



**HAL**  
open science

# INNOVATION EDUCATIVE, INTERCULTURELLE ET INTERDISCIPLINAIRE

Enrique Sanchez Albarracin

► **To cite this version:**

Enrique Sanchez Albarracin. INNOVATION EDUCATIVE, INTERCULTURELLE ET INTERDISCIPLINAIRE. INNOVATION EDUCATIVE, INTERCULTURELLE ET INTERDISCIPLINAIRE, 2012, Ponta Grossa et Maringá (Brésil) Puebla et Tlaxcala (Mexique), Bogotá (Colombie), Brasil. hal-01057564

**HAL Id: hal-01057564**

**<https://hal.science/hal-01057564>**

Submitted on 23 Aug 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# INNOVATION EDUCATIVE, INTERCULTURELLE ET INTERDISCIPLINAIRE

## Quelques pistes pour les formations d'ingénieurs

Enrique Sánchez Albarracín

Université Lyon 2

"La mondialisation est un phénomène dont le processus tend vers la fin même de l'idée de monde "  
Adelino BRAZ, *Penser la mondialisation*, Paris, Ellipses, 2009

"Não ha ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino"<sup>1</sup>  
Paulo FREIRE, *Pedagogia da autonomia*, Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1996

Pourquoi innover aujourd'hui? L'innovation d'ailleurs est-elle vraiment une chose nouvelle? Ne serait-elle pas un subterfuge destiné à remplacer l'idée du progrès en crise dans un contexte postmoderne qui semble avoir consacré l'incapacité des hommes à fabriquer un avenir meilleur? On peut légitimement s'interroger, du reste, sur le bienfondé du transfert de ce concept à l'éducation dans le cadre d'un processus global et utilitariste qui a trop tendance à vouloir placer l'enseignement et l'apprentissage au service des besoins de l'économie plutôt qu'au service des êtres humains.<sup>2</sup>

D'après Michel Serres nous vivons une période comparable à celles qui précédèrent l'invention de la pédagogie (*paideia*) par les Grecs ou le développement de l'imprimerie à la Renaissance. Les nouvelles technologies nous obligeraient désormais à sortir du format spatial impliqué par le livre et la page pour appréhender de nouveaux espaces dynamiques, diffus et multiples, lesquels, tout en bouleversant notre relation au savoir, susciteraient la consécration d'une pensée algorithmique.<sup>3</sup> Dans notre monde devenu, en outre, de plus en plus immédiat, à la fois ubiquiste et réticulaire, notre ignorance pourtant ne cesse d'augmenter tandis que s'accroissent et prolifèrent les processus de production de données, d'informations et de connaissances. L'incertitude et la complexité semblent avoir assombri l'horizon de telle sorte qu'il n'existe plus de rationalités indiscutables et transmissibles, capables de tout embrasser, de restreindre la diversité naturelle et sociale dans l'enceinte sûre et intelligible du laboratoire et de prévoir, même à moyen terme, l'évolution des phénomènes et des contextes qui touchent à peine notre propre génération.<sup>4</sup>

Dans ces conditions comment peut-on envisager l'avenir de l'éducation. Que doit-on transmettre dorénavant? Comment, pourquoi et à qui le transmettre? Faut-il opérer une fois pour toutes ces changements radicaux que d'aucuns appellent de leurs vœux ou bien poursuivre sur la même voie, tout en réadaptant les méthodes et les objectifs en fonction des situations, et manœuvrer finalement comme on gouverne un bateau, en fonction des aléas des vents et des éventuelles tempêtes, changeant régulièrement de cap mais sans jamais perdre de vue le point de fuite vers lequel convergent toujours possibilités et circonstances?

Depuis la perspective de l'enseignement supérieur qui est la nôtre, et plus particulièrement de l'enseignement des sciences et des techniques, dans un monde pressé et globalisé où l'innovation technologique et les lois du marché semblent vouloir supplanter l'éthique universelle de l'être humain, il conviendrait de rappeler d'abord, comme le faisait Paulo Freire, qu'enseigner ce n'est pas seulement transférer du savoir, mais créer les possibilités de sa production ou de sa construction<sup>5</sup>. Ce point de départ peut-être pourrait-il nous aider à réconcilier certaines approches contradictoires, tout en nous invitant à garder le lien avec une tradition millénaire qui a toujours été mue par cette double exigence de

---

<sup>1</sup> "Il n'y a pas d'enseignement sans recherche ni de recherche sans enseignement".

<sup>2</sup> Angélique Del Rey, *A l'école des compétences, De l'éducation à la fabrique de l'élève performant*, Editions la Découverte, 2010, p.9.

<sup>3</sup> Michel SERRES, *Petite poucette*, Editions Le Pommier, 2012, 84 p.

<sup>4</sup> Daniel INNERARITY, Chap. 3. *La sociedad del conocimiento y la ignorancia*, in *La democracia del conocimiento*, Paidós, 2011, pp. 55-71

<sup>5</sup> Paulo FREIRE, *Pedagogia da autonomia*, São Paulo, Editora Paz e Terra, 2011, pp. 19-24.

comprendre et de partager pour protéger naguère l'humanité contre les excès de la nature et sauvegarder cette dernière aujourd'hui de nos propres extravagances. La recherche de l'équilibre ne commence-t-elle pas précisément à partir de cet acte pédagogique au cours duquel la connaissance se construit collectivement, en action et en situation, prenant en compte les dispositions et les ressources personnelles et alternatives de chaque enseignant et élève, de même que les conditions matérielles et environnementales souvent problématiques, mais jamais définitives ni inexorables?

Le philosophe et environnementaliste argentin Héctor Ricardo Leis, qui voit aussi notre époque comme une charnière civilisationnelle, pense qu'on doit éviter à tout prix le conformisme que suscite la "solitude" de la pensée.<sup>6</sup> Un peu partout dans le monde on remet en cause les modèles, les paradigmes de la connaissance, les mécanismes réductionnistes des sciences, les savoirs exclusifs, institutionnalisés et les structures éducatives. Rationalité, efficacité et efficience sont mises à l'épreuve de l'éthique, de la démocratie ou de la convivialité. La discipline, l'expertise ou l'érudition sont mises à mal par la demande d'accès, de débat, de partage. Les nouveaux objets de la science d'ailleurs, multiples et multiformes, semblent devenus inaccessibles en dehors d'une approche collective et interdisciplinaire dépassant les frontières de l'épistémologie classique.<sup>7</sup>

Franchir ces frontières, réelles et virtuelles, disciplinaires et culturelles, tel était l'objet du projet de master interculturel en innovation éducative technologique et en gestion de la connaissance qui a motivé la rédaction de ce texte. Le dispositif régional de coopération universitaire en réseau, PREFALC<sup>8</sup>, a permis, en effet, entre 2011 et 2013 de croiser les regards d'étudiants et d'enseignants-chercheurs français, mexicains et brésiliens insérés, chacun dans leur pays, dans des écoles d'ingénieurs ou des filières de formation de professeurs en science et en technologie. A travers des programmes de cours et de conférences organisés dans les trois pays, des débats féconds ont eu lieu autour de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques et de l'ingénierie, de l'histoire et de l'épistémologie des sciences, de la construction et la diversité des modèles et des cursus ou de l'utilisation pédagogique et scientifique de ressources numériques collaboratives. Ce chapitre est une contribution de l'auteur à la discussion collective, laquelle, tout en reprenant de manière synthétique les contenus des cours qu'il a dispensés à Lyon, Puebla et Ponta Grossa<sup>9</sup>, se nourrit également des questions, commentaires et conversations avec les différents étudiants et collègues impliqués dans ce programme de coopération franco-latino-américain.

Innover, c'est inventer, c'est produire de l'inconnu à partir du connu, c'est renverser ou croiser les perspectives, c'est explorer les marges, les frontières, la diversité. Pas d'innovation sans transferts, sans intersections, sans échanges. Si la formation des étudiants dans l'enseignement supérieur est par nature multidisciplinaire et par nécessité de plus en plus interculturelle aujourd'hui, il reste encore à franchir de nombreuses barrières culturelles et disciplinaires qui se sont construites dans le cadre d'un long et complexe processus historique dont on ne peut ignorer les conditionnements, de même qu'on ne peut ignorer les principes et les contingences qui nous entraînent aujourd'hui sur la voie du changement. C'est pourquoi nous tenterons d'aborder ici, à travers quelques exemples et quelques bribes d'histoire, tout en parcourant les textes de certains auteurs européens et latino-américains, quelques uns des enjeux pédagogiques et épistémologiques qui pèsent aujourd'hui sur la nature des formations et l'élaboration des cursus scientifiques et technologiques. Nous approcherons ensuite dans leur diversité et leur complexité les médiations qui interviennent dans les processus de développement

---

<sup>6</sup> Héctor RICARDO LEIS, *La modernidad insustentable*, Montevideo, Editorial Nordan-Comunidad, 2001. – 1<sup>re</sup> edición: A modernidade insustentável, Petrópolis, RJ, Editora Vozes Ltda., 1999

<sup>7</sup> Anne-Françoise SCHMID, Sous la direction de, *Epistémologie des frontières*, Academos, Petra, 2012, 344 p.

<sup>8</sup> Programme régional de coopération universitaire destiné à susciter l'émergence d'un espace d'enseignement supérieur Union européenne-Amérique latine et Caraïbe (U.E.A.L.C.). Le projet évoqué ici et développé entre 2011 et 2013 impliquait l'Université Technologique Fédérale de Paraná (UTFPR) au Brésil, l'Université de Puebla (BUAP) au Mexique et en France les institutions suivantes: INSA de Lyon, laboratoire EVS – ITUS, Université Lyon, IREM (Instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques) de Lyon, Université Montpellier 2, Université Paris 7.

<sup>9</sup> Il s'agissait de deux séries de cours complémentaires: "*Innovation éducative et interdisciplinarité: théories et pratiques*" et "*Les nouveaux agents de la modernité liquide: réseaux, savoirs, institutions et connaissances*".

et de transmission des connaissances, ce qui nous contraindra, encore une fois à revenir en arrière, pour tenter de cerner, non seulement ce qui semble être aujourd'hui le moteur de l'innovation éducative mais surtout et davantage peut-être, ce que l'on pourrait appeler, somme toute, la tradition de l'innovation. Enfin nous toucherons à la question balbutiante et palpitante de l'interdisciplinarité en examinant certaines difficultés épistémologiques et institutionnelles mais aussi quelques unes des propositions pratiques qui ont alimenté au cours de nos deux années de rencontres et d'échanges les conversations entre professeurs, chercheurs et étudiants du programme PREFALC.

