

LA « CRISE » DE LA DIMENSION SCIENTIFIQUE DES FORMATIONS D'INGENIEURS : OPPORTUNITE POUR DE « NOUVELLES » FINALITES DE FORMATION ?

L. BOT¹

Laboratoire des Sciences de l'Homme pour l'Ingénieur, EA n°1410 CRF-CNAM,
Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs d'Etudes et des Techniques d'Armement,
2 rue François Verny, 29806 Brest cedex – France
e-mail : ludovic.bot@ensieta.fr

Résumé :

Alors que les représentations que les sciences véhiculent d'elles-mêmes ont grandement évolué depuis l'apparition des formations d'ingénieurs françaises, celles-ci sont restées globalement dans une vision positiviste des connaissances scientifiques et de leurs usages. Aujourd'hui, la superposition de disciplines au service d'objectifs de formation divergents engendre une crise de la dimension scientifique des formations qui pourrait être une opportunité pour repenser leurs finalités.

Mots-clés :

Transdisciplinarité, dispositions d'esprit, formation scientifique, finalités et moyens des pédagogies.

I INTRODUCTION

Les formations scientifiques et techniques se sont structurées en France dans le contexte du positivisme. Ce contexte peut être qualifié d'optimiste sur le plan du développement scientifique et technique vu comme la source principale de l'épanouissement du genre humain, de centralisé sur le plan politique et économique au point d'en devenir légèrement liberticide, de rigoriste sur le plan intellectuel au point de produire un savoir cloisonné et un brin rébarbatif. De fait, les programmes de formation ont superposé les unes aux autres, comme autant de nécessités impérieuses, les couches disciplinaires, les stages en entreprises, les projets, les opérations de communication, les activités extra-scolaires, ... On constate que cela ne suffit pas. On cherche à rajouter du « transversal », sorte d'esprit magique qu'on ne sait plus où mettre quand tout déborde déjà de son trop-plein. Dans ces formations multicouches, la composante scientifique est la plus ancienne. Le temps de formation étant incompressible, on a réduit les heures d'enseignement. Mais a-t-on ré-interrogé les programmes des formations et leurs finalités ?

Pour répondre à ce nouveau contexte, les colloques s'interrogent à juste titre sur les « nouvelles attitudes des jeunes face aux savoirs », sur les « nouvelles compétences des enseignants », sur les « nouvelles pédagogies et dispositifs de formation », sur les « compétences

transversales » indispensables au diplômé d'aujourd'hui. Ces questions sont certes d'une urgente nécessité lorsqu'on a chaque jour des étudiants à occuper dans des salles de cours, et chaque année une nouvelle promotion à recruter sous peine de fermer boutique. Mais aborder ainsi directement la question sur un plan pédagogique, n'est-ce pas aller un peu vite en besogne ou ignorer le fond du problème : les sciences modernes et le nécessaire recul critique qu'il nous faut avoir sur les représentations qu'elles ont véhiculées et véhiculent toujours ? En effet, malgré les « nouveaux paradigmes scientifiques » dont on dit qu'ils ont remplacé ceux de la science classique, devenue étonnamment simplette après coup, force est de constater que rien n'a vraiment changé dans la formation scientifique des ingénieurs.

Cet article se propose de montrer en quoi cette question n'est pas pédagogique, mais d'abord interne aux sciences contemporaines et aux évolutions qu'elles ont connues depuis deux siècles. La compréhension de ces évolutions, leurs implications sociales et philosophiques et l'explicitation des positions qu'elles permettent, sont les clés d'une possible redéfinition des objectifs d'une formation scientifique adaptée à la fois aux contextes contemporains de l'activité professionnelle des cadres et aux attitudes des jeunes face aux cursus scientifiques. Nous partirons de trois faisceaux de raisons qui nous font dire qu'il est pertinent aujourd'hui de réfléchir à de « nouvelles » finalités pour les formations scientifiques : la « crise » de l'enseignement des sciences, la « mise en philosophie » des sciences contemporaines et les injonctions lancées aux formateurs par les milieux économiques. Nous n'énoncerons aucune solution prématurée, cherchant seulement à cerner les questions qui se posent aux concepteurs de formations et à éluder quelques fausses pistes dictées à la fois par la pseudo-urgence de la situation et par la tentation du renoncement à l'exigence intellectuelle.

II LA « CRISE » DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Les effectifs d'étudiants dans les formations scientifiques supérieures connaissent des baisses importantes et régulières depuis dix ans. Le phénomène est à l'échelle de l'Occident et concerne les mathématiques, la physique, la chimie et toutes

¹ Article publié dans les actes du 3ème colloque « Questions de pédagogies dans l'enseignement supérieur », Ecole Centrale de Lille, 1^{er}-3 juin 2005.

leurs sous-disciplines. Si la biologie résiste tant bien que mal, il semble que l'informatique commence à être touchée. Cette « crise » a été nommée en France « la désaffection des jeunes pour les cursus scientifiques ». Elle a déjà fait l'objet de rapports ministériels et de propositions de mesures [1]. Elle met en cause la pérennité de la recherche dans plusieurs disciplines et pourrait à terme avoir des conséquences économiques via l'affaiblissement du potentiel d'innovation scientifique et technique des sociétés touchées. De nombreux scientifiques s'inquiètent de cette « crise » et se découvrent à son contact des vocations d'éducateurs, de vulgarisateurs et de porte-parole médiatiques pour tenter d'attirer les jeunes vers les cursus scientifiques.

