

Formation
professionnelle

Apprentissage Une autre formation pour d'autres ingénieurs

par Gérard Malglaive*

Le métier de certains ingénieurs repose sur la « réalisation » qui demande le déploiement d'une « intelligence avisée ».
Celle-ci est faite tout à la fois de connaissances abstraites et d'un savoir général de l'action.
L'apprentissage apparaît comme une démarche éducative propre à la construire. Nous présentons ici la prise de position d'un des plus fervents partisans de cette innovation.

Les formations d'ingénieurs par la voie de l'apprentissage¹ ont vu le jour au début des années quatre-vingt-dix, à la suite de la publication du « rapport Decomps » et de la mise en œuvre de ses recommandations par l'Etat. Elles s'inscrivent donc dans le cadre de ce qu'on appelle les « Nouvelles formations d'ingénieurs » (NFI). Si le public auquel elles s'adressent (des jeunes sans pratique professionnelle et non pas des salariés expérimentés) leur confère une réelle spécificité, les questions qu'elles posent au métier d'ingénieur sont, à bien des égards, les mêmes que celles que posent les NFI.

Ayant l'expérience pratique des deux formules, je suis maintenant exclusivement confronté à la conduite d'une formation d'apprentis ingénieurs. C'est dans cette expérience que s'enracinent les réflexions qui suivent sur les ingénieurs, leurs activités et leur formation. **Il ne s'agit donc pas d'un travail de chercheur fondé sur une méthodologie contrôlée de recueil et de traitement des données mais d'un travail de praticien, suffisamment frotté toutefois aux sciences humaines pour tenter de comprendre les fondements de son action.**

POURQUOI FORMER DES INGÉNIEURS PAR L'APPRENTISSAGE ?

Encore que les effectifs concernés soient très limités (moins de 4 % de l'ensemble des ingénieurs en formation initiale en 1995), on peut se demander pourquoi il est devenu possible, en France, de former des ingénieurs comme on forme les coiffeurs. Il y a bien sûr des raisons conjoncturelles : le « rapport Decomps », le gouvernement d'Edith Cresson, le

* **Gérard Malglaive** est directeur de l'association Ingénieurs 2000 et de son Centre de formation d'apprentis. L'association, présidée par B. Decomps, regroupe six entreprises (EDF/GDF, Renault, Schneider, SNEC-MA, THOMSON, USINOR-SACILOR) en partenariat avec le Conservatoire national des arts et métiers. Pour délivrer le diplôme habilité par la Commission des titres d'ingénieurs, le CNAM a créé l'École supérieure de conception et de production industrielles. Les apprentis ingénieurs sont recrutés au niveau du Bac et au niveau Bac +2. Leur cursus dure 5 ans pour les premiers, 3 ans pour les seconds. Chaque année comporte un semestre de formation théorique et un semestre de formation pratique.

¹ Tout au long de cet article, on entendra par « apprentissage » le dispositif de formation défini par le Code du travail, que la loi de 1987 a étendu aux formations supérieures.

réseau des Instituts des techniques d'ingénieur de l'industrie mis en place par l'Union des industries métallurgiques et minières. Mais si toutes ces initiatives ou volontés politiques ont pu se concrétiser, c'est que des causes plus structurelles rendaient possible une conception plus ouverte du métier d'ingénieur et de la manière d'y préparer.

L'une de ces causes est bien sûr politique. Dans le cadre de la construction européenne et d'une sorte de méfiance/admiration envers l'Allemagne, il est commun de rapprocher la vigueur de l'industrie germanique de la quantité et de la qualité de ses ingénieurs. Plus généralement, la France est à la traîne des états d'Europe du Nord pour l'accroissement du nombre de ses ingénieurs, comparé à celui des autres salariés. De là les discours politiques du plus haut niveau appelant à doubler les effectifs des écoles d'ingénieurs. Visée purement quantitative, faisant peu de cas de la question du type d'ingénieur à former, et à laquelle on ne peut pas dire que l'apprentissage ait réellement contribué.

Une seconde raison tient à l'existence du « statut cadre », introduisant dans les évolutions de carrière un seuil là où de plus en plus nombreux sont ceux qui pensent qu'il faudrait une continuité. Techniciens et ingénieurs se situent de part et d'autre de ce seuil, les premiers en-deça, les seconds au-delà. Ici se trouve certainement le fondement des NFI en formation continue, devant permettre aux techniciens de bénéficier de formations suffisamment accessibles pour franchir le seuil du statut cadre,... et bien souvent confirmer par un label explicite la réalité des fonctions qu'ils exercent déjà.

En quoi cela concerne-t-il les NFI en formation initiale, et notamment par l'apprentissage ? Nul ne songerait à dire que la carrière des ingénieurs doit commencer en deçà du statut cadre. Et pourtant la plupart d'entre eux, nouveaux embauchés, ne savent que peu de choses de la réalité de leur métier, qu'ils doivent apprendre pendant une période plus ou moins longue comme si leur formation n'était qu'une sorte de propédeutique. Mais laissons là pareille impertinence. La réalité est que le statut cadre établit un fossé difficilement franchissable entre des fonctions - celles de technicien et celles d'ingénieur - qui dans la pratique constituent un *continuum*, et qu'entre le technicien et l'ingénieur formés « à la française » existe une ou des fonctions qui pourraient être explicitement désignées et préparées au lieu d'être tenues à la sauvette par des techniciens « à potentiel » ou des ingénieurs ne rêvant ni de « *top management* » ni de recherche et développement.

La manière commune de penser le problème (on n'est pas encore à le résoudre) de la formation éventuelle à de telles fonctions intermédiaires consiste à jouer sur le temps d'études, comme cela se fait en d'autres pays européens, et notamment en Allemagne. On peut penser que la formule de l'apprentissage constitue une autre voie, paradoxalement plus adaptée à la spécificité française du statut cadre². En effet, acquérant une expérience du métier en même temps que des connaissances scientifiques, une formation pratique en même temps que théorique, les apprentis ingénieurs obtiennent un diplôme qui les positionne clairement dans la catégorie cadre au regard des autres salariés de l'entreprise, sans les amener pour autant, éclairés qu'ils sont de la réalité du monde industriel, à prétendre être considérés d'emblée comme dirigeants.

Mais il y a plus, et c'est la troisième raison, à mes yeux la plus fondamentale, de l'existence de formations d'ingénieurs par l'apprentissage. Le titre d'ingénieur et l'égale honorabilité qu'il confère à ses titulaires peine à recouvrir la diversité des fonctions qu'exercent réellement les ingénieurs : chacun le sait, mais peu le disent, en tout cas dans le cercle des formateurs d'ingénieurs, les recruteurs établissent un classement des « Grandes écoles » au terme duquel certaines sont plus grandes que d'autres. Cette hiérarchisation conduit inévitablement à une modélisation par le haut, les « petites écoles » ne pouvant que vouloir devenir « grandes » avec les avantages que cela confère à leurs « diplômés » et le prestige qu'elles en retirent, toujours monnayable sur le marché de l'éducation.

Ainsi s'expliquent les dérives toujours constatées des projets se voulant originaux (par leur type de recrutement, leurs méthodes pédagogiques et leurs contenus de formation) ayant vu le jour ces trente dernières années, le formalisme propre à la culture pédagogique française y trouvant par ailleurs son compte. Le risque est grand pour les formations d'ingénieurs par la voie de l'apprentissage de se perdre dans le même jeu stérile : il en va de leur existence même. Pourquoi maintenir une formule aussi inhabituelle, fondée sur une démarche réputée réservée aux faibles niveaux de qualification, voire aux jeunes en échec scolaire³, peu connue du public et guère plus des entreprises,

² Rappelons qu'en Allemagne, le système dual n'existe pas pour les formations d'ingénieurs, si ce n'est de manière limitée au sein des *Beruf Academies*.

