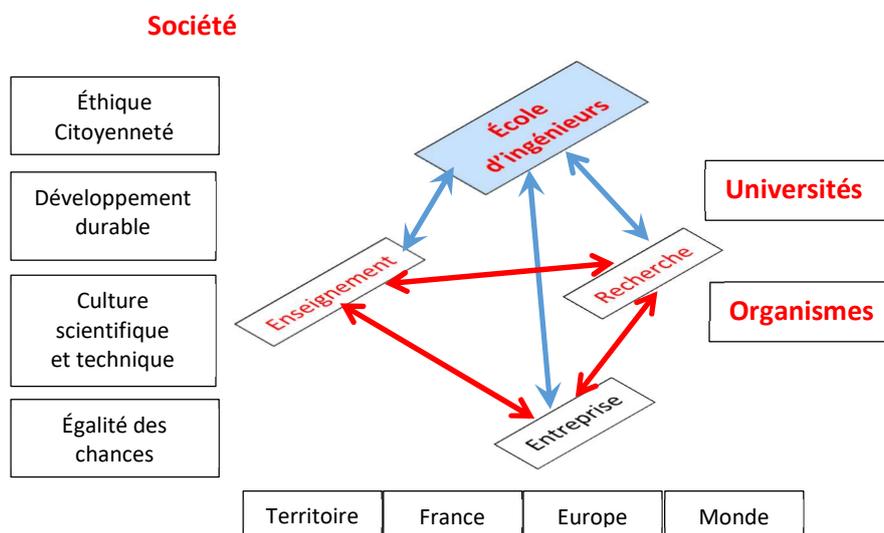
<sup>51</sup> Pour ne citer qu'un exemple l'ISAE Sup Aero, passée EPCSCP/GE il y a une quinzaine d'années, développe des activités de recherche dans ses domaines avec un potentiel d'une centaine d'enseignants-chercheurs relevant de son propre cadre de gestion. Ce qui n'existait pas auparavant, les activités de ce type étant situées à l'ONERA.

<sup>52</sup> Le phénomène touche même les écoles militaires proprement dites. L'École Navale a lancé le processus parmi elles et il semble que l'École de l'Air soit en train de suivre le même chemin.

## 5 — Esquisse d'un idéal-type de l'école française d'ingénieurs

Dans les deux paragraphes précédents nous avons choisi de présenter les écoles d'ingénieurs en tant que système global, structuré par le TID et régulé par la CTI. Cette communauté de deux cents petites et moyennes institutions présente une très grande variété de statuts. Nous voulons maintenant montrer à quel point chaque membre d'une telle diversité parvient finalement à honorer la même mission de formation d'ingénieurs que réclament les milieux professionnels. Ce phénomène de convergence d'écoles venues d'horizons différents est en fait le produit assez récent de beaucoup de facteurs souvent subtils et enchevêtrés. On peut mentionner l'action de l'État à travers ses différents départements ministériels ou les effets de la mondialisation. Mais l'effet d'accélération de la mutation qu'a connue la CTI en 1999 en explicitant sa doctrine et en mettant en place un véritable dispositif d'accréditation ne doit pas être sous-estimé.

Cette mission, nous proposons de la décrire ici au moyen d'une sorte d'idéal-type<sup>53</sup> de la **formation de l'ingénieur à la française au sein de chaque école**. Cette description est illustrée sur le diagramme suivant. Ce dernier met en avant le triptyque sur lequel repose aujourd'hui la formation de l'ingénieur français. Notons qu'il obéit à la logique de celui que nous avons utilisé dans la Première Partie pour caractériser les fondements de l'innovation technologique. Cette similitude n'est pas une surprise dans la mesure où, **en France, l'innovation technologique est très majoritairement portée par les ingénieurs**. Par ailleurs, ce schéma décrit l'écosystème institutionnel, géographique et sociétal dans lequel est plongée toute école d'ingénieur.



<sup>53</sup> Nous utilisons ici strictement la définition de Max Weber.

On sait que la perception spontanée d'une école<sup>54</sup> se traduit par l'**adéquation** entre les **enseignements qu'elle dispense** et les **attentes des employeurs**. Après tout, la mission fondamentale de l'école est de former des professionnels dont les entreprises ont besoin. Mais, cette relation n'est pas à sens unique et la mission est honorée de façon toujours plus intégrée par les deux univers. Depuis longtemps les entreprises concourent à la formation des futurs ingénieurs, et ce, de deux façons : l'intervention dans l'enseignement lui-même de cadres en tant que vacataires et la pratique de l'alternance à travers les stages obligatoires. Les interventions de professionnels sont précieuses car ces derniers n'apportent pas seulement des informations à jour sur les technologies du moment. Mais ils témoignent également de la posture d'un ingénieur en fonction, venant ainsi heureusement compléter celle de l'enseignant permanent. Quant à la pratique des stages elle constitue depuis longtemps une caractéristique identitaire des écoles d'ingénieurs, située au cœur même de l'idéal-type que nous décrivons<sup>55</sup>. Cette pratique ne bénéficie d'ailleurs pas seulement aux étudiants, mais également aux enseignants chargés de leur suivi à distance et responsables du bilan final. Elle concourt donc à compléter la formation des futurs diplômés, mais aussi opère comme une sorte de formation continue des enseignants à l'univers des entreprises. Au total on voit bien comment ces deux caractéristiques produisent de façon naturelle un flux incessant de contacts et d'échanges<sup>56</sup>

Par ailleurs, longuement décrite au paragraphe précédent, la présence systématique d'activités de recherche dans les écoles, assoit désormais l'idéal-type annoncé sur un **triangle** dont la **recherche** est l'un des sommets, venant compléter ceux de l'enseignement et de l'entreprise. La relation enseignement-entreprise ayant été décrite nous pouvons évoquer ce qui peut se produire au titre des deux autres côtés du triangle aboutissant au sommet « **Recherche** » ;

- Tout d'abord, sous réserve de l'unité de lieu, on conçoit que la présence de **laboratoires** sur les lieux même de l'**enseignement** fournit aux étudiants un contexte technologique très précieux tout au long de leur présence dans l'école, base irremplaçable de l'esprit d'**innovation** qu'ils auront à montrer tout au long de leur carrière. Les moyens d'expérimentation regorgent en effet de dispositifs technologiques, souvent aux normes industrielles, dont l'intérêt dépasse l'objet même des recherches effectuées. Ces moyens supportent de plus en plus des projets *intramuros*, qui sont autant d'occasions de concrétiser le principe de « formation par la recherche » si souvent invoqué dans le monde universitaire.
- Le côté « **Recherche-Entreprises** » du triangle est bien sûr porteur des actions de valorisation de la recherche si souvent évoquées et de partenariats des laboratoires avec les entreprises. Ce relationnel profite à la formation puisqu'il peut impliquer des étudiants. Cette dimension-là est suffisamment interpellée pour ne pas avoir besoin de détailler davantage le sujet.

---

<sup>54</sup> Qu'elle soit d'ailleurs d'ingénieurs ou de commerce.

<sup>55</sup> L'alternance est en fait une recherche d'équilibre entre l'apprentissage « sur le tas » des origines de l'artisanat et la scolarisation totale de la formation professionnelle.

<sup>56</sup> C'est d'ailleurs ici que le dynamisme des anciens élèves d'une école intervient parfois de façon majeure.

En synthèse, on imagine bien comment peut se mettre en place une authentique **synergie triangulaire**, beaucoup plus riche que la simple juxtaposition de ce qui se passe sur chacun des trois côtés<sup>57</sup>. Et l'on voit bien pourquoi cette relation ternaire constitue la base du tétraèdre de l'innovation que nous avons proposé en première partie.

Pour conclure il nous faut tout de même insister sur le fait qu'un idéal-type n'est justement qu'un idéal ! Ce qui précède a été construit à partir d'éléments que l'on rencontre effectivement dans la réalité des écoles. Mais, bien peu d'entre elles ne les rassemblent tous à ce point et on conçoit que l'expression équilibrée de la synergie triangulaire soit extrêmement fragile. Le côté du triangle qui fonctionne certainement partout est celui du lien enseignement-entreprise décrit au début. Il est historique et particulièrement contrôlé par la CTI. Par contre, dans les écoles d'ingénieurs comme dans l'ensemble de l'enseignement supérieur français, une mise à distance de la recherche au sein de grosses structures *ad hoc* (pôles de recherche, UMR ...) demeure une tendance lourde facilitée par la politique de regroupement initiée par l'État. Il y a là un risque d'isolement ou du moins d'éloignement de la recherche et de la formation, distanciation favorisée par le dialogue imposé par les organismes de recherche, CNRS en tête, avec la seule tutelle universitaire. Paradoxalement il semble que ce soient les écoles publiques du MESRI (indépendantes des universités ou internes à celles-ci) qui souffrent le plus de cette distanciation. Il n'est pas question d'en analyser ici tous les mécanismes. Indiquons seulement que le partage de la recherche avec les organismes, dans le grand champ du MESRI, prive jusqu'aux « UFR » des universités de la lettre « R » et ne respecte pas non plus le statut particulier des écoles d'ingénieurs internes aux universités. **La volonté d'éloigner les écoles d'ingénieurs du pilotage partagé de la recherche constitue un risque majeur de « secondarisation » de ces dernières.** Ceci aurait non seulement une influence néfaste sur le métier d'enseignant-chercheur, mais également des conséquences fatales sur la compétitivité de notre industrie.

Pour conclure, soulignons que **la maîtrise de cette activité triangulaire réclame une gouvernance puissante pour en assurer la vitalité et la pérennité.** C'est ce qui implique que toutes les écoles d'ingénieurs partagent les mêmes principes de gouvernance, malgré les profondes différences de statuts. Ils consistent en la présence d'un **directeur** aux prérogatives larges contrôlé par un **conseil d'administration** dont la composition est le reflet des parties prenantes dans la mission de l'école. De ce fait, le poids des tendances autogestionnaires résultant des élus des personnels est tenu dans des limites raisonnables<sup>58</sup>. Dans toutes les écoles, on observe que le directeur a la caractéristique d'être recruté à l'extérieur et de ne pas être automatiquement issu de son corps enseignant<sup>59</sup>. Par ailleurs,

---

<sup>57</sup> Les exemples abondent, qui illustrent comment s'exprime cette synergie triangulaire, laquelle résulte d'un flux d'actions et d'informations en circulation permanente le long de la figure et dans toutes les directions. Ainsi, un enseignant-chercheur aura l'occasion lors d'une soutenance de mémoire de stage d'établir un lien avec l'entreprise, lien susceptible d'induire un partenariat de valorisation des compétences de son équipe de recherche. A l'envers certaines relations de partenariat d'une équipe de recherche pourront induire des sujets de stage. Mais on voit bien aussi qu'un contact puisse aussi s'établir lors de la venue d'un vacataire industriel dans l'école. Et beaucoup d'écoles ne manquent pas de coupler les projets *intra-muros* avec des actions d'appui aux entreprises, lesquelles actions bénéficient ainsi des moyens et compétences des équipes de recherche.

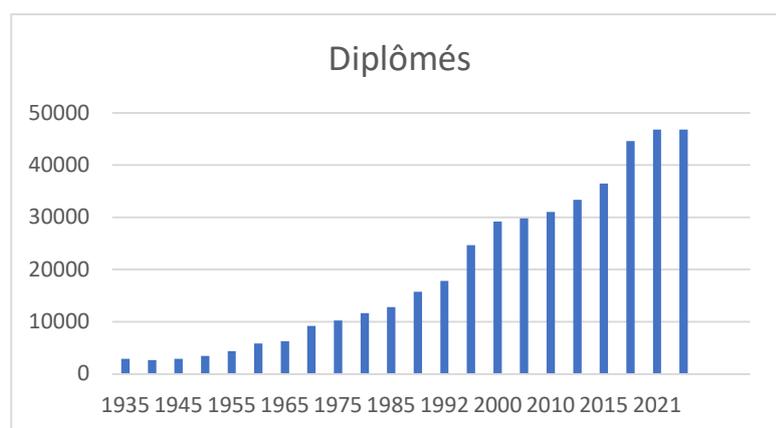
<sup>58</sup> Les écoles pratiquent à peu près toutes la disposition qui fait présider ce conseil par une des personnalités extérieures, marque symbolique de la présence de la société au sein de l'institution.

<sup>59</sup> Le collectif des quelques deux cents directeurs est constitué par la CDEFI. Il existe une circulation d'une école à une autre en son sein. La création de cette institution remonte à 1974, sous la forme d'une assemblée générale des directeurs des seules écoles du MEN, consultative auprès du ministre de l'enseignement supérieur. Après un changement de nom et de sigle au début des années quatre-vingt-dix, elle prend son statut actuel en 2007 en application de la loi LRU. La loi confère en effet le même statut à la CPU et à la CDEFI : être des conférences autonomes pouvant se constituer en association reconnues

le conseil d'administration intervient fortement, selon des modalités variées, dans le choix de la personne. Ensuite, il est attendu de cette dernière, d'une part de garantir que la mission soit exercée conformément aux descriptions précédentes et, d'autre part, de s'assurer que l'école en ait les moyens financiers et humains.

## 6 — L'agilité des écoles d'ingénieurs

En termes de constat, il faut d'abord avoir en vue l'extrême **dynamisme** des écoles d'ingénieurs quant à leur flux de diplômés depuis la fin des années quatre-vingt<sup>60</sup>.



Nombre de diplômés ingénieurs par an

La première **injonction d'augmentation des flux** d'ingénieurs diplômés avait été énoncée par le Président de la République au début de l'été 1990. Et, par la suite, périodiquement, les milieux économiques ont relayé cette invite<sup>61</sup>. Le diagramme précédent montre combien les écoles ont obtempéré. Pour ne considérer que le dernier quart de siècle, on voit en effet que l'**augmentation** du flux est de l'ordre de **de 65 %**. Et l'on touche alors à l'apparent **paradoxe** suivant : alors que pendant cette période la mondialisation a produit en France la désindustrialisation massive aujourd'hui déplorée, le support ontologique de l'industrie qu'était l'univers des écoles d'ingénieurs a connu un développement quantitatif comme jamais auparavant.

---

d'utilité publique. Toutes deux ont le même énoncé de mission : « représenter auprès de l'État et des organisations européennes et internationales les intérêts de leurs membres ». On peut être étonné de ce traitement d'un champ qui après-tout ne représente que 10 % des effectifs de l'enseignement supérieur. Comme on le voit tout s'est passé comme si le législateur avait voulu tenir compte de ces trois siècles d'histoire.

<sup>60</sup> Sur ce point il faut sans doute le corrélérer avec ce qui a produit la seconde mutation de la CTI.

<sup>61</sup> François Mitterrand donnait la consigne de doubler les flux d'ingénieurs diplômés en l'an 2000. Nous verrons plus loin comment les écoles ont su profiter des contrats de plan État-Régions (CPER) pour assurer un développement à la hauteur de cette injonction et des suivantes. Ensuite en effet les besoins du « numérique » ont conduit Syntech à réclamer périodiquement des augmentations supplémentaires. La plus notable fut en 2012 où l'on demandait aux écoles 10 000 ingénieurs de plus. C'est à nouveau le montant qui est claironné à l'heure actuelle, au motif des enjeux multiformes qui se présentent.

Mais ce paradoxe n'est qu'apparent si l'on veut bien examiner les mutations qualitatives qu'ont connues dans le même temps les écoles et la formation des ingénieurs elle-même.

Commençons par l'extraordinaire diversification des recrutements et donc des profils individuels des étudiants des écoles d'ingénieurs.