Dans les universités françaises, la crise est patente en terme d'effectifs étudiants. Les mesures visent essentiellement à combler le retard pris par la plupart des cursus universitaires en terme de pédagogie par projets, de travaux pratiques, de pédagogies actives, de travaux inter-, pluri-, trans-disciplinaires, d'introduction d'enseignements d'histoire et de philosophie des sciences, autant d'axes stratégiques devant lesquels les enseignants-chercheurs sont souvent démunis, faute de compétences et de ressources collectives suffisantes. Dans les écoles d'ingénieurs, les effectifs étudiants se sont globalement maintenus, semble-t-il grâce à la bonne réputation de ces formations en France, aux moyens importants dont elles disposent, et à leur caractère professionnalisant validé par la relative facilité avec laquelle leurs diplômés trouvent des emplois de cadres. Cependant, on observe que la dimension scientifique de ces formations n'échappe pas à la « crise ». Alors qu'elle est la source historique principale de leur légitimité, cette dimension scientifique et technique se réduit au profit d'autres axes de formation (formation humaine, langues étrangères, formation à l'entreprise et au management,...) dont les écoles d'ingénieurs ont compris l'importance pour la valeur professionnelle de leurs diplômés. Cette situation pose des problèmes dans les disciplines scientifiques qui voient leurs volumes horaires diminuer, alors que les connaissances et les savoir-faire qu'elles pourraient ou devraient enseigner ne font qu'augmenter². La plupart des réformes pédagogiques se contentent de « comprimer » les formations scientifiques sans en changer véritablement ni les finalités ni les modalités. Ces superpositions de disciplines s'accompagnent souvent d'une inflation rhétorique de la part des établissements sur leurs objectifs de formation. Il nous semble clair pourtant que les volumes des savoirs disciplinaires affichés dans les enseignements scientifiques des écoles d'ingénieurs sont devenus démesurés par rapport aux temps de formation disponibles. De nombreux signes montrent une « crise » de l'autorité et de l'identité de ces enseignements, dont le moindre n'est pas l'absence de maîtrise par les diplômés des savoirs de base affichés par les programmes.

Assistant régulièrement à des manifestations organisées par les milieux scientifiques pour « mettre la science au cœur de

la cité », « diffuser les sciences et les techniques »³, je suis frappé par les conceptions épistémologiques et philosophiques qui s'y expriment. Dans ces manifestations, comme dans les mesures préconisées pour l'enseignement, il semble que « la science » procède d'une sorte de vérité intrinsèque, structurelle, désincarnée, donnée une fois pour toutes. Le problème viendrait des écrans qu'il y aurait entre elle et nous, de la mauvaise réputation des milieux scientifiques auprès du grand public, du caractère réputé aride des connaissances ou de la « démarche » scientifiques qu'il faudrait rendre ludiques, de la concurrence d'autres formations plus accessibles ou plus épanouissantes pour l'individu, de nouvelles attitudes des jeunes par rapport aux savoirs qu'il faudrait intégrer dans les façons d'enseigner. Bref, la « crise » serait finalement un problème de communication. On peut résumer cette position comme la thèse « diffusionniste » : il faudrait aplanir les barrières qui se dressent entre le citoyen et « la science », et celle-ci pourra « diffuser » sa vérité naturelle.

Cependant, des commentateurs [2] font remarquer qu'à côté d'autres symptômes caractérisant les évolutions de nos sociétés (perte de confiance dans les partis politiques, les religions, disparition des formes classiques de l'autorité,...), la perte de confiance du grand public envers les scientifiques (comme « communautés de personnes compétentes pour résoudre nos problèmes de société ») reste faible. Même sans visée utilitaire, l'audience des différentes formes de vulgarisation scientifique montre que les sciences gardent bonne réputation ou intéressent le public. Seul l'enseignement des sciences semble vraiment en « crise ». Il conviendrait donc de s'interroger sur ce qui sépare vraiment les actions de vulgarisation de celles plus académiques d'enseignement. Il conviendrait également d'examiner quels sont les a priori sur lesquels s'appuie la thèse diffusionniste, par exemple un soi-disant manque de culture scientifique et technique du grand public, ce qui suppose au préalable que l'on puisse isoler une telle composante dans notre culture. Notre hypothèse serait que les sciences, notamment par leurs excès de spécialisation disciplinaire, se sont largement coupées de la culture intellectuelle moderne qui fût le creuset de leur développement. De nombreux scientifiques le reconnaissent en insistant sur le manque de culture intellectuelle des milieux scientifiques eux-mêmes et en appelant au retour à la formation d'un « honnête homme » ne réduisant pas d'emblée l'exercice de la raison individuelle et spéculative à celui de la raison instrumentale.

Enfin, notons que quelques scientifiques prestigieux [3] et particulièrement médiatisés sont partis dans une sorte de dénonciation des croyances magiques ou superstitieuses. Cette dénonciation s'appuie sur la crise de l'enseignement des sciences comme pour mieux souligner la nécessité d'une meilleure éducation « scientifique » pour lutter contre « l'obscurantisme ». Là encore, ces discours présupposent souvent qu'il est possible de séparer « la science » du « reste » de notre culture, selon on ne sait quelle garantie intrinsèque d'objectivité ou de rationalité⁴. Ce problème est

2 Une expression consacrée et que nous reprendrons pour désigner rapidement ce phénomène est le « big-bang disciplinaire ». L'augmentation des savoirs et des techniques issus des sciences donne lieu à un foisonnement de sous-disciplines qui tendent à de plus en plus d'autonomie par rapport aux « disciplines mères » et qui mènent à de nombreuses applications dont la maîtrise peut être utile sur le plan professionnel.

3 Titres authentiques de manifestations récentes. On y croise des scientifiques de réputation mondiale.

4 Il existe de nombreuses tentatives pour ressusciter un rationalisme à la française capable de faire face « à la désaffection... ». Au-delà des différences qui forceraient à distinguer ces

connu en philosophie des sciences comme celui de la « démarcation » [4] et plusieurs résultats, y compris dans le domaine des mathématiques [5], montrent que « la science » ne possède pas de l'intérieur d'elle-même les moyens de définir ses critères de vérité ou une méthode à même de la distinguer d'autres méthodes d'investigations. De même du côté de la sociologie de la connaissance et des croyances, on sait qu'il est vain de séparer les croyances magiques de l'activité rationnelle par la recherche de « structures socioculturelles ou mentales » qui expliqueraient que des sociétés ou des individus s'adonnent tantôt aux unes ou tantôt à l'autre. Il est plus simple de postuler que nous avons des raisons rationnelles de croire en des choses fausses ou fragiles. Il est évident que les sciences sont aussi faites de telles croyances [6].