³ De ce point de vue, les pouvoirs publics, associant régulièrement l'apprentissage à leurs politiques envers les jeunes sortis sans qualification du système scolaire, ne contribuent guère à le valoriser dans l'opinion.

impliquant le monde industriel dans la formation de la jeunesse, ce que les uns considèrent comme un crime contre la République et les autres comme un investissement depuis longtemps dévolu à l'Etat. Pourquoi, en effet, maintenir ces formations si elles devaient s'inscrire dans la lignée des écoles classiques et entrer avec elles dans une compétition où il faudrait bien vite qu'elles abandonnent leur spécificité pour y lutter à armes égales.

Les formations d'ingénieurs par la voie de l'apprentissage n'ont aucune chance de sortir de leur confidentialité actuelle si elles entrent dans le jeu stérile des « petites » et des « grandes » écoles. **Elles n'existeront que si, ni grandes ni petites, elles cherchent à s'affirmer comme des « autres » écoles formant des « autres » ingénieurs.** Encore faut-il essayer de cerner ce que sont ces « autres » ingénieurs et d'inventer, sur la base de l'expérience encore fragile de ces cinq dernières années, ce que peut être leur formation.

DES AUTRES INGÉNIEURS

LE « GÉNÉRALISME » ET L'ABSTRACTION

Avec C. Lange (1992), on peut dire que le trait dominant des formations d'ingénieurs (en France) est le « généralisme ». Le généralisme et sa condition supposée, l'abstraction et le formalisme, comme si la formation était au métier ce que les mathématiques sont au réel : une manière de penser et de comprendre toute situation, quels que soient son mouvement, ses lois, ses fondements et son évolution. Une telle formation ne saurait être liée à un métier, réalité trop anecdotique et trop contingente. Elle ne confère donc pas une qualification professionnelle mais un titre, la reconnaissance d'un état définitif que son titulaire pourra affronter victorieusement à une multitude d'événements, du début à la fin de sa vie active.

La réalité n'est pas si simple. Comme nous l'avons déjà dit, la plupart des ingénieurs fraîchement sortis de leur école doivent encore beaucoup apprendre au début de leur vie professionnelle. C'est là qu'ils découvrent que le mot ingénieur ne désigne pas un état mais une activité, soumise à de nombreuses contraintes que les simplifications du formalisme leur avaient caché. C'est ensuite au long de leur carrière qu'ils découvrent le caractère non universel de leur titre - sauf à l'habiller du fameux « apprendre à apprendre », ce qui, somme toute, n'est pas très original et ne réclame aucune consécration particulière.

Comme les autres, et aujourd'hui plus que jamais, les ingénieurs doivent faire face à des évolutions qui leur imposent de se « tenir au courant », de se « recycler », bref de se former en permanence, mettant ainsi à la question l'inaltérabilité de leur titre.

L'analogie faite plus haut entre le généralisme et les mathématiques n'était pas sans malice. Chacun sait en effet que le généralisme des formations d'ingénieurs est fait - de manière quasiment ontologique - d'un haut niveau d'abstraction logico-mathématique. Passe encore s'il ne s'agissait que de technique qui, selon une épistémologie un peu courte, serait fille des sciences, elles-mêmes filles des mathématiques. Mais la technique semble bien n'être qu'un prétexte pour quelques formations archétypiques du système français, dont la réputation tient autant à l'histoire et à la sociologie, à la sélection initiale et aux stratégies d'insertion des élèves qu'à la nature du cursus scientifique qu'elles proposent : les quelques grandes écoles qui façonnent l'image commune de l'ingénieur dirigeant, haut cadre de l'industrie, voire de la société. Au-delà de la formation qu'il sanctionne, le titre d'ingénieur est alors un adoubement, marquant et plus souvent confirmant l'appartenance définitive à l'élite sociale.

Mais la valeur en quelque sorte longitudinale du titre d'ingénieur est contrebattue latéralement par d'autres formations, permettant d'accéder aux mêmes rangs. Les écoles d'ingénieurs n'ont pas, en effet, le monopole du généralisme (comment cela serait-il possible, en France ?). Des cursus différents, non construits sur l'acquisition massive des mathématiques, des sciences de la nature et des technologies qui leur sont liées, y prétendent également : écoles de gestion, écoles de commerce, école d'administration. La valeur universelle de la formation « scientifique » y perd un peu de sa crédibilité, et la nature du métier d'ingénieur beaucoup de sa clarté. Cependant, comme le souligne P. Bouffartigue (1994), « *c'est bien le modèle de carrière du cadre dirigeant qui fonctionne comme modèle de référence positif pour la plupart des jeunes ingénieurs, qui semblent en quelque sorte le prendre à la lettre, quitte à découvrir rapidement la difficulté et les risques de la tâche* ». Car la réalité est évidemment toute autre, et, comme le montre le même travail de P. Bouffartigue, rares sont ceux qui atteignent aux fonctions qu'ils imaginaient devoir être les leurs à la sortie de l'école.

Il existe cependant une autre représentation du métier d'ingénieur, moins souvent analysée peut-être parce qu'elle est (un peu) moins étrangère à la réalité : celle de l'ingénieur créateur, de l'ingénieur « inventeur ».

L'ère des « grands ingénieurs » - dont Gustave Eiffel est l'archétype - est pourtant révolue. L'invention est aujourd'hui collective et relève des fonctions dites de « Recherche et Développement », connotées positivement par le terme « recherche »⁴, ou des fonctions d'étude, ambiguës parce qu'elles recouvrent également l'activité - plus pratique - des « Bureaux d'étude ».

La moitié seulement (en 1992) des ingénieurs exercent dans de tels secteurs et, même si cette proportion augmente avec le poids de l'innovation, il n'en reste pas moins que **tous** les ingénieurs ne sont pas des « chercheurs », pas plus que tous ne deviennent des *managers* de haut niveau. C'est dans l'analyse des activités de ceux qui ne sont ni l'un ni l'autre qu'il me semble possible de comprendre la nature de ces « autres » ingénieurs que l'on peut former par la voie de l'apprentissage.

CEUX QUI CRÉENT ET CEUX QUI RÉALISENT

« L'ingénieur par définition, c'est pas forcément quelqu'un qui va créer. Ça peut-être simplement quelqu'un qui, à partir d'une technique qu'il a maîtrisée, va réaliser ce qu'on attend de lui ». Ces propos d'un patron de PME, rapporté par D. Delamare (1984) sont riches de significations.

La première de ces significations tient dans le mot « simplement » qui marque clairement la hiérarchie, à relent taylorien mais guère dépassée pour autant, constamment évoquée entre ceux qui « créent » et ceux qui « réalisent ». Hiérarchie symbolique, mais hiérarchie bien réelle puisque, ne mâchant pas ses mots, comme souvent les « petits patrons », notre chef d'entreprise précise clairement que l'ingénieur peut être appelé à « réaliser ce qu'on attend de lui ». Voilà une rude réalité que bien des jeunes ingénieurs découvrent à leur corps défendant. L'excellence de leur parcours scolaire, leur haut niveau de connaissances abstraites, les illusions entretenues sur leur avenir de cadre dirigeant ou de chercheur, libre de ses objectifs et autonome dans ses démarches, commandant les autres sans être commandé, ne les ont guère préparés à découvrir qu'ils sont aussi destinés à être des salariés, exerçant un métier dans un cadre structuré par une organisation ayant ses propres visées qui s'imposent à eux. Si d'aventure un ingénieur trop bien formé devait comprendre la hiérarchie dont

il est question ici comme une « relation d'ordre » au sens mathématique, il ne tarderait sans doute pas à découvrir que, comme toute hiérarchie sociale, cette relation d'ordre là est l'objet d'enjeux de pouvoir auxquels les abstractions logico-mathématiques n'apportent guère d'éclaircissements.