## La formation des ingénieurs en France au XXI<sup>e</sup> siècle

La France est un pays où l'éducation scientifique et technologique se trouve enracinée dans une prestigieuse tradition nationale et séculaire qui l'empêche, pour l'instant, de s'affranchir d'un certain caractère isolationniste et conservatiste propre aux formations d'ingénieurs dispensées dans des institutions très élitistes et sélectives que l'on appelle encore aujourd'hui les Grandes Ecoles. Cette caractéristique incite quelques auteurs à clamer aujourd'hui haut et fort qu'il faudrait sortir dans ce pays *d'une vision franco-centrée de l'éducation, axée sur la sélection, pour intégrer une vision mondiale axée sur la contribution à l'innovation*. C'est le cas du polytechnicien Pierre Veltz, ingénieur des Ponts et Chaussées et chercheur en sociologie, qui se demande dans un ouvrage au titre révélateur<sup>10</sup> s'il ne faudrait pas revoir les liens entre les Grandes Ecoles, les universités et les entreprises au profit d'un enrichissement mutuel de ces différents systèmes et pour mieux accompagner l'apparition d'un nouvel univers technologique qui remet en cause les vieux modèles de transmission et surtout de création de savoirs. Selon lui, ces institutions continuent de fournir des ingénieurs de grande qualité qui expliquent la bonne performance des grandes entreprises françaises dans la mondialisation, mais elles ne sont pas encore devenues *les plateformes de développement scientifique et technologique qu'elles pourraient être et qu'elles devraient être*:

Elles confortent une économie fondée sur des secteurs matures et des grandes entreprises et sont très mal adaptées à l'économie technologique émergente dans laquelle les réseaux d'individus et les "jeunes pousses" entrepreneuriales jouent un rôle déterminant.<sup>11</sup>

L'élitisme des formations explique bien des résistances aux changements éducatifs. C'est certainement la principale raison pour laquelle les débats actuels sur l'innovation pédagogique sont beaucoup plus récents dans les milieux de l'enseignement supérieur et en particulier dans les Grandes Ecoles que dans l'enseignement primaire ou secondaire. N'est-il pas communément admis un peu partout, d'ailleurs, que les élites apprennent et réussissent quels que soient les modes d'approches pédagogiques. Pourquoi vouloir changer alors? Les changements ne sont-ils pas le plus souvent des réponses à des situations de crise particulières. N'est-ce pas d'abord dans les écoles, les collèges ou les lycées réputés difficiles et classés *en zones d'éducation prioritaire*<sup>12</sup> en France que les dispositifs, les cursus et les professeurs ont été les plus innovateurs. D'après Françoise Cros, trois éléments explicatifs sont venus perturber au XXI<sup>e</sup> siècle l'inertie dans laquelle semblait se trouver l'enseignement supérieur : la massification, la fragilisation des disciplines et la professionnalisation de l'université.<sup>13</sup> Pour aller encore un peu plus loin, ne faudrait-il pas aussi mettre dans la balance la conjonction des cinq formes convergentes d'insoutenabilité qui, selon le penseur suisse Yves Citton, caractérisent

---

<sup>10</sup> Pierre VELTZ, *Faut-il sauver les Grandes Ecoles? De la culture de la sélection à la culture de l'innovation*, Paris, Sciences Po, Les Presses, 2007, 156 p.

<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 11

<sup>12</sup> Les Zones d'Education Prioritaire ont été créées en 1981, introduisant en France le principe de la "discrimination positive" pour tenter de corriger les inégalités sociales par le renforcement sélectif de l'action éducative dans les zones et dans les milieux sociaux où le taux d'échec scolaire était le plus élevé. Cf. Site Internet français consacré à l'Education prioritaire: <http://dcalin.fr/zep>, consulté le 22 mars 2011.

<sup>13</sup> Françoise Cros, *Préface*, in Denis BEDARD, Jean-Pierre BECHARD, Sous la direction de, *Innover dans l'enseignement supérieur*, Paris ; PUF, 2009, pp. 13-17.

aujourd'hui notre époque et appellent une multiplicité de renversements sociopolitiques : *l'unsustainable* écologique, l'insupportable psychique, l'inacceptable éthique, l'indéfendable politique et l'intenable médiatique? Le monde dans lequel nous vivons est d'autant plus paradoxal qu'il permet la coexistence d'un niveau de confort matériel jamais atteint auparavant et d'un niveau de vulnérabilité inouï qui affecte très inégalement l'ensemble de l'humanité. Les situations de blocage dont relèvent les nouveaux défis éducatifs sembleraient moins provenir, en ce sens, d'une absence de ressources que d'une *insuffisance de traduction* :

nous avons plus de richesses qu'il n'en faut pour assurer à chacun une vie épanouissante à la surface de cette planète; nous n'avons pas développé les langages ni les interfaces qui nous permettraient de traduire cette abondance de ressources en modes de collaboration satisfaisants.<sup>14</sup>

Il faudrait invoquer ici, également, une nouvelle forme d'immobilisme propre au paradigme de la vitesse. *Nous n'avons pas le temps alors même que nous en gagnons toujours plus.*<sup>15</sup> La vie moderne semble avoir intégré une forme d'accélération telle que les individus souffrent du besoin de devoir courir toujours plus vite, non pas pour atteindre un objectif particulier, mais simplement pour rester dans la course. Les trois formes d'accélération de la modernité occidentale définies par le sociologue allemand Hartmut Rosa (l'accélération technique, l'accélération du changement social, l'accélération des rythmes de vies) pèsent d'une manière toujours plus pressante et oppressante sur les sociétés actuelles, comme si le temps était devenu une matière périssable et non renouvelable comme le pétrole, et par conséquent de plus en plus rare et chère.<sup>16</sup>

Dans ce contexte paradoxal et inquiétant, comment penser le futur en le préservant de nos rationalités incapables jusqu'à présent de contrôler leurs propres propensions aliénantes et destructives? Comment nous émanciper de la logique de l'urgence qui transforme notre relation aux autres et au monde en nous livrant à la dictature éphémère du présent? Pour faire face au maillage réticulaire de l'information et à l'accélération mondiale des échanges, certains d'entre nous préfèrent se focaliser sur l'avenir, en épuisant les multiples perspectives qu'offrent désormais les nouveaux pare-brises de la modernité, sans se soucier de jeter un regard en arrière, sur les rétroviseurs. Cette attitude souvent considérée comme innovatrice, ne comporte-t-elle pas pourtant de nombreux risques? N'oublions pas que les premiers rétroviseurs de l'histoire de l'automobile ont été justement fabriqués pour réduire le nombre d'accidents alors que l'on commençait à lancer sur les routes des véhicules de plus en plus rapides. Dans le domaine de l'éducation, quelles postures convient-il d'adopter pour affronter judicieusement l'avenir sans oublier les leçons du passé? Doit-on faire table rase ou bien réadapter l'existant, rénover les infrastructures et faire tomber quelques cloisons pour tenter de récupérer un peu de marges et d'espace afin de mieux manœuvrer ensuite?

Conscients des changements qui affectent notre époque, certains voudraient en léguer, dès à présent, la responsabilité aux nouvelles générations. Qu'est-ce qu'un ingénieur, par exemple, au XXI<sup>e</sup> siècle? Un simple concepteur, un applicateur de technologies avancées ou bien un magicien auquel on va confier désormais la mission d'innover, c'est à dire de trouver des alternatives à nos impasses et de concevoir un monde nouveau? Si nous lisons attentivement la définition du métier d'ingénieur que propose actuellement la Commission du Titre d'Ingénieur (CTI), organisme officiel d'accréditation des études d'ingénieurs en France, nous ne serons pas vraiment surpris de constater que ce qui était spécifié autrefois en quelques mots fait l'objet maintenant d'une série de paragraphes détaillés. Cette simple observation peut nous permettre de cerner, plus facilement qu'à partir d'un texte spécialisé sur la question, les intérêts et les enjeux qui gouvernent dorénavant le monde de l'éducation :

Le métier de l'ingénieur consiste à poser, étudier et résoudre de manière performante et innovante des problèmes souvent complexes de création, de conception, de réalisation, de mise en œuvre et de contrôle, ayant pour objet des produits, des systèmes ou des services – et éventuellement leur financement et leur commercialisation - au sein d'une organisation compétitive.

---

<sup>14</sup> Yves CITTON, *Renverser l'insoutenable*, Paris, Seuil, 2012, pp. 11-16

<sup>15</sup> Hartmut ROSA, *Accélération, Une critique sociale du temps*, Paris, La Découverte, 2010, p. 7

<sup>16</sup> Hartmut ROSA, *Aliénation et Accélération*, Paris, La découverte, 2012, pp. 13-32

Il prend en compte les préoccupations de protection de l'homme, de la vie et de l'environnement, et plus généralement du bien-être collectif.

L'activité de l'ingénieur mobilise des ressources humaines et des moyens techniques et financiers. Elle contribue à la création, la compétitivité, et la pérennité des entreprises, dans un cadre international. Elle reçoit une sanction économique et sociale.

Elle s'exerce dans les secteurs publics et privés, dans l'industrie et les services, le bâtiment et les travaux publics, ainsi que dans l'agriculture.

À ces titres, l'ingénieur doit posséder un ensemble de savoirs techniques, économiques, sociaux, environnementaux et humains adaptés à ses missions, reposant sur une solide culture scientifique. <sup>17</sup>

Comme nous pouvons le remarquer à travers ces lignes, l'ingénieur du XXI<sup>e</sup> siècle n'est plus présenté en France comme un spécialiste de calculs et de techniques, ni comme un constructeur de machines, de voies, de ponts ou de structures au service de l'État, de la défense du territoire, du développement des travaux publics ou de l'industrie. Sa figure a évolué au fil du temps en s'adaptant à l'évolution des circonstances. Elle a surgi en Europe à la fin du Moyen-âge, avec le perfectionnement des techniques et l'essor de la bourgeoisie urbaine qui avait mis les mathématiques au service de l'économie. Peu à peu l'ingénieur est devenu non seulement un expert ou un inventeur mais aussi le garant des nouveaux systèmes de production et de contrôle. C'est pourquoi son existence semble à ce point liée au projet de la modernité, à l'imaginaire du progrès et à la construction des États-nations qui ont d'abord précédé puis accompagné la révolution industrielle. En France l'identité professionnelle et sociale de l'ingénieur s'est construite à travers une série de dualités et de contradictions qui exercent encore aujourd'hui leur influence sur l'organisation et la définition d'un métier caractérisé depuis toujours par son caractère évolutif et polyvalent. On peut signaler également la tension permanente entre l'idéal créatif et universaliste que les ingénieurs ont hérité de la pensée de la Renaissance et de l'illustration et leur fonction sociale et administrative au service des intérêts de l'État ou du contrôle de la production et de la productivité. <sup>18</sup>

Imaginer et fabriquer, d'une part, organiser, rationaliser et contrôler, d'autre part.<sup>19</sup> Dans la plupart des pays européens la création des premières institutions de formation des ingénieurs répondait à cette double finalité comme le précisait, en 1794, en Espagne, Gaspar Melchor de Jovellanos, fondateur du *Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía*:

promouvoir des connaissances utiles pour le perfectionnement des arts lucratifs, favoriser le développement du travail honnête, perfectionner le commerce et la navigation, augmenter la population et susciter l'abondance pour construire une société sûre et heureuse. <sup>20</sup>

Avec l'avènement de l'ère industrielle, deux modèles d'ingénieurs, représentant en quelque sorte les deux faces d'une même pièce de monnaie, se sont retrouvés en concurrence : l'ingénieur public, administrateur, au service des corps constitués de l'État (guerre, mines, transports publics, ponts et chaussées...), intégré dans une élite culturelle et politique très influente; et l'ingénieur privé, qui incarnait, face au contrôle administratif, la défense de la liberté d'initiative, de l'entreprise et du commerce, de même que le développement des processus industriels, la création de nouveaux produits et de nouvelles techniques. Entre 1870 et 1914, les ingénieurs français ont connu leur période de plus grand prestige social en tant que représentants du progrès et porteurs des idéaux de la société

---

<sup>17</sup> CTI (Commission du titre d'Ingénieur), *L'ingénieur et ses missions*, Références et Orientations, Tome 1, 2012. <http://extranet.cti-commission.fr/frontend.php/>

<sup>18</sup> Denis LEMAITRE, *La Formation humaine des ingénieurs*, Paris, Presses Universitaires de France (PUF), 2003, pp. 53-77.