Le phénomène essentiel ici est qu'à **peine plus d'un diplômé sur trois** est aujourd'hui passé par une **CPGE**, alors que cette voie était qualifiée de « royale » dans les années soixante et était encore majoritaire il y a vingt ans. Comme on le voit sur le tableau suivant, il s'agit bel et bien d'une **bascule entre les CPGE et les CPI**. Les prochaines statistiques du SIES montreront sûrement un croisement des courbes si la cinématique du phénomène se poursuit.

Origines	Part de flux 2015	Part de flux 2020
CPGE	40,8 %	34,6 %
CPI (intégré aux écoles)	22,8 %	28,8 %
DUT/BTS	17,6 %	18,7 %
Formation universitaire	7,5 %	7,5 %
Autres	11,4 %	10,4 %

*Tableau 4. Provenance des nouveaux entrants en cycle ingénieur*

Source : note flash du SIES. N°12. Juin 2019

De ce fait la dichotomie ancienne : « école en cinq ans /école en trois ans » change quelque peu de contenu. Aujourd'hui on peut seulement distinguer deux moitiés à peu près équivalentes de la population des écoles : celles qui recrutent à tous les niveaux et celles qui continuent de se limiter aux CPGE et à quelques "entrées parallèles". Si l'on ajoute l'ouverture aux diplômés DUT/BTS<sup>62</sup> il est clair que la nouvelle composition des promotions a permis aux écoles d'atténuer l'élitisme ancien de leur recrutement et de pratiquer dans l'ensemble une incontestable ouverture sociale<sup>63</sup>. Il y a là un vrai décalage entre cette évolution massive et l'image des écoles d'ingénieurs dans la société française, dans les médias, dans le monde politique et même celui de l'entreprise. Paradoxalement, **cette image du recrutement semble figée aux années soixante**. Elle est à combattre vigoureusement si l'on veut développer l'attractivité de ces écoles.

Dans une interview récente<sup>64</sup>, la présidente de la **CTI** exprime très bien cette nouvelle réalité.

Un effet induit est sans doute la **réduction du clivage** entre "Grandes Écoles" et "Universités", lequel clivage est pourtant encore souvent perçu comme inébranlable dans la société. En réalité, comme le montre le tableau III.1 (§1), les écoles publiques sous tutelle du MESRI représentent la moitié

<sup>62</sup> Ainsi les écoles d'ingénieurs sont en partie "responsables" des poursuites d'études de ces étudiants.

<sup>63</sup> Il convient néanmoins de tempérer ce phénomène global qui est inégalement présent selon les catégories d'écoles. Cette diversification est en effet très faible dans les écoles relevant des ministères techniques, lesquelles restent attachées au recrutement CPGE. En fait le phénomène est massivement le fait des écoles privées. Les écoles du MESRI sont en position intermédiaire, avec toujours le poids important des cursus intégrés des INSA, ENI ou UT.

<sup>64</sup> Source : ITW de E. Crépon par ONISEP

des effectifs des écoles. Mais, surtout, dans cette population, la catégorie des écoles internes ou rattachées pèse aujourd'hui pour 18 % du total des effectifs de toutes les écoles, du fait de la cinquantaine d'**écoles internes aux universités**, lesquelles n'existaient tout simplement pas il y a cinquante ans<sup>65</sup>.

Expliquons maintenant comment les écoles d'ingénieurs ont ainsi pu augmenter leurs flux tout en maintenant le même taux d'insertion professionnelle, alors que le besoin d'ingénieurs semblait dépendre de grands secteurs d'activité qui étaient en régression sur le territoire national.

On peut avancer **trois éléments** explicatifs. Il s'agit de la montée en régime de compétences managériales des ingénieurs, de celle de la formation par la recherche et de l'apparition fulgurante de la dimension internationale dans les cursus.

- **Tout d'abord**, la description que nous avons faite au paragraphe 3 de l'intégration de la recherche dans toutes les catégories d'écoles a certainement permis d'orienter davantage de jeunes diplômés vers les **activités de R&D**. Or, si nos **grands groupes industriels** ont délibérément délocalisé beaucoup d'activités de production, ils ont néanmoins maintenu leur R&D en France et même tout particulièrement en Île-de-France. Si bien que l'on constate aujourd'hui la présence massive d'ingénieurs dans ce segment qui est un débouché majeur pour les jeunes diplômés. A cet égard, les statistiques du MESRI sont sans équivoque. Lorsqu'elles pointent 170 000 personnes (ETP) qui exercent dans le cadre de cette fonction, il apparaît que plus de la moitié de ces personnels sont des ingénieurs diplômés non détenteurs d'un doctorat. Si l'on ajoute ceux qui le sont, on arrive alors au constat que ce sont 60 % des personnels R&D des entreprises qui sont passés par une école d'ingénieurs. **La R&D des entreprises est au premier chef le fait des ingénieurs diplômés.**
- Ensuite, comme le montre le document R&O de la CTI la part des enseignements de type SHS a grandement progressé. Ainsi, les écoles se sont mises à former des **ingénieurs managers**, empiétant ainsi quelque peu sur le créneau qu'avaient investi les écoles de commerce. Cette épithète a en effet été progressivement supplantée par « management » dans leur mode de désignation. Cette orientation explique d'ailleurs certaines poursuites d'études d'ingénieurs diplômés vers ce type de formation complémentaire, par exemple les mastères spécialisés de la CGE. En d'autres termes, les ingénieurs diplômés se sont eux-mêmes en partie « tertiariés », collant ainsi aux besoins d'une économie de services et au détriment de la formation technologique<sup>66</sup>. Ces choix ont sans doute contribué à cette « évaporation » d'une partie des ingénieurs diplômés vers des métiers auxquels ils n'étaient pas en principe destinés. Ce phénomène touche plus encore les qualifications intermédiaires comme on le verra dans la partie IV. Il reste que l'on voit bien dès maintenant que cette évolution est une conséquence partielle et indirecte de la mondialisation.
- Le dernier élément d'évolution, pour être le plus récent, n'est pas le moins important. Du fait de leur stratégie, les **grands groupes** français dont nous parlions sont parmi les plus

<sup>65</sup> Cette importante population d'écoles mériterait à elle seule une monographie dédiée.

<sup>66</sup> Il convient tout de même de relativiser un peu. Les « services » sont en partie le fait de sociétés de service à l'industrie, produits de l'externalisation de fonctions autrefois internes aux entreprises industrielles.

**mondialisés**, se faisant ainsi les vecteurs efficaces de la désindustrialisation du pays. Pour encadrer tout cela, ils ont eu besoin d'ingénieurs au profil « international ». S'adaptant très vite à cette nouvelle donne, en à peine plus de vingt ans **les écoles d'ingénieurs ont internationalisé leur cursus**, et ce, de deux manières. Par la promotion de la mobilité sortante, avec une période significative des études faite à l'étranger<sup>67</sup>, et par la mobilité entrante en accueillant davantage d'étudiants étrangers, notamment dans des masters dédiés. Au milieu de ces flux croisés, les écoles ont aussi installé des campus à l'étranger, souvent en partenariat avec des établissements locaux. Le cas des Instituts franco-chinois (IFC) est le plus connu. Installée depuis un quart de siècle, il est probable que cette **dynamique** a contribué à diffuser **dans le monde** une meilleure connaissance de la formation des ingénieurs à la française. Si bien que le manque de visibilité de l'enseignement supérieur français n'est plus principalement le fait des écoles d'ingénieurs, mais bien celui de notre « Éducation Nationale » toute entière, héritage de l'Université Impériale. Ce sujet sera bien sûr largement traité dans la cinquième partie.

En conclusion, il est clair que seul un **système** intégré et interactif comme celui que forment une **CTI** très indépendante et des **écoles** répondant à l'idéal type que nous avons esquissé, a pu en si peu de temps réaliser de telles adaptations aux besoins des **entreprises** et connaître la dynamique que nous avons décrite. Il n'est pas douteux que cette agilité soit le meilleur atout face aux défis du monde qui vient.

---

<sup>67</sup> C'est ainsi que sous la pression de la CTI elle-même, un niveau correct au TOEIC est aujourd'hui requis pour la délivrance du Titre d'Ingénieur Diplômé.

## QUATRIÈME PARTIE

### Les ambiguïtés du dispositif d'ensemble

Après la description à la fois généalogique et actualisée qui vient d'être faite de l'univers central formé par les écoles d'ingénieurs en France, il nous faut maintenant élargir le champ de nos observations à l'ensemble des cursus scientifiques et techniques. Nous les confronterons aux besoins des employeurs sous la triple contrainte d'une réindustrialisation annoncée, des impératifs de défense nationale et d'un contexte de transition énergétique.

À partir des années quatre-vingt, la massification de l'enseignement supérieur étant en marche, on a commencé d'invoquer en boucle la professionnalisation des universités. Le premier rapport de la mission Éducation–Entreprises en témoigne. Il est d'ailleurs daté de 1985, année de création du dernier maillon de l'édifice de l'enseignement secondaire de la 5<sup>ème</sup> République, le baccalauréat professionnel. Les études et les rapports sur la nécessaire professionnalisation ont alors abondé. Cependant, dès la décennie suivante, actant implicitement la désindustrialisation de la France, ces textes ont privilégié le secteur des services sans s'intéresser à la spécificité d'un secteur secondaire voué à la marginalisation sur le territoire national.

Comme on l'a dit, les prises de conscience somme toute très récentes rappelées en exergue – maîtrise industrielle, multiples conflits, urgence climatique – nécessitent aujourd'hui un réexamen du secteur de l'enseignement supérieur qui correspond à ces enjeux trop longtemps ignorés. On ne peut que se féliciter à cet égard du récent Rapport de l'IGESR [IGESR 2021] aux deux ministres de tutelle. Au contraire de tout ce qui l'a précédé, il s'attelle à ces considérations. Nous y ferons référence à plusieurs reprises dans la suite.

#### 1 — Les étudiants en sciences et techniques

Le tableau ci-dessous donne la population d'étudiants français qui correspond à la nomenclature anglo-saxonne STEM pour « *Science-Technology-Engineering-Mathematics* ».

Domaines S&T hors santé	Effectif 2022 en milliers (dont privé)	Poids dans les S&T	Évolution depuis 2012
Universités LMD/SSM	175	23,6 %	26,3 %
Universités LMD/SVT divers	113	15,3 %	39,8 %
IUT Prod+info	53	7 %	6,3 %
Écoles d'ingénieurs	223 (73)	30 %	41,6 %
CPGE scientifiques	51 (7)	7 %	0,8 %
STS Prod+Info/FISE	72 (15)	10 %	25,5 %
STS Prod+Info/FISA	51 (29)	7 %	63,7 %
Total S&T	739 (124)	100 % (16 %)	18,8 %

Tableau des effectifs en STEM en 2022 en France

Source : RERS 2023 Depp. § 6.05 et suivants

Est laissé de côté l'important secteur des formations de santé, lequel, compte tenu de notre objet, constitue un domaine académique et professionnel largement disjoint.

Le tableau montre d'abord que le poids des cursus STEM publics est de plus de 84 %, donc supérieur de près de dix points au poids d'ensemble de l'ES public. Et si l'on se limite aux formations plus technologiques (les cinq dernières lignes du tableau) l'enseignement public pèse encore 72,5 % des effectifs. On note aussi que les **écoles d'ingénieurs** représentent aujourd'hui **30 %** des STEM, valeur qui inclut les formations autres que le cursus d'ingénieur diplômé proprement dit.

Enfin on voit bien "la bascule" FISE/FISA en STS, produit de la politique de soutien massif à l'apprentissage initiée en 2018. Tout s'est passé ensuite comme si l'**apprentissage** (FISA) avait comme "vampirisé" la formation initiale (FISE). Le tableau RERS confirme que les **lycées privés** concentrent une part importante des S&T, et que, avec les CFA, ils ont massivement misé sur la FISA.

En élargissant maintenant la focale, en regard de l'effectif total de l'enseignement supérieur situé pour l'année de référence 2020 à 2 935 000 étudiants, on voit que la **part des cursus STEM** en France est de **25,2 %**. Il faut s'arrêter sur cette valeur, tant elle paraît corrélée à ce qu'est devenue l'industrie dans notre pays. Pour le voir, **anticipant** un peu le point de vue comparatif de la **cinquième partie**, il suffit de mettre en regard les statistiques de la **France** et de l'**Allemagne**, comme le fait le tableau suivant :

	<b>FRANCE</b>	<b>ALLEMAGNE</b>
Industrie. Part emplois	15,2 %	24,5 %
Construction. Part emplois	5,5 %	6,2 %
Effectifs enseignement sup.	2 935 000	2 950 000
dont : part des STEM	25,2 %	37,4 %

*Économie et formation. Un parallèle France/Allemagne*

Sources : RERS/MEN.MESRI – Cour des comptes – Statistiques *Bund*

Il est bien sûr frappant de constater la corrélation annoncée : la part du secteur « industrie et construction » dépasse de peu les 20% des emplois en France pour une part des STEM de l'ordre de 25 % de la population étudiante. En Allemagne, pays resté le plus industriel d'Europe, ce secteur économique dépasse les 30 %, pour une part de STEM qui atteint les 37 % d'étudiants. En France, ces formations se sont affaïssées parallèlement à la désindustrialisation. Comme on l'a vu précédemment, seules les écoles d'ingénieurs ont gardé une croissance très dynamique, paradoxe trompeur car elles l'ont fait au moyen d'adaptations majeures de leurs cursus.

## 2 — STS et IUT : un couple insolite

Nous commençons par donner une photographie actuelle de ce curieux doublet constitué par BTS et DUT créés par le MEN **au début des années soixante**. Curieux parce que leur apparente redondance donne à penser que, après une période d'observation, un système centralisé n'en aurait laissé subsister qu'**un seul**. Avant de donner réponse à cette question, revenons sur les préoccupations du

MEN de l'époque, dont l'administration centrale commençait tout juste à "digérer" la direction de l'Enseignement Technique.

Ces préoccupations de nature distinctes étaient au nombre de deux. La première était liée à la crainte de ne pouvoir trouver de solution convenable à l'afflux d'étudiants provoqué par la pression démographique, associée à la réforme des enseignements du second degré. La seconde préoccupation était de satisfaire aux besoins d'encadrement des entreprises au cœur des trente glorieuses, et le manque déploré de techniciens situés entre l'ouvrier et l'ingénieur, alors que les « gad'zarts » continuaient de quitter cette position intermédiaire depuis la reconnaissance de leur diplôme comme Titre d'Ingénieur Diplômé par la CTI vingt ans avant.

La réponse à cette seconde préoccupation fut la création d'un brevet technique dès 1959 rebaptisé Brevet de Technicien Supérieur (**BTS**) en 1962. On créait ainsi, selon le mot de S. Orange ([ORANGE 2013]) un « autre enseignement supérieur » entièrement situé dans les établissements secondaires, au sein de classes spéciales (STS) qui y constituait ainsi une poursuite d'études à visée professionnelle. Mais, par un phénomène de doublet, et sans doute mu par la première préoccupation portant sur les flux de bacheliers, le MEN créait début 1966 un véritable premier cycle à caractère technique, dans des sortes de "facultés de technologie" baptisés *in extremis* Instituts Universitaires de Technologie (IUT) dont les deux ans d'études allaient conférer le Diplôme Universitaire de Technologie (**DUT**), également à visée professionnelle.

Nous ne décrivons pas ici la suite de l'histoire, elle commence aujourd'hui à être bien documentée<sup>68</sup>. On aurait pu penser que ce doublet de filières professionnelles de structures voisines ne perdurerait pas. Selon une certaine logique on pouvait imaginer que les IUT supplanteraient finalement les STS. Mais, rien ne s'est passé comme la politique publique le prévoyait. Pour diverses raisons<sup>69</sup> les deux dispositifs se sont parallèlement maintenus pour arriver aujourd'hui au tableau suivant<sup>70</sup>.