En raisonnant en terme de communication, d'image des sciences et de diffusion culturelle auprès du grand public, voir de reprise de la querelle avec « l'obscurantisme » pour en séparer « la science », les mesures institutionnelles et les actions des scientifiques qui disent chercher à enrayer « la désaffection... » renoncent à interroger ce qu'ils nomment trop rapidement « la science » et ses intrications avec notre histoire culturelle et intellectuelle.

III LA « MISE EN PHILOSOPHIE » DES SCIENCES CONTEMPORAINES

Face au « big-bang disciplinaire » qui touche les sciences appliquées et les techniques, on est frappé par la portée synthétique de quelques grands résultats en provenance des sciences fondamentales. La tendance dans ces sciences est à l'intégration philosophique de résultats qui sont stables depuis plusieurs décennies. Si des facteurs contextuels contribuent à cette tendance⁵, il ne faut pas négliger les facteurs endogènes. C'est aussi parce que les sciences exhibent des résultats réellement synthétiques et interrogeant la philosophie que le phénomène existe. Dans ce paysage intellectuel mariant sciences et philosophie, la recherche française, plutôt de tradition fondamentale et théoricienne, nous paraît particulièrement bien placée mais totalement marginalisée dans les écoles d'ingénieurs, voire même dans les cursus universitaires scientifiques.

tentatives, il nous semble qu'elles sont toutes ambiguës sur l'image qu'elles se font de l'articulation entre les valeurs de vérité et de liberté qu'elles proclament. En prônant une vision implicitement centralisatrice ou élitiste de la vérité et en y associant un peu trop vite les sciences, beaucoup d'auteurs négligent de discuter avec le soin qu'il faudrait la question centrale de la liberté comme chemin vers la vérité. Or, reconnaître la liberté d'autrui contraint à abandonner toute nécessité sur « là où l'on veut le mener ». Le thème de la liberté me semble dramatiquement absent dans les débats qui nous sont proposés. Pourtant, les dimensions politiques et éducatives y sont tout à fait explicites, et à juste titre revendiquées (elles sont les véritables enjeux de ces débats). N'ayant pas la place ici de citer précisément ces débats, je n'ai retenu que les écrits signés par Charpak parce qu'ils sont à la fois particulièrement visibles médiatiquement et ignorants d'apports des sciences humaines, des sciences politiques et de l'histoire qui pourraient pourtant nous faire progresser de façon décisive dans ces questions. La « névrose » entretenue par le rationalisme français sur les rapports entre liberté et vérité est la cause principale de ses difficultés face à la culture anglo-saxonne.

5 Notamment le fait que beaucoup de scientifiques recrutés ou formés dans les années fastes doivent bien se définir une occupation professionnelle dans un contexte où il est de plus en plus difficile de faire progresser de façon significative les sciences fondamentales.

Pour s'en tenir aux sciences que nous connaissons le mieux (physique et mathématiques), citons :

1° La stabilisation des interprétations de la physique quantique autour de ce que l'on peut résumer comme la thèse « interactionniste », stipulant que la physique est une science des interactions entre objets et non pas une science des objets eux-mêmes. Après 60 ans de controverses sur le réalisme et le déterminisme, ces problèmes d'interprétation ont quitté leur aspect purement spéculatif et philosophique pour être en partie tranchés par des expériences. Aujourd'hui, des travaux de philosophie et d'histoire des sciences [7] proposent des synthèses permettant d'entrevoir une réconciliation entre la physique quantique et un « sens commun » critiqué par un minimum de philosophie. On peut donc s'attendre à ce que le sentiment de « commencer à comprendre », de plus en plus partagé par les physiciens s'étant intéressé au sujet, implique à terme des changements importants dans les façons d'enseigner la physique et la chimie⁶.

2° Le théorème d'incomplétude de Gödel marque en mathématiques l'impossibilité du programme finitiste de Hilbert et en philosophie des sciences la fin des espoirs poursuivis par le Cercle de Vienne pour définir à l'aide de la logique formelle un langage pour les sciences dénué de toute ambiguïté. Ce résultat marque une limite à l'exercice d'une raison strictement opératoire et instrumentale en nous rappelant que l'activité scientifique, même lorsqu'elle est théorique ou de type mathématique, suppose aussi l'exercice d'une raison synthétique et compréhensive du sens⁷. Certes on peut affirmer que philosophes, grammairiens ou linguistes connaissaient cette idée bien avant Gödel. Mais il est remarquable que les mathématiques y soient parvenues en poursuivant des objectifs propres, initialement contraires au résultat finalement obtenu. Les travaux de Gödel intéressent l'informatique et toutes les sciences du langage. S'il est peu envisageable d'inscrire la construction de Gödel et la démonstration de ses deux théorèmes d'incomplétude aux programmes de cursus scientifiques n'ayant pas pour but de former des mathématiciens, il est peu crédible de prétendre former des scientifiques devant faire preuve d'esprit critique mais ignorant tout des limites de la formalisation

6 Les progrès faits dans l'interprétation de la physique quantique reposent sur des notions de physique statistique, pierre angulaire pour le passage du microscopique au macroscopique. Il en résulte que « physique quantique » n'est qu'un très mauvais synonyme de « physique microscopique » ou de « physique fondamentale ». C'est l'unité de toute la composante « science de la matière » de la physique contemporaine qui est recomposée. Cette unité apparaît aujourd'hui solide, porteuse d'innovations technologiques prévisibles dans plusieurs sous-disciplines de la physique et de la chimie, et ne peut se comprendre qu'en termes quantiques. Seule échappe pour l'instant à cette unification la composante « science de l'espace » de la physique contemporaine incarnée par la théorie de la relativité générale, nettement moins féconde en applications.