<sup>19</sup> Selon le philosophe Henri Bergson, il s'agit en fait de deux activités anti-thétiques: *la fabrication va ... de la périphérie au centre ou, comme diraient les philosophes, du multiple à l'un. Au contraire, le travail d'organisation va du centre à la périphérie. Il commence en un point qui est presque un point mathématique, et se propage autour de ce point par ondes concentriques qui vont toujours s'élargissant.* Henri BERGSON, *L'évolution créatrice*, Paris: Les Presses universitaires de France, 1959, p. 69.

<sup>20</sup> Gaspar Melchor de JOVELLANOS, (1858), *Obras publicadas e inéditas de D. Gaspar Melchor de Jovellanos [Texto impreso] / colección hecha e ilustrada por Cándido Nocedal*, Biblioteca de Autores Españoles, 50, Madrid, Hernando y Compañía, 1898, p. 320.

industrielle convaincue que le bonheur et la prospérité de l'humanité découleraient inévitablement du développement des sciences et des techniques. La première guerre mondiale et la crise de 1929 commencèrent à éroder ces certitudes, de même que la foi dans les capacités des ingénieurs à résoudre les problèmes de la société. Leur corporativisme, en outre, et leur proximité avec les patrons, contribuèrent à les éloigner du monde ouvrier tandis qu'ils perdaient en autorité au sein même du processus capitaliste où ils devenaient de moins en moins entrepreneurs et étaient relégués de plus en plus aux fonctions techniques et spécialisées.<sup>21</sup> D'autres tensions propres à la formation et à l'activité des ingénieurs venaient de la confrontation entre les nécessités du monde réel et les exigences académiques, entre l'application des techniques et les théories scientifiques, entre la spécialisation et la polyvalence, entre l'élitisme et la démocratisation de l'enseignement. Ces dualités constantes tout au long de l'histoire permettent de mieux comprendre, aujourd'hui encore, la complexité du système d'enseignement supérieur français, spécialement en ce qui concerne les sciences de l'ingénieur, disséminées à travers une mosaïque d'écoles, d'instituts, d'universités de laboratoires et de centres de recherche.

Vers le milieu du XX<sup>e</sup> siècle une série de transformations rapides ont favorisé un remodelage du métier d'ingénieur, de sa formation, de son statut et de son rôle dans la société. Il s'est spécialisé de plus en plus, en diversifiant ses champs d'action, au moment du passage d'une économie centrée sur la production et l'industrie à une économie orientée vers les services, avec le développement des technologies de l'information, la mondialisation des marchés et le déplacement de l'offre d'emploi vers des entreprises à fort contenu technologique. La prospérité économique de l'après-guerre au cours de la période connue sous le nom des *Trente Glorieuses*<sup>22</sup> a contribué à accélérer le processus de massification de l'éducation nationale et à faire augmenter la demande d'ingénieurs diplômés, tandis que l'expansion de la société de consommation, l'immigration, la libéralisation des mœurs et l'évolution des modes de vie ont permis une plus grande diversification du public étudiant (meilleur accès des femmes au métier d'ingénieur, intégration des élèves d'origine rurale et étrangère).

Finalement, la nouvelle mondialisation multipolaire qui caractérise notre époque est en train de susciter une demande croissante de personnel qualifié, notamment dans les secteurs de hautes technologies. Ingénieurs, étudiants et chercheurs font partie d'un vaste système planétaire destiné à équilibrer les marchés nationaux et internationaux. Puisqu'ils partagent et promeuvent la circulation des connaissances, on peut dire qu'ils interviennent comme agents du progrès scientifique qui se propage aujourd'hui à travers des réseaux transfrontaliers et transdisciplinaires de plus en plus complexes.<sup>23</sup> Leur présence accroît la compétitivité des entreprises de même que les institutions d'enseignement supérieur et les laboratoires de recherche qui sont évalués à travers des classements mondiaux qui prennent de plus en plus en compte, en tant que critère qualitatif, l'internationalisation des élèves, des enseignants et des chercheurs. Dans ce contexte la mobilité internationale est devenue un facteur éducatif et professionnel éminemment stratégique. De nos jours une université ou une grande école qui ne disposerait pas d'un nombre significatif de conventions ou de projets académiques et de recherche de niveau international serait en quelle sorte considérée comme une institution de second rang.

L'ingénieur du XXI<sup>e</sup> siècle se définit finalement à travers ses interactions, chaque fois plus nombreuses et fructueuses, avec d'autres champs de la connaissance (mathématiques, sciences exactes, informatique, modélisation numérique, biologie, économie, finances, génétique, médecine, etc.). Les sciences de l'ingénieur tendent d'autre part, à se mélanger voire à s'hybrider (mécanique et électronique, génie civil et matériaux, biochimie et informatique...) pour répondre aux besoins évolutifs de l'industrie qui invente de nouveaux produits chaque fois plus complexes et sophistiqués. L'appropriation de ces artefacts par les usagers (individus, collectivités, entreprises, administrations...) contribue de plus en plus souvent à altérer les stratégies de conception, de production et de distribution

---

<sup>21</sup> Denis LEMAITRE, *ibid.*

<sup>22</sup> Jean FOURASTIÉ, *Les Trente Glorieuses, ou la révolution invisible de 1946 à 1975*, Paris, Fayard, 1979.

<sup>23</sup> Mohamed HARFI & Claude MATHIEU, *Mobilité internationale et attractivité des étudiants et des chercheurs*, *Horizons Stratégiques*, N°1, Juillet 2006, Disponible sur : [http://www.cairn.info/resume.php?ID\\_ARTICLE=HORI\\_001\\_0028](http://www.cairn.info/resume.php?ID_ARTICLE=HORI_001_0028)

des technologies, tout en impliquant un nombre croissant et variable de critères, de compétences professionnelles et de relations sociales dans le monde de l'ingénierie. On peut dire, par conséquent, que les dernières évolutions ont favorisé la dimension polyvalente des ingénieurs, de même que leurs fonctions de médiateurs entre les différentes branches du savoir, des techniques, de l'économie et de la société civile.

Cette brève rétrospective autour de l'évolution de la figure et du rôle des ingénieurs dans la société française peut nous aider à mieux comprendre, à présent, la définition du métier d'ingénieur qu'établit la Commission du Titre d'Ingénieur (CTI), organisme officiel qui protège et institutionnalise depuis 1934, dans ce pays, le diplôme professionnel. Dans ce texte les dualités et les tensions que nous avons évoquées sont encore palpables : l'ambition universaliste héritées des Lumières face aux entraves du monde économique qui exigent des financements et des spécialisations étroites; le besoin d'acquérir une solide culture scientifique et le contact indispensable avec la matière, les travailleurs et les techniques; les activités de projection et de création et les actions d'organisation et de contrôle; les frontières et les frictions entre le public et le privé; les rationalités techniques et scientifiques et leurs interactions avec la nature et les sociétés humaines. Entre 2009 et 2012, les experts de la Commission ont ajouté aux texte de référence trois notions emblématiques qui n'étaient pas présentes dans les versions antérieures : *compétitivité, innovation et pérennité*. Les deux premières, très fréquentes dans le discours consensuel et dominant aujourd'hui de la mondialisation et de l'économie de la connaissance, témoignent, une fois de plus, du conditionnement historique et social qui caractérise aussi bien les ingénieurs que les modèles éducatifs qui interviennent dans leur formation. La troisième, moins utopique, rappelle la mission originelle des ingénieurs qui consistait à protéger leurs concitoyens face aux agressions de la nature ou des nations rivales. En cette nouvelle ère de complexité et d'incertitude qui caractérise notre époque, veiller à la pérennité de nos sociétés, cela veut dire aussi et surtout, les protéger d'elles mêmes, de leurs activités et rationalités autodestructives.

Au terme de cette première approche, nous pouvons dire par conséquent que l'ingénieur du XXI<sup>e</sup> siècle, à la fois héritier de traditions locales et hétérogènes mais acteur d'un présent global et homogénéisateur, pris dans les problématiques et les contradictions de son temps, devra imaginer et contrôler un avenir que l'on imagine de plus en plus complexe et incertain. Il aura à corriger les erreurs et les imprudences de ses prédécesseurs (notamment sur le plan éthique, écologique, social ou culturel) tout en veillant au bien-être collectif et à la préservation de l'environnement. Préparer en cinq ans des professionnels et des citoyens qui soient capables d'atteindre le niveau de dispositions, de connaissances et d'aptitudes que requiert la définition de la CTI, cela suppose en réalité un incroyable défi pour les formateurs. On peut se demander dans ces conditions, s'il ne faudrait pas un(e) superprofesseur(e) pour former ce superprofessionnel du XXI<sup>e</sup> siècle. Comment conjuguer, en outre, les exigences éthiques de la pédagogie avec les intérêts économiques et financiers actuels? Dans quelles mesures doit-on modifier les cursus, les structures disciplinaires ou les modèles éducatifs en cours pour répondre aux nouvelles attentes de la société, de l'État ou des entreprises? Comment intégrer, enfin, tous les élèves dans des processus de formation ouverts et équitables sans oublier les spécificités de chacun? Voilà quelques unes des interrogations qui exigent à présent que nous examinions de plus près les principaux défis qui conditionnent l'évolution des systèmes éducatifs actuels.