---

<sup>68</sup> Le cinquantième anniversaire des IUT (2016) a été l'occasion de la parution du livre de P. Benoist [BENOIST 2016] qui est la référence de base. Un colloque avait été organisé à cette occasion.

<sup>69</sup> Comme le décrit très bien L. Endrizzi [ENDRIZZI 2021] profitant de la lenteur de l'installation des IUT, les créations de STS ont privilégié la non-concurrence potentielle avec eux et se sont multipliées dans les lycées des villes moyennes, éloignés au départ des départements d'IUT qui pouvaient leur correspondre. Et dès 1968 le baccalauréat de technicien est venu leur fournir, aussi bien qu'aux IUT, de nouveaux recrutements pour assurer leur essor. C'est ce « pas de côté » opéré par les STS pour éviter la concurrence avec les IUT qui a finalement assuré leur pérennité. Il faut dire aussi que la détention du baccalauréat n'était pas requise pour s'inscrire en STS. Même si la pratique était là depuis longtemps, cette condition n'a été imposée qu'en 2018. Bien entendu, cela est à corréluer avec la création de la voie professionnelle en 1985, et la réussite de l'objectif des 80% d'une classe d'âge au niveau du baccalauréat, rendant toujours plus crucial l'afflux dans l'enseignement supérieur. Et nous reviendrons plus loin sur l'impact des compétences données aux Conseils Régionaux sur les moyens affectés aux lycées et sur la carte des formations professionnelles. Si bien que si l'on ajoute le « supplément d'âme » que ces formations supérieures pouvaient apporter aux enseignants les plus entreprenants, tout a finalement conspiré pour que la majorité des lycées développent des STS.

<sup>70</sup> Le tableau donne les stocks et les flux pour les deux ensembles de spécialités, « production » (P) et « services » (S). Distinguée en caractères gras dans le tableau, seule la première est dans le champ de cette étude.

	<b>DUT</b>	<b>BTS</b>
Diplômés 2019 (flux)	48 900 (P : 19 800 – S : 29 100)	160 000 (P : 51 115 – S : 109 738)
Taux de poursuite d'études	91 %	45 %
Stock d'étudiants	120 930 (P : 51 500 – S=69 500)	267 350 (P : 79 398 – S : 189 881)
Situation institutionnelle	Départements d'IUT Universités	Classes STS au sein des lycées
Date de création	1965	1959/1962
Nombre de spécialités	P=15 S=9	P=29 S=20

*Les dispositifs IUT et STS en 2020*

Source : RESR/MEN-MESRI

La **structure des populations d'étudiants** en IUT et en STS (le tableau ci-dessous donne cette information pour les secteurs « Production » des deux voies) montre la différenciation de ces cursus et des objectifs qu'ils poursuivent mais aussi leur complémentarité.

<b>Cursus d'origine</b>	<b>DUT (production)</b>	<b>STS (production)</b>
Bac Général (G)	64,4 %	11,9 %
Bac Technologique (T)	30,9 %	34,2 %
Bac Professionnel (P)	1,3 %	39,3 %
Divers	4,4 %	14,7 %
Flux total concerné	22 860	40 735

*Nouveaux inscrits en fonction de l'origine*

Source SIES 2020

Quoiqu'il en soit, au cours de ces dernières vingt-cinq années la différenciation de ces deux voies s'est encore accentuée du point de vue de l'emploi, c'est à dire *de facto* du caractère immédiatement professionnel des formations en question.

### 3 — Les niveaux intermédiaires et l'emploi

Le rapprochement de ces données de celles du tableau précédent met en lumière la raison du **différentiel** entre les deux cursus en termes de **taux de poursuite d'études**.

- Presque exclusivement détenteurs d'un **baccalauréat Gén ou Tech**, les étudiants d'**IUT** optent pour la sécurité, choisissant un parcours susceptible de déboucher sur l'emploi en deux ans. Ce choix ne préjuge pourtant en rien de la suite. Singulièrement, le taux de poursuite d'études n'a cessé de progresser ces vingt dernières années pour atteindre le niveau actuel de **91 %**. Finalement, le choix de cette formation résulte d'une stratégie de contournement du premier

cycle universitaire, le but initial étant de poursuivre ensuite des études supérieures plus longues.

- Au contraire, massivement lieu d'accueil de **bacheliers Pro et Tech**, la voie d'un **STS** reste ressentie par beaucoup de ses étudiants comme le point culminant de leur parcours scolaire et l'obtention du BTS est considéré comme une récompense, un accomplissement. D'ailleurs, les bacheliers professionnels ont massivement investi ces classes à partir de la création de cette nouvelle voie en 1985. Cette continuité est devenue l'apanage des lycées professionnels. De ce fait, les poursuites d'études des BTS sont moins nombreuses, même si le niveau de **45 %** atteint peut-être jugé excessif. De plus, c'est sûrement le recours assez massif de ces formations au statut d'apprenti qui facilite les insertions directes dans l'emploi. À cet égard, les institutions privées jouent un rôle déterminant.

Pour en terminer avec les formations courtes de niveau 5 il convient de compléter notre analyse par l'évocation des **licences professionnelles**, lesquelles relèvent du niveau 6. Créées en 1999, ces formations en un an avaient pour objet de déboucher sur le marché du travail. Les deux tiers d'entre elles sont pilotées par un IUT. Dès leur création, elles ont été une occasion offerte aux DUT, mais également aux BTS de poursuivre des études. Mais, en dépit de l'épithète qui leur a été accolé, les insertions de leurs diplômés laissent un peu à désirer puisque selon la statistique Depp la moitié des diplômés poursuivent des études supérieures.

Ce rappel nous conduit naturellement à parler ici, pour finir de la dynamique des « Bachelors ». On sait que les IUT sont en train d'y venir et de quitter le niveau 5. On imagine bien que sans faire disparaître les licences professionnelles – les BTS continueraient à en profiter – le nouveau BUT risque fort de les marginaliser. Rappelons-le également : les IUT se placent dans un secteur qui devient très concurrentiel où il n'existe pas de "diplôme national de Bachelor". Les bachelors de tous acabit qui fleurissent un peu partout relèvent simplement d'un arrêté de grade de licence. Aussi ne peut-on pas terminer ce panorama global de ce niveau intermédiaire sans mentionner, à côté du BUT, **l'entrée des écoles d'ingénieurs sur ce créneau des bachelors**. Par accord entre la CTI et la DGESIP, ces dernières peuvent être accréditées par la commission à organiser des diplômes de « bachelor des écoles d'ingénieurs ». Dans cet exercice, la CTI est reconnue comme instance d'accréditation par le MESRI, ce dernier procédant ensuite à un arrêté de grade en cas d'avis favorable. On voit qu'il s'agit d'une importante extension du périmètre de la commission. On voit aussi que, à l'instar du titre d'ingénieur, ces formations sont spécifiques à chaque école. Contrairement au BUT, aucun référentiel national de programme ne les contraint. Ainsi, l'on peut penser que cette liberté si caractéristique de l'univers des écoles d'ingénieurs permettra à ces formations de respecter le critère fondamental édicté par la CTI et la DGESIP : déboucher massivement sur le marché du travail<sup>71</sup>, objectif bien plus ambitieux que celui qui a été annoncé pour le BUT.

Au-delà de ces évidences quantitatives, il faut prendre en compte un phénomène beaucoup plus pernicieux car difficile à évaluer. Il s'agit du phénomène d'évaporation qui touche les diplômés de cursus en principe dédiés aux métiers de l'industrie et de la construction. Ce phénomène a été bien

---

<sup>71</sup> Certaines peuvent aussi être dédiées à un public international, répondant alors à un autre cahier des charges.

mis en valeur par PH. Basset et O. Lluansi [BASSET, 2023], avec à l'appui des travaux du CEREQ. Accessoirement, ces auteurs notent que les évaluations du CEREQ pointent un flux annuel de 125 000 diplômés de niveaux 3 à 6 (donc hors ingénieurs) issus de ce type de formation. Or lorsque l'on cumule les poursuites d'études avec la fuite des diplômés hors des métiers de l'industrie, on s'aperçoit que moins de la moitié de ces flux arrivent sur le marché du travail. Les prévisions de France Stratégie vont dans ce sens, avec des flux prévisionnels de l'ordre de 65 000 par an. Pour combattre ce phénomène, les auteurs plaident alors notamment pour un rapprochement domicile-formation-emploi. Ce sera nécessaire mais pas suffisant. C'est l'un des thèmes de notre épilogue.

#### 4 — La mastérisation rampante des formations supérieures

Les constats précédents conduisent à s'arrêter sur un phénomène qui semble en contradiction frontale avec le besoin supposé de niveaux intermédiaires entre l'ouvrier et l'ingénieur, en particulier les niveaux RNCP 5 et 6. Nous appelons « mastérisation » ce phénomène de poursuite d'études massive des DUT, tendance qui affecte de plus en plus les BTS ou les licences professionnelles. Nous voulons en préciser les ressorts.

Le rapport IGESR [IGESR 2021] alerte très lourdement sur la perversité de la tendance à la poursuite d'études dès les niveaux professionnels amont :

*« [...] une formation initiale qui ignorerait les besoins en compétences de production de niveau 3 et 4 et qui valoriserait excessivement la poursuite d'études irait à l'encontre d'un objectif de souveraineté industrielle et technologique. C'est une observation qui a été formulée à la mission par nombre des interlocuteurs rencontrés. »*

Cette tendance à la poursuite d'études le plus loin possible apparaît aussi dans les suivis de cohortes de bacheliers réalisés par le SIES. Ainsi la récente note 22.09 pointe que dans la cohorte des bacheliers 2014 qui se sont engagés dans l'enseignement supérieur, 58 % d'entre eux déclarent « souhaiter atteindre un niveau bac+5 au moins ».

Or ce sont généralement les représentants des entreprises et des branches professionnelles qui déplorent ces tendances. Pourtant, une note du CEREQ (BREF 397 – 2020) montre que le comportement de ces acteurs n'est pas dénué d'ambiguïté. Son analyse repose sur l'observation que les grandes entreprises embauchent volontiers des personnes surdiplômées afin de constituer un vivier interne dans lequel elles vont puiser celles et ceux qui bénéficieront de la promotion interne. Ainsi cette gestion de carrières fondée sur la mobilité interne « contribue à favoriser les recrutements à des niveaux plus élevés que ceux requis par les postes ».

Remarquons tout de même que c'est à juste titre que la note interpelle « les plus grandes » entreprises. Effectivement, une PME s'efforcera, au contraire, de recruter au bon niveau. La surqualification induit le danger d'instabilité du salarié surdiplômé et tend à établir un turnover détestable pour une entreprise de taille petite ou moyenne. Ainsi, la cause des messages différents délivrés par le MEDEF et la CPME pourraient bien être liée à cette remarque.

Une dernière observation pour conclure. Il y a lieu sans doute lieu de se féliciter de la croissance explosive des formations par apprentissage (FISA) en BTS dans les lycées, notamment privés, et autres organismes de formation. Bien que l'on manque d'analyse statistique précise sur ce point, il semble bien que l'insertion professionnelle des BTS doive beaucoup à la FISA, laquelle tend à anticiper la présence directe des jeunes dans les entreprises d'accueil. Ainsi le dispositif dense des lycées semble jouer son rôle sur nombre de territoires et qui est de fournir les PMI locales en salariés des professions intermédiaires. On le voit concrètement, par exemple, dans la dynamique remarquable dont font preuve des « Campus des métiers » implantés sur des territoires participants de la fameuse diagonale du vide. Nous terminerons donc par un examen de cette dimension territoriale.

## 5 — Un maillage territorial de haute densité

La configuration géographique de l'ES français n'a évidemment plus rien à voir avec celle des années soixante. À l'époque, la formule choc « Paris et le désert français » qualifiait parfaitement l'enseignement supérieur. Si une partie importante de la centaine d'écoles d'ingénieurs était provinciale<sup>72</sup> le plus gros du dispositif facultaire se trouvait à Paris ou en proche banlieue<sup>73</sup>.

Les choses ont rapidement et radicalement changé à partir des années quatre-vingt. Il est en effet intervenu à cette époque **deux changements considérables** :

- les grandes lois de **décentralisation** de 1982 et la création des CPER
- l'instauration en 1989 de la **politique contractuelle** du MEN

Impliquant la prise en main des lycées par les Conseils Régionaux, il est clair que la conjonction de ces changements a aussi permis de financer le développement de l'enseignement supérieur dès la seconde génération de CPER en 1989. Une sorte de pacte entre le gouvernement et les conseils régionaux a alors implicitement été conclu. Un échange de bons procédés a fait que ces derniers ont accepté de sortir de leurs compétences en aidant le premier à faire face à l'accueil des masses étudiantes. Et, en contrepartie, les deux partenaires ont financé un développement accéléré des IUT et des écoles d'ingénieurs<sup>74</sup> que réclamaient les régions au motif du développement économique, souvent poussées d'ailleurs par des conseils généraux et des municipalités, sans parler des entreprises locales. Depuis quarante ans, ces établissements ont ainsi profité pleinement des crédits que l'État mettait en jeu pour faire face à la massification<sup>75</sup> tout en bénéficiant de la sollicitude jamais défailante des collectivités locales. Le peuplement dense du désert français<sup>76</sup> par de nombreuses STS, par une centaine d'IUT et par beaucoup d'écoles d'ingénieurs petites et moyennes sur des territoires inattendus ont été le produit de cet accord. Comme on l'a déjà relevé à propos de la création d'écoles d'ingénieurs, ils ont impliqué les acteurs classiques : politiques, industriels, universitaires. Il est impossible de donner ici

<sup>72</sup> Le mécanisme de création évoqué dans la troisième partie l'explique bien.

<sup>73</sup> En 1960 existait à Orsay depuis quelques années une modeste antenne de la faculté des sciences de l'Université de Paris. C'était le bourgeon de ce qui deviendra l'Université Paris Sud, fondue aujourd'hui dans l'Université Paris Saclay.

<sup>74</sup> Les lycées n'étaient bien sûr pas oubliés puisqu'ils bénéficiaient de l'intervention des régions pour leurs bâtiments et équipements

<sup>75</sup> On se souvient des plan Université 2000 et U3M, suivis du Plan campus, sans oublier le volet ESR du grand emprunt.

<sup>76</sup> Sous réserve cependant de la fameuse « diagonale du vide ».

une carte de la triple trame qui en est résultée. Par son pointillisme extrême, elle aurait cependant le mérite d'illustrer le maillage en question.

Contentons-nous donc de quelques indications.

- Les **STS** situées dans les **lycées** ont automatiquement profité de la tutelle et des financements des Conseils Régionaux, lesquels ont pu de ce fait influencer sur la carte de formations de ce type. **L'atlas des formations courtes professionnelles de la Depp** donne des informations très précises sur la carte des spécialités « Production » de STS en nombres de sites concernés. Cette carte actualisée peut être consultée sur l'Atlas 2019-2020 de l'enseignement supérieur (page 13).
- Le quart des **IUT** a été le produit des CPER des trois premières générations (soit de 1984 à 1999). A l'instar des STS, la publication Depp donne le nombre de sites concernés par l'implantation d'une spécialité production. **Deux cartes** actualisées concernant les IUT sont disponibles **sur l'Atlas 2018**, et une analogue **sur le site de l'ADIUT**.