Mais les ingénieurs ne sont pas si naïfs, en tout cas pas le président de la Fédération des associations françaises des ingénieurs diplômés, dont C. Lange rapporte les propos : « Il faut diminuer sensiblement le solde net du flux des techniciens promus sans diplôme à des fonctions d'ingénieurs, dont l'expérience professionnelle semble davantage adaptée aux fonctions à profil « production et exploitation »⁵. La hiérarchie entre ceux qui « créent » et ceux qui « réalisent » prend ici une figure plus concrète : elle ne traverserait pas le groupe des ingénieurs diplômés mais s'appliquerait (bijectivement) aux techniciens qui, se poussant du col, finissent par se faire appeler ingénieurs mais qui restent assujettis à « réaliser ce qu'on attend d'eux » dans le cadre des fonctions de production et d'exploitation.

La position corporative, somme toute obligée, du représentant des ingénieurs « diplômés » est-elle partagée par ceux au nom de qui il parle ? Constatant au cours de son enquête que les ingénieurs interviewés parlaient peu de technique, D. Delamare s'interrogeait sur la question de savoir si « les ingénieurs veulent déléguer les problèmes techniques à leurs subordonnés les techniciens supérieurs, pour rentrer plus aisément dans le rang des cadres dirigeants ». Certes non, répond-il, « si l'on considère la distanciation qu'ils tiennent à maintenir vis-à-vis des techniciens supérieurs, qui ne représentent à leurs yeux que des gens chargés d'appliquer sur le terrain des techniques, mais qui sont incapables de les concevoir et d'en résoudre les problèmes inhérents. Les ingénieurs s'estiment être encore des créateurs de procédés et de produits nouveaux, à partir de progrès scientifiques, et sont déterminés à conserver cet honneur de pratiquer « l'art de l'ingénieur », lié naturellement au pouvoir de cette fonction dans les entreprises. En somme, ils veulent assumer les rôles de concepteur, de détenteur, de garant, et de contrôleur d'application des techniques modernes »⁶.

Sans nier la réalité de cette représentation, et encore moins sa fonction de positionnement identitaire, on

⁴ A la différence des ingénieurs, les « grands chercheurs » existent toujours, nobélisés ou nobélisables, célébrés par la presse et connus du grand public. Dans l'opinion, l'archétype reste ici Louis Pasteur.

⁵ Lange C. (1992), op. cit., p. 227.

⁶ Delamare D. (1984), op. cit., p. 129.

peut toutefois se demander si sa mise à jour ne relève pas d'un artefact. Les enquêtes réalisées auprès des ingénieurs semblent souvent choisir leur échantillon parmi les ingénieurs exerçant soit des responsabilités de cadres dirigeants, soit des activités de recherche et développement. Ma fréquentation du monde industriel fait apparaître une autre réalité. S'agit-il d'un autre artefact, pratique celui-là, les tuteurs des apprentis ingénieurs étant choisis parmi ceux qui « réalisent » ? C'est en tout cas un appel à d'autres études plus centrées sur les ateliers que sur les sièges sociaux ou les laboratoires.

C'est aussi la porte ouverte à une autre analyse du couple « conception/production », à la compréhension de ce que sont ou pourraient être ces « autres » ingénieurs formés par la voie de l'apprentissage.

CONCEVOIR POUR RÉALISER

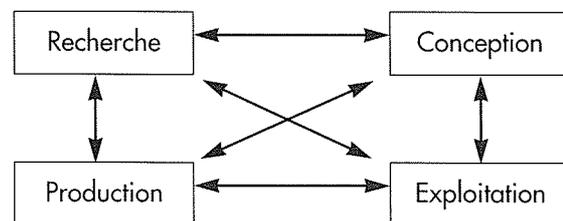
La distinction faite par le chef d'entreprise cité plus haut entre « création » et « réalisation » semble s'inscrire dans le cadre de l'opposition classique entre « recherche/conception » et « production/exploitation ». Mais si l'on reste sensible au caractère direct et concret des propos de notre patron, qui d'un simple « simplement » recouvrirait le champ d'une sociologie tout entière, on peut tenter d'extraire une signification plus profonde du mot « réaliser », qu'à la fois il oppose à « créer » et rapproche, sans toutefois l'utiliser, du mot « exécuter », en nous disant qu'un ingénieur peut *réaliser ce qu'on attend de lui* à partir d'une technique qu'il a maîtrisée. Commençons par souligner que les verbes « exécuter » et « réaliser » ont des sens fort proches l'un de l'autre⁷. Tous deux indiquent le passage d'une idée, d'un plan, d'un projet à un objet, un mécanisme, une machine, plus généralement à un résultat concret, tangible, observable. Pourtant, en jouant sur la connotation taylorienne du verbe « exécuter », on peut le distinguer du verbe « réaliser ». Le sens absolu du premier s'oppose à concevoir, à projeter et contient l'idée d'une dualité, d'une séparation entre ceux qui imaginent les plans et les projets, d'un côté, ceux qui les exécutent sans les avoir pensés, de l'autre côté.

Mieux que le verbe, le substantif « exécutant » affirme explicitement la subordination des seconds aux premiers : « *Personne qui exécute (un ordre, une tâche, une œuvre) par opposition à celle qui conçoit, qui ordonne* »⁸. Aussi bien parle-t-on d'agents d'exécution et non d'agents de réalisation. Notre patron

parle pourtant de l'ingénieur qui doit *réaliser ce qu'on attend de lui*. Continuons à le prendre à la lettre et notons que « réaliser » consiste à faire exister à titre de réalité concrète ce qui n'existait que dans l'esprit. Faire correspondre une chose, un objet, à une possibilité, une idée, un mot (voir encadré « Une autre analyse »).

La distinction entre recherche et conception, d'une part, production et exploitation d'autre part, ne rend pas compte de cette évolution. Il faut la remplacer par une représentation plus articulée, plus « systémique » si l'on veut, des quatre fonctions :

Pour une articulation plus « systémique » des quatre fonctions de l'ingénieur



Mais cela reste insuffisant. Ce schéma sépare conception de production, ce qui maintient un découpage idéologique des fonctions, découpage ne rendant pas compte de la réalité du métier effectif de ces « autres » ingénieurs qui nous concernent ici, découpage dont les seuls mérites sont de maintenir certains titres plus égaux que d'autres au sein de l'égale honorabilité des titres d'ingénieurs, de cantonner, comme l'ont vu, les techniciens promus aux fonctions de production et d'exploitation, pour ne pas dire d'exécution. Aussi bien est-il pour toutes ces raisons difficile de vouloir former en France des « ingénieurs de production » sans stigmatiser par avance les jeunes qui en seraient les produits⁹.

En matière de fonctionnement social le poids des mots ne vaut que par la force des structures qu'ils désignent : aucune illusion à se faire quant à leur pouvoir à modifier ces structures. A beau être non-voyant celui qui a perdu la vue, il reste aveugle ! Peut-on attendre cependant que les mots créent des effets de compréhension et permettent à cet usage de profiter au mieux de leur richesse sémantique ? Dans cette espoir, il me semble éclairant de remplacer l'opposition idéologique entre conception et production par l'unique

⁷ Ma « science » sémantique se limite à la consultation du dictionnaire Robert.
⁸ Ibid.

⁹ Même dans mes relations avec les entreprises industrielles les plus rugueuses, j'ai abandonné le terme ingénieur de production pour désigner les objectifs d'Ingénieurs 2000. J'annonce désormais euphémiquement des ingénieurs pour l'industrie. Dans les entreprises aussi on sait comprendre les subtilités du langage « politiquement correct ».

Une autre analyse du couple « conception-production »

« Exécuter » et « réaliser » renvoient tous deux à l'action matérielle et à ses procédures. Mais le premier évoque la mise en œuvre de manières de faire déjà connues, établies, normées et le cas échéant imposées. Alors que le second est centré sur le but, le résultat concret à obtenir dans sa relation à l'objet symbolique, le plan, le projet, qui le définissent abstraitement. Le passage de l'objet symbolique à l'objet réel, de l'idée à la chose, suppose des procédures d'action qui ne sont pas nécessairement toutes déjà connues.