## **Les défis de l'innovation éducative**

L'une des critiques les plus fréquentes que l'on assène aux systèmes éducatifs aujourd'hui (en particulier aux systèmes publics) c'est leur manque d'efficacité et d'efficience, comme si ces deux qualités devaient être mesurées presque uniquement en termes économiques et financiers et conformément à la même logique d'immédiateté qui gouverne le monde actuel. Les mêmes exigences, nous dit-on, seront requises pour l'ingénieur, une fois intégré dans le monde professionnel. Mais, que signifie cela exactement? Chacun d'entre nous sait bien que l'on peut être efficient sans être efficace ou

être efficace sans être efficient. L'efficacité s'évalue en fonction des résultats obtenus; elle est en rapport avec les objectifs à atteindre. L'efficience, en revanche, s'intéresse à la mobilisation des ressources et à leur utilisation optimale en fonction des résultats attendus. Lorsqu'on forme un étudiant dans une école d'ingénieur, quelles sont les priorités qui doivent guider le travail des professeurs et autres personnels d'encadrement? Faut-il que le jeune ingénieur diplômé trouve rapidement le meilleur travail possible au moment de quitter l'école? Ou alors qu'il corresponde exactement au profil de l'entreprise qui pourra l'embaucher? Ou bien encore qu'il soit préparé de la meilleure manière possible pour affronter les défis, les incertitudes, les changements et les risques auxquels ils se trouvera exposé tout au long de sa vie professionnelle? Peut-on véritablement mesurer l'efficacité d'un modèle ou d'un système à court terme? Si l'éducation universitaire se contente de s'ajuster simplement au présent, quelle institution se chargera d'anticiper les potentialités du futur? Être efficace c'est aussi être capable de penser ce qu'il y a au delà de l'horizon. Être efficient ce n'est pas nécessairement suivre le chemin le plus court ou choisir la solution la moins onéreuse. Si une montagne s'interpose au milieu de notre chemin, il est souvent plus raisonnable de la contourner plutôt que de tenter de l'escalader. De même que la ligne droite est une représentation mathématique que l'on trouvera difficilement dans la nature, le monde est rempli d'obstacles et de potentialités que nous devons prendre en compte, ainsi que le conditionnement de nos réflexions et de nos actes. Si au lieu de mesurer l'efficience en termes économiques et financiers nous la mesurons en termes écologiques et humains, bien des appréciations alors pourraient être renversées. Peut-on dire, par exemple, qu'une énergie abondante et bon marché mais qui affecte la nature et met en danger la survie de l'humanité est une énergie efficiente? Un modèle pédagogique qui n'est pas capable de susciter l'esprit critique des apprenants et leur conscience de l'altérité peut-il être considéré tout de même comme efficient?

Le philosophe et sinologue français François Jullien a montré, dans certains de ses travaux où il analyse le mode de pensée de la culture traditionnelle chinoise, que les modèles logico-déductifs de raisonnement, habituels dans nos cultures européennes, ne sont pas nécessairement universels. Au lieu de la logique de finalité qu'implique le système de modélisation (théorie et pratique) que nous avons hérité des cultures gréco-latines et judéo-chrétiennes, les Chinois anciens avaient recours à une logique de situation ou de propension dans laquelle la planification n'existait pas mais on où l'on maintenait une relation beaucoup plus continue et évolutive avec le contexte<sup>24</sup>. Il s'agissait d'exploiter de manière continue et rigoureuse le potentiel de situation engagé, l'efficacité étant toujours vue finalement comme le résultat, non d'un progrès mais d'un processus.

"Le progrès engage la finalité, tandis que le procès ne donne à considérer que sa capacité de renouvellement et de rendement."<sup>25</sup>

Cette manière d'envisager l'efficacité et l'efficience n'est pas sans rappeler les approches éducatives actuelles qui postulent que la connaissance se construit toujours de manière dynamique en action et en situation. Il s'agit notamment de l'*énaction*<sup>26</sup> (étymologiquement "en action") qui s'inspire directement des théories scientifiques sur le fonctionnement des êtres vivants développées par les neurobiologistes chiliens Humberto Maturana et Francisco Varela et plus particulièrement du concept d'*autopoïèse* (du grec *auto*, soi-même, et *poièsis*, production, création) qui décrit la propriété d'un système de se produire lui-même, en permanence et en interaction avec son environnement, et ainsi de maintenir son organisation malgré le changement de ses composants et/ou de sa structure.<sup>27</sup> De même que la vision est une faculté des êtres humains et des animaux qui ne dépend pas seulement de l'extraction d'informations provenant du monde extérieur mais de l'action visuelle à travers l'action, comme l'ont

---

<sup>24</sup> François JULLIEN, *Traité de l'efficacité*, Grasset, 1996.

<sup>25</sup> François JULLIEN, *Conférence sur l'efficacité*, PUF, 2005, p. 69.

<sup>26</sup> Domenico MASCIOTRA, Wolff-Michael ROTH y Denise MOREL *Enaction: apprendre et enseigner en situation*, DeBoeck, 2008, 160 pp.

<sup>27</sup> Francisco J. VARELA; Humberto R. MATURANA, (1973). *De Máquinas y Seres Vivos: Una teoría sobre la organización biológica*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 1995.

démontré, par exemple, les célèbres expériences sur les chatons menées par Held et Hein en 1963<sup>28</sup>, les facultés cognitives selon Varela:

sont inextricablement liées à l'histoire de ce qui est vécu, de la même manière qu'un sentier au préalable inexistant apparaît en marchant. L'image de la cognition qui s'ensuit n'est pas la résolution de problèmes au moyen de représentations, mais plutôt le faire-émerger créateur d'un monde, avec la seule condition d'être opérationnel...<sup>29</sup>

Autrement dit, être efficaces et efficaces, c'est aussi être capables d'avancer en prenant toujours en compte le contexte, son caractère conditionnant et évolutif, et reconnaître finalement la nécessité que nous avons de nous inclure (plutôt que de nous abstraire) individuellement et collectivement dans le monde.

Tandis que François Jullien nous explique que le chemin le plus court est souvent le détour, d'autres penseurs outre-Atlantique se sont donné pour tâche d'interroger dans leurs fondements les modèles de pensée occidentaux, parvenant à la conclusion que nos rationalités ne sont ni universelles ni irrévocables et qu'il est toujours possible, par conséquent, d'ouvrir la voie à d'autres possibles. C'est ainsi qu'ils ont forgé le concept de *colonialité du savoir* qui associe sur un même plan épistémologique l'histoire du *colonialisme* et celle de la *modernité* euro-centrique qui en a été le moteur ou la justification. Le sociologue péruvien Anibal Quijano définit ainsi les liens existants entre le développement du capitalisme et celui de la science moderne :

Depuis le XVII<sup>e</sup> siècle (Descartes, Spinoza, Locke, Newton...), « l'occident » a élaboré et formalisé un mode de production des connaissances qui répondait aux besoins cognitifs du capitalisme : la mesure, la quantification, l'externalisation (ou objectivation) du connaissable par rapport au connaisseur, pour le contrôle des relations entre la nature et les individus, dans la perspective, en particulier de la propriété des ressources de production....<sup>30</sup>

Au cours d'une conférence prononcée plus récemment à Madrid son homologue portoricain Ramón Grosfoguel a mis en évidence le fait que l'université occidentalisee (c'est à dire celle qui existe dans le monde entier aujourd'hui) privilégie depuis toujours une connaissance produite par des hommes (et non des femmes) de seulement six pays du monde, ce qui veut dire, en fin de compte, que l'expérience historico-sociale de 6% de la population mondiale prétend rendre compte de l'être, du penser et de l'agir de l'humanité toute entière.<sup>31</sup> A cela s'ajoute le sentiment d'une profonde crise de confiance épistémologique due au fait que les promesses qui ont légitimé le privilège de la connaissance scientifique occidentale (paix, rationalité, liberté, égalité, progrès, répartition des bénéfices de la croissance, etc.) ne se sont pas réalisées. Outre les épistémicides qu'il a provoqué de tout temps dans la plupart des régions du globe, ce système de pensée n'a pas démontré, non plus, qu'il était capable de contenir ses propres propensions éco-destructives et socio-destructives.<sup>32</sup> De fait, il semble de plus en plus évident aujourd'hui pour les nombreux défenseurs de la diversité épistémologique du monde, qu'il existe une sorte de relation proportionnelle entre le progrès scientifique conduit par le monde occidental et la détérioration socioculturelle et environnementale. Les crises actuelles semblent bien souligner, en effet, les limites intrinsèques dont souffrent certains paradigmes politiques, économiques et scientifiques, et qu'il faudrait peut-être considérer désormais, non plus comme des abîmes insurmontables mais comme de nouvelles frontières à franchir.

C'est en ce sens que l'esprit critique peut nous aider, non seulement à démêler les contradictions et à évaluer les risques que contiennent les modèles passés et actuels, mais aussi à imaginer de nouvelles rationalités capables de donner des bases théoriques à la problématique de la durabilité. Mais est-il vraiment possible de dépasser les paradigmes actuels, tout en favorisant un nouveau dialogue des savoirs garant de la diversité culturelle?

---

<sup>28</sup> Richard HELD, Alan HEIN, *Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior*, Journal of Comparative and Physiological Psychology, 1963, Vol. 56, No. 5, 872-876

<sup>29</sup> Francisco VARELA, *Connaître, Les sciences cognitives, tendances et perspectives*, Seuil, 1989, pp. 111-112

<sup>30</sup> Anibal Quijano, *Colonialidad del poder y clasificación social*, Journal of world-systems research, Summer/Fall, 2000

<sup>31</sup> Ramón GROSFUGUEL, *Crisis financiera, colonialidad del poder y la Europa del Sur*, 19 octobre 2012, UAM, Madrid.

<sup>32</sup> Boaventura de SOUSA SANTOS, *Introducción General*, in SOUSA SANTOS, Boaventura de; GARCÍA VILLEGAS, Mauricio, et al., *Emancipación Social y violencia en Colombia*, Bogotá, Ed. Norma, 2005, pp. 11-12

C'est une question que se posent de nombreux intellectuels et éducateurs de par le monde. Au Mexique, par exemple, Enrique Leff Zimmermann, après avoir décortiqué et analysé en profondeur les logiques économiques et systémiques qui ont impulsé le projet globalisant de la modernité, propose aujourd'hui un modèle alternatif de "rationalité environnementale" qui postule la nécessité de fonder de nouveaux modes de production et des styles de vies en fonction des potentialités écologiques de chaque région, de la diversité ethnique et de la capacité de chaque population à autogérer ses ressources naturelles et ses processus productifs.<sup>33</sup> De son côté le sociologue polonais Zygmunt Bauman, créateur du concept critique de "modernité liquide", tout en nous montrant comment les représentations mentales et les structures traditionnelles qui maintenaient autrefois la cohésion sociale se fragmentent et se délitent aujourd'hui à travers une logique discontinue, latérale et réticulaire<sup>34</sup>, nous invite à décentrer notre vision de la connaissance en prenant en compte la diversité des médiations, des points de vues, des situations *hétérotopiques*<sup>35</sup> et périphériques et la multiplicité des interconnexions qui bouleversent nos schémas de communication, de représentation et de construction des savoirs. Depuis notre perspective éducative, liée au domaine de l'ingénierie nous ne devons pas oublier non plus : ni la diversité des représentations et des intérêts qui sont en jeu; ni les outils et les médiations qui filtrent notre perception et notre compréhension des problèmes; ni l'intersubjectivité qui conditionne, d'après Paulo Freire<sup>36</sup>, tout véritable apprentissage.