7 Et ceci même sans aller jusqu'à défendre l'imaginaire comme support indispensable de l'induction, qui est une question que nous laissons totalement de côté ici. Les cursus scientifiques donnent une place considérable à la déduction au détriment de l'induction, essentiellement parce qu'il est très difficile d'enseigner l'induction. Mais le théorème de Gödel implique que l'interprétation du sens reste indispensable y compris dans la partie strictement déductive de l'activité scientifique. Ou plus exactement, si l'on tient compte du sens qu'ont donné à l'induction les philosophes et logiciens du Cercle de Vienne, il convient de dire que la recherche des normes de vérité sur lesquelles pourrait reposer la rationalité scientifique ne se ramène pas à un problème opératoire, qu'il soit de déduction ou d'induction, mais reste un problème synthétique *a priori* qu'ils qualifieraient de « métaphysique », ce que l'on peut comprendre comme étant « au-delà des possibilités de définitions et de déductions qu'offrent les systèmes formels ».

mathématique, surtout dans une société qui développe grâce à l'informatique et à des fins pratiques de plus en plus d'outils de manipulation formelle.

3° Dans d'autres sciences contemporaines, il nous semble également que des synthèses apparaissent, comme par exemple la ré-interprétation du néo-darwinisme par certains biologistes [8] dans le but de débarrasser leur discipline de références téléologiques qu'une explication scientifique a bien du mal à considérer. De même, l'étude des systèmes dissipatifs intéressant toutes les « sciences des systèmes complexes » mène à une nouvelle compréhension de la thermodynamique et de ses limites lorsqu'elle est appliquée à des systèmes finis fortement couplés à leur environnement (c'est-à-dire l'énorme majorité des systèmes que l'on rencontre dans la nature).

Sur tous ces sujets, il nous semble que les sciences contemporaines ont atteint d'une part une maturité qui leur permet de (re)dialoguer avec la philosophie et rencontrent d'autre part des difficultés conceptuelles qui font qu'elles ont besoin de philosophie pour avancer. Les travaux majeurs, au moins en ce qui concerne la philosophie de la physique et des mathématiques, nous semblent suffisamment matures pour que la question de leur enseignement devienne à l'ordre du jour.

IV LES INJONCTIONS ADRESSEES AUX FORMATIONS

Des injonctions en provenance des milieux économiques sont lancées aux formations supérieures en terme de dispositions d'esprit et de compétences de toutes sortes dont on ne voit pas directement à quels types de savoirs ou de savoir-faire susceptibles de faire l'objet d'enseignements elles font référence. Ces compétences sont qualifiées de « comportementales » ou de « troisième type » (après les « savoirs » et les « savoir-faire », ce que veut probablement signifier l'expression consacrée de « savoir-être »). Ces discours sous-entendent souvent que les deux premières dimensions, dimension cognitive des savoirs et dimension technique des savoir-faire, sont assurées en ce qui concerne les ingénieurs et que c'est la troisième dimension, « comportementale », qui ferait aujourd'hui la valeur ajoutée des cadres en entreprise [9]. Pour mal définies qu'elles sont, on ne peut écarter le fait que ces injonctions existent et qu'elles correspondent probablement à des besoins réels des entreprises. Mais les travaux d'interprétation et de traduction en termes d'objectifs et de modalités de formation (travaux qui font la matière de colloques comme celui-ci) restent timides sur les rapports qui existent entre ces injonctions et les « nouveaux paradigmes scientifiques » qui permettraient de redéfinir les contenus des enseignements scientifiques. On se contente souvent de réflexions sur les pédagogies, sur les dispositifs, sur le comment des formations, mais on interroge assez peu les finalités et les contenus didactiques de fond.

Face à ces injonctions, il nous semble que la plupart des formations scientifiques répondent d'une part en terme de compétences opérationnelles à court terme sur les marchés de l'emploi qu'elles visent, tendance que nous pourrions

qualifier comme un repli vers une logique d'adaptation socioprofessionnelle au détriment d'une logique psychologique de développement personnel et d'une logique didactique visant les fondamentaux d'une discipline [10]. D'autre part, et parallèlement à cette première tendance, ces mêmes injonctions poussent les écoles d'ingénieurs à ouvrir des postes spécifiques d'ingénierie pédagogique ou à développer des cellules pédagogiques dans le but d'inciter leurs enseignants à des innovations en tous genres (pédagogies actives, pédagogies par projets, enseignements pluridisciplinaires orientés vers les « systèmes complexes » ou les « systèmes socio-techniques », complexification des systèmes d'évaluation des étudiants tendant à les rapprocher des évaluations utilisées en entreprises, problématique « compétences » importée des milieux de la GRH, etc...). Ces actions reposent souvent sur des concepts peu stables et mal définis, leur valeur ajoutée dans les formations ainsi que leur pertinence pédagogique restent la plupart du temps à établir.

Notre hypothèse pour tenter de traduire utilement ces injonctions en direction des milieux de la formation serait de faire remarquer que les compétences dont il s'agit ne sont pas des points de départ explicites pour la formation mais des finalités implicites de celle-ci. En ce sens, ce sont des *méta*-compétences n'appartenant à aucune discipline et relevant essentiellement du développement personnel. Mais, n'étant pas abordables en tant que telles⁸, ces méta-compétences nécessitent des détours par des contenus tangibles visant à décentrer le sujet de lui-même afin qu'il puisse finalement mieux se trouver. Notre point de vue serait donc de faire ressortir les exigences intellectuelles souvent sous-estimées dans les discours des milieux professionnels, ceux-ci prenant la plupart du temps un ton anti-intellectualiste pour se conformer à la mode pragmatiste du moment. La tertiarisation des économies occidentales et le développement des activités de conseil autour de la production industrielle montrent la dimension de plus en plus abstraite que prennent les professions de cadres [11]. Dans ce contexte, l'appel aux ressources importantes que compte notre culture moderne en terme d'autonomie intellectuelle pourrait être une voie utile pour répondre aux dites injonctions, à condition que les étudiants s'y retrouvent. Ces ressources sont largement sous-exploitées face à la banalisation des discours sur « la société de la connaissance » tenus par les milieux professionnels.