Concernant ces deux tissus, face à cet enracinement local de grande ampleur, le rapport IGESR commande de renforcer l'autonomie pédagogique des établissements et leur capacité à concevoir les cursus en partenariat avec l'économie locale :

*« A défaut d'une prédictibilité des compétences attendues dans les métiers de demain, la mission préconise un cadre d'écriture des référentiels qui laisse une plus grande latitude aux établissements mettant en œuvre ces formations, pour adapter le contenu au besoin exprimé par les entreprises constituant le bassin d'emploi potentiel des flux sortants de formation. »*

Nous faisons observer qu'une telle orientation tendrait tout simplement à rapprocher les lycées et les IUT du mode de fonctionnement des écoles d'ingénieurs, dont l'instance de régulation, la CTI, n'émet aucune contrainte générale *a priori* qui briderait leur autonomie pédagogique. A cet égard il sera intéressant d'observer le déploiement des Bachelors des écoles d'ingénieurs dont l'accréditation a été confiée à la CTI.

A propos encore des écoles d'ingénieurs, on sait que nombreuses parmi les plus récentes ont été le produit des CPER<sup>77</sup>. Toutes les catégories en ont bénéficié. En particulier, sans eux, la dynamique des écoles internes aux universités n'aurait pas été ce qu'elle fut. Et, même hors CPER, il n'est pas jusqu'aux écoles privées qui aient profité des appels de tous types de collectivités à venir installer des antennes sur leur territoire. Cette dynamique est toujours à l'œuvre.

**Pour conclure**, du point de vue des ressources humaines et de la réindustrialisation de la France, il reste à amalgamer ce tissu exceptionnel "STS production/IUT production/écoles d'ingénieurs" avec des dispositifs tels que les « territoires d'industrie » que le ministère en charge des collectivités territoriales créé depuis Paris, en ignorant par contre ces acteurs.

---

<sup>77</sup> La liste des villes moyennes ou petites qui ont participé à ce mouvement est fort longue : Troyes, Blois, Bourges, Valence, Lannion, Cherbourg, Epinal, Bidart, ....

## CINQUIÈME PARTIE

### Un éclairage international

Tout regard porté sur les systèmes éducatifs hors de France met immédiatement en lumière une situation que l'on qualifie volontiers d'exception française. Certes il convient de ne pas galvauder cette expression. A vrai dire tout dispositif national est façonné par la langue et la civilisation du pays, et par son histoire politique. Il n'existe certainement pas de "modèle international" auquel la France dérogerait. Par contre on aperçoit vite les **deux déterminants** de la situation française qui rendent celle-ci fort singulière.

- L'un est **structurel** et caractérise de nombreux aspects de l'identité française. Il s'agit évidemment de la longue durée d'un Etat unitaire et centralisé qui a forgé la Nation et l'administre tout naturellement depuis Paris.
- L'autre est **de nature conjoncturelle**. Il s'agit de l'évènement unique au monde que fut la Révolution française, et de la *tabula rasa* qu'elle a produite au cours de dix années extraordinaires. Comme le notent C. Charle et J. Verger [CHARLE 2012] : « *L'abolition des universités par la Convention le 15 septembre 1793 n'a laissé subsister de l'époque précédente que quelques grands établissements [...] et les écoles spéciales [...] qui deviennent des écoles d'application de la nouvelle École centrale des travaux publics (future École Polytechnique), fondée en septembre 1794.* ». <sup>78</sup>

Si bien que sur cette table rase, l'authentique restaurateur de l'État que fut Napoléon 1<sup>er</sup> a ainsi pu créer son Université Impériale<sup>79</sup>, à côté des écoles spéciales qui allaient engendrer l'univers des écoles françaises d'ingénieurs. En réalité c'est le projet d'une « Éducation Nationale » qui était implicitement lancé par la construction d'une maison qui a commencé par celui de l'étage supérieur. Par la suite, deux autres étapes résultèrent de deux guerres. Après celle de 1870 la République pérennisée construisit son Université monopolistique, dont l'organisation facultaire ne bougera guère jusqu'en 1968. Et pendant la reconstruction qui suivit la seconde guerre mondiale, le développement du CNRS et autres organismes compléta un dispositif d'ESR en triptyque – Université/Grandes Écoles/Organismes nationaux – toujours largement en place aujourd'hui.

Au moyen d'un rapide tour d'horizon, le but de cette dernière partie est d'abord de justifier le qualificatif d'exceptionnel dont est assorti ce triptyque. Ensuite, après des considérations sur l'ensemble de l'ESR on se focalise sur l'objet de cette étude : l'*Engineering Education*. Les institutions des espaces germanique et américain sont ensuite visitées. Enfin, en synthèse et conclusion, on opère des comparaisons sur le couple indissoluble « autonomie/gouvernance » caractéristique des établissements.

---

<sup>78</sup> Dans l'ensemble s'il ne fallait citer qu'une autre référence majeure sur l'évolution du concept d'université, en Europe et en Amérique, ce serait [RENAUT 1995].

<sup>79</sup> Créée par la loi du 10 mai 1806 et organisée par le décret impérial du 17 mars 1808.

## 1 — La vraie nature d'une exception française

En face de l'édifice en triptyque, un balayage panoramique met en évidence à quel point la **centralisation française** en matière éducative est le résultat très spécifique des deux déterminants que nous venons d'évoquer. Dans le champ de l'ESR on voit qu'il n'existe guère de cas dans les pays analogues au nôtre, d'un État qui ait ainsi dans sa main l'essentiel du dispositif d'ESR public. Ailleurs, soit il s'agit d'organisations politiques de nature fédérale (USA, Allemagne, Suisse, Autriche, Canada, Australie, Brésil, Inde, ...) où les États fédérés détiennent - parfois exclusivement- la compétence éducative, soit il s'agit d'États certes unitaires mais très décentralisés (Espagne, Italie, ...) <sup>80</sup>.

De façon plus précise évoquons l'organisation de l'ESR dans quelques-uns des pays mentionnés.

- **Aux USA** la Constitution ne prévoit pas de compétence déléguée au gouvernement fédéral dans ce domaine. En raison du 10<sup>ème</sup> amendement, ce sont les états fédérés ou « le peuple » qui l'exercent. Il existe ainsi **cinquante nuances** de dispositifs publics d'enseignement supérieur. En complément, il y a un secteur privé relevant de l'échelle de l'Union, dont les institutions qui le composent ont des caractéristiques qui ne dépendent guère de leur lieu d'exercice. Depuis la fin de la seconde guerre mondiale le gouvernement fédéral intervient financièrement de façon volontariste, au moyen de son système de bourses aux étudiants et dans le soutien à la recherche <sup>81</sup>.
- **En Allemagne** l'éducation relève explicitement des *Länder*, mais pour l'ESR la compétence de ces derniers est partagée avec le *Bund* sur certaines questions générales. Ils assurent cependant le financement courant des établissements, y compris les salaires des personnels. Par contre, et à titre d'exemple, le financement de l'initiative d'excellence a été assuré pour moitié par le *Bund* <sup>82</sup>.
- **La Suisse**, pays au PIB par habitant parmi les plus élevés au monde, est de structure fédérale malgré sa petite taille. Si l'instruction publique relève des Cantons, son ESR est nettement partagé entre ces derniers et le niveau fédéral. Il est remarquable que les universités suisses dépendent du Canton sur le territoire duquel elles sont implantées (par exemple l'université de Lausanne et le canton de Vaud) alors que les deux **écoles polytechniques fédérales** dépendent de la fédération. Cette organisation permet à ces dernières de profiter d'un financement public que le canton ne pourrait assurer.
- Parmi les pays unitaires décentralisés, on doit au premier chef mentionner **l'Espagne** où les *Comunidades* disposent de prérogatives qui peuvent les apparenter aux États d'un système fédéral.

---

<sup>80</sup> Évidemment aucun des pays mentionnés n'a connu d'évènement comparable à ce que fut la Révolution française. Et aucun ne relève d'une construction étatique millénaire. Les USA datent de la fin du 18<sup>ème</sup> siècle et l'Allemagne – le Reich – de la fin du 19<sup>ème</sup>. Chacun à sa manière, l'un et l'autre des pays résultent d'un rassemblement, ce qui a produit leur organisation fédérale.

<sup>81</sup> Pour un accès direct à une connaissance d'ensemble, en langue française, de l'enseignement supérieur américain, on utilisera les deux références les plus récentes : [MUDRY 2015], [MUDRY 2018]. La seconde renvoie à quelques sources américaines précieuses. Le livre de Cécile Brisset-Sillion [BRISSET 1997] est un peu ancien ; mais sa description du fonctionnement des universités publiques aux USA reste d'actualité. D'un point de vue qualitatif celui de J. Bodelle et G. Nicoaon [BODELLE 1995] est pertinent, mais fondé sur un appareil statistique important, il est dépassé à cet égard. Il faut aussi mentionner la double monographie de B. Belloc et P.F. Mourier [BELLOC 2010].

<sup>82</sup> Il n'existe guère d'étude en français sur l'enseignement supérieur allemand. Bien qu'assez ancienne la référence [MUSSELIN 1989] reste incontournable.

Comme on le voit ces situations sont pour la plupart aux antipodes du dispositif français. En fait, il faut bien reconnaître que la mainmise de l'État central – plus précisément du MEN et de son rejeton le MESRI – n'est en France compensé que par un secteur privé qui atteint le quart des effectifs étudiants. Remarquons que le secteur privé ne pèse pas plus lourd aux USA mais les universités privées ont là-bas un ascendant historique sans équivalent dans le monde. Il faut observer aussi que même dans des pays plus centralisés, qui sont en général de petite taille, on constate une autre forme de décentralisation, qualifiée chez nous de fonctionnelle. Il s'agit tout simplement du large degré d'autonomie qui est laissé aux établissements publics, tant sur les fins que sur les moyens. On peut citer à cet égard la Finlande où même les écoles primaires sont très autonomes sous l'égide d'une direction aux prérogatives larges. A l'évidence nous touchons là une question fondamentale sur laquelle nous reviendrons à la fin.

Avant de focaliser notre propos sur l'*Engineering Education*, nous voulons mentionner une des caractéristiques de cette **exception française**. Elle a trait à la manière dont la France, l'Allemagne et les USA ont fait face à la **massification de l'enseignement supérieur** dans les années soixante. Comme on l'a vu, l'État en France a tout simplement ouvert les vannes du baccalauréat vers le déversoir constitué par les facultés. L'Allemagne au contraire, n'a connu aucune grande réforme de cette nature. Tout simplement le *gymnasium*, couronné par l'*Abitur*, a continué d'être limité à un tiers d'une classe d'âge environ. Ce pays industriel a continué de miser sur son *Duales System*, lequel est un dispositif d'apprentissage "grand format", la moitié des actifs allemands étant passés par là<sup>83</sup>. On remarquera aussi que ce dispositif qui préserve les universités d'un engorgement incontrôlé est aussi celui de la Suisse ou de l'Autriche. Quant aux USA on a tout simplement créé massivement, à partir des années soixante, des institutions nouvelles situées après la *High School* : les *Community Colleges*. Peu coûteuses et de proximité, les formations en deux ans qu'elles proposent sont largement professionnalisées, y compris en formation continue, tout en ménageant des passerelles vers les *Four Year Colleges* et le *Baccalaureate Degree*<sup>84</sup>. Ainsi, le sas d'entrée qu'ils constituent préserve-t-il d'une autre manière les grandes universités américaines. Comme on le voit le rôle qui a été en partie fortuitement dévolu aux universités françaises est assez clairement constitutif d'une exception.

## 2 — Engineering Education

Dès la fin de la première partie nous avons précisé le périmètre de ce que le titre de cette étude désigne par « formations technologiques ». Il faut reconnaître qu'il s'agit là d'un **agrégat de formations et d'établissements** qui n'ont en commun que de relever des deux épithètes « technologique » et « professionnel ». Mais, dans la longue durée du dispositif français, il s'agit de l'amalgame de deux univers bien distincts. Celui très ancien des écoles d'ingénieurs, assorties de leurs CPGE, et celui, en comparaison fort récent, des créations opérées par le MEN dans les années soixante. On l'a souligné, nous ciblons précisément les spécialités « production » de BTS, DUT et encore plus récemment de

<sup>83</sup> La référence [LASSERRE 1993] demeure à notre connaissance la seule source descriptive en langue française de ce *Duales System*.

<sup>84</sup> Qualifiés par B. Obama de « héros méconnus de l'enseignement supérieur » les *Community Colleges* accueillent aujourd'hui 40% des vingt millions d'étudiants américains. Il s'agit de grosses institutions puisque leur effectif moyen est de l'ordre de 7000 étudiants.

licence professionnelle. En réalité, pour artificiel qu'il paraisse dans la réalité française, cet amalgame recouvre des cursus qui ailleurs font tous naturellement partie de *l'Engineering Education*. En Amérique comme ailleurs en Europe, mais aussi en Asie, on désigne ainsi une seule et même grande discipline de formation qui est déclinée à tous les niveaux de diplômes. Si bien que tenter une bijection entre les seules écoles françaises d'ingénieurs et *l'Engineering Education* serait très réducteur et problématique de par leur nature même. Comme on le voit l'amalgame qui a été réalisé est la condition même de comparaisons internationales significatives.

En réalité, nous touchons là à une **exception française** plus **localisée**. A la fin de la troisième partie nous avons avancé l'idée que vingt ans d'internationalisation de nos écoles d'ingénieurs ont sûrement contribué à mieux diffuser leur modèle dans le monde. Mais en contrepoint de cette affirmation, il reste que ce modèle est encore porteur de l'exception française dont nous parlons. Nous voulons dire que le cursus de la "Grande École de petite taille" recrutant sur **concours** national, la préparation de ce dernier se déroulant dans des **classes** spéciales abritées dans des **établissements secondaires**, étonne toujours un observateur étranger. Cette spécificité est d'ailleurs renforcée, on le sait, par la place et l'ambition des programmes de mathématiques. Sur ce point, le contraste est fondamental avec toutes les formations d'*Engineering* sur tous les continents. Ne serait-ce qu'en Europe, il suffit de voir le référentiel élaboré par le Maths Working Group de la SEFI sur les **mathématiques** de l'ingénieur. Conçu et développé par des enseignants de divers pays la base de ce référentiel est d'une ambition mesurée, intermédiaire entre les programmes d'IUT GMP ou GE et ceux de CPGE PTSI/PT. Il en est de même des syllabus des *Engineering Programs* aux USA. On ne s'étonnera donc pas si les français sont les grands absents des organisations internationales de *l'Engineering Education*.

Malheureusement pour nous, hors Europe, le modèle américain de *l'Engineering Education* reposant sur un **cursus Undergraduate** s'est imposé comme une **référence internationale**. Il l'a fait à l'initiative de l'instance américaine d'accréditation, l'*ABET*. Cette dernière a en effet initié le **Washington Accord**, conclu en 1989 avec les corporations d'ingénieurs de Grande-Bretagne, du Canada, d'Australie et de Nouvelle-Zélande. Il s'agit d'un accord de reconnaissance mutuelle de formations obtenues pendant une durée nominale de quatre années d'études. Aujourd'hui les organisations signataires sont de 21 pays différents. La majorité des participants ultérieurs représentent soit des pays issus de l'ancien empire britannique, soit des pays où l'influence américaine est politiquement et économiquement forte<sup>85</sup>. Par ailleurs, à l'heure actuelle, d'autres pays se trouvent en quelque sorte dans le sas d'entrée, en « période probatoire ». Cet accord finit par concerner presque tous les grands pays (du G20 par exemple) du monde (l'Amérique latine n'y est cependant présente qu'en partie, avec en particulier l'absence du Brésil), à l'exception bien visible de l'Europe continentale, avec notamment l'absence de la France et de l'Allemagne. L'accord est sans doute un déterminant puissant de la structure de la mobilité internationale dans le monde de *l'Engineering Education*. Cette sphère sous influence « anglo-saxonne » représente la grande majorité des flux de mobilité dans ce domaine, défi redoutable pour

---

<sup>85</sup> Ces pays sont : Korea (2007) - Russia (2012) - Malaysia (2009) - China (2016) - South Africa (1999) - New Zealand (1989) - Australia (1989) - Canada (1989) - Ireland (1989) - Hong Kong China (1995) - Chinese Taipei (2007) - Singapore (2014) - Sri Lanka (2014) - Japan (2005) - India (2014) - United States (1989) - Turkey (2011) - United Kingdom (1989) - Costa Rica (2020) - Pakistan (2017) - Peru (2018).

la diffusion du modèle de l'école française d'ingénieurs<sup>86</sup>, au risque d'être cantonnée aux pays du champ ou de la francophonie et à quelques pays d'Amérique latine<sup>87</sup>.