Loin d'être un exécutant, le réalisateur engage sa responsabilité en mobilisant, en adaptant voire en construisant - et donc en concevant - les moyens nécessaires à « faire exister à titre de réalité concrète ce qui n'existait que dans l'esprit ». Plus même : situé dans le concret, confronté à la résistance du

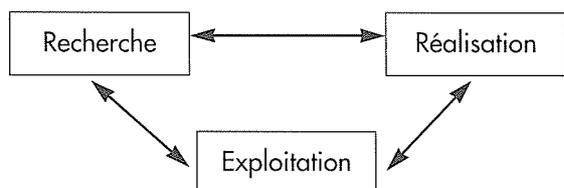
réel à l'idée que l'on s'en fait, le réalisateur peut être amené à rectifier plus ou moins profondément la définition de « ce qu'on attend de lui » pour rendre l'objet désigné (le produit ou le procédé) effectivement réalisable. Bref, exécuter sépare le faire du concevoir alors que réaliser inclut la conception comme condition accompagnatrice nécessaire¹.

En pratique, la relation entre conception et réalisation est affaire d'organisation et de circonstances. Le taylorisme conduit à une cascade mécanique de concepteurs et de réalisateurs, cascade se terminant par des exécutants. Les formes modernes d'organisation, si elles maintiennent des différences entre les fonctions, introduisent des *feed-back* permanents dans cette cascade.

... Que l'on ne me tienne pas pour plus nominaliste que je ne le suis. Le verbe exécuter est évidemment marqué de plusieurs décennies de taylorisme.

mot « réalisation », même si demain on ne parlera certainement pas d'ingénieurs « de réalisation »¹⁰. Toujours est-il que le schéma présentant l'articulation des fonctions d'ingénieur deviendrait le suivant :

Les fonctions d'ingénieur de « réalisation »

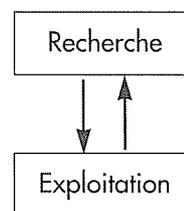


Mais on peut encore aller plus loin dans l'expressivité du verbe « réaliser » et sa capacité à désigner la réalité que je souhaite mettre à jour. Il faut pour cela donner un sens plus industriel à ce fameux « objet » que la réalisation fait passer de l'état symbolique à l'état matériel. Nous avons vu que le réalisateur était également maître du réalisable, et qu'à ce titre il rétro-agissait sur la définition symbolique de l'objet. Mais un objet industriel ne doit pas seulement être réalisable au sens technique du terme. Il doit aussi être exploitable, c'est-à-dire réalisable pour un marché, des clients qui en attendent un usage estimé utile à la satisfaction de leur besoin. Cette satisfaction doit intervenir au bon moment et se maintenir tant que le besoin exis-

te. Tout besoin s'insère dans une structure de besoins qui fixe les limites à la satisfaction de chacun d'eux. Cessons d'être abstrait : être réalisable pour un objet industriel, c'est l'être techniquement, dans des délais fixés, à un coût donné et avec une qualité contrôlée.

Bien piètre réalisateur serait l'ingénieur qui, drapé dans la hauteur de sa science, ignorerait l'ensemble de ces dimensions de la réalisation. Le verbe « réaliser » les recouvrant toutes, les quatre fonctions d'ingénieur se ramènent à deux, articulées entre elles et complémentaires, comprenant l'une et l'autre une activité de conception, qui reste le critère différenciant le métier d'ingénieur de celui de technicien :

Au cœur de la fonction d'ingénieur



RÉALISER ET INNOVER

Cette analyse résiste-t-elle à sa confrontation à l'exigence sans cesse rappelée aujourd'hui : l'innovation, exigence dans laquelle les ingénieurs trouvent de nouvelles justifications à la spécificité de leur fonction et au niveau élevé des connaissances scientifiques qu'elle requiert ?

¹⁰ La structure du CNAM associée à Ingénieurs 2000 s'appelle « Ecole supérieure de conception et de production industrielles ». Elle aurait dû s'appeler « Ecole supérieure de réalisation industrielle ».

L'idée d'innovation est proche de celle d'invention et de sa connotation un peu naïve de génie solitaire et d'illumination soudaine. Mais cela ne correspond guère à la réalité. L'innovation industrielle est une démarche collective mobilisant de nombreux acteurs au sein d'une structure adéquate. Mais surtout, l'innovation industrielle ne se réduit pas aux idées issues des applications judicieuses et inédites de la science. Elle implique, elle impose, elle exige le passage de l'idée à la réalisation et donc la prise en considération du réalisable au regard des contraintes techniques, sociales et économiques du moment. Léonard de Vinci a eu l'idée de l'avion, celui-ci n'a été réalisable que 250 ans plus tard. Aujourd'hui encore, les cartons des services de Recherche et Développement des entreprises sont remplis de projets dont la plupart ne seront jamais réalisés, à la grande frustration des jeunes ingénieurs découvrant une réalité que leurs études ne leur avaient pas toujours dévoilée¹¹.

Ainsi l'innovation demande le concours des deux grandes fonctions d'ingénieur que sont la recherche et la réalisation. Allons un cran plus loin encore : l'innovation ne se résume pas à l'idée réalisable de produits ou de procédés nouveaux. Elle est aussi le résultat d'améliorations constantes de l'existant et, là encore, la réalisation y a sa place : les innovations ne portent pas seulement sur le produit mais sur la manière de le réaliser, en diminuant son coût et le temps nécessaire à le faire tout en améliorant sa qualité et sa fiabilité. Qui sait, par exemple, que le leader mondial de la brouette doit son rang industriel aux améliorations sans cesse apportées au fonctionnement et à la réalisation d'un produit existant depuis des siècles ?

Ajoutons, pour terminer, que la réalisation ne saurait oublier que, malgré les fabuleux développements des automatismes, les usines ne marchent pas toutes seules. Réaliser, c'est aussi organiser ce que les économistes appellent les facteurs de production, machines et hommes, agencer les différentes étapes - souvent très nombreuses - par lesquelles s'opérera le passage de l'abstrait au concret. C'est là un domaine d'innovation souvent ignoré, à tel point qu'un rapport de l'IRDA... (1994) souligne « l'incapacité des entreprises à exploiter les avantages (d'une) nouvelle

technologie de production avancée, qui découle souvent d'une préoccupation pour l'équipement et d'une reconnaissance insuffisante de la nécessité d'innover dans l'environnement organisationnel également » (IRDA 1994). Les sciences humaines, l'économie et la gestion, la maîtrise du langage et de la communication, autant de thèmes de formation aussi utiles aux ingénieurs de réalisation que les sciences et les techniques.

Faut-il dire plus encore pour convaincre que la conception est fondamentalement au cœur de la réalisation, qu'il n'est pas possible de réaliser sans concevoir ? Voilà qui diffère de l'opposition habituelle entre conception et production, et de la primauté permanente accordée à la première, comme si l'idéologie corporative ne s'était pas libérée de la distinction scolastique entre les arts libéraux et les métiers mécaniques. Certains ingénieurs appliquent leur intelligence conceptualisatrice à forger des objets abstraits, à définir des nouveaux principes d'agencement des choses et à en calculer la validité au moyen des lois connues rendant compte du fonctionnement du réel, ou à améliorer des principes anciens en mobilisant tel ou tel secteur de la science pour en comprendre mieux le mouvement. D'autres ingénieurs mobilisent leur capacité à concevoir pour penser de nouvelles procédures de fabrication, imaginer les améliorations à apporter à un outil, une machine, un procédé. Immergés dans le quotidien du faire, ils doivent sans cesse anticiper le lendemain, prévoir les aléas et les effets non voulus des mécanismes les mieux calculés, prévenus qu'ils sont de la complexité du réel et de l'incomplétude de la science, qui, devant simplifier pour expliquer, ne donne jamais tout à fait à connaître l'ensemble de ce qui fait caractère pour l'action.