Ceci reviendrait à rééquilibrer les formations en direction des logiques didactique et psychologique au détriment de la logique d'adaptation socioprofessionnelle. La dimension scientifique des formations pourrait avoir partie liée avec cette stratégie. En effet, il est étrange que la logique d'épanouissement personnel semble reposer exclusivement dans les écoles d'ingénieurs sur les sciences humaines⁹ et les

8 On voit mal comment « apprendre à apprendre » sans commencer par apprendre « quelque chose », ou comment « apprendre à être » sans commencer par « être » pour finalement « savoir-être ». Bref, on voit mal comment faire évoluer le comportement d'un étudiant sans d'abord lui permettre d'acquérir des expériences, des savoirs et une réflexion personnelles qui doivent bien se donner des buts immédiats tangibles sous peine de ne rester que de vastes illusions.

9 Certains responsables d'enseignements en sciences humaines au sein d'écoles d'ingénieurs refusent d'ailleurs à juste titre l'image d'enseignements dont le but serait d'apporter un « supplément d'âme » à la formation face à la technicisation et à l'acquisition

activités extrascolaires souvent indépendamment de la formation scientifique. On peut comprendre qu'un élève-ingénieur ayant fait le choix d'entreprendre des études scientifiques attende également des disciplines qu'il place au centre de son projet de formation une dimension d'épanouissement personnel et une contribution à des représentations du monde qui l'aideront à mener sa vie.

V UNE INTERROGATION FONDAMENTALE : QUELLE RAISON POUR L'HOMME DU XXI^{ÈME} SIECLE ?

Ce qui précède ne sont que points de vue endogènes aux sciences contemporaines ou à des problématiques rencontrées sur le terrain de leur enseignement. Si elle intègre des éléments de philosophie des sciences, notre réflexion peine à inclure une critique philosophique plus globale. Pourtant, il nous semblerait utile de débayer certaines questions à propos desquelles l'immersion des sciences dans une culture au sens large ne peut être oubliée :

1° En physique et en mathématiques, les résultats que nous avons évoqués ci-dessus ont été vécus sur le moment, et vulgarisés depuis, comme « des crises des fondements ». De nombreux auteurs ont conclu à des « épistémologies du soupçon », de nature relativiste ou carrément nihiliste vis-à-vis de la connaissance scientifique [12]. Notre culture semble avoir tiré de ces travaux, et aussi d'autres éléments de notre patrimoine intellectuel qu'il faudrait mieux identifier, des doutes sur la possibilité d'une connaissance objective. Quelles ont été les influences des « crises des fondements » dans le basculement que nous connaissons entre modernité rationaliste et tentation au renoncement devant le défi que représente une compréhension en profondeur des sciences contemporaines ? Quelle part de la modernité les sciences contemporaines se montrent-elles incapables d'assumer pour avoir été entraînées vers de tels aveux « d'in-fondation » ? Peut-on repérer les conséquences des « crises des fondements » sur les représentations actuelles de la notion d'objectivité scientifique et sur l'image ambiguë dont jouissent les sciences aujourd'hui ? Peut-on clarifier les éventuels antécédents dans notre culture intellectuelle qui ont rendu ces « crises » possibles au sein des communautés scientifiques¹⁰, puis significatives largement au-delà des cercles spécialisés ?

2° Dans quelle mesure les « crises des fondements » et la « mise en philosophie » des sciences contemporaines sont-elles des sorties honorables (ou des défaites...) après les

de compétences professionnelles qui seraient l'apanage des seules « sciences dures ». Dans l'esprit de cet article, chaque discipline peut transmettre des compétences opérationnelles, mais également assurer son propre « supplément d'âme ».

10 Il est clair que des éléments philosophiques ont préparé les esprits. Par exemple, il n'est certainement pas anodin que les physiciens allemands fondateurs de la physique quantique étaient lecteurs de Kant et imprégnés de philosophies d'inspiration idéaliste, alors que les physiciens français, critiques vis-à-vis de la nouvelle physique jusque dans les années 1960 au point de rechigner à son enseignement, étaient plutôt imprégnés de philosophies positivistes ou réalistes réticentes à l'idéalisme.

excès d'optimisme rationaliste que le positivisme et ses continuations (notamment le positivisme logique) avaient placés dans les sciences ? L'état actuel des sciences n'est-il pas finalement un retour au modernisme, si on considère toutefois le positivisme et ses continuations comme des tentatives de dépassement de la modernité¹¹ ? Qu'avaient d'utopistes, de dangereux, ou de faux les programmes positivistes d'unification de la connaissance, et en quoi les sciences contemporaines sont-elles en rupture avec ces programmes ? Que doivent nos questions actuelles sur les sciences et leur enseignement à la tentative de rationalisation intégrale de l'existence sous-jacente au positivisme ?

3° Le « ré-enchantement philosophique » qui semble envahir les sciences fondamentales n'est-il pas naïf face aux réussites néo-positivistes dans d'autres domaines et qui semblent s'imposer dans les économies occidentales : lois du marché et réduction à l'économie, sciences sociales instrumentalisées et purement descriptives, formalisation des modes de gestion, positivisme techniciste qui n'a souvent que faire des « crises des fondements » pourvu que « cela marche » en pratique... ? En quoi « penser le monde » reste-t-il un acte gratuit pour le 21^{ème} siècle et en quoi les sciences gardent-elles, ou ont-elles reconquis, une dimension contemplative ? Des réponses à ces questions découlent des hiérarchisations possibles des sciences et des techniques par rapport aux finalités plus globales que peuvent poursuivre des cursus de formation.