### 3 — Universités de technologie en Europe

La description faite dans la troisième partie a montré comment la formation des ingénieurs en France a donné lieu à la création de nombreuses petites institutions, exclusivement dévolues à l'enseignement jusqu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Ce processus fut le résultat de la création de l'École Centrale des Arts et Manufactures, après les écoles d'État organisées autour de l'École Polytechnique. Ce que l'on ne sait pas assez c'est que ces deux créations en ont provoqué beaucoup d'autres dans toute l'Europe et même Outre-Atlantique (ITHER 2017)]. On a vu ainsi fleurir des institutions où, à côté des anciennes universités, les sciences et techniques, pouvaient exprimer pleinement la modernité qu'elles représentaient. Par ailleurs on n'oubliera pas que les processus d'unification italienne et allemande furent tardifs, si bien que le cœur de l'Europe était politiquement constitué de petits états ou principautés. Certains étaient cependant suffisamment forts pour soutenir la création d'une institution phare.

Ce fut en particulier le cas en **Allemagne** comme en Autriche-Hongrie, parfois à l'initiative des princes eux-mêmes. Après de premières naissances à Prague et à Vienne, la véritable référence historique du mouvement de créations de *Technischen Hochschulen* fut sans doute celle de *Karlsruhe*, créée en 1825 par le grand-duc Louis de Bade, création qui au départ se voulait sur le modèle de l'école parisienne. Une dizaine « d'écoles supérieures techniques » émergèrent dans les états allemands jusqu'à l'unification en 1870. Il s'est installé par la suite une lutte constante entre ces établissements et les universités traditionnelles pétries d'esprit humboltien, celles-ci déniaient à celles-là le droit de se réclamer de la notion d'université. Finalement le débat fut clos en 1899 par un décret impérial qui attribua aux *Technischen Hochschulen* le droit de décerner les titres de *Diplom-Ingenieur* et de *Doktor-Ingenieur*. Le modèle institutionnel allemand de formation des ingénieurs au sein d'universités de technologie développant aussi de la recherche finalisée était en place. De plus ces établissements ont peu à peu fait de la place en leur sein à des instituts de science ou voués à la gestion, si bien qu'ils ont tendu à une réelle pluridisciplinarité.

À l'heure actuelle, il existe sur le territoire de la République Fédérale, 13 institutions de cette nature qui désormais se nomment uniformément ***Technischen Universitäten (TU)*** et qui rassemblent au total 220 000 étudiants. On voit que l'effectif moyen des TU est de 17 000 étudiants. Si l'*Engineering Education* y occupe une place prépondérante, d'autres disciplines professionnelles sont présentes. Ce modèle a diffusé hors d'Allemagne en Europe au 19<sup>ème</sup> siècle et reste influent malgré le désastre que fut pour l'Allemagne la seconde guerre mondiale. La liste d'exemples est longue. L'un des plus

---

<sup>86</sup> Pour plus de détails sur l'Accord, il convient de consulter le site de l'IEA (*International Engineering Alliance*) <https://www.ieagreements.org/>. On y trouve une sorte de « R&O » comparable à celui de notre CTI. Cette organisation internationale *ad hoc*, réunissant les signataires, régle l'accord et aussi ceux de Sydney et Dublin qui concernent des diplômes de niveau « technicien ».

<sup>87</sup> Par rapport à la description qui vient d'être faite, les écoles françaises d'ingénieurs ne peuvent guère intégrer ce *Washington Accord*. La raison majeure est que le mot ingénieur diplômé est réservé à des formations plus longues que ce qu'affiche celui-ci.

éloquents est l'EPFZ suisse, créée en 1848 par la nouvelle confédération helvétique sur le modèle initial des écoles parisiennes mais vite supplanté à Zurich par celui de la *TH Karlsruhe*.

Comme on le sait l'idée d'Université de Technologie est devenue inspirante en France depuis cinquante ans mais n'a jamais connu de réelle incarnation. La première tentative de ce type remonte aux années soixante quand furent créés les **trois Instituts Nationaux Polytechniques (INP)** à Grenoble, Toulouse et en Lorraine. Il s'agissait d'ailleurs de regroupement d'écoles d'ingénieurs voisines de la famille des ENSI. Depuis lors cette orientation a tourné court, avec l'absorption de l'INPL dans l'immense « Université de Lorraine », et l'espèce de "mise sous tutelle" de l'UGA de Grenoble-INP. C'est aussi certainement de cette idée que G. Denielou, créateur de l'Université de Technologie de **Compiègne (UTC)** en 1972, s'est en partie inspiré. Mais, malgré les intentions de la loi du 23 décembre 1985 **le modèle allemand n'a pas prospéré en France**. Paradoxalement c'est sans doute la loi de 2013 qui a fait manquer les dernières opportunités. Cette "loi des COMUE" était pourtant en principe l'occasion de procéder à des rassemblements. Mais, voulant à toute force y impliquer les universités, cette vision technocratique n'a produit que d'improbables assemblages ingouvernables. Pourtant, l'ordonnance du 16 décembre 2018 aurait pu, grâce au principe d'expérimentation dont elle procédait, être l'ultime occasion. Mais là encore, à l'exception de PSL et de l'IPP<sup>88</sup>, la volonté de satelliser des écoles autour d'une université n'a pas permis de la saisir<sup>89</sup>. Il faut donc prendre acte du fait que le tissu de **formation des ingénieurs en France** soit le fait de **petites et moyennes institutions**. À vrai dire, cela n'a qu'un seul inconvénient significatif, mais il est de taille. C'est que cette politique fait quasiment disparaître les établissements français « polytechniques » ou « de technologie » des classements internationaux. Ce qui n'est certes pas un bon signal de la part d'un pays qui annonce son intention de se réindustrialiser et est devenu le troisième exportateur mondial d'armements. N'oublions pas tout de même l'existence de quelques grands établissements phares comme l'ENSAM agissant un peu partout à travers ses CER et des écoles associées. Finalement, si la France de la formation supérieure technologique manque sans doute de quelques grands ensembles très visibles supplémentaires, son tissu de "PME de la formation" est dense et riche. Et, de plus, nombre d'éléments de cette trame<sup>90</sup> sont constitués en réseaux d'écoles – INSA, Polytech, ... — lesquels développent de réelles synergies en matière de recrutement ou d'action internationale.

Pour compléter cette description de l'Allemagne, il existe depuis plus d'un demi-siècle une autre famille d'établissements à caractère technologique et professionnel, qui pèse près de cinq fois l'ensemble des *TU* en termes d'effectifs, celle des **Fachhochschulen (FH)**. Ces établissements résultent d'une concertation entre les ministres des *Länder* visant à rassembler de nombreuses petites écoles techniques, de gestion ou autres, souvent très anciennes, en des établissements plus importants tournés vers les besoins des entreprises en cadres moyens<sup>91</sup>. Cette concertation a abouti en 1969 à une convention entre eux fixant le cahier des charges de la nouvelle institution. Ces institutions – généralisées après la réunification – sont au nombre de 200 environ, soit en moyenne 5000 étudiants

<sup>88</sup> PSL est bel et bien une confédération de dix établissements-composantes. Mais malgré la nature de plusieurs d'entre eux elle n'a pas la caractéristique d'une TU. Le cas de l'IPP est plus ambigu ; mais il est sans doute surdéterminé par l'École Polytechnique, la tutelle de la DGA et le poids des grands corps techniques.

<sup>89</sup> L'exemple le plus illustre d'un tel modèle "satellitaire" est Paris Saclay, dont on a suivi les récentes vicissitudes.

<sup>90</sup> En dessous des écoles d'ingénieurs, redisons (§ IV.5) le territoire français dispose fort heureusement de la trame du réseau des IUT – finement tissé selon les spécialités – et de l'omniprésence des lycées (ou CFA) porteurs de STS.

<sup>91</sup> On fait souvent le parallèle entre les *FH* et nos IUT. Cette comparaison est assez fallacieuse. D'une part la longueur du cursus de DUT est plus courte. D'autre part, l'organisation fédérale montre sa différence. En France les IUT résultent d'une décision du sommet et ont même formé un système particulièrement étatique sur ce point.

par institution. Plus récemment, l'application du LMD en Allemagne les a conduits à se positionner aussi bien sur le M que sur le L. De ce fait ils se rapprochent des *TU*. Ils ont d'ailleurs opté dans leur communication en langue anglaise pour l'appellation de *University of Applied Science*.

#### 4 — Colleges of Engineering aux États-Unis

L'*Engineering Education* aux *USA* est au départ le produit de la synthèse des influences française, britannique et allemande précédentes : formation scolaire / formation "sur le tas" / formation par la recherche, synthèse qui d'une autre manière a aussi produit chez nous l'idéal-type récent de l'école française d'ingénieurs décrit dans la troisième partie.

Aux *USA*, les institutions porteuses de ce grand domaine sont aujourd'hui les **Colleges of Engineering** (*COE*). Contrairement à la grande majorité des écoles françaises, ce sont en général des composantes de grands établissements, que ceux-ci se nomment *University* ou *Institute*. Les *Colleges* de plus grande taille relèvent d'universités publiques, sous contrôle des *States*. Cela dit, en matière d'*Universities* les différences public/privé ne sont guère marquées, à l'exception bien sûr de la structure du financement de l'institution.

Il n'est pas inutile de rappeler sommairement l'organisation interne la plus fréquente<sup>92</sup> de ces institutions, qu'elles soient sous contrôle public ou de statut privé. Le modèle organisationnel dominant d'**University** (ou *Institute*) aux *USA* est celui dont la structure fondamentale est faite de **Colleges** (chacun dirigé par un *Dean*) très autonomes, lesquels sont eux-mêmes constitués de **Departments** (souvent appelés *Schools*, notamment dans les domaines du *Business* et de l'*Engineering*) dirigés par un *Chair*. C'est dans ces derniers lieux que s'exerce la vie académique. Traditionnellement exercée aussi dans ces *Departments*, l'activité scientifique a cependant en partie migré dans des laboratoires ou centre de recherche désignés par l'appellation générique de **Organized Research Units** (*ORU*), lesquels demeurent soit parties prenantes des *Departments*, soit sont situées à la marge lorsqu'ils sont pluridisciplinaires. Ce sont les *Departments* qui mettent en œuvre les **Undergraduate Programs** conduisant au *Baccalaureate Degree* (les titulaires sont des *Bachelors*) dans leur domaine.

Mais le *Department* est aussi chargé de concevoir les programmes et de dispenser les enseignements **Graduate**<sup>93</sup> sous le contrôle d'une structure de nature plutôt administrative appelée *Graduate School*, laquelle agit sur l'ensemble de l'institution. Quoique placée sous la houlette d'un *Dean* cette entité ne dispose en propre d'aucun enseignant et ne gère *a fortiori* aucune activité de recherche. A cet égard ce n'est pas une « composante » de l'institution. Cette organisation a été établie à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle lorsque l'on a couronné ces assemblages de *Colleges* d'une offre *Graduate*. Ainsi cette structure édicte des spécifications et contrôle les procédures d'admission en relation avec les *Departments*. Par ailleurs elle n'a pas de compétences vis-à-vis des **Professional Schools** lorsque l'institution en possède, lesquelles dispensent de façon entièrement autonome la formation des médecins et des juristes conduisant au *1st professional degree*, qui est un doctorat d'exercice.

<sup>92</sup> Aux *USA* on rencontre des situations institutionnelles d'une telle variété qu'il est bon d'observer ce monde avec l'œil du naturaliste et d'adopter un point de vue statistique.

<sup>93</sup> Ce qui veut dire "cursus pour étudiants bacheliers"

Enfin, comme on le sait, trônent toujours au cœur de l'institution une ou plusieurs *Libraries*, services communs qui jouent là-bas un rôle central dans le cursus universitaire. On citera aussi pour mémoire les résidences *on campus* et les nombreuses installations sportives.

On retiendra de cette rapide description que le modèle dominant en *Engineering Education* est le *College* dont les *Departments* disciplinaires organisent la formation à tous les niveaux de grades. On se reportera à la référence [ITHER 2017] pour des données statistiques sur l'*Engineering Education* aux USA et son organisation d'ensemble dans un pays qui en est le berceau.

## 5 — Autonomie et gouvernance des établissements

Est **autonome** « ce qui est **régi par ses propres lois** ».

Cette qualité était reconnue par l'empire romain aux cités grecques qu'il avait incorporées. Elle fut le ressort des créations d'*Universitas Magistrorum et scholarum* par bulle papale pour préserver ces communautés du savoir de l'influence du Prince, de l'Évêque ou de la Commune. La revendication à l'autonomie est ainsi restée consubstantielle au statut universitaire. Comme l'analyse magnifiquement A. Renaut [RENAUT 1995], à l'époque moderne cette revendication relève d'une **double exigence**. Exigence **interne** lorsqu'elle rejoint la revendication de liberté académique individuelle, de rapport entre enseignement et recherche, de pluridisciplinarité au sein d'une institution, et par ailleurs d'autonomie de ses différentes composantes. Exigence **externe** en raison des influences que celle-ci aurait à subir, avant tout de la part de l'État. Mais toujours à l'époque moderne, la maîtrise de ces exigences, souvent contradictoires, passe par la nécessité de doter chaque institution d'une gouvernance adaptée. En d'autres termes, pour une université, une école, un institut, autonomie et gouvernance sont inséparables et il semble qu'un rapport constant doive être établi entre eux.

L'objet de ce dernier paragraphe est de pratiquer un état des lieux des situations française, germanique et américaine, concernant ces autonomies<sup>94</sup>, en particulier vis-à-vis de la tutelle publique lorsque c'est le cas. Nous concluons en observant qu'en l'espèce les caractéristiques de nos écoles d'ingénieurs réalisent une synthèse de ces différentes situations, bien adaptée à leur mission, nonobstant les différences de statuts.

Concernant d'abord la France et l'Allemagne, la comparaison se trouve spontanément plongée dans **l'étude que l'EUA** consacre au sujet de l'autonomie des universités publiques depuis plus de quinze ans<sup>95</sup>. Le champ de celle-ci couvre 35 pays, y compris hors UE. Nous examinons d'abord les conditions de gouvernance associées. On sait que les **universités françaises** se situent au fond de ce classement pour chacun des quatre indicateurs de l'étude<sup>96</sup>. Pourtant, leur autonomie a été proclamée il y a plus de soixante ans par le législateur en France (loi du 16 novembre 1968) à propos de ces nouvelles

<sup>94</sup> En France cela inclut les instituts et écoles sous tutelle du MESRI

<sup>95</sup> L'étude utilise une batterie de quatre indicateurs portant sur : la gouvernance, le financement, la GRH et les questions académiques.