Réalisateurs, ces ingénieurs sont aussi des organisateurs, devant agir sur des situations plus compliquées encore : les hommes et leurs relations, leurs manières de penser les choses et d'avoir des projets, qui ne sont que rarement ajustées à la logistique des ingénieurs et aux finalités des entreprises.

DÉPASSER LES IDÉES REÇUES

Les usines, les entreprises, l'économie ont besoin de ces deux orientations, l'une abstraite et l'autre concrète, de la conception et du métier d'ingénieur. Malheureusement, malgré leur grande diversité, les formations d'ingénieurs sont en France dominées et orientées par le généralisme et son contenu obligé : l'abstraction. Ne faudrait-il pas regarder la réalité en

¹¹ Le réalisable ne se définit pas à l'aide d'équation qu'il suffirait d'appliquer. Ce qui n'est pas réalisable pour tel grand groupe industriel peut l'être pour celui de ses ingénieurs qui décide de réaliser « son idée » en créant sa propre entreprise. S'il était « chercheur », il aurait sans doute besoin de s'associer à un « réalisateur ». Il entre alors lui-même dans la redoutable dialectique de ce qui est réalisable et de ce qui ne l'est pas.

face et prendre au sérieux le fait que tous les ingénieurs ne seront pas des cadres dirigeants et qu'il n'est peut-être pas nécessaire de les former tous comme si cela devait être leur unique destin ?

Ne faudrait-il pas regarder la réalité en face et prendre au sérieux le fait que tous les ingénieurs ne seront pas des chercheurs, pas même de Recherche et Développement, et qu'il n'est peut-être pas nécessaire de les former tous comme s'ils devaient devenir directeur au CNRS ?

Ne faudrait-il pas regarder la réalité en face et prendre au sérieux le fait que la réalisation des produits manufacturés est un métier et parfois un art, que de nombreuses personnes : ingénieurs, diplômés ou non, techniciens et même ouvriers, y excellent. Et qu'il est peut-être utile de préparer non pas tous les ingénieurs mais des ingénieurs à en acquérir les talents.

Cette dernière question se heurte naturellement aux idées reçues sur « l'état » d'ingénieur, que se charge d'entretenir les corporatismes, des plus organisés aux plus quotidiens (lorsqu'il s'agit, par exemple de procéder à un recrutement). Admettre qu'il existe « aussi » des ingénieurs qui « réalisent ce qu'on attend d'eux » menace-t-il de conduire à un abaissement de la fonction (mythique) des ingénieurs, à une dévalorisation du statut (symbolique) qu'elle confère, à une diminution des avantages (réels) qu'elle procure ? Ceux qui « réalisent » *simplement* peuvent-ils être autre chose que les rejets perdus des écoles d'ingénieurs ? Peut-on s'aviser de fabriquer de tels ingénieurs et les reconnaître, comme jadis la noblesse fabriquait et reconnaissait, quoiqu'à un rang inférieur, ses bâtards ? N'est-il pas préférable d'élever au rang d'ingénieur un nombre contrôlé d'individus méritants qui continueront pourtant à sentir la rotture de leur métier mécanique ? Autant de réactions rencontrées

ici ou là. Questions purement idéologiques, qui se posent clairement ou *mezza voce* sur les formations d'ingénieurs explicitement qualifiées de production, ou sur les formations ne laissant pas aux abstractions théoriques la part unique et souveraine, comme les formations par la voie de l'apprentissage, par exemple...

Une autre idée reçue fait obstacle aux projets de formations d'ingénieurs orientés vers la réalisation. Elle est plus difficile à dépasser, car nul ne songerait à nier que l'action et le faire sont étrangers au monde des ingénieurs. Il s'agit de la réputation qu'a la théorie d'être le meilleur viatique pour l'exercice de quelque fonction que ce soit. De ce point de vue, les grandes écoles les plus prestigieuses ne sont que la locomotive d'un train à la motricité de laquelle participe encore le dernier wagon, les CAP de maçon, de coiffeur ou de garagiste, par exemple. Il ne suffit pas de savoir monter un mur en parpaing, encore faut-il connaître le pourquoi et le comment de sa résistance

mécanique, de la composition chimique du ciment, de ses réactions avec le sable qu'on y mélange en présence d'eau, etc.

L'INTELLIGENCE AVISÉE, INTELLIGENCE DE LA RÉALISATION

Mais n'allons pas trop loin. Les connaissances théoriques et leur utilisation, font la différence entre l'assujettissement à des procédures normées et l'autonomie dans l'action qu'autorise une compétence éprouvée. Cependant, ni les connaissances, ni leur étendue, pas plus que leur degré d'abstraction et leur pouvoir de généralisation ne constituent l'unique matériau des compétences. Il y a un savoir général de l'action, fait de sens pratique, de capacité de repérage des effets indésirables, néfastes ou pervers, entraînés par les procédures ou agencements les mieux échafaudés abstraitement ; un savoir fait d'anticipation des aléas mais aussi d'appréciation des risques

fructueux, fait d'intuition de ce qui « peut marcher quand même », de déraison imaginative dans l'invention des possibles, étroitement contrôlée cependant par la rigueur des vérifications (par calculs théoriques mais souvent par tests de contrôle et essais pratiques), invention toujours soumise au respect du système multiple des contraintes auxquelles doivent obéir résultat et manière de l'obtenir.¹²

La locution « intelligence pratique », souvent utilisée pour parler avec un brin de condescendance des « autres » ingénieurs, est trop isomorphe au découpage idéologique entre production et conception pour être utilisée à désigner ce que j'appelle la réalisation. Je parlerai donc plus volontiers « **d'intelligence avisée** ». « Intelligence » ne doit pas être pris ici au sens de la psychologie différentielle, mais au sens fonctionnel que lui a donné J. Piaget. Quant à l'adjectif « avisé », il peut être entendu comme regroupant et synthétisant les sens des différentes formes du verbe *aviser*¹³.

L'intelligence avisée conduit les ingénieurs à agir avec propos, après avoir mûrement réfléchi, avec d'autres bien plutôt que seuls, à la pertinence des objectifs et des moyens de les atteindre, aux conséquences des décisions qu'ils prennent et des actes qui en découlent. Elle les entraîne également à s'aviser du monde qui les entoure, à regarder large et loin, à voir ce qui est et ce qui pourrait être. Elle les amène encore à être attentif à ce qui ne se remarque pas au premier abord, à ce que la théorie laisse de côté mais dont l'existence peut se révéler décisive pour l'action. S'aviser du monde, c'est aussi être attentif et se tenir informé de ce qui s'y passe, y trouver des idées qui ne sortent pas toutes du néant mais se transmettent en se transformant et s'améliorant de cette communication. Enfin l'intelligence avisée doit autoriser les ingénieurs à s'aviser d'agir, avec ce que cela suppose de défi : à s'aviser d'essayer, d'oser, de se permettre, de tenter ; à s'aviser d'être assez audacieux et assez téméraire pour faire comme cela, peut-être, n'avait pas encore été fait.

On dira que l'intelligence avisée ainsi comprise est également celle qui préside à la démarche scientifique, et qu'elle doit être aussi l'apanage des chercheurs.

¹² Pour une analyse plus « cognitive » de ce savoir de l'action, voir : Malglaive G. (1990), *Enseigner à des adultes*, Paris, Puf. Ce que j'appelle ici « savoir de l'action » correspond approximativement à ce que je nomme « savoir méthodologique » et « savoir pratique » dans cet ouvrage, où j'analyse de plus les relations dynamiques entre les différents types de savoir et l'action.

¹³ Nouveau jeu sémantique s'alimentant à la même source.