Pour être efficaces et efficients selon ces perspectives, peut-être gagnerait-on à faire dialoguer les questionnements que nous venons d'évoquer avec l'approche "convivialiste" définie, au début des années 1970, par le penseur autrichien Ivan Illich, et remise au goût du jour par certains intellectuels français aujourd'hui tels que Paul Ariès (qui l'associe au concept traditionnel andin de "Buen Vivir")<sup>37</sup>, Serge Latouche, Alain Caillé, Marc Humbert et Patrick Viveret<sup>38</sup>. Selon Illich, la crise universelle à laquelle se confronte à présent l'humanité, prend racine dans l'échec même de ce qui est le moteur l'entreprise moderne, à savoir, l'idée de progrès et la substitution de l'homme par la machine. Ce grand projet de transformation des relations de l'homme et de la nature a donné lieu, en fin de comptes, à un implacable processus de servitude pour le producteur et d'intoxication pour le consommateur. Les théories d'Illich se sont basées au départ sur une étude critique de la société industrielle états-unienne à partir de trois sous-systèmes qui constituaient alors, selon lui, les trois piliers de l'organisation politique, économique et sociale de ce pays : l'éducation; la santé; et les transports. Mais qu'entendait-il au juste par convivialité?

J'appelle société conviviale une société où l'outil est au service de la personne intégrée à la collectivité, et non au service d'un corps de spécialistes. Conviviale est la société où l'homme contrôle l'outil [...] C'est l'outil qui est convivial et non l'homme. [...] L'homme a besoin d'un outil avec lequel travailler, non d'un outillage qui travaille à sa place. Il a besoin d'une technologie qui le tire le meilleur parti de l'énergie et de l'imagination personnelles, non d'une technologie qui l'asservisse et le programme...<sup>39</sup>

---

<sup>33</sup> Enrique LEFF ZIMMERMAN, *Racionalidad ambiental: la reapropiación social de la naturaleza*. México; Siglo XXI, 2007, 532 pp.

<sup>34</sup> Zygmunt BAUMAN, *Modernidad Líquida*, FCE, 2002, 232 pp.

<sup>35</sup> Au sens des *hétérotopies* de Michel Foucault. Michel FOUCAULT, *Dits et écrits 1984, Des espaces autres (conférence au Cercle d'études architecturales, 14 mars 1967)*, in *Architecture, Mouvement, Continuité*, n°5, octobre 1984, pp. 46-49.

<sup>36</sup> « ...nas condições de verdadeira aprendizagem os educandos vão se transformando em reais sujeitos da construção e da reconstrução do saber ensinado, ao lado do educador, igualmente sujeito do processo. » Paulo FREIRE, *op. cit.*, 2011, p. 28.

<sup>37</sup> Paul ARIES, *Le socialisme gourmand, Les empêchements de penser en rond*, La Découverte, 2012

<sup>38</sup> Serge LATOUCHE, *Vers une société d'abondance Frugale*, Editions Mille et Une Nuits, 2011, 206 p.

Alain CAILLÉ, Marc HUMBERT, Serge LATOUCHE, Patrick VIVERET, *De la convivialité Dialogues sur la société conviviale à venir*, La découverte, Collection "Cahiers libres", 2011, 192 p.

<sup>39</sup> Ivan ILLICH, *La convivialité*, Point, 1973, p.88 et p. 27.

Si la convivialité s'applique d'abord aux outils créés *par et pour* l'être humain, c'est parce que ceux-ci, de par leurs propriétés mêmes possèdent un véritable pouvoir, une *affordance*<sup>40</sup>, qui s'exerce bien au delà de leur utilisation première. Pour comprendre ce qu'Ivan Illich définit comme un outil convivial, voyons un contreexemple, l'automobile, un moyen de transport qu'il considère comme l'un des outils les moins efficaces de la société de son temps :

L'Américain moyen consacre plus de mille six cents heures par an à sa voiture. Il y est assis, qu'elle soit en marche ou à l'arrêt ; il la gare ou cherche à le faire ; il travaille pour payer le premier versement comptant ou les traites mensuelles, l'essence, les péages, l'assurance, les impôts et les contraventions. De ses seize heures de veille chaque jour, il en donne quatre à sa voiture, qu'il l'utilise ou qu'il gagne les moyens de le faire. Ce chiffre ne comprend même pas le temps absorbé par des activités secondaires imposées par la circulation : le temps passé à l'hôpital, au tribunal ou au garage, le temps passé à étudier la publicité automobile ou à recueillir des conseils pour acheter la prochaine fois une meilleure bagnole. Presque partout on constate que le coût total des accidents de la route et celui des universités sont du même ordre et qu'ils croissent avec le produit social. Mais, plus révélatrice encore, est l'exigence de temps qui s'y ajoute. S'il exerce une activité professionnelle, l'Américain moyen dépense mille six cents heures chaque année pour parcourir dix mille kilomètres ; cela représente à peine 6 kilomètres à l'heure. Dans un pays dépourvu d'industrie de la circulation, les gens atteignent la même vitesse, mais ils vont où ils veulent à pied, en y consacrant non plus 28 %, mais seulement 3 à 8 % du budget-temps social.<sup>41</sup>

Créer des outils au service des individus et non des individus esclaves de leurs outils (ainsi que de leurs propres égarements et des incertitudes de la nature) : cette idée n'est-elle pas précisément l'une des aspirations initiales et conjointes de l'ingénierie et de l'éducation? Prendre conscience des limites ce n'est pas nécessairement renoncer, mais comprendre qu'il existe des frontières, des espaces de friction mais aussi d'interaction, d'échange, de transfert, de réévaluation, de réadaptation ou de réinterprétation des circonstances et des potentialités qu'elles induisent.

### **Les obstacles et les moyens de l'innovation éducative**

L'innovation est-elle l'une des clefs qui nous permettra de répondre aux défis que nous venons de signaler? Ce mot magique qui semble être devenu le combustible de la postmodernité ne risque-t-il pas de nous entraîner aujourd'hui vers de nouveaux mirages?

Il existe de nombreuses définitions de l'innovation. Les plus en vogue sont celles qui prennent appui sur les théories développées au début du XX<sup>e</sup> siècle par l'économiste autrichien Joseph Schumpeter (l'innovation de produits, l'innovation de procédés, l'innovation de modes de production, l'innovation de débouchés, l'innovation de matières premières)<sup>42</sup>. La plupart du temps le terme fait donc référence aux systèmes technologiques et organisationnels de création, distribution et commercialisation de produits ou de services, des systèmes dans lesquels évoluent précisément les ingénieurs. Mais ce concept a connu également des extensions et des applications particulières dans d'autres branches d'activité et de production de savoir, notamment dans les sciences humaines et bien évidemment dans l'éducation.

Nous pouvons considérer, d'autre part, qu'il existe aussi une tradition de l'innovation, une histoire de l'évolution des contextes et des recherches constantes d'adaptation et d'évolution des individus et des sociétés.<sup>43</sup> De fait, l'innovation semble généralement motivée par des situations de rupture ou de crise. Elle n'apparaît pas nécessairement comme une négation de la tradition, mais plutôt comme une réadaptation aux nouvelles circonstances. On ne peut pas vraiment la décréter, ni la programmer, mais

---

<sup>40</sup> Concept créé par James J. Gibson dans les années 1970 à partir du verbe «to afford» pour représenter les propriétés de notre environnement qui, lorsqu'elles sont perçues, nous poussent à agir. Un exemple classique d'affordance est celui de la chaise qui, par sa forme, nous incite à s'y asseoir. Cf. Stéphane ALLAIRE, *À propos du concept d'affordance*, Afford@nce, 2008, [http://affordance.uqac.ca/about\\_affordance.html](http://affordance.uqac.ca/about_affordance.html)

<sup>41</sup> Ivan ILLICH, *Énergie et Équité, Seuil, 1975.*

<sup>42</sup> Joseph SCHUMPETER (1911) *Théorie de l'évolution économique Recherches sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture*, Paris, Dalloz, 1935.

<sup>43</sup> D'après Henri Bergson, l'intelligence adaptative qui le conduit à fabriquer sans cesse des objets nouveaux est une des facultés essentielles de l'humanité. Henri BERGSON *op. cit.*, p. 98-99.

seulement la stimuler ou la favoriser car, malgré les pressions économiques et institutionnelles qui tentent de l'imposer, elle dépend toujours, en définitive, de processus autonomes et accidentels subordonnés à des motivations de type personnel.<sup>44</sup> Elle opère souvent à travers des analogies, des transferts et des transgressions de limites, ce qui, dans le champ de l'éducation, exige de rompre les barrières des normes et des disciplines. Démembrer le paradigme disciplinaire, cependant, n'est pas chose facile. C'est un peu comme courir derrière une chimère, mille et une fois entrevue et annoncée, mais jamais atteignable. Notre structuration éducative, fortement cloisonnée (y compris à l'ère des compétences dites transversales), est l'héritière, en effet, d'une solide institutionnalisation parachevée au XIX<sup>e</sup> siècle lors de la création des universités modernes qui furent conçues comme des instances dotées d'une double fonction : l'établissement du savoir érudit et l'organisation de sa diffusion.<sup>45</sup> Pourtant notre modernité liquide et réticulaire exige aujourd'hui que s'établissent de nouvelles connexions latérales et des interconnexions fructueuses entre les diverses branches des savoirs érudits et populaires, centraux et périphériques. L'interdisciplinarité et l'interculturalité peuvent être vues, en ce sens, à la fois comme des conditions et des moyens de l'innovation éducative.

La culture, dans son acception la plus large, c'est à dire l'ensemble des activités et des connaissances humaines construites et en constante évolution qui structurent nos existences, pourrait être représentée comme un processus à la fois évolutif et discontinu, ouvert et circulaire, se nourrissant de circulations et d'interactions, de transferts et d'échanges, de fusions et d'extensions. Selon cette représentation l'éducation devrait s'intéresser en priorité, par conséquent, à la rencontre et à l'intersection ainsi qu'à la combinaison de savoirs et de stratégies d'action, capables de générer et de régénérer en permanence de nouveaux savoirs et de nouvelles stratégies cognitives et épistémologiques. L'interculturalité (motivée par la différence culturelle et fruit de la nouvelle mobilité globale) et l'interdisciplinarité (imposée par les sciences et cultures émergentes et fruit de la mobilité disciplinaire qu'elles engendrent) pourraient constituer, en ce sens, les premiers piliers d'une nouvelle structure éducative, héritière des modèles du passé qu'elle intégrerait dans un ensemble plus vaste et expansif, mieux adapté aux circonstances changeantes, aux problématiques du monde "réel" et aux nouveaux objets de la connaissance humaine.