<sup>96</sup> Il est vrai que les écoles publiques d'ingénieurs ne participent pas à l'étude ; mais leur faible poids relatif ne changerait pas ce constat.

institutions appelées « universités » qu'il créait<sup>97</sup>. Cela dit, régulièrement réaffirmée depuis lors, **l'autonomie des universités semble être restée à l'état de simulacre**<sup>98</sup>. Objectivement, ce sujet fonctionne en France comme « un jour sans fin », une boucle temporelle qui, de façon récurrente, occupe une bonne part de l'actualité de l'ESR. Cette observation en appelle à ce « rapport constant » qui semble exister entre autonomie d'une institution et sa gouvernance. A cet égard il est frappant de constater la grande innocuité du mode de gouvernance en raison même de leur très faible autonomie : il ne peut rien se passer de bien grave quelques soient les dysfonctionnements internes. Cette gouvernance est en effet fondée sur la domination du pouvoir autogestionnaire des universitaires affectés à l'institution<sup>99</sup>. Toutes les lois qui se sont succédées depuis 1968 l'ont peu ou prou respecté, et même jusqu'aux statuts *ad hoc* des récents EPE. Cela dit, ce mode de gouvernance est étroitement encadré par l'État, ce qui finalement rend assez négligeables les écarts de conduite qui peuvent survenir çà et là au sommet des établissements. C'est bien en vrai en matière financière puisque le carcan de la comptabilité publique verrouille tout, sous l'égide d'un agent comptable. Il s'agit bien « d'opérateurs de l'État », ce dernier ne manquant pas par exemple d'aller puiser sans vergogne dans leur caisse en cas de régulation budgétaire. C'est bien sûr éclatant dans la gestion des ressources humaines dont les établissements du MESRI n'ont aucune maîtrise s'agissant de fonctionnaires d'État relevant d'une sorte de « congrégation enseignante » voulue par la 3<sup>ème</sup> République<sup>100</sup>. Comme on le voit tout concourt bien à la relégation des universités françaises dans les profondeurs du classement EUA.

Sans être aussi caricatural le degré d'autonomie des **universités allemandes** apparaît cependant très moyen dans l'étude de l'EUA. Insistons d'abord sur le fait que pour cette étude il n'y a pas "d'Allemagne" mais des *Länder*, considérés dans ce travail comme des États distincts. Il y a ici la prise en compte du caractère fédéral du pays. Les différences entre eux sont jugées suffisamment importantes pour justifier un tel éclatement. Les mécanismes de gouvernance sont éclairés par l'étude comparative très documentée et toujours d'actualité que E. Friedberg et C. Musselin [MUSSELIN 1989] ont consacré au sujet des rapports de l'État et des universités. En substance, dans tous les *Länder*, apparaît une forme de cogestion entre l'administration du *Land* et la gouvernance aristocratique exercée collectivement par les professeurs de classe supérieure (dits C3/C4) sur les affaires académiques. Ce principe est favorisé par la faiblesse du corps intermédiaire d'enseignants, le *mittelbau*, dont les membres sont des assistants attachés à chaque professeur. A la vérité on retrouve là l'organisation qui était qualifiée de mandarinale dans les facultés françaises avant 1968, laquelle a perduré jusqu'en 1984. Finalement c'est ce subtil partage des rôles entre l'administration de tutelle proche et ce collectif au parfum de féodalité qui finalement associe assez heureusement « demi-autonomie » et cogestion à la tête des universités allemandes.

Avant de quitter l'Europe pour traverser l'Atlantique, il est intéressant de rappeler que dans ce classement EUA, ce sont les **universités britanniques** qui occupent les hauts de classement. A vrai dire

<sup>97</sup> Jusqu'alors les facultés de l'Université de la 3<sup>ème</sup> République n'étaient que les pièces d'un grand ensemble étatique

<sup>98</sup> Notons accessoirement que beaucoup d'écoles publiques étaient encore "dans la main de leur tutelle", certaines ne bénéficiant même pas de la personnalité morale. Le sujet est évoqué dans la troisième partie.

<sup>99</sup> En fait depuis 1968, dans l'esprit de nombreux universitaires, le mot autonomie évoque leur situation personnelle. En d'autres termes il s'agit "d'autonomie des universitaires" et non pas "d'autonomie des universités". Les incompréhensions sur ce que doit être la gouvernance de ces dernières en découlent, comme l'avais très bien pointé Claude Allègre.

<sup>100</sup> Cette gestion est entre les mains de la grande DGRH, direction MEN/MESRI gardienne de la réglementation, et d'une institution unique au monde, le CNU, qui structure verticalement la congrégation selon un principe « comtien ».

ce phénomène est peut-être le résultat d'un biais. En effet la considération de la nature du statut d'une université britannique a conduit certains experts à avancer l'idée que toutes les universités d'Outre-Manche sont de statut privé. Ce qui entraîne bien sûr le constat de grande indépendance de telles institutions vis-à-vis de la puissance publique. Et ce d'autant plus que comme on le sait, l'engagement financier de cette dernière vis-à-vis de ces institutions est bien plus limité qu'en Europe continentale

Finalement, dans la recherche d'une conception de l'autonomie utile à la France, il semble bien que la référence intéressante se trouve paradoxalement aux **États-Unis d'Amérique**, portée par les cinquante nuances d'**universités publiques**<sup>101</sup>. Tout d'abord on a noté que celles-ci sont porteuses de la plus grande partie des gros *Colleges in Engineering*. Ensuite et surtout, le mode de contrôle que chaque État (*State*) applique aux établissements qui dépendent de lui. En fait ce contrôle s'exerce au moyen de la gouvernance sommitale de chaque institution, dont l'État conserve la maîtrise. Plus précisément au sommet se trouve le **couple CEO/Board**. L'installation de ce couple est largement dans la main de la puissance publique. Et même la composition du *Board* est couramment l'émanation des milieux socio – économiques de l'État. Quant au *CEO* sa nomination relève largement du gouverneur de l'État. Pour le reste, l'autonomie est la plus large possible. La vie de l'institution dépend de cette couche sommitale de gouvernance, sans plus guère d'intrusion de l'administration de l'État. Indépendante d'un pouvoir académique qu'elle surplombe, cette gouvernance sommitale est parfaitement neutre vis-à-vis de composantes aux missions fort diverses. L'autonomie des acteurs académiques peut elle-même prospérer dans ce cadre. Réalisant un bon équilibre entre les acceptions du concept d'autonomie, le fonctionnement d'un tel dispositif est sans doute facilité par la culture politique fédéraliste de toute la société américaine et par la capacité de ses membres à s'associer, comme le remarquait déjà Tocqueville il y a deux siècles.

Pour conclure et en synthèse, on voit bien que les gouvernances des universités publiques en **France** et aux **USA** sont littéralement **aux antipodes** l'une de l'autre<sup>102</sup>. Beaucoup d'autogestion et peu d'autonomie dans le premier cas, une gouvernance managériale et une autonomie maximale dans le second. Or, il se trouve que les **écoles françaises d'ingénieurs**, tout en étant plutôt proches de ce dernier modèle, réalisent un **compromis original** entre contrôle externe et participation des acteurs de l'école à sa gouvernance. Dans tous les cas le "*CEO*", la personne dirigeante, est toujours d'une certaine manière nommée, à la fois par le "*Board*" – qui rassemble personnalités extérieures et élus – et par la tutelle lorsqu'il s'agit d'écoles publiques. Ensuite ces dernières ont en principe toute légitimité à bénéficier de l'autonomie la plus large : c'est bien le cas quant aux fins c'est-à-dire concernant la liberté pédagogique et académique. En France, le bât blesse pour les écoles publiques, celles du MESRI en particulier, et plus encore pour les écoles internes. Pour ces dernières le mode de gouvernance des universités est trop antinomique de ce qui précède pour qu'il puisse exister ici ces sortes de « multiversités » établies aux Etats-Unis. Il faudrait pour cela revoir leur gouvernance d'ensemble, ce qui paraît politiquement hors de portée. Les derniers avatars de la mise en place de l'université Paris Saclay, assemblage bâti pour être « visible depuis Shanghai », en sont une illustration éclatante.

<sup>101</sup> Sous ce vocable on inclut parfaitement une partie très majoritaire de l'*Engineering Education*

<sup>102</sup> C'est particulièrement le cas en matière de gestion des ressources humaines académiques. L'excellente comparaison ternaire [MUSSELIN 2005] met en évidence l'exception française caractérisée là encore par la faible autonomie des établissements. De ce fait, le caractère ternaire de la comparaison tourne court à propos de la fin d'un processus de recrutement.

# ÉPILOGUE

## Quatre pistes de réflexion et d'action

Ce périple au pays des **formations technologiques** visait à cerner la réalité des institutions – écoles, instituts, lycées – qui les portent. Il a permis de préciser leur histoire, leur géographie, de les situer dans le temps et dans l'espace et d'évoquer leur rôle dans l'économie du pays. L'accent a été mis sur les évolutions – voire les révolutions – qu'elles ont connues durant ces trente dernières années. Nous espérons avoir ainsi permis à nos lecteurs de les appréhender au plus près de **leur réalité** d'aujourd'hui, bien souvent méconnue par de larges pans de la société.

Au terme de cette étude, il est intéressant de reformuler son titre **en questionnant l'avenir** : notre système global de formation technologique, secondaire et supérieur, est-il en mesure de fournir les compétences nécessaires pour soutenir l'objectif de réindustrialisation de notre pays ? Ceci dans un contexte, rappelons-le, de souveraineté nationale et de compétition mondiale, de transition énergétique et d'impératifs de défense.

Au terme de cette étude, les constats qui se dégagent montrent que la réponse à cette question ne peut être que négative. Sans prétendre à l'exhaustivité, et dans le but d'ouvrir le débat et non de le conclure, nous tentons simplement d'étayer cette affirmation. Pour cela, nous dégageons quatre thèmes de réflexion et autant de pistes d'évolution possible, conséquences directes des constats en question. Ils sont repérés dans la suite par les mots clés : **Atmosphère**, **Adéquation**, **Alliances** et, point fondamental, **Autonomie**. Ce sera, en forme de clin d'œil, le modeste « format A4 » de cet épilogue.

### Atmosphère

Comme nous l'avons déjà évoqué, il règne dans notre société une technophobie d'atmosphère doublée d'une méfiance vis-à-vis de l'industrie, dont il convient de combattre les biais cognitifs.

Cela se traduit, entre autres, par l'écartèlement anxigène de la jeunesse entre l'inquiétude légitime suscitée par l'avenir de la planète et l'attitude adoptée par certains partis politiques ou organisations se réclamant de l'écologie. La radicalité du discours et des actes militants conduit à prôner pour certains une forme de décroissance et pour d'autres, il n'est pas interdit de cumuler, la critique systématique et organisée de la technologie et de l'industrie. Ce phénomène est particulièrement préoccupant ; en étudier les causes profondes dépasse largement le cadre de cette étude. Néanmoins, nous nous limiterons à trois sujets qui nous paraissent en constituer des marqueurs importants : la formation des citoyens, celle de nos dirigeants politiques et l'attitude de certains médias.

Cependant, avant de développer ces thèmes, force est de constater qu'un problème général domine l'ensemble. Le développement du numérique personnel, celui des écrans comme interface privilégiée et celui d'internet pour favoriser la communication ainsi que l'accès à une infinité potentielle de

données, ont introduit l'idée **d'instantanéité**. Toute connaissance est disponible à tout moment sur le réseau, tout problème a sans doute sa solution accessible et ce ne sont pas les développements récents de l'IA générative qui le contrediront. **Toutes ces facilités donnent ainsi l'illusion qu'on peut savoir sans apprendre**. C'est sûrement une des raisons du manque d'appétence au travail d'une partie importante de la jeunesse actuelle auquel doit faire face un corps enseignant dépourvu de solution.

**La place des sciences et des techniques** dans la série générale du baccalauréat, qui représente la moitié des bacheliers, s'est dégradée lentement au fil du temps. Nous avons évoqué en particulier **l'effacement des mathématiques** ainsi que le fiasco de l'enseignement de l'informatique dans le secondaire, confirmé dans un rapport récent de l'IGESR [IGESR 2024]. Cela a deux graves conséquences. Tout d'abord, on constate que le baccalauréat n'assure plus aux citoyens les connaissances suffisantes pour comprendre les grands enjeux du siècle et leur permettre ainsi de jouer pleinement leur rôle dans une société démocratique. On forme donc des jeunes de dix-huit ans, dont beaucoup sont des proies faciles des mythologies de l'époque où l'objet et son usage sont souvent confondus. Cela est d'autant plus sérieux que 80 % d'une classe d'âge est titulaire du baccalauréat. En outre, chaque classe d'âge ne constitue plus un vivier, de taille et de richesse suffisantes, en vocations tournées vers l'industrie, la construction, la recherche scientifique, la technologie.

Cette situation prend racine à l'école primaire et se propage jusqu'aux élites politiques.

À l'école, elle loge dans l'inadaptation de la **formation initiale des professeurs des écoles**. Tous sont titulaires d'une licence à caractère disciplinaire, et pour la grande majorité relevant du domaine des lettres ou des sciences humaines. Par ailleurs, la fin de leur cursus ne compense pas le manque en sciences et techniques. Cette masse d'enseignants, sur qui repose la responsabilité cruciale d'instruire les enfants, ne dominent pas leur enseignement dans ces domaines. La formation de professeur des écoles a besoin d'une licence pluridisciplinaire faisant une place équilibrée aux « deux cultures ». Un mouvement de rattrapage semble se dessiner en ce sens, il est urgent de le généraliser.

En haut de l'échelle, contrairement à la Chine, où les trois derniers présidents sont des ingénieurs, notre personnel politique, à quelques brillantes exceptions près, a suivi des cursus de formation qui ne laissent guère de place à la science ou à la technologie. Ainsi, ils sont plus souvent dans des positions réactives que proactives face à l'évolution mondiale de la science et de la technologie, ou confrontés aux indispensables évolutions de notre système de formation supérieur et de recherche. Ce trait est accentué par la propension qu'ont certains **médias généralistes** ou **réseaux sociaux** à véhiculer des « vérités alternatives ». Elles jettent l'opprobre sur les progrès scientifiques ou techniques au mépris de toute approche rationnelle, contribuant ainsi à développer le relativisme ambiant.

En attendant d'improbables bonnes surprises, les uns et les autres seraient *a minima* bien inspirés de se nourrir systématiquement des avis et conseils d'authentiques connaisseurs des sujets en question. Et quant aux synthèses, on pense aux institutions incontestables que sont l'Académie des sciences, l'Académie des technologies ou l'Académie de médecine. Ces institutions, installées dans le temps long, sont capables, par leur composition et leur mode de fonctionnement, de produire des positions et des recommandations bien plus légitimes que d'éphémères « conseils scientifiques » ad hoc.

## Adéquation

Il s'agit bien sûr de l'**adéquation du diplôme à l'emploi**, en quantité comme en qualité.

Dans les circonstances actuelles, les contenus des formations d'ingénieurs sont questionnés par la conjonction de trois tendances fortes : l'importante désindustrialisation subit par la France depuis quelques décennies ; la montée en puissance de technologies nouvelles ou qui redeviennent d'actualité comme l'IA, le quantique, le nucléaire, les « smart grids » etc. avec leur cohorte de nouveaux métiers et enfin, l'impérieuse nécessité de donner un nouveau sens à la technologie pour restaurer son attractivité auprès de la jeunesse.