Certes. Mais pourquoi la disposition réciproque ne serait-elle vraie que dans ce dernier cas, qui entraîne à former les ingénieurs comme on forme les savants ? Pourquoi la position symétrique n'a-t-elle aucune chance d'être entendue qui conduirait, par exemple, à remplacer les DEA par un séjour d'un an en production industrielle ?

Trêve de polémique. L'intelligence avisée est à mes yeux le résultat d'un itinéraire où s'acquiert à la fois connaissances théoriques et savoir général de l'action, au fil duquel s'opère la confrontation progressivement expérimentée de la science et du faire. Rien n'empêche que ces deux acquisitions soient différenciées dans le temps : après tout la tradition qui veut que l'on apprenne d'abord et que l'on agisse ensuite n'a pas donné de si mauvais résultats, même si la coupure ainsi introduite dans le cursus de construction des compétences est aujourd'hui devenue problématique. En effet, en ne sanctionnant que la partie théorique de l'itinéraire, les diplômés ne jouent plus tout à fait leur rôle de porte d'entrée dans la vie professionnelle - et donc d'accès à la phase pratique d'élaboration de l'intelligence avisée.

UNE AUTRE FORMATION D'INGÉNIEURS

A cette difficulté répond sans doute le regain d'intérêt porté aux formations dites en « alternance », et parmi elles l'apprentissage, jusques et y compris pour la préparation des ingénieurs.

L'imbrication de la conception et de l'action dans ce que j'ai appelé la « réalisation » conduit en effet à penser que la démarche d'alternance est fortement appropriée à l'instruction de ces « autres » ingénieurs dont il serait admis explicitement que la réalisation constitue l'orientation de leur métier, de leur compétence et donc de leur formation. Mais il reste à dire les conditions de la pertinence des formations alternées au regard de cet objectif.

L'ALTERNANCE, CE N'EST PAS DES STAGES

Sauf à appeler alternance les traditionnels stages d'ingénieurs qui ne font rien d'autre qu'atténuer la coupure entre les deux faces de la construction de l'intelligence avisée sans introduire quelque cohérence éducative que ce soit dans ce qui pourrait, même

de manière limitée, constituer une phase à part entière d'acquisition du savoir de l'action¹⁴.

Dans bien des cas d'ailleurs, les entreprises accueillent les élèves ingénieurs pour ce qu'ils sont : des jeunes gens à l'esprit délié, rompus à la manipulation des concepts scientifiques et des démarches logico-mathématiques. Ils sont alors employés à des « calculs » que les ingénieurs, toujours pressés par le temps, n'ont pas eu le temps de mener à bien, sans que la réussite ou l'échec du « stagiaire » soit un véritable enjeu pour l'entreprise. Pourquoi pas ? La découverte de ces enjeux et de la responsabilité qu'ils impliquent viendront plus tard, lorsque le cursus théorique sera définitivement achevé - sans compter cependant avec les effets d'engagement professionnel différés mis en évidence par P. Bouffartigue (1994, *op. cit.*).

L'alternance propre à former les ingénieurs réalisateurs est naturellement autre chose. Les séquences professionnelles doivent être conçues comme partie intégrante du cursus d'enseignement (au sens développemental et non pas au sens juridique de la notion de cursus), comme des moments organisés d'acquisition du savoir de l'action, comme les séquences scolaires sont pour l'acquisition des connaissances théoriques.

LE PRINCIPE DE RESPONSABILITÉ

La clé de l'organisation de ces phases pratiques repose, selon moi, sur le principe de responsabilité, en vertu duquel les ingénieurs en formation pratique s'engagent à mener à bien ce qu'on leur demande de faire - puis, plus tard dans le cursus, ce qu'ils proposeront de faire - et s'en portent garant devant les autres (l'équipe, l'entreprise, les clients) qui attendent d'eux un résultat et peuvent leur demander des comptes. Outre qu'elle inscrit les séquences industrielles dans une dynamique de socialisation, cette morale professionnelle constitue le vecteur de l'excentration de soi nécessaire à l'action dès lors qu'elle vise un but destiné à autrui et non pas seulement à la satisfaction de soi¹⁵. Or, c'est là que réside la rupture

¹⁴ Menacées par le bas, les formations d'ingénieur par la voie de l'apprentissage le seront aussi par le haut si, sans rien changer à leurs programmes, les Grandes écoles parviennent à inscrire les stages de leurs élèves dans le cadre de l'apprentissage sans en transformer la démarche.

¹⁵ Le psychologue J. Piaget a vu dans cette excentration une condition du développement de l'intelligence dont l'action est pour lui le moteur : ce développement connaît un essor définitif avec la fin du stade de l'intelligence sensori-moteur et de l'action ego-centrée.

fondamentale entre vie scolaire et vie active.

L'école, quel qu'en soit le niveau, est en effet exclusivement centrée sur la construction de soi. On y est plus sous la responsabilité d'autrui que responsable à l'égard d'autrui. Les comptes que l'on y rend témoignent de l'avancée du développement personnel dans sa conformité aux normes sociales. Sauf leur satisfaction à « avoir de bons élèves », les devoirs que « rendent » les élèves ne correspondent pas à un quelconque besoin des professeurs et encore moins de la société. Ce ne sont ni des produits, ni des services, qui sur un marché, rencontreraient des clients et seraient appréciés d'eux à la mesure de leur valeur d'usage. Aussi bien, leur fonctionnalité est-elle assurée dans tous les cas, qu'ils soient bon ou mauvais - même s'ils ne sont ni produits ni « rendus » !

La nature ego-centrée des productions scolaires invalide toute idée d'introduction d'un apprentissage du savoir de l'action au sein de l'école, même sous forme de travaux pratiques ou de projets. Ces dernières modalités du travail scolaire sont indispensables à une acquisition moins abstraite des connaissances théoriques. Elles conviennent donc mieux à la mise en cohérence des phases académiques et pratiques d'une formation alternée, mais elles ne remplacent en rien la seconde et ses activités « en vraie grandeur ».

A l'inverse, les phases professionnelles du cursus ne sauraient être le prolongement de l'école, la possibilité en quelque sorte de travaux pratiques plus « réels », mais qui resteraient l'application ou l'illustration des théories enseignées. Outre qu'il ne s'agirait que d'une prolongation peu fructueuse de la démarche scolaire, une telle visée se heurterait vite à des impossibilités majeures, dont la moindre n'est pas que l'activité du monde économique n'obéit pas à un programme mais à un marché. Penser qu'à date fixée, des élèves arrivant en entreprise pour y entamer leur séquence pratique pourraient y faire ce qui correspond aux connaissances qu'ils viennent d'acquérir n'est que pure illusion, sauf à vouloir intégrer les usines à l'école et aligner leur fonctionnement sur les programmes scolaires.

Ce qui semblerait être une impasse n'en est pas une, si l'on veut bien considérer que les connaissances théoriques ne **s'appliquent** que dans les travaux pratiques. Ailleurs, elles **s'investissent** dans l'action à titre d'instruments conceptuels qu'il faut toujours compléter d'un autre savoir : le savoir de l'action.

AUTONOMIE ET COHÉRENCE DES DEUX PHASES DE FORMATION

Les deux aspects de la construction de l'intelligence avisée sont aussi indispensables l'un que l'autre, mais ils correspondent à des phases autonomes, ayant chacune sa spécificité propre. C'est à la fois dans leur indépendance et leur complémentarité qu'il faut penser leur cohérence.