S'il est vrai que les formations d'ingénieurs en France aujourd'hui deviennent davantage multiculturelles (en raison de l'augmentation des échanges universitaires et des effectifs d'étudiants étrangers) et pluridisciplinaires (en raison de la diversité croissante des activités et des techniques qui impliquent les ingénieurs), les organisations curriculaires, néanmoins, conservent le plus souvent une logique disciplinaire et monoculturelle, relativement fermée, statistique et verticale, qui ne tient pas vraiment compte des horizontalités ouvertes et fluctuantes du monde actuel. Entre autres problèmes il convient de souligner également, le caractère élitiste et la taille assez réduite des établissements de formation (en tout cas pour ce qu'on appelle encore les Grandes Ecoles), ce qui, en temps de crises budgétaires (comme celle que nous vivons aujourd'hui) vulnérabilise davantage le système. Il existait, en effet, en France, 255 écoles d'ingénieurs en 2011, 70% desquelles avaient moins de 500 étudiants<sup>46</sup>. Afin d'augmenter la visibilité internationale du dispositif français d'enseignement supérieur et de recherche dans un contexte politique dominé par ce qu'il conviendrait d'appeler le syndrome de Shanghai<sup>47</sup>, les autorités ont promu, tout au long de la dernière décennie, une politique de regroupement thématique et territorial destinée à créer de grands ensembles de formation et de recherche<sup>48</sup>,

---

<sup>44</sup> Christophe MARSOLLIER, *L'innovation pédagogique, ses figures, son sens, ses enjeux*, Revue Expressions, IUFM La Réunion, N°22, 2003, pp. 9-32

<sup>45</sup> Michel SERRES, *L'interférence*, Hermès II, Paris, Editions de Minuit, 1972, 232 pp.

<sup>46</sup> Note d'Information de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Paris, DEPP-DVE, 11-02-2011, 6 pp. [http://media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/2011/60/7/NIMESR1102\\_168607.pdf](http://media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/2011/60/7/NIMESR1102_168607.pdf)

<sup>47</sup> Le classement des universités du Monde par l'Université Jiao Tong de Shanghai a provoqué un véritable "tremblement de terre" en France car seulement 12 établissements français se trouvent parmi les 300 premiers. <http://www.arwu.org/>

<sup>48</sup> Créés en 2006, les *Pôles de recherche et d'enseignement supérieur* (PRES) sont des conglomérats d'établissements d'enseignement supérieurs et de recherche répondant au double objectif de rationaliser et de mettre en commun les ressources et les potentialités locales territoriales ainsi que d'augmenter leur visibilité internationale. Ils ont été remplacés en

directement liés aux organismes publics et aux entreprises impliquées dans le développement technologique et économique territorial à travers les *pôles de compétitivité*.<sup>49</sup> De cette manière on se propose de mobiliser conjointement les chercheurs et les entrepreneurs (dans le cadre d'une coopération entre secteur public et secteur privé) dans des projets innovants et générateurs d'emplois, qui devraient permettre aux entreprises de devenir des leaders sectoriels. Au lieu de changer d'abord les structures administratives et pédagogiques internes, le pari gouvernemental a consisté à modifier la macrostructure éducative tout en produisant ce que certains spécialistes se sont empressés d'appeler des "écosystèmes d'innovation et de croissance".<sup>50</sup>

Une autre manière toujours plus difficile d'aborder les choses, c'est d'envisager l'innovation pédagogique depuis l'intérieur du système, en essayant de secouer, de transgresser ou d'étendre les limites préétablies. Armand Hatchuel, professeur à l'école-des Mines ParisTech et co-président du groupe Design Theory de la Design Society, est l'un de ces chercheurs qui pensent en France qu'il est toujours possible de rompre les barrières pour théoriser d'autres possibles. Il a développé, avec ses collègues, une théorie de l'innovation et de la conception la théorie C-K (concept-knowledge) qui s'inspire simultanément de la tradition artistique et littéraire européenne<sup>51</sup>, des modèles de l'ingénierie, des sciences des organisations, et du caractère proprement génératif et expansif du raisonnement humain, illustré parfaitement, par exemple, par l'histoire des mathématiques. De fait, son travail se base aussi sur la technique du *Forcing* élaborée par le célèbre mathématicien nord-américain Paul Cohen, lauréat de la médaille Fields en 1966. Bien que la théorie C-K soit beaucoup plus complexe et impossible de détailler ici en quelques lignes, nous pouvons entrevoir l'un de ces points de départ à travers un exemple célèbre de l'histoire des mathématiques, celui de l'invention des nombres complexes. Pour résoudre l'impossibilité d'obtenir la racine carrée d'un nombre négatif à partir de l'ensemble des nombres réels, les mathématiciens ont créé à partir du XVI<sup>e</sup> siècle les nombres complexes, en imaginant un ensemble plus grand, obtenu par extension, qui intègre à la fois les nombres réels et de nouveaux nombres dits imaginaires. Pour surmonter une impossibilité, on a créé, par conséquent, un espace imaginaire autour de l'espace réel, capable de la contenir et de la résoudre, c'est à dire qu'on a fomenté une innovation, qui a engendré de l'inconnu (les nombres complexes) à partir du connu (les nombres réels). Aujourd'hui les nombres imaginaires ou complexes ne sont plus seulement utilisés en mathématiques, mais aussi en physique, en mécanique quantique et en ingénierie, notamment en électronique et en télécommunications car ils sont très utiles pour représenter les ondes électromagnétiques et le courant électrique. La théorie C-K, selon cette même perspective et à partir de fondements épistémologiques divers et complémentaires, distingue concepts et connaissances en leur associant les notions mathématiques d'ensembles expansifs pour construire un nouveau modèle d'invention et de conception capable d'inclure l'impossible dans le champs du réalisable. Cette manière d'envisager l'innovation, à partir de sources interdisciplinaires et interculturelles, dans le cadre d'une modélisation théorique qui ne rejette plus les aptitudes souvent inattendues de l'imagination, a déjà trouvé des applications industrielles concrètes pour la conception et la fabrication de vêtements sportifs "intelligents" ou de cabines de pilotages pour les avions de passagers.<sup>52</sup>

Innover c'est donc supposer l'impossible possible pour ne pas rester paralysé, c'est transgresser les limites du connu en partant du connu comme d'un donné parmi d'autres donnés qu'il faudra inventer ou découvrir. Cette façon de procéder est aussi valable pour l'éducation si l'on en croit le Mexicain Juan

---

2013 par les Communauté d'universités et établissements (CUE). Loi relative à l'Enseignement Supérieur et la Recherche, Loi n° 2013-660 du 22 juillet 2013.

<sup>49</sup> <http://competitivite.gouv.fr/>

<sup>50</sup> <http://competitivite.gouv.fr/un-ecosysteme-des-poles-pour-favoriser-l-innovation-et-la-croissance-303.html>

<sup>51</sup> En particulier les traités de l'architecte romain Vitruve et le courant littéraire qui s'est développé au Siècle d'Or espagnol, sous la plume notamment de Baltasar Gracián, et qui se construit autour d'associations ingénieuses de mots et d'idées.

<sup>52</sup> Armand HATCHUEL, Benoît WEIL, *Entre concepts et connaissances, éléments d'une théorie de la conception* en *Les Nouveaux Régimes de la Conception*, Paris, Vuibert, 2009, p. 115-132.

Escudero, pour qui l'innovation augure une bataille contre la réalité telle quelle, contre ce qui devient mécanique et routinier, contre la force des faits et le poids de l'inertie:

Elle suppose, donc, un pari en faveur de ce qu'il est désirable de construire collectivement, de l'imagination créative, de la transformation de l'existant. Elle réclame, en somme, l'ouverture d'une fente utopique au sein d'un système qui, comme celui de l'éducation, jouit d'un excès de tradition, de reproduction et de conservation du passé.<sup>53</sup>

Innover dans une école d'ingénieur aujourd'hui, c'est en quelque sorte retrouver l'esprit des premiers ingénieurs et des premiers éducateurs, sans tenir compte mécaniquement des injonctions de l'économie et de l'institution, mais plutôt en laissant libre court au partage et à la transgression des frontières culturelles et disciplinaires. Car dans le monde dans lequel nous vivons la coopération et la médiation sont devenues plus que jamais nécessaires.

Deux des plus grands problèmes auxquels doit faire face aujourd'hui le monde éducatif sont l'excès d'information et le déficit de démocratisation des connaissances. Selon la Société Américaine de Formation et de Documentation (ASTD), le volume de connaissances générées par l'humanité double tous les 18 mois tandis que transmission des fruits de la recherche à l'ensemble des citoyens demeure extrêmement faible. 50% des connaissances scientifiques produites sont lues à peine par leurs propres auteurs et éditeurs et 90% des recherches ne sont jamais citées.<sup>54</sup> Il existe un véritable fossé entre la quantité de savoirs produits et leur diffusion effective. La vitesse et la profusion de l'information nous aveuglent. Ce qui autrefois semblait compréhensible et transparent nous paraît à présent opaque et sinueux tandis que notre capacité d'assimilation régresse de jour en jour. Aujourd'hui les avancées des sciences semblent de plus en plus éloignées de notre expérience vitale, et leurs explications, comme le souligne le philosophe espagnol Daniel Innerarity, de moins en moins accessibles au sens commun. Après la division du travail qui avait été le support de la modernité industrielle, nous sommes entrés dans l'ère de la société de la connaissance, une communauté d'experts et d'usagers, dans laquelle tout ce que nous savons du monde ne nous parvient qu'à travers des médiations qui conditionnent notre autonomie et notre entendement. Nous sommes en train de nous habituer, par conséquent, à rester à la surface. Lorsque nous communiquons avec notre téléphone portable, que nous naviguons sur Internet ou que nous nous déplaçons dans notre automobile, nous nous trouvons embarqués sur un océan de boîtes noires dont nous ne sommes pas toujours complètement conscients. Notre mode de vie et d'organisation actuel a tendance à nous faire confondre "comprendre" et "savoir utiliser", à privilégier la rapidité et la flexibilité plutôt que l'expérience ou la maturité, à faire en sorte que les générations plus jeunes semblent plus habiles que leur aînées pour se mouvoir dans ce présent trouble, bruyant et enchevêtré.<sup>55</sup>

Un dernier obstacle éducatif que nous avons déjà évoqué (et qui orientera finalement la dernière partie de cette analyse) c'est la résistance du paradigme disciplinaire que s'évertuent de vaincre de nombreux acteurs du monde académique et scientifique, à travers des intentions, des conceptualisations et des pratiques qui le plus souvent n'aboutissent pas aux résultats escomptés parce qu'elles se heurtent à toutes sortes d'empêchements d'ordre intellectuel, mais aussi politique et socioculturel. Parvenir à innover aujourd'hui grâce à l'interdisciplinarité suppose donc d'affronter les nouveaux objets d'étude et les nouvelles problématiques tout en esquivant ou en bousculant une multitude de contraintes externes ou internes.

On peut aborder le concept de discipline, pour mieux en appréhender les enjeux politiques et sociaux, par analogie avec le concept de nation.<sup>56</sup> Qu'est-ce qu'une nation? Comment la définir? Quelles sont ses limites? Dans quelles mesures existe-t-il des séparations évidentes entre un pays et

---

<sup>53</sup> Juan ESUDERO, cité par Wilfredo RIMARI ARIAS, *La Innovación Educativa, instrumento de desarrollo*, pp.3-4, [http://ufap.dgdp.uaa.mx/descargas/innovacion\\_educativa\\_octubre.pdf](http://ufap.dgdp.uaa.mx/descargas/innovacion_educativa_octubre.pdf)

<sup>54</sup> Julian CRIBB, SARI, Tjempaka. *Open science, sharing knowledge in the global century*. Ed. CSIRO. Collingwood, 2010, cité in Omar ODERMATT, *Savoirs libres pour La diffusion des savoirs scientifiques*, FI-EPFL 2012.