L'importante désindustrialisation de la France a vu simultanément prospérer la tertiarisation de son économie. C'est dans cette période que sont apparus dans le cursus des élèves ingénieurs ce qu'on a l'habitude de nommer les « soft skills ». L'ingénieur allait devenir manager, trader, commercial... Cette tendance, encouragée par la CTI, s'est sans doute un peu trop développée au détriment des cursus technologiques. Alors que le pays ambitionne de se réindustrialiser, il est certainement nécessaire de reconsidérer à la fois le contenu de ces enseignements, ainsi que leur part dans la formation globale d'un ingénieur.

Par ailleurs, la **croissance du numérique** avec son cortège de déclinaisons — IA, réalité virtuelle, génie logiciel, robotique, gestion, réseaux, ... — et d'applications a impacté toutes les industries et tous les services. L'avènement des ordinateurs quantiques va en démultiplier la puissance. De nouveaux métiers vont émerger et d'autres vont évoluer, voire disparaître. On a montré le retard pris dans le secondaire pour traiter de ces sujets. Dans le supérieur, et tout particulièrement dans les écoles d'ingénieurs, il sera indispensable d'engager une réflexion approfondie pour savoir quoi et comment enseigner dans ces nouveaux domaines. La vitesse d'évolution de ces changements rendra indispensable la création de dispositifs de formation continue adaptés. À l'heure actuelle, le secteur industriel est beaucoup plus réactif. Trouver les moyens d'une proximité renforcée avec lui est de plus en plus nécessaire comme nous le verrons dans le paragraphe suivant. Ces choix méritent la mobilisation de toutes les compétences, et ce, au-delà des modes passagères d'où qu'elles proviennent. Un exemple typique est celui du nucléaire : des choix politiques non fondés scientifiquement ont entraîné l'abandon de certaines formations. Alors que le politique est devenu plus « raisonnable », on a constaté que seules quelques écoles avaient, contre vents et marées, conservé des formations dans le nucléaire. Ce fut une heureuse surprise, mais le retard pris était important.

Dernier sujet pour terminer, et pas des moindres, l'attractivité de la technologie et plus spécifiquement, celle des écoles d'ingénieurs. Une grande partie des jeunes est à la recherche de sens dans leurs activités, qu'elles soient personnelles ou professionnelles. Faire progresser les connaissances, inventer ou améliorer des techniques ne suffisent plus nécessairement à motiver une grande partie de la jeunesse. Les problématiques liées à l'environnement et au développement

durable dominant assez largement l'espace des réflexions et des préoccupations sociétales, les jeunes y sont particulièrement sensibles. Les enseignements devront inévitablement en tenir compte de manière convaincante. Si les disciplines fondamentales demeurent bien le socle indispensable, les projets individuels devront être développés et généralisés pour permettre l'expression personnelle et la concrétisation de cette sensibilité.

À ces défis vient s'ajouter un problème structurel spécifique. Il est dans le fait que l'émergence en France de compétences professionnelles intermédiaires entre l'ouvrier qualifié et l'ingénieur semble marquée d'un ne sait quel signe indien. On l'a vu dans la quatrième partie, ces niveaux (RNCP 5 et 6) sont atteints par ce que l'on a appelé le **syndrome de la mastérisation des études**. Ces formations pourtant qualifiées de "professionnelles" affichent des taux de poursuite d'études d'au moins 50 %. Quant à celles désignées comme "technologiques" leur taux dépasse les 90 %, à l'instar des DUT de production comme dans les services. Pour ces derniers, le choix a été fait de s'aligner sur les **Bachelors**, c'est-à-dire le niveau RNCP 6. C'est dans cette logique que le BUT est venu rallonger d'une année le cursus DUT.

Les déclarations des uns et des autres affichent l'**objectif de limiter les poursuites d'études** à 50 % à ce niveau. Il est clair que l'on devra procéder à une sérieuse évaluation de la réalisation de cet objectif. En complément, il conviendra aussi d'observer dans quelle mesure ces nombreux cursus de Bachelor ne vont pas renforcer la tendance à la poursuite d'études de plus de **BTS**. Ce serait contre-productif car ce diplôme reste tout de même celui qui, grâce à l'apprentissage, présente le moins mauvais taux d'insertion professionnelle direct au niveau RNCP 5.

Plus profondément, il faudra aussi **analyser** finement **les causes** de cette fuite en avant. Il n'est pas douteux que la quasi-gratuité des formations publiques encourage cette tendance, tout comme la GRH ambiguë de beaucoup de grandes entreprises, sans oublier que ce peut être l'occasion de délaisser les contenus technologiques. Mais il nous semble que le facteur principal de la mastérisation dont nous parlons, est la primauté absolue en France donnée à la formation initiale. Corrélativement la place de la **formation continue diplômante** et plus encore celle de la **Validation des Acquis de l'Expérience (VAE)** demeurent marginales. Ainsi, par exemple, les diplomations utilisant ces voies représentent seulement quelques pourcents des titres d'ingénieurs aujourd'hui. Il nous semble donc que l'on devra **mettre l'accent sur leur valorisation**, facilitées par les avancées postpandémie des TICE et des nombreuses expériences d'hybridation pédagogique. On offrirait alors de vraies perspectives de carrière aux diplômés des niveaux intermédiaires qui se décideraient d'entrer sur le marché du travail. En d'autres termes, le recours à la combinaison de ces deux types de diplomation sera sans doute une condition nécessaire pour que des diplômés intermédiaires renoncent à la poursuite d'études en formation initiale, assurés qu'ils seraient de progresser ensuite. C'est là à notre avis une **condition nécessaire** pour surmonter le paradoxe délétère dans lequel l'industrie française se trouve enfermée.

## Alliances

Un établissement de formation technologique ne peut pas vivre isolé de son environnement socio-économique sous peine de devenir rapidement obsolète et inefficace.

Il arrive même quelquefois que son environnement contribue à sa création, comme on l'a vu pour les écoles d'ingénieurs, et plus récemment pour les IUT ou STS. C'est la plupart du temps la rencontre d'entrepreneurs, de scientifiques et de politiques locaux qui est à l'origine de ces créations. Cette dynamique résulte en un maillage territorial dense qui constitue un atout essentiel pour notre pays.

Ces établissements doivent donc construire des alliances pour constituer leur propre écosystème fait d'entreprises, de collectivités et d'autres établissements analogues. Pour ce faire, une condition nécessaire est qu'ils soient autonomes afin que leurs directeurs puissent engager l'établissement, en interne et en externe, dans toute forme de partenariat. Cette question essentielle sera notre dernier thème

Dans son rapport au Premier ministre, Christian Blanc [BLANC 2006] développait la notion d'**écosystème de la croissance**. La dynamique de ce concept s'appuie sur l'interaction des éléments du triptyque : universitaire, entrepreneur, chercheur et la dévolution de compétences aux conseils régionaux. C'est à la suite de ce rapport que les Pôles de Compétitivité furent créés en France. Dans le même esprit, les Instituts Carnot encourageaient le partenariat entre recherche académique et recherche industrielle. Plus ancien, le CIR poursuivait les mêmes intentions. Ce n'est que récemment, et en particulier dans le cadre du projet France 2030 avec l'appel à projet CMA (Compétences et Métiers d'Avenir) , que **la formation devient un centre d'intérêt majeur**. À cette occasion, sont particulièrement mis en avant les nouveaux métiers pour lesquels le système de formation actuel est notoirement insuffisant. Ont alors émergé de nouveaux paradigmes, comme, par exemple, « l'école de la batterie », à l'initiative de l'entreprise Verkor qui construit une *gigafactory* à Dunkerque. Cette école public-privé en réseau regroupe diverses entités : entreprises, organismes de formation, pôle de compétitivité, laboratoires... Elle s'adressera à tous les niveaux de formation, du CAP au doctorat. Elle se veut également innovante dans ces méthodes d'enseignement utilisant des ateliers mixtes, du mentorat, des jumeaux numériques, de la simulation numérique et de la réalité virtuelle. Des initiatives analogues, dans le cadre de l'appel à projet CMA, existent également pour le nucléaire civil, le photovoltaïque...

Face à l'accélération de l'innovation technologique, au rôle de plus en plus prégnant du numérique, à l'émergence de très nombreux nouveaux métiers et à la transformation des métiers existants, les entreprises recourent à ce type d'initiative. Elles le font, car l'enseignement public, engoncé dans sa lourdeur organisationnelle, n'a plus la capacité à anticiper ces changements. Par ailleurs, il n'a pas les moyens de s'équiper avec des plateformes technologiques au standard professionnel. C'est pour ces raisons que nous soutenons la création rapide **d'écosystèmes d'innovation en formation technologique**, qui pourraient se greffer sur les pôles de compétitivité ou les IRT. Ils rassembleront simultanément des industriels, des établissements publics de formation — du CAP au diplôme d'ingénieur et au doctorat —, des collectivités territoriales et l'État dès lors que ce dernier n'est qu'initiateur et évaluateur. En particulier, l'État pourrait, conjointement avec les régions, mettre en place un CIF – Crédit Impôt Formation) – analogue au CIR pour inciter les entreprises à participer activement à ces écosystèmes d'innovation en formation technologique.

## Autonomie

Pour les établissements de formation, **l'autonomie est sans aucun doute la mère des batailles.**

Comme nous l'avons vu à propos des écoles d'ingénieurs, l'autonomie est une condition indispensable à l'exercice efficace de leurs missions. Or l'État, bien qu'il s'en défende, peine énormément à réellement déléguer ses prérogatives et si nous évoquons la « mère des batailles » c'est bel et bien que des territoires importants d'autonomie restent à conquérir.

Pour les écoles d'ingénieurs, l'autonomie peut se décomposer essentiellement selon quatre types d'activités : le **recrutement des élèves** ; l'accomplissement des **missions de formation et de recherche** ; la **gestion des ressources humaines** ; la **gestion des ressources financières**.

Par ailleurs, nous avons également classifié les différents types d'écoles selon leurs statuts et leurs éventuels ministères de tutelle. Avant de proposer un « modèle d'autonomie » souhaitable pour les écoles, il est utile d'examiner comment cette autonomie se décline dans les différents modèles d'écoles.

Quel que soit leur statut, toutes les écoles d'ingénieurs sont libres dans le choix des élèves qu'elles recrutent. Elles peuvent également, à l'instar des *Colleges of engineering* américains ou des *TU* allemandes, toutes conduire à leur guise leur mission de formation, dès l'instant où la CTI les juge conformes au cadre général décrit dans son document « Références & Orientations ».

L'autonomie dans la conduite de la mission recherche, constitue cependant un point de vigilance capital. Notons tout d'abord que l'ensemble des écoles ont bien intégré l'importance de la recherche au service de la formation. Néanmoins, les écoles du MESRI mènent leurs travaux de recherche la plupart du temps au sein de laboratoires, souvent partagés avec des organismes et des universités. Dans ce contexte, nous l'avons vu, la recherche technologique peine à exister. Si les plus de soixante sections du CNU sont le reflet de toute la recherche universitaire en France, on constate que seules quatre d'entre elles ont le mot « génie » dans leur intitulé. Cette dilution risque d'être accentuée par les conséquences du vaste mouvement de regroupement d'établissements initié par l'État depuis quelques années. De ce fait, certaines des écoles du MESRI peuvent être absorbées au sein d'une université ou, situation un peu moins contraignante, faire partie d'un EPE tout en conservant leur personnalité morale et juridique. **Les conditions sont ainsi réunies pour que le phénomène de dilution de l'enseignement technique secondaire dans l'enseignement général, opéré au siècle dernier, puisse se reproduire dans le supérieur pour les écoles d'ingénieurs.**

La prédominance d'une gouvernance de type universitaire sur celle, plus forte et plus agile, des écoles d'ingénieurs serait à tous égards extrêmement néfastes. Une subsidiarité bien pensée, voire le transfert de compétences, doivent être la règle. On pense en particulier au volet recherche de la mission des écoles : **il serait contre-productif de réduire ces écoles à un unique rôle de formation et de les isoler ainsi de la recherche.** Il est donc urgent de donner à la recherche technologique un statut clair et reconnu.

Pour ce faire, nous devons rendre visible, dans l'offre de recherche locale au sein d'un regroupement, un pôle dédié à la recherche guidée par les applications. Nous avons vu que « chercher pour faire » et

« chercher pour comprendre » étaient deux activités qui nécessitaient des stratégies et des organisations différentes [JOLIOT 2011]. Ainsi, au sein de l'Université englobante, un **consortium d'écoles** devra se charger de ce pôle de recherche, et deviendra alors l'interlocuteur privilégié des organismes de recherche partenaires de ses laboratoires. Cette préconisation vise particulièrement les grands regroupements locaux comme ceux de Lorraine, Grenoble-Alpes, Paris-Saclay... Ils sont encore très éloignés de cet équilibre dynamique, par leur mode de gouvernance et la séparation marquée entre recherche et formation.

Dans le même ordre d'idées, le pilotage de la structure de valorisation de l'ensemble devrait être confié à l'école ou au groupement d'écoles en question. C'est à ces conditions que pourront se construire des partenariats fiables avec les acteurs économiques, académiques et politiques.

Concernant la mission de recherche et les écoles privées, on peut noter qu'elles ne jouent pas avec les mêmes armes. Les écoles du MESRI et des ministères techniques, au-delà d'un budget global incluant le salaire des enseignants-chercheurs et des subventions dédiées, peuvent facilement concourir aux appels d'offres gérés par les agences de l'État et les écoles doctorales. Il n'en est pas de même pour les écoles privées. Celles-ci ont encore trop de difficultés à être admises dans les cénacles nationaux distributeurs de moyens. L'État et la société ont pourtant un intérêt certain à ce que se développe une recherche de qualité dans ces écoles qui forment, rappelons-le, plus d'un quart des ingénieurs chaque année.

S'agissant de la gestion des ressources humaines, les écoles privées ainsi que les écoles des ministères techniques bénéficient d'une très large autonomie. Celle-ci se traduit par **un recrutement et une gestion du personnel dépendant uniquement d'instances internes à l'école**. Les écoles rattachées au MESRI n'ont pas ces possibilités. On touche là à un aspect crucial de l'autonomie des établissements qui, en France, est préempté par le tandem DGRH-CNU. Cette cogestion de la « congrégation », unique au monde, des enseignants-chercheurs fonctionnaires est très lourde dans son fonctionnement. Par ailleurs, elle est souvent très éloignée des politiques locales des écoles. Nous préconisons que les écoles d'ingénieurs du MESRI soient dotées d'un statut dérogatoire leur permettant de recruter leurs enseignants-chercheurs fonctionnaires indépendamment du CNU. Les organes de direction de ces écoles auront alors la lourde responsabilité de la qualité de leurs recrutements qu'ils devront par ailleurs assumer. **Cette responsabilisation du niveau local en termes de GRH est indispensable à la mise en œuvre de toute stratégie**. Elle peut également être l'occasion d'inventer de nouveaux dispositifs de recrutement plus fertiles. Par ailleurs, concernant le CNU — ce dispositif que le monde entier ne nous envie pas — on peut légitimement se demander s'il garantit, mieux que d'autres systèmes, la qualité des recrutements ?

L'autonomie dans la gestion financière est le dernier point à considérer. Sur ce sujet, ce sont les écoles du MESRI et celles des ministères techniques qui souffrent d'un déficit, au regard de l'indépendance dont jouissent des écoles privées. Or, par exemple, la gestion de la formation continue, celle de la recherche partenariale et des plateformes technologiques, sont autant d'activités qui font des écoles de tous statuts de véritables acteurs socio-économiques. À ce titre, il conviendrait de doter les écoles publiques d'un statut proche de celui des EPIC. Cela les libérerait des contraintes imposées par la comptabilité publique et éviterait des montages, souvent complexes, pour gérer ces activités.