4° Le caractère mal défini et globalisant des injonctions qu'adressent les milieux professionnels à ceux de la formation et de l'éducation, comme les normes mouvantes de la mesure de l'efficacité professionnelle des cadres en entreprise, ne sont-ils pas des conséquences parmi d'autres (alors qu'on tend parfois à les voir comme des causes) d'un renoncement par l'homme du 21^{ème} siècle à l'exercice de sa raison ? Peut-on repérer les enjeux de ce renoncement dans les milieux professionnels et qui impactent par cette voie les formations scientifiques ? Comment peut-on interpréter par rapport à ces enjeux les réponses qu'apportent les formations d'ingénieurs ?

Au-delà de leur naïveté et de leur ampleur, ces questions sont suscitées par l'intuition qu'une compréhension utile de la « crise » de l'enseignement des sciences ne peut éviter une réflexion sur l'aventure

11 Si on considère au contraire le positivisme comme le point central du modernisme, alors on peut se demander en quoi l'état actuel des sciences montre des limites au modernisme. Il semble clair de notre point de vue que la « nouvelle alliance » entre philosophie et sciences constitue une rupture avec le positivisme. Elle n'établit pas une subordination de la philosophie aux sciences, qui pourrait par exemple mener à une philosophie positive débarrassée d'hypothèses générales et invérifiables. Elle reconnaît plutôt l'incomplétude de l'approche « positive » des sciences et la nécessité de la compléter par des conceptions « métaphysiques ». Par exemple, il est clair aujourd'hui que la physique quantique ne dit rien sur l'existence ou sur l'inexistence éventuelles de la « matière » (comme objet pour les sciences du même nom) indépendamment du « sujet » qui l'observe. De telles conclusions sont hors du champ de l'investigation scientifique et relèvent de positions philosophiques dépendantes d'hypothèses métaphysiques *a priori*. C'est donc d'une certaine façon la philosophie qui donne sens aux sciences et non le contraire. On peut résumer la situation dans le langage d'Auguste Comte en disant que la connaissance scientifique d'aujourd'hui reste à l'âge « métaphysique » et qu'aucun signe n'annonce une entrée hypothétique dans un âge « positif ».

rationaliste à laquelle les sciences sont indiscutablement mêlées, et sur le sentiment actuel de « malaise de civilisation » que provoque ce que nous vivons comme des défaites plus ou moins durables du rationalisme. Si les sciences n'ont rien d'autre à proposer qu'une réaction à ce malaise, il y a fort à parier que les mesures prises pour lutter contre « la désaffection... » ne mèneront à rien. A l'opposé, si les perspectives éducatives auxquelles les sciences pourraient participer sonnent comme de nouvelles promesses alors que les anciennes n'ont pas été tenues, on peut s'attendre à un scepticisme général. Il nous semble que c'est dans cet entre-deux que se situe l'enjeu du renouvellement des formations scientifiques, et que cet entre-deux est lui-même lié à la représentation que nous nous faisons de l'état de notre société.

VI UNE INTERROGATION PRATIQUE : COMMENT CONVEVOIR LES FORMATIONS SCIENTIFIQUES ?

En attendant de mieux cerner ces questions fondamentales, il faut vivre, et donc pour les formateurs définir des contenus d'enseignement et concevoir des dispositifs pédagogiques. Il faut surtout faire des choix, ce qui ne constitue pas une excuse pour oublier ce qui précède. Nous tenterons dans cette dernière partie de définir ce que peuvent être les spécificités des formations scientifiques de niveau « bac + 5 » ou plus, justifiées en général du côté socioprofessionnel par l'attente d'une valeur ajoutée de la part de leurs diplômés que l'on n'attend pas forcément des diplômés des formations de niveau « bac + 3 » ou « bac + 2 », que l'on qualifiera de « formations techniques » pour les distinguer des premières. La conception des formations scientifiques doit donc rester attentive aux éléments qui permettent de cerner cette valeur ajoutée.

Par exemple, le développement des outils de simulation des phénomènes physiques et de C.A.O. font que de plus en plus de savoir-faire liés à la conception technologique glissent d'un niveau de compétences scientifiques « bac + 5 » à un niveau de compétences techniques « bac + 2 ou 3 ». Dès lors, on peut sérieusement se demander où se situe la valeur ajoutée d'une qualification d'ingénieur lorsqu'une école axe trop exclusivement sa formation sur la conception technique et les outils de simulation associés. Un ingénieur doit-il intégrer des sommes de compétences de technicien, ou son savoir est-il d'une autre nature ? Comment définir cette « autre nature » ? Voici le type de questions que la notion de « formation scientifique » peut permettre de poser.

Si l'on tente une synthèse pour expliciter les finalités des « formations scientifiques » par rapport aux « formations techniques », nous pouvons qualifier la « connaissance scientifique » en quatre points :

1° La connaissance scientifique est problématique, c'est-à-dire que n'est pas scientifique une connaissance qui n'apparaît pas, en première approximation, comme une solution partielle apportée à un problème. Cela signifie entre autres que les contenus de connaissance (ou l'érudition) ne sont pas le but immédiat d'une formation scientifique. Une compétence centrale du scientifique est la modélisation,

activité consistant grossièrement à ramener une réalité informe ou trop complexe à un problème suffisamment bien posé pour permettre de trancher certaines questions la concernant. Cette notion de modélisation implique souvent de poursuivre une finalité. On peut s'interroger pour savoir si ne réside pas ici la part de vérité de la voie constructiviste en pédagogie et le succès des pédagogies dites « actives » ou « par projets » qui se sont multipliées dans les écoles d'ingénieurs. On peut s'interroger également sur les conséquences qu'engendre la nature problématique de la connaissance quant à l'image de son autorité que peut se faire l'enseignant scientifique : que se passe-t-il lorsque le « problème » n'intéresse pas l'étudiant ?