La visée de cohérence me paraît en effet plus pertinente que celle, classique, d'articulation qui évoque toujours quelque subordination de l'une des phases à l'autre. Pour les uns, que l'on pourrait dire déductifs, la phase pratique doit tirer sa logique de la phase académique ; pour les autres, que l'on pourrait dire inductifs, c'est le contraire, les connaissances théoriques et leur ordre d'acquisition devant s'ajuster à ce qu'en demande l'action. Le faux compromis qui consisterait à réunir les deux points de vue ne mène à rien puisque, répétons le, les deux phases n'obéissent pas aux mêmes ressorts. Le résultat auquel elles aboutissent conjointement, l'intelligence avisée, est pourtant l'intégration de leurs produits respectifs : les connaissances abstraites et le savoir de l'action. C'est parce que cette intégration doit être bien construite, harmonieuse et solide que le concours des deux phases, théoriques et pratiques, constitue ce qu'il faut bien appeler une co-formation dont il est indispensable de construire la cohérence.

Parler de co-formation, c'est évoquer d'emblée l'existence de partenaires qui doivent coopérer et viser ensemble l'atteinte d'un but unique. Parler de

cohérence, c'est fixer le cadre de leur travail en commun. Inutile de dire que c'est là le plus difficile - du moins lorsque sont écartés les obstacles idéologiques à la coopération. Le cadre institutionnel dans lequel fonctionne Ingénieurs 2000 est construit sur une volonté de dépasser ces obstacles idéologiques - ce qui ne veut pas dire qu'ils aient disparu. En tout cas, ils ne constituent pas la préoccupation majeure de mon activité, si bien que je laisserai à d'autres le soin de les analyser.

TROIS SECTEURS DE MISE EN COHÉRENCE

La mise en cohérence des deux faces du cursus reste un travail quotidien de tous les acteurs concernés. Pour finir cet article, j'évoquerai quelques dimensions de cette tâche en prenant pour fil conducteur trois zones où la mise en cohérence s'impose, zones liées à trois dimensions importantes du dispositif : les entreprises, les élèves-apprentis et la pédagogie.

Le monde industriel

J'ai dit plus haut le caractère essentiel de la responsabilité et de l'engagement des élèves dans de véritables activités au cours de la phase pratique de leur formation. L'apprentissage fournit pour ce faire une base institutionnelle à mes yeux indispensable : les futurs ingénieurs sont des apprentis, c'est-à-dire des salariés, certes sous statut particulier. Les entreprises qui les recrutent attendent d'eux un travail effectif, efficace, ordonné aux impératifs industriels et, pour tout dire, rentable. A cet égard, l'apprenti qui

Une pédagogie de l'action

Au sein de Ingénieurs 2000 elle repose sur le travail commun de deux « tuteurs », travail animé par un responsable de l'apprentissage. L'un de ces tuteurs est un enseignant, l'autre un ingénieur. C'est d'abord avec l'ensemble des uns et des autres que sont définis et chaque année réajustés les grands objectifs des séquences industrielles. A titre d'exemple, ils s'énoncent actuellement de la manière suivante, pour chacune des cinq années de formation :

- apprendre à agir en situation industrielle ;
- apprendre l'efficacité industrielle ;
- apprendre à concevoir ;
- apprendre à gérer un projet d'action ;
- acquérir une dimension internationale ;

- définir et conduire une opération industrielle. Le contenu effectif de l'activité confiée à chaque apprenti est proposé par le tuteur ingénieur en concertation avec le tuteur enseignant. L'engagement de la responsabilité des apprentis suppose que les opérations industrielles dont ils ont la charge soient significatives pour l'entreprise tout en étant à leur portée : caractéristiques assez simples à respecter au cours des dernières années de formation où les apprentis sont quasiment devenus des ingénieurs, mais beaucoup plus problématiques au début de la formation lorsqu'ils ne savent que peu de choses, et pratiquement rien faire - du moins en situation industrielle. C'est donc à la construction d'une pédagogie de l'action que sont conviés ingénieurs et enseignants.

« balaie la cour » existe peut-être, mais je ne l'ai jamais rencontré. Inutile, cela dit, de me croire naïf : j'ai assez insisté sur la différence et la spécificité des deux faces de la formation pour ne pas ignorer que la logique de l'activité industrielle est celle de la rentabilité. La mise en cohérence consiste donc à concilier activité rentable et activité formatrice (voir encadré).

Plusieurs obstacles doivent évidemment être surmontés pour parvenir à une pédagogie de l'action. Le premier - mineur - tient à l'habitude qu'ont les ingénieurs d'accueillir des stagiaires et de leur confier les tâches que j'ai évoquées précédemment. Outre qu'elles n'engagent que médiocrement la responsabilité de ceux à qui elles incombent, ces activités ne sont pas calibrées à la mesure des jeunes apprentis qui débutent leur formation. Pour parvenir à cette mesure, le dialogue entre les deux tuteurs est indispensable.

La seconde difficulté - plus sérieuse - se présente essentiellement lorsque les élèves apprentis commencent leur formation en 3^e année, à la suite d'un DUT ou d'un BTS préparés de manière classique. Ces diplômés correspondent à un recrutement de technicien, et partant à une fonction passablement normée et bien connue des entreprises et de leurs ingénieurs. Ces derniers ont alors tendance à oublier qu'ils forment des ingénieurs pour considérer qu'ils dirigent des techniciens et ceci d'autant plus qu'ils subissent une forte pression sur les effectifs dont les Directions autorisent l'embauche. Dans ces conditions, les apprentis risquent d'être considérés comme des employés temporaires. Leurs tâches sont certes rentables, mais médiocrement formatrices.

La dernière difficulté tient au fonctionnement même des entreprises. Sauf exception, les ingénieurs ont à l'égard des apprentis un rôle pédagogique et non pas stratégique. En mutation permanente, rares sont ceux qui accompagnent un apprenti tout au long des cinq ans que dure la formation. Les directions des Ressources humaines estiment quant à elles, du moins dans les structures de grande taille, que leur action est terminée lorsqu'elles ont pris ou aidé à prendre la décision de recruter un apprenti, qu'elles lui ont trouvé un service d'accueil et un ingénieur acceptant de l'encadrer. Mais, ici encore, rien ne sert de s'insurger contre l'existence des deux logiques : les directeurs des Ressources humaines ne sont pas des directeurs des études ! Il faut donc considérer que la cohérence à construire doit aussi avoir un aspect institutionnel, ce que nous avons commencé à faire au sein d'Ingénieurs 2000 en chargeant spécialement un animateur de cette dimension de l'alternance.

Les apprentis

S'il est un acteur pour qui la cohérence est indispensable c'est bien l'apprenti, contraint de la réaliser seul et pour lui-même si ceux qui sont chargés de sa formation ne l'aident pas à la construire. Ne concluons pas cependant que cette absence d'aide doive nécessairement conduire à la schizophrénie ! L'immense majorité des formations professionnelles introduisent, nous l'avons vu, une rupture entre la phase d'acquisition des connaissances théoriques et celle d'acquisition du savoir de l'action, sans que cela ne semble perturber durablement l'équilibre intellectuel de ceux qui suivent un tel itinéraire. Mais à vouloir mettre en œuvre une formation alternée, mieux vaut repérer les zones où un travail sur la cohérence est nécessaire, c'est-à-dire les secteurs où elle pose problème.

Celui que pose les apprentis est assez épineux et porte sur l'aspect central de la démarche : la relation entre la théorie et la pratique. Formation alternée ou non, dès qu'il ne s'agit plus de savoirs élémentaires, tout cursus d'acquisition de connaissances scientifiques se déploie hors du champ de la vie pratique, l'explication des phénomènes ne se lisant pas directement dans le livre de la nature, ni même à la faveur de la manipulation des choses, mais par un travail intellectuel armé des outils logico-mathématiques permettant de formuler les lois rendant compte du mouvement du réel. Le caractère abstrait de la formation théorique est donc renforcé par la nécessité d'acquiescer pour y progresser les outils - essentiellement mathématiques - que requiert la conceptualisation scientifique.