Pour conclure ce thème, rappelons combien ces orientations, pour renforcer l'autonomie des écoles, requièrent un pouvoir décisionnaire fort de la direction, étayé par un statut adapté. À ce sujet, les

différentes composantes de l'autonomie, que nous venons d'évoquer, ne peuvent évidemment pas s'exprimer, dans les écoles actuelles du MESRI. La situation des écoles internes aux universités en témoigne tous les jours. Il convient donc d'adapter, comme nous l'avons suggéré, le statut de ces écoles pour qu'elles puissent gagner en efficacité et agilité dans l'accomplissement de leurs missions. Nous avons par ailleurs évoqué la menace forte de dilution des écoles du MESRI dans l'enseignement supérieur français. Ce nouveau statut, sans altérer les possibilités de collaboration et de regroupement, serait le parfait antidote à ce risque.

En conclusion, on voit que les **quatre pistes** que nous venons de tracer font **système**, une synergie apparaissant entre la culture scientifique et technique des citoyens, la coopération étroite des acteurs économiques et académiques, et la liberté de ces derniers.

Ces pistes ont surtout concerné l'enseignement supérieur, et en son sein les écoles d'ingénieurs. Nous ne serions pas complets si nous n'évoquions pas le **cas des lycées**, lesquels sont concernés par une large part de ce qui vient d'être dit. Leur présence était évidente au sein des trois premiers thèmes. Et, à l'exception des sujets touchant à la recherche, elle l'est aussi en matière d'autonomie. Or, pour ce qui les concerne, à cet aspect qui relève d'une question de décentralisation fonctionnelle s'ajoute celle d'un **nouvel acte de décentralisation**, territoriale cette fois, qui aille au bout de la dévolution de l'entière responsabilité des lycées aux conseils régionaux. Dans cette hypothèse l'État devrait limiter son rôle et, pour être enfin « moderne », devenir « modeste » selon le vœu exprimé il y a quarante ans par Michel Crozier [CROZIER 1987]. Assurément, ce sujet dépasse assez largement celui de cette étude, même si ses auteurs y attachent une grande importance.

Pour finir, beaucoup objecteront que la plupart des orientations esquissées dans cet épilogue sont parfaitement **extérieures** aux préoccupations des **forces politiques** de tous bords, quand celles-ci n'y sont pas hostiles par simple idéologie. On a d'ailleurs déjà déploré que leur culture ne laisse guère de place à la science et à la technologie. Sur ces thèmes, notre personnel politique en est réduit à un comportement réactif et souvent superficiel. Alors que l'évolution extrêmement rapide du monde exige *a contrario* une attitude résolument « pro active », il semble bien qu'il n'y ait rien à attendre de nombre d'entre eux qui soit à la hauteur des enjeux que nous avons recensés.

Cependant, afin d'atténuer un peu les effets de ce **constat paralysant**, et pour en terminer tout à fait, nous ferons appel à un ancien acteur de ce monde que nous venons d'explorer avec passion. Acteur éminent puisqu'il s'agit d'un ingénieur doublé d'un entrepreneur. Nous appelons en effet à la barre Pierre-Georges Latécoère, ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures, ce pyrénéen créateur d'entreprises authentique innovateur de l'entre-deux guerres. Après qu'il eut présenté au ministère son projet de ligne aérienne, il revint devant ses collaborateurs faire, selon Didier Daurat, le compte rendu suivant :

*« J'ai refait tous les calculs, ils confirment l'opinion des spécialistes : notre idée est irréalisable.  
Il ne nous reste qu'une seule chose à faire : la réaliser ! »*





## RÉFÉRENCES

[BASSET 2023] Basset Guillaume & Lluansi Olivier. *Pénurie de compétences et réindustrialisation : un étonnant paradoxe*. Les synthèses de la Fabrique. 2023

[BELHOSTE 2004] Belhoste Bruno. *Les écoles d'ingénieurs américaines au début du 20<sup>ème</sup> siècle*. 2004

[BELLOC 2010] Belloc Bernard & Mourier Pierre-François. *L'académie au pays du capital*. L'innovation politique. 2010

[BENOIST 2016] Benoist Pierre. *Une histoire des Instituts Universitaires de Technologie*. Classiques Garnier. 2016

[BERGSON 1907] Bergson Henri. *L'évolution créatrice*. PUF. 1907

[BLANC 2006] Blanc Christian. *La croissance ou le chaos*. Odile Jacob. 2006

[BODELLE 1995] Bodelle Jacques & Nicolaon Gilbert. *Les universités nord-américaines*. Lavoisier. 1995

[BRISSET 1997] Brisset-Sillion Cécile. *Universités publiques aux Etats-Unis*. L'Harmattan. 1997

[BUSH 1945] Bush Vannevar *Science The Endless Frontier, A Report to the President, Vannevar Bush, July 1945*

[CAMPILLO 2019] Campillo Romain, Fasulo Céline, Zhang Christophe *Innovation Right Tech : vers la fin du « tout technologique »*, La Gazette de la société et des techniques, Annales des Mines, janvier 2019

[CANTO SPERBER 2022] Canto-Sperber Monique. *Une école qui peut mieux faire*. Albin Michel. 2022

[CHARLE 2012] Charle Christophe & Verger Jacques. *Histoire des universités*. PUF. 2012

[CHATZIS 2009] Chatzis Konstantinos. *Les ingénieurs français au 19<sup>ème</sup> siècle (1789 – 1914)*. Bulletin de la Sabix. 2009

[CROZIER 1987] Crozier Michel. *Etat modeste, Etat moderne. Stratégies pour un autre changement*. Fayard. 1987

[DUFOURCQ 2022] Dufourcq Nicolas. *La désindustrialisation de la France. 1995-2015*. Odile Jacob. 2022

[ENDRIZZI 2021] Endrizzi Laure. *En STS et en IUT, les étudiants sont différents*. Article NTHE. Mai 2021

[ENFERT 2011] d'Enfert Renaud & Gispert Hélène. *Une réforme à l'épreuve des réalités. Le cas des « mathématiques modernes », au tournant des années 1960-1970*. Histoire de l'éducation. 2011

[GRELON 2020] Grelon André. *L'organisation de la formation des ingénieurs en France*. in Ingénieurs et entreprise. Arifact. N°13 . 2020

[HAMON 2014] Hamon Christian. *Le baccalauréat technique. De la technologie industrielle aux sciences de l'ingénieur. 1944-2014*. Presses Universitaires de Rennes. 2014

[IGESR 2021] *La formation initiale à l'aune des nouveaux défis scientifiques, technologiques, environnementaux et dans une perspective de souveraineté renforcée de la France : états des lieux et politiques territoriales*. IGESR. Rapport n° 2021-187, octobre 2021

[IGESR 2024] *La préparation aux formations et aux métiers du numérique et de l'informatique : parcours, programmes, pédagogie, mixité des cursus dans les lycées généraux et technologiques et dans les lycées professionnels*. Rapport n° 22-23-006A, novembre 2024

[ITHER 2017] *L'enseignement supérieur technologique aux Etats-Unis. Données sur l'Engineering*. Ither Consult. 2017

[JOLIOT] 2011] Joliot Pierre. *Recherche fondamentale et recherche appliquée* in La mondialisation de la recherche : Compétition, coopérations, restructurations. Paris Collège de France, 2011.

[LAROSIÈRE 2024] *Le déclin français est-il réversible*, Odile Jacob 2024

[LASSERRE 1993] Lasserre René et Lattard Alain. *La formation professionnelle en Allemagne*. CIRAC. 1993.

[LEMBRE 2016] Lembre Stéphane. *Histoire de l'enseignement technique*. La découverte. 2016

[LE NEVE 2017] Le Neve Soazig & Toulemonde Bernard. *Et si on tuait le mammouth ?* MIKROS. 2017

[LEON 1968] Leon Antoine. *La révolution française et l'éducation technique*. Société des études robespierristes. 1968

[LLUANSI 2024] Lluansi Olivier. *Réindustrialiser : le défi d'une génération*. DÉVIATION 2024

[MALIER 2017] Malier Yves. *Reconnecter la formation à l'emploi*. Presses des Mines. 2017

[MUSSELIN 1989] Musselin Christine. *En quête d'universités. Étude comparée des universités en France et en RFA*. L'harmattan. 1989

[MUSSELIN 2005] Musselin Christine. *Le marché des universitaires. France, Allemagne, États-Unis*. Science po- Les presses. 2005

[MUDRY 2015] Mudry Michel. *L'enseignement supérieur en France et aux Etats-Unis. Comparer l'incomparable*. Etude Campus France. 2015

[MUDRY 2018] Mudry Michel. *Universités du monde : le tropisme américain*. Revue Hérodote. N° 168. 2018

[ORTEGA 2017] Ortega Y. Gasset. *Méditations sur la technique*. Allia. 2017

[ORANGE 2013] Orange Sophie. *L'autre enseignement supérieur. Les BTS et la gestion des aspirations scolaires*. PUF. 2013

[PICON 1851] Picon Antoine. *L'invention de l'ingénieur moderne. L'école des ponts et chaussées, 1747 1851*. Presses Ponts et Chaussées. 1992

[PLATON 2017] Platon 358 avant JC. Dans *Timée-Critias*, Flammarion 2017.

[PROST 1968] Prost Antoine. *L'enseignement en France (1800-1967)*. A Colin, coll. U. 1968

[RAYNAUD 2016] Raynaud Dominique. *Qu'est-ce que la technologie ?* Ed. Matériologiques. 2016

[RENAUT 1995] Renaut Alain. *Les révolutions de l'Université. Essai sur la modernisation de la culture*. Calmann-Lévy. 1995

[SALOMON 1992] Salomon Jean-Jacques. *Le destin technologique*. Balland. 1992

[STOKES 1997] Stokes Donald E. *Pasteur's quadrant. Basic Science and Technological Innovation*. Brookings Institution Press. 1997

[TROYER 1989] Troyer Vincent. *L'histoire de l'enseignement technique : entre les entreprises et l'Etat, la recherche d'une identité*. Histoire, Economie et Société. 1989

[THOM 1970] Thom René. *Les mathématiques « modernes » : une erreur pédagogique et philosophique ?* in L'âge de la science, vol III, n°3, Paris, Dunod. 1970

[VILLANI 2018] Villani Cédric, Torossian Charles. *21 mesures pour l'enseignement des Mathématiques*. Rapport au Ministre de l'Éducation Nationale, 12 février 2018.



## GLOSSAIRE

SIGLE	TITRE
ABET	<i>l'American Board for Engineering and Technology</i>
ADIUT	Assemblée des Directeurs d'Instituts Universitaires de Technologie
ASEE	<i>American Society for Engineering Education</i>
BAC ou Bacc	Baccalauréat
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
BTS	Brevet de Technicien Supérieur
CAP	Certificat d'Aptitude Professionnelle
CAPES	Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement Secondaire
CAPET	Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement Technique
CdE	Code de l'Éducation
CDEFI	Conférence des Directeurs des Écoles Françaises d'Ingénieurs
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives
CEFI	Centre d'Études sur les Formations et l'emploi des Ingénieurs
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CER	Centre d'Enseignement et de Recherche de l'ENSAM
CEREQ	Centre d'Études et de Recherches sur les Qualifications
CET	Collège d'Enseignement Technique
CFA	Centre de Formation d'Apprentis
CIF	Crédit Impôt Formation
CIR	Crédit Impôt Recherche
CMA	Compétences et Métiers d'Avenir
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COE	<i>College of Engineering</i>
COMUE	Communauté d'Universités et d'Établissements
CPER	Contrat de Plan État Région
CPGE	Classe Préparatoire aux Grandes Écoles
CPI	Cycle Préparatoire Intégré
CPU France Université	Conférence des Présidents d'Université
CTI	Commission des Titres d'Ingénieur
DEPP	Direction de l'Évaluation de la Prospective et de la Performance
DESS	Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées
DGA	Direction Générale de l'Armement
DUT	Diplôme Universitaire de Technologie
EESC	Établissement d'Enseignement Supérieur Consulaire
EESPIG	Établissement d'Enseignement Supérieur Privé d'Intérêt Général
ENI	École Nationale d'Ingénieurs
ENSAM	École Nationale Supérieure des Arts et Métiers
EPE	Établissement Public Expérimental

EPFZ	École Polytechnique Fédérale de Zurich
EPCSCP	Établissement Public à Caractère Scientifique Culturel et Professionnel
ES	Enseignement Supérieur
ETP	Équivalent Temps Plein
EUA	<i>European University Association</i>
FH	<i>Fachhochschule</i>
FISA	Formation Initiale sous Statut Apprenti
FISE	Formation Initiale sous Statut Étudiant
GE	Grand Établissement
GFC	Gestion Financière et Comptable
GRH	Gestion des Ressources Humaines
G 20	Groupe des vingt - Forum intergouvernemental
IA	Intelligence Artificielle
IEA	<i>International Engineering Alliance</i>
IESF	Ingénieurs et Scientifiques de France
IFC	Institut Franco-Chinois
IFOP	Institut Français d'Opinion Publique
IGESR	Inspection Générale de l'Éducation du Sport et de la Recherche
INP	Institut National Polytechnique
INSA	Institut National des Sciences Appliquées
INSPE	Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation
IPP	Institut Polytechnique de Paris
IRT	Institut de Recherche Technologique
IUFM	Institut Universitaire de Formation des Maîtres
IUT	Institut Universitaire de Technologie
LMD	Licence Master Doctorat
MEN	Ministère de l'Éducation Nationale
MESRI	Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche et de l'Innovation
MST	Maîtrise de Sciences et Techniques
NAE	<i>National Academy of Engineering</i>
NFI	Nouvelle Formation d'Ingénieurs
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
ONERA	Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales
ONISEP	Office National d'Information sur les Enseignements et les Professions
ORU	<i>Organized Research Unit</i>
OSL	Université Paris Sciences Lettres
PISA	Programme International pour le Suivi des Acquis
PMI	Petites et Moyennes Industries
PSL	Université Paris Sciences Lettres
RERS	Repères Et Références Statistiques
R&D	Recherche et Développement
R&O	Références et Orientations
SA	Société Anonyme
SAS	Société par Actions Simplifiées
S&T	Sciences et Techniques
SEFI	Société Européenne pour la Formation des ingénieurs

SHS	Sciences Humaines et Sociales
SIES	Syndicat Indépendant du Second Degré
SPI	Sciences Pour l'Ingénieur
STEM	Sciences, Technology, Engineering and Mathematics
STS	Section de Technicien Supérieur
Syntec	Fédération des syndicats des sociétés d'études et de conseil
TGV	Train Grande Vitesse
TID	Titre d'Ingénieur Diplômé
<i>TIMMS</i>	<i>Trends In Mathematics and Sciences Study</i>
<i>TOEIC</i>	<i>Test Of English for International Communication</i>
<i>TU</i>	<i>Technische Universität</i>
UFR	Unité de Formation et de Recherche
UMR	Unité Mixte de Recherche
UTC	Université Technologique de Compiègne
VAE	Validation des Acquis de l'Expérience







Une société de conseil  
au cœur du développement  
des établissements d'Enseignement Supérieur  
des Institutions territoriales et des Entreprises

*Livre numérique*

ISBN 978-2-9596754-1-6



9 782959 675416

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

Courriel : [ither@ither-consult.com](mailto:ither@ither-consult.com)

Site internet : [www.ither-consult.com](http://www.ither-consult.com)

SAS Ither-Consult MINATEC  
3 Parvis Louis Néel CS 50257  
38016 Grenoble cedex 01  
n° SIRET 75 20 44 164 00024

n° TVA intracommunautaire FR 95 75 20 44 164