<sup>55</sup> Daniel INNENARITY, *La democracia del conocimiento. Por un sociedad inteligente*, Paidós. Barcelona, 2011. 256 pp.

<sup>56</sup> Jonathan SIMON, Conférence IFE, ENS, Lyon, *Codisciplinarité dans l'enseignement des sciences : collaborer entre disciplines pour des démarches d'investigation*. 25 mars 2013 - Disponible sur <<http://ife.ens-lyon.fr/>>.

ses voisins? Comment ce voisinage influe sur son développement? Comment construire, au delà des nations, des projets supranationaux tels que l'Union Européenne ou le Mercosur en Amérique du Sud? A l'origine des nations il y a bien des limites naturelles tels que les fleuves, les mers ou les montagnes, que complètent des frontières linguistiques, culturelles, mentales qui sont le résultat d'une histoire éminemment politique. Selon Ernest Renan<sup>57</sup>, l'oubli ou l'erreur historique sont aussi des facteurs déterminants pour la création d'une nation. La nation se construit, donc, à travers un processus potentiellement erroné d'amnésie et d'exclusion, dans lequel les voisins jouent toujours un rôle fondamental. Si l'existence des voisins est si importante, ce n'est pas seulement parce qu'ils constituent une possible menace (guerres, épidémies, migrations, pollution, etc.) mais aussi par la présence même des frontières qui renforcent par des divisions structurelles les divisions initiales. Souvenons-nous, par exemple, du système ferroviaire européen au milieu du siècle dernier, et comment, en particulier, il était presque impossible de faire circuler un train entre la France et l'Espagne parce que la largeur des voies était volontairement différente. Observons aujourd'hui les autoroutes parallèles qui bordent le cours du Rhin des deux côtés de la frontière franco-allemande.<sup>58</sup> Les démarcations naturelles et historiques sont donc renforcées par des frontières structurelles qui contiennent la circulation des flux et les interactions à l'intérieur des mêmes limites.

Les disciplines, pareillement, établissent des relations complexes entre elles qui incluent des conflits de voisinage, des projets de protection ou d'expansion territoriale, de consolidation des marges, d'affirmation des structures théoriques internes, de création de normes particulières, de préservation et de propagation d'un langage intrinsèque et une propension mutuelle à l'universalité. Ces relations de type territorial s'inscrivent dans une histoire dont les frontières sont altérées en fonction des circonstances et des relations de pouvoir. Souvenons-nous, par exemple, en ce qui concerne les disciplines académiques, de la domination des lettres classiques (latin, grec, humanités) en France presque jusqu'au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, des matières qui ont fonctionné très longtemps comme instrument de sélection des élites intellectuelles et sociales. Elles ont été substituées, ensuite, par les mathématiques dont les langages ont fini par infiltrer, peu à peu, même les territoires jugés plus hermétiques des arts plastiques ou de la littérature. Une autre discipline conquérante aujourd'hui c'est l'économie, mathématisée et fluctuante, qui semble vouloir faire muter notre monde vers la nouvelle civilisation de l'*homo economicus*.<sup>59</sup> On compte, ainsi, de plus en plus d'ingénieurs, quoique formés pour le monde industriel et technologique, qui se retrouvent parachutés dans les cités boursières où ils finissent par appliquer des mouvements browniens pour l'analyse des marchés et des flux financiers. L'informatique, également, étend partout ses représentations et ses langages tandis que les neurosciences détroient la psychologie du champ de l'éducation. Si les médecins du XVII<sup>e</sup> siècle trouvaient dans la iatomécanique ou la iatromécanique des réponses à leurs interrogations sur le comportement du corps humain, ce sont aujourd'hui la biologie et la génétique qui pénètrent les anciennes forteresses impénétrables de la physique ou de la chimie.

Dans sa conférence célèbre de 1882, Ernest Renan énumérait les principaux arguments utilisés pour justifier l'existence d'une nation : langue, race, religion, communauté d'intérêts, histoire héroïque partagée, géographie, âme ou esprit.<sup>60</sup> Des critères analogues ont été mis en avant par les disciplines au cours de l'histoire pour conforter les cloisonnements et maintenir ainsi la circulation des objets, des idées, des méthodes et surtout des signes de reconnaissance à l'intérieur de chaque communauté scientifique.<sup>61</sup> Paradoxalement, la science érudite, dans sa recherche de critères de scientificité, a toujours essayé de cultiver l'idée d'une possible unité et universalité s'appuyant sur une supposée objectivité et neutralité de la connaissance scientifique. Dit d'une autre manière, si les nations, pour

---

<sup>57</sup> Ernest RENAN, *Qu'est-ce qu'une nation?* in *Qu'est-ce qu'une nation? Littérature et identité nationale de 1871 à 1914*, chapitre 2, Paris, Pierre Bordas et fils, Éditeur, 1991, pp. 12-48.

<sup>58</sup> Jonathan SIMON, *op. cit.*, 2013.

<sup>59</sup> Daniel COHEN, *Homo Economicus: Prophète égaré des temps nouveaux*, Albin Michel, 2012, 280 p.

<sup>60</sup> Ernest RENAN, *op. cit.*

<sup>61</sup> Pierre BOURDIEU, *Le champ scientifique*. In: *Actes de la recherche en sciences sociales*, Vol. 2, n°2-3, juin 1976, p. 103.

exister et être reconnues, ont toujours eu besoin de recourir à un cadre commun de références (le droit romain, par exemple ou le concept de démocratie), les disciplines, elles aussi, pour défendre leurs spécificités, ont toujours eu besoin de se référer à un concept de science supérieur. Mais en vérité aujourd'hui, si nous nous contentons de regarder d'une discipline à l'autre, la diversité des objets et des méthodes d'analyse, mais aussi les différents langages et terminologies utilisés, nous serions tenté de conclure, tout du moins sur un plan strictement descriptif, que l'unité de la science n'existe pas.<sup>62</sup> Cela découle du fait que, de même que pour les nations, et malgré les proclamations de leurs défenseurs, l'univers pur de la science la plus pure est une pure fiction, ou, comme signalait Bourdieu,

c'est un champ social comme un autre, avec ses rapports de forces et ses monopoles, ses luttes et ses stratégies, ses intérêts et ses profits, mais où tous ces invariants revêtent des formes spécifiques.<sup>63</sup>

### La tradition de l'innovation

Quoi qu'il semble toujours pertinent de prolonger cette analogie avec les nations pour comprendre ce qui est en jeu dans le clivage disciplinaire, sa dimension politique et sociale, ses conséquences ontologiques et épistémologiques, revenons à présent à l'origine même du terme discipline pour mieux en appréhender la fonction. Du point de vue étymologique, la discipline c'est justement l'enseignement, l'éducation. Ses composants lexicaux sont le verbe latin *discere* qui signifie apprendre et le suffixe *-ine* qui indique l'appartenance. Les disciplines doivent donc être abordées d'abord depuis une perspective éducative. C'est ce que semblent confirmer la plupart des dictionnaires (notamment français, portugais et espagnols) dans lesquels la discipline est définie aussi comme un ensemble de règles qui régissent le comportement d'une personne ou d'une collectivité. La discipline fait référence d'abord à l'obéissance, au respect des ordres, des règlements, comme dans le schéma de la discipline militaire. Elle exprime l'autorité, la soumission ou le respect des normes établies. En réalité, pendant très longtemps la discipline a été considérée d'abord comme un processus d'apprentissage organisé sous l'autorité d'un maître, un processus pas nécessairement violent, mais toujours contraignant, exigeant. Seulement à partir du XVIII<sup>e</sup> siècle le terme a commencé à désigner ce que l'on apprenait à travers le processus d'apprentissage, les contenus spécifiques et séparables de la connaissance tels que les mathématiques, la chimie, la biologie ou l'histoire. La discipline a donc été une règle, une méthode, un procédé avant d'être un contenu. C'est au tournant du XVI<sup>e</sup> siècle en Europe (Montaigne, Descartes, Locke, etc.), avec l'apparition du sujet cartésien, qu'a été abandonnée progressivement l'idée d'un apprentissage mécanique basé sur la mémorisation et destiné exclusivement à la répétition de la tradition au profit de la raison et du libre-arbitre, l'enseignement désormais devant être compris et accepté.<sup>64</sup>

Il est intéressant de noter, au passage, que l'innovation, mot-clé, mot-magique de notre temps, a été présente de manière constante tout au long de l'histoire de l'humanité, dans les écoles de la Grèce antique comme celle de Thalès, de Platon ou d'Aristote, à l'Université de Nankin en Chine, dans celle de Nalanda en Inde ou de Zitouna en Tunisie, à l'Académie de Gundishapur en Iran, à l'Ashikaga gakko du Japon ou à la faculté de médecine de Salerne, des institutions qui ont devancé parfois d'un millénaire l'apparition des premières universités occidentales.

En Europe comme en Amérique les innovations éducatives ont accompagné le processus de massification initié avec l'urbanisation moderne et la sécularisation, le progrès et la diversification des techniques et des métiers et la généralisation de l'utilisation des langues nationales. Elles ont été introduites depuis la sphère d'influence religieuse elle-même, comme par exemple dans le *Petit Catéchisme* de Luther, la *Ratio Studiorum* de Ignacio de Loyola, les œuvres de Jean-Baptiste Lasalle ou de Comenius au XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, puis se sont étendues à l'ensemble du monde éducatif avec

---

<sup>62</sup> Stéphanie RUPHY, *Pluralismes scientifiques - Enjeux épistémiques et métaphysiques*. Hermann, 2013, p. 18.

<sup>63</sup> Pierre BOURDIEU, *op. cit.*, p.89

<sup>64</sup> Yves MICHAUD, *Interdisciplinarité et collaboration pédagogique*, Conférence, 23 janvier 2010, Canal-U. Disponible sur [http://www.canal-u.tv/video/universite\\_de\\_tous\\_les\\_savoirs\\_au\\_lycee/interdisciplinarite\\_et\\_collaboration\\_pedagogique.5518](http://www.canal-u.tv/video/universite_de_tous_les_savoirs_au_lycee/interdisciplinarite_et_collaboration_pedagogique.5518)

les Lumières puis les révolutions industrielles et sociales des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècle, à travers l'application des pensées de Rousseau, Pestalozzi, Natorp, Kerschensteiner, Owen, Montessori, Freinet, Sarmiento, Cousinet, Steiner-Waldorf, Tyler, Varela, Piaget, Vigotski et Freire, pour ne citer que quelques uns des grands noms emblématiques de l'histoire de l'éducation.