L'une des dimensions de cohérence à introduire concerne les contenus même du cursus théorique. Premier point, vieux débat, vieille querelle : les mathématiques. Ne revenons pas sur le rôle multiple qu'elles jouent dans la sélection et l'orientation vers les parcours d'excellence conduisant aux grandes écoles d'ingénieur : il s'agit là de l'antipode de la cohérence recherchée. Pour Ingénieurs 2000, « les connaissances en mathématiques (...) concernent (...) la maîtrise des outils nécessaires à la compréhension des lois (...) et à la description des phénomènes physiques »¹⁶. Mathématiques appliquées donc, ce qui ne veut pas dire mathématiques concrètes : cela n'existe pas.

Mais comment sélectionner les phénomènes physiques dont il faut apprendre les lois ? Ici encore, la

¹⁶ Extrait du projet de formation approuvé par la Commission des titres de l'ingénieur en 1991.

science a sa logique, sa cohérence interne qui n'est pas celle de l'action : il faut progresser pas à pas, de l'élémentaire au complexe, approcher le réel sous des angles multiples et parfois adventices au regard de l'action avant de bâtir des concepts généraux qui embrasseront l'ensemble des possibles. Au milieu du gué, les élèves en arrivent à se demander « à quoi tout cela peut bien servir », et ceci d'autant plus qu'ils n'obtiendront pas à tous les coups la réponse au cours de la partie pratique de leur cursus, sans que cela les empêche pour autant d'agir et de réussir en situation professionnelle. Ils n'ont simplement pas encore perçu que leur action, toute responsable qu'elle soit, reste encadrée par une structure - l'entreprise - où les sciences et les techniques sont présentes sans être proclamées, sans même qu'elles apparaissent comme directement liées aux décisions qui se prennent.

A l'échelle individuelle, cette alchimie est au fondement du savoir avisé. Celui, par exemple, de cet ingénieur qui nous racontait avoir, en situation d'urgence et de péril, pris une décision sur la base d'une simple règle de trois tout en restant convaincu qu'il n'aurait pas pu le faire sans avoir suivi une formation (classique) d'ingénieur. Incapable de dire pourquoi, il avait pourtant raison : la règle de trois n'était que la conséquence élémentaire de sa connaissance du phénomène à maîtriser et du caractère linéaire de la loi le décrivant, malgré les conditions non nominales qui le rendaient dangereux en pratique.

N'étant pas prisonnier des procédures guidant l'action quotidienne, ni des coefficients de sécurité qui interdisaient de conduire l'installation vers des zones potentiellement dangereuses, l'ingénieur « savait » que le phénomène était resté dans les limites où une intervention proportionnelle aux actions régies par les procédures « normales » permettait de le contrôler.

Il n'en reste pas moins que notre ingénieur ne s'est livré à aucune modélisation du phénomène avant d'agir (il n'en avait pas le temps), pouvant laisser deux réactions à l'apprenti qui aurait appris juste avant sa séquence pratique les lois théoriques régissant l'installation concernée : soit soupçonner la légèreté d'une action s'engageant sans avoir calculé les conséquences auxquelles elle pouvait conduire, préférant alors l'alternative consistant à arrêter toute l'installation (avec d'autres conséquences : coût de remise en route, perte d'exploitation, chômage technique) ; soit conclure à l'inutilité de la théorie dans l'action industrielle, attitude plus spontanée d'apprentis ingénieurs qui s'engagent souvent dans la voie de l'apprentissage parce qu'ils ont quelque lassitude du formalisme scolaire et le désir de voir enfin

à quoi ce qu'on leur apprend correspond dans la réalité.

La contradiction qu'ils vivent ne peut se résoudre que très progressivement au fil de leur cursus, souvent même, comme notre ingénieur et sa règle de trois, sans qu'ils s'en rendent compte. C'est là une zone de cohérence particulièrement difficile à établir. Professeur et ingénieur doivent certes tenir le même discours, et c'est généralement le cas. Il est probable cependant que les apprentis considèrent qu'il s'agit de deux discours convenus, estimant que celui des professeurs fait partie de leur fonction, et que celui des ingénieurs valorise leur fonction... Ajoutons que la contradiction ne peut qu'être renforcée par une présentation trop formaliste, voire quasi axiomatique, en tout cas massivement déductive des connaissances scientifiques. Une telle pédagogie platonicienne peut, par exemple, conduire à ordonner l'exposition des concepts comme si le réel n'était rien d'autre qu'une conséquence des mathématiques.

La pédagogie

La troisième zone devant faire l'objet d'un travail de mise en cohérence est précisément celui de la pédagogie. Soulignons d'emblée que nous ne voulons pas évoquer ici ce que l'on appelle parfois la « pédagogie de l'alternance ». Fondée sur la notion d'articulation, cette pédagogie préconise classiquement que les cours théoriques « reprennent » les connaissances pratiques acquises par les élèves au cours de leur séquence professionnelle. Aussi bien, cette méthode est-elle recommandée pour la formation des jeunes en difficulté scolaire, tout comme en formation des adultes dits de « bas niveau ». Pour ce dernier cas, j'ai montré dans un travail précédent (1990) que la démarche n'était pas triviale et qu'elle pouvait être considérée comme une véritable didactique du concret.

Mais l'engagement dans une formation d'ingénieurs, fut-ce des ingénieurs de réalisation formés par l'apprentissage, suppose des capacités de conceptualisation et l'accès à des connaissances scientifiques qui ne relèvent certainement pas de la didactique du concret. Aussi bien est-ce ailleurs qu'il faut chercher la cohérence - et d'abord la cause du risque possible d'incohérence. Ailleurs, c'est-à-dire dans la contradiction entre le rôle central que joue la responsabilité dans ce que l'on pourrait appeler la pédagogie des séquences pratiques et l'absence de celui qu'elle joue dans la pédagogie des séquences académiques.

En matière d'enseignement scientifique, le cours magistral constitue la méthode la mieux appropriée à la transmission des connaissances théoriques (1977) parce qu'il permet à celui qui apprend de mettre sa pensée dans les pas de celui qui enseigne en explicitant par un discours approprié le cheminement conceptuel conduisant à la compréhension. Mais l'efficacité de cette démarche de guidage intellectuel total implique la seule responsabilité de l'enseignant qui engage sa compétence dans la définition du chemin à suivre pour apprendre. Les élèves, au contraire, doivent accepter de se laisser conduire en abandonnant toute responsabilité dans le choix des moyens d'apprendre et de ce qu'il faut apprendre.

On ne saurait trouver de situation plus antinomique : appel à la responsabilité d'un côté, élimination de la responsabilité de l'autre ! Sans que la contradiction -

comme celle de la théorie et de la pratique dont elle est proche (1977, op. cit.) - puisse se résoudre totalement parce que les cours magistraux restent indispensables, la mise en cohérence des deux pédagogies passe sans doute par l'usage, à côté des formes traditionnelles d'enseignement, de démarches plus actives (certains diront plus inductives) d'acquisition des connaissances scientifiques : ateliers, groupes de projet, séminaires. On peut penser que la part relative de ces méthodes de formation doit augmenter au fil des années, la responsabilité des apprentis dans la phase d'acquisition conceptuelle de leur formation devant être d'autant plus facile à obtenir qu'ils sont engagés de manière de plus en plus significative dans leur métier d'ingénieur.

Gérard Malglaive
Ingénieurs 2000, CNAM

Bibliographie

Bouffartigue P. (1994), Ingénieurs débutants à l'épreuve du modèle de carrière, *Revue française de sociologie*, XXXV, 69-100, p. 87.

Delamare D. (1984), Histoires d'ingénieurs, histoires de cadres, *Culture Technique*, n° 12, 123-131, p. 125.

IRDAC (1994), *Qualité et adéquation*, Rapport sur l'éducation et la formation, Bruxelles.

Lange C. (1992), *Etre ingénieur aujourd'hui*, Monaco, Editions du Rocher.

Malglaive G. (1977), Défense et illustration du cours magistral, *Éducation Permanente*, n° 39/40, 63-121.

Malglaive G. (1990), *Enseigner à des adultes*, Paris, PUF.