Cette notion de modélisation ne doit pas être rabattue uniquement sur des savoirs et savoir-faire opérationnels, comme c'est souvent le cas dans des enseignements où, sous prétexte de modélisation, les enseignants visent en réalité à faire apprendre des solutions déjà connues. L'activité de modélisation doit ouvrir vers celle, plus large, de problématisation, qui implique souvent de reconsidérer de façon critique les finalités de l'activité, du « problème » et des savoirs sous-jacents [13].

2° La connaissance scientifique est réflexive, c'est-à-dire qu'elle est connaissance d'elle-même. Cette dimension semble capitale pour atteindre les objectifs de développement personnel esquissés ci-dessus en réponse aux injonctions des milieux professionnels. La réflexivité intéresse évidemment les sciences sociales. Elle semble être devenue un passage obligé pour la poursuite de leur développement par les sociétés occidentales. Mais elle prend aujourd'hui également un sens précis dans beaucoup de disciplines scientifiques. On peut également penser à la philosophie, discipline qui est peut-être la plus à même de toutes d'assumer sa propre réflexivité¹². Quoi qu'il en soit, diverses contenus didactiques sont mobilisables pour entraîner le sujet dans un décentrement à même de le former à la réflexivité.

3° La connaissance scientifique est incomplète, c'est-à-dire que, bien qu'elle soit réflexive, elle ne se présente pas comme une théorie close et totalement cohérente d'un « objet ». L'existence de son objet est une question qu'aucune discipline scientifique ne peut réellement assumer. Elle laisse donc place à un niveau épistémologique, puis à un niveau métaphysique¹³, sans lesquels elle ne peut pas se présenter comme « objective » [14]. Les résultats qui montrent l'incomplétude de la connaissance scientifique sont des limites de fait au réductionnisme et permettent de définir la notion de complexité. Resterait à définir sur le terrain si, et comment, la notion d'incomplétude peut être enseignée comme une caractéristique de la connaissance scientifique, mais nous faisons l'hypothèse que c'est possible à des coûts raisonnables.

12 On peut même se demander si la philosophie ne se définit pas tout simplement comme la discipline qui prend comme objet premier sa propre réflexivité. De fait, les enseignements de philosophie sont les plus critiques vis-à-vis de tout « programme académique » qui permettrait de leur donner un cadre. Un enseignement de philosophie qui se conforme à un « programme » devient en réalité un enseignement d'histoire de la philosophie.

13 Entendu au sens étymologique très simple de « au-delà de la physique » et, par extension, « au-delà de la connaissance scientifique ».

4° La connaissance scientifique est hypothético-déductive, c'est-à-dire qu'elle ne peut se ramener à un simple ensemble de faits strictement empiriques, contrairement à ce que laisse croire un certain discours lié à l'empirisme contemporain (légitimation par la « complexité », les modèles intermédiaires, la simulation à outrance, l'accumulation de données expérimentales non pertinentes). Il convient de porter attention à la façon dont les contenus fondamentaux des sciences sont enseignés comme des ensembles d'hypothèses mises en rapport avec des déductions à mêmes de permettre des validations, des infirmations ou des reformulations. Il s'ensuit qu'une formation scientifique n'a pas forcément intérêt à enseigner d'emblée les hypothèses « qui marchent » ni ses résultats positifs si elle veut former les esprits à la démarche hypothético-déductive.

VII CONCLUSION

Face au « big-bang disciplinaire » que connaît notre « connaissance », les formations scientifiques sont de plus en plus amenées à choisir entre former des techniciens spécialistes d'un domaine restreint ou former des intellectuels à même de maîtriser les enjeux culturels des sciences contemporaines et de posséder des « dispositions d'esprit » qui feront d'eux des acteurs pertinents de l'innovation en entreprise. Ramenée à la portée culturelle des sciences contemporaines, le « big-bang disciplinaire » semble largement artificiel.

Le choix de formation auquel nous appelons ici demande de la part des enseignants des tentatives de synthèse, et donc d'engagement, attitudes dont les milieux scientifiques se méfient. Cette « fuite du monde » risque de consacrer durablement le renversement des hiérarchies de pouvoir entre ingénieurs et professionnels du management et de la stratégie qu'on observe dans les entreprises. Les formations scientifiques prennent un risque important en acceptant de se résumer à des compétences techniques ponctuelles et purement applicatives, sous prétexte d'adaptation socioprofessionnelle. Elles doivent également montrer la pertinence des contenus qu'elles enseignent pour « penser le monde ». S'il nous semble que les sciences possèdent les moyens de renverser cette tendance, encore faudrait-il que les formations qui s'en réclament deviennent réellement « scientifiques », c'est-à-dire intègrent les éléments cités ci-dessus. De telles formations nécessitent des compétences enseignantes d'épistémologie (réflexivité : connaissance de la connaissance), un minimum de philosophie (penser le monde : de quoi notre connaissance est-elle connaissance ?) et de formation humaine (réflexivité : se connaître soi-même au milieu du monde). Toutes les disciplines sont ensuite les bienvenues pour appréhender le monde (penser le monde en soi). Même si nous n'avons pas les moyens de développer ici cet aspect, il semble possible de relier les types de trajectoires professionnelles des ingénieurs dans les entreprises aux conceptions qui s'expriment en terme de « formation scientifique » dans les écoles qui les ont formés. On retrouverait ainsi très probablement quelques hiérarchies bien connues en France entre de très grandes écoles qui ambitionnent encore de former des « intellectuels » et

d'autres écoles qui tentent de sauver leur légitimité à former des « professionnels ».

L'enjeu de l'autonomie intellectuelle, sous-jacent au choix de formation que nous suggérons, catalyse nombre de discours tenus par les entreprises sur des compétences mal définies qu'elles attendent de façon légitime chez leurs cadres. Est-ce là énoncer de « nouvelles » finalités pour les « formations scientifiques » ? N'est-ce pas plutôt renouer avec l'ancien idéal de « l'honnête homme » capable de maîtriser de façon synthétique l'essentiel des connaissances de son temps ? Pour se rapprocher de cet idéal, le repli encyclopédique ne sera d'aucune utilité, balayé qu'il est par le « big-bang disciplinaire ». La synthèse n'est possible qu'au risque de l'engagement, et ceci concerne autant le formateur que le formé. Mais, victimes de leur succès, les écoles d'ingénieurs françaises n'ont-elles pas renoncé à changer le monde sous prétexte qu'il faudrait s'y « adapter » ? N'est-ce pas dans ce renoncement que réside finalement la « crise » des formations scientifiques ?

VIII REFERENCES

- [1] Les deux principaux sont le rapport OURISSON et le rapport PORCHET, ce dernier contenant un examen des réformes pédagogiques envisagées à l'université (voir le site du ministère de l'éducation : <http://www.education.gouv.fr/>).
- [2] Selon une enquête commanditée à des sociologues par la cité des sciences et de l'industrie en 2002.
- [3] G. CHARPAK, H. BLOCH, « Devenez sorciers, devenez savants », Odile Jacob (2002), G. CHARPAK, R. OMNES « Devenez savants, devenez prophètes », Odile Jacob (2004).
- [4] Ce problème a été fondé par D. HUME au 18^{ème} siècle et repris de façon complète au 20^{ème} siècle par K.R. POPPER, voir « La logique de la découverte scientifique », Payot, (1973) pour l'édition française et les trois post-scriptum que POPPER rédigea à ce livre fondateur écrit en version originale allemande en 1934.
- [5] On pense bien-sûr à l'incomplétude des systèmes axiomatiques contenant la théorie des nombres entiers (c'est-à-dire notre langage ordinaire dès lors que l'on s'autorise à compter) démontrée par GÖDEL en 1931. Voir E. NAGEL, J.R. NEWMAN, K. GÖDEL, J.Y. GIRARD, « Le théorème de Gödel », Seuil (1989).
- [6] R. BOUDON, « L'art de se persuader des idées douteuses, fragiles ou fausses », Fayard (1990).
- [7] Voir par exemple E. KLEIN, « L'unité de la physique », PUF (2000), B. d'ESPAGNAT, « Traité de physique et de philosophie », Fayard, (2002), B. d'ESPAGNAT « Le réel voilé », Fayard (1998), R. OMNES, « Comprendre la mécanique quantique », EDP Sciences (2000).
- [8] S.J. GOULD, « L'éventail du vivant », Seuil, 1997.
- [9] Voir par exemple B. LEMOULT, F. TELLIER « Compétence et comportement en situation d'apprentissage », 2nd colloque « Question de pédagogie dans l'enseignement supérieur », ENSIETA et ENST-Bretagne, Brest, juin 2003 et les références citées dans cet article.

[10] Pour la définition de ces trois logiques et leur complémentarité dans tout projet de formation, voir M. FABRE, « Penser la formation », PUF (1994), chapitre 1^{er} pp. 19 à 29 et chapitre V pp. 73 à 91.

[11] Voir par exemple D. GENELOT, « Manager dans la complexité », INSEP Consulting Editions (2001, 3^{ème} édition), B. JARROSSON, « Invitation à une philosophie du management », Calmann-Lévy (1991). Voici par exemple deux consultants qui vivent de leurs conseils aux entreprises au point qu'ils financent des travaux de recherche ou leurs propres éditions. Ils ne se réclament d'aucune discipline, entretenant évidemment un flou sur leurs sources d'inspiration et surfant sur le discours pragmatiste ambiant de bon aloi dans les entreprises et les formations professionnelles. Quand on creuse, on découvre comme par hasard qu'ils sont scientifiques ou philosophes et possèdent une très solide culture en histoire des sciences et en philosophie modernes.

[12] Parmi les travaux auxquels nous faisons ici allusion, citons notamment ceux de T.S. KUHN, « Structures des révolutions scientifiques », Flammarion (1983), traduction française de « The Structure of Scientific Revolutions », Chicago, U. of Chicago Press, (1962), de P.K. FEYERABEND, « Contre la méthode, Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance », Seuil (1979), traduction de « Against method, Outline of an Anarchic Theory of Knowledge », Londres, NLB (1975), de K. HÜBNER, « Die Wahrheit des Mythos », Munich, Beck (1985) (titre que l'on peut traduire en français par « La Vérité du Mythe »), de D. BLOOR, « La Socio / logie de la logique », Paris, Pandore, (1982), traduction de « Knowledge and Social Imagery », Londres, Routledge and Kegan Paul (1978), de B. LATOUR, S. WOOLGAR, « La vie de laboratoire », Paris, La Découverte, traduction de « Laboratory life », Londres, Sage (1979) et de B. LATOUR, « La science en action », Milton Keynes, Open U. Press (1987). Nous devons au sociologue Raymond BOUDON une critique particulièrement avisée de ces auteurs dans son ouvrage cité en [6].

[13] M. FABRE, « Situations-problèmes et savoir scolaire », Education et formation, PUF (1999).

[14] Pour une définition qui nous est propre de ces niveaux de la réflexion philosophique et leur utilité pour l'enseignement des sciences, voir notre article « De la pérennité des pédagogies actives dans les enseignements scientifiques », Rencontres Transdisciplinaires, bulletin interactif du CIRET, numéro 18 (février 2005), <http://nicol.club.fr/ciret/index.htm>.