Cette histoire passe nécessairement, d'abord, par la construction des disciplines qui ont encadré les processus de massification (établissements des programmes, constitution et recrutement des enseignants, éditions des manuels disciplinaires) et ont permis finalement la structuration, la transmission puis l'évaluation des connaissances acquises. C'est ainsi qu'ont été créés et se sont développés les systèmes publics d'éducation, les corps de spécialistes affectés à la régulation et à la transmission des savoirs (professeurs, inspecteurs, directeurs d'établissements scolaires et universitaires), les curriculums, les programmes disciplinaires et générationnels ainsi que les dispositifs d'évaluation collectifs (baccalauréat, licence, doctorat, etc.) garantissant une certaine démocratisation de l'accès aux connaissances. Le modèle disciplinaire a favorisé également la mise au point de systèmes de mesure comparatifs permettant d'évaluer individuellement ou collectivement l'acquisition des savoirs (tests de QI d'Alfred Binet ou enquêtes PISA aujourd'hui)<sup>65</sup>. Bien des notions ou des approches pédagogiques à la mode actuellement, et que l'on a tendance à classer dans la catégorie des innovations, telles que, la pédagogie par projet, le travail en autonomie, l'approche par compétences, l'apprentissage par l'action (*Hands-on learning*) ou la pédagogie coopérative ou participative, ont été pensées et mises en pratique il y a de nombreuses années (Natorp, Kerschensteiner, Dewey, Montessori, Freinet, etc.).

S'il existe bien une tradition de l'innovation pédagogique comme nous venons de le voir, cette innovation n'avait jamais été incompatible jusqu'à présent avec le système disciplinaire. On peut dire, au contraire, que celui-ci a été l'un des moteurs de l'innovation dans le passé.

Ce qui semble avoir véritablement changé aujourd'hui c'est davantage le contexte que les intentions des pédagogues à proprement parler, c'est à dire les impasses théoriques dans lesquelles se trouvent aujourd'hui l'épistémologie classique ainsi que les nouveaux enjeux sociétaux qui rendent nécessaires la prise en compte effective de l'interculturalité et la recherche de cadres conceptuels et méthodologiques interdisciplinaires. Il s'agit notamment des contraintes économiques liées à la mondialisation et à son corrélat, l'économie de la connaissance<sup>66</sup>; des nouvelles exigences démocratiques que cette dernière engendre<sup>67</sup>; de la demande urgente de reconnaissance de la pluralité épistémologique du monde<sup>68</sup>; de la liquéfaction des structures sociales dans le cadre d'une modernité liquide et d'une société en réseaux<sup>69</sup>; de la question de la vulnérabilité environnementale<sup>70</sup>, de l'accélération technique et de la gestion complexe du futur<sup>71</sup>; des pressions sociales et psychologiques<sup>72</sup>; ou des préoccupations éthiques et finalement des difficultés que l'on trouve à appréhender avec les modèles antérieurs les sciences émergentes.

---

<sup>65</sup> Yves MICHAUD, *op. cit.*

<sup>66</sup> En Amérique Latine, les critiques du concept de "société de la connaissance" ou "capitalisme cognitif" sont très nombreuses. L'historien colombien Renan Vega Cantor, par exemple dénonce la supercherie commerciale qui se cache, selon lui, derrière le concept. Renan VEGA CANTOR, *La "sociedad del conocimiento": una falacia comercial del capitalismo contemporáneo*, Revista Herramienta, N°35, Argentina, Junio 2007. En France des auteurs comme Angélique del Rey, mettent en cause une injonction pédagogique axée sur les compétences qui tend subordonner l'éducation à des paramètres économiques utilitaristes. Angélique Del Rey, *op. cit.*

<sup>67</sup> Daniel INNERARITY, *op. cit.*

<sup>68</sup> Santiago CASTRO-GÓMEZ, Ramón GROSGOUEL, *El giro decolonial - Reflexiones para una diversidad epistémica más allá del capitalismo global*, Siglo del Hombre Editores, 2007, 307 p - Boaventura de SOUSA SANTOS, *Epistemologias do sul*. com Maria Paula (Orgs.) Coimbra: Edições Almedina, 2009.

<sup>69</sup> Manuel CASTELLS, *La Sociedad Red*. Alianza Editorial, 2006, 560 pp. - Zygmunt BAUMAN, *op. cit.* 1999 - *Le présent liquide : peurs sociales et obsession sécuritaire*, Paris, Seuil, 2007, 144 p.

<sup>70</sup> Enrique LEFF ZIMMERMAN, *op. cit.* - Héctor Ricardo LÉIS, *op. cit.*

<sup>71</sup> Daniel INNERARITY, *Le futur et ses ennemis – De la confiscation de l'avenir à l'espérance politique*, Paris, Climats, 2008 - Hartmut ROSA, *op. cit.*

<sup>72</sup> Yves CITTON, *op. cit.*

## De la rupture de la continuité disciplinaire à l'interdisciplinarité

Bien des débats autour de l'interdisciplinarité s'arrêtent aux frontières des disciplines et à l'évocation des multiples difficultés qu'il y a essayer de les franchir. On essaie le plus souvent de définir l'interdisciplinarité en créant de nouvelles classifications (pluridisciplinarité, transdisciplinarité, multidisciplinarité, etc.) qui permettent de décrire certaines pratiques scientifiques et pédagogiques mais qui ne proposent pas une véritable évolution épistémologique.

L'un des présupposés qui explique l'échec de nombreux projets interdisciplinaires, c'est peut-être cette idée qu'une compréhension mutuelle entre deux disciplines est toujours possible et qu'il suffirait de créer des langages communs pour trouver des formes nouvelles d'intercompréhension. Cependant la combinaison de connaissances et de méthodes propres aux différentes disciplines n'est plus suffisante dans certaines situations pour embrasser l'étendue d'un phénomène ou les propriétés d'un objet. Très souvent il n'y a pas de transparence, ni même d'interrelation possible mais seulement des itérations, des incompatibilités ou des incompréhensions. Dans ces cas particuliers il devient nécessaire de penser une interdisciplinarité qui se nourrisse également de cette absence de continuité disciplinaire, en s'appuyant, non seulement sur des archipels de certitude, mais aussi sur des "non savoirs" concernant les objets envisagés, ce qu'Armand Hatchuel définit comme "The State of the Non-Art".<sup>73</sup>

C'est pourquoi il est nécessaire de penser une interdisciplinarité qui soit autre chose qu'une simple conjonction de disciplines. L'accumulation ou l'agrégation ne suffit plus, en effet, pour appréhender des problèmes et construire des connaissances nouvelles quand il s'agit de traiter les nouveaux objets de la science, qu'on peut appeler, également, des objets intégratifs:

Pour comprendre ces objets, nous devons supposer une dérive des disciplines. Nous entendons par là qu'elles ne sont plus au centre, et qu'il ne s'agit plus, pour créer ces objets scientifiques, de passer des frontières disciplinaires, comme pour les objets complexes. Aucun ingrédient de la science n'est au centre, ni les théories, ni les disciplines, ces dernières ne s'appliquant pas directement aux objets. Les objets sont en un lieu commun des sciences, qui est aussi un « lieu d'interdiscipline », où se confondent les traits minimaux scientifiques et humains pour la constitution des objets intégratifs. Il se passe quelque chose qui n'est plus seulement de l'ordre de la logique disciplinaire et qui est pourtant scientifique. Autour de l'objet intégratif peut être construite une pensée de l'interdisciplinarité qui ne dépende pas de la combinaison des connaissances et des méthodes, même si elle en accepte les acquis.<sup>74</sup>

Dans notre monde actuel, accéléré, incertain et *polynodal*, l'éducation, à présent, devrait s'intéresser en priorité aux relations entre connu et inconnu, aux lieux, aux temporalités et aux connexions inédites, aux intentions et aux résistances.

Innover dans l'univers des sciences, des techniques et de l'éducation, c'est concevoir des dispositifs de recherche et de formation à la fois inscrits dans les cadres culturels et disciplinaires et indépendants des cultures et des disciplines. C'est peut-être l'unique manière de dépasser les blocages actuels. De même que l'innovation constitue une alternative à la rhétorique du progrès, *l'interdiscipline* et *l'interculture* peuvent combler les territoires abandonnés par les disciplines et les cultures instituées. De fait, en ce qui concerne les sciences émergentes d'aujourd'hui, nées à partir d'une base interdisciplinaire (biologie de synthèse, biologies prédictives, nanotechnologies, etc.) les flux de connaissances qui se produisent entre la modélisation mathématique, l'informatique et les sciences expérimentales n'obéissent plus au modèle d'une science qui puisse être assistée par une ingénierie mathématique ou informatique mais à un ensemble de fragments hétérogènes de sciences entre lesquelles se forment des flux de connaissance.<sup>75</sup>

---

<sup>73</sup> Anne-Françoise SCHMID, Muriel MAMBRINI DOUDET, Armand HATCHUEL, *Une nouvelle logique de l'interdisciplinarité, Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales*, vol.7, n° 1, 2011, p.124.

<sup>74</sup> *Ibid.*

<sup>75</sup> Anne-Françoise SCHMID, Conférence (PREFALC) "Filosofía y epistemología interdisciplinaria », Universidad Autónoma de Puebla, Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Mexique, 21 novembre 2012.

Dans ce nouveau type de configuration on peut admettre par conséquent des fragments de logique disciplinaire et de logique générique pour essayer de trouver ce que la philosophe et épistémologue Anne-Françoise Schmid appelle des règles d'hyper-compatibilité, c'est à dire à dire des dispositifs qui permettent de prendre en compte conjointement des modèles même contradictoires. Les données ne sont plus interprétées ainsi par le seul filtre disciplinaire. Il ne s'agit plus seulement de combiner la multiplicité des points de vues disciplinaires mais d'opérer une véritable immersion ou percolation des disciplines. Cette méthodologie qui mérite d'être explorée et définie, en même temps au niveau théorique et pratique, tout en incorporant en plus des savoirs érudits, des savoirs populaires et des non-savoirs, peut nous aider aussi à concevoir une nouvelle forme d'interculturalité, capable d'aborder les réalités apparemment incompatibles de notre monde pluriel et mouvementé.

## **CONCLUSION**

### ***Quelques pistes pour la formation des ingénieurs***

Ce texte n'est pas tout à fait la synthèse ni la reconstruction des cours dispensés au Mexique et au Brésil dans le cadre du dispositif régional de coopération universitaire en réseau (PREFALC) qui a permis de financer des rencontres pédagogiques et réflexives autour de l'innovation pédagogique et la gestion de la connaissance. Ces cours ont eu lieu, en action et en situation, face à un public accueillant et réceptif et à des collègues français, mexicains et brésiliens qui ont aidé l'auteur à reformuler et à développer, au fur et à mesure des rencontres et des échanges, les contenus initiaux. On pourrait dire, en parodiant quelque peu Jorge Luis Borges, qu'il s'agit aussi d'un mélange de souvenirs et d'oublis de lectures diverses et de conversations éparées. Le fil conducteur a toujours été néanmoins, le désir de faire dialoguer entre elles les perspectives croisées des penseurs issus des deux rives opposées de l'Atlantique.

Dans le monde actuel, il semble que nous ayons plus que jamais besoin d'une éducation qui nous aide à percer les mirages de notre modernité tardive. Il nous faut apprendre à donner du temps au temps, à regarder devant sans oublier ce que nous laissons derrière-nous et à reconnaître le conditionnement de nos réflexions sans renoncer à notre esprit critique. Il nous faut savoir distinguer et sélectionner les données et les informations pertinentes, sans oublier de prendre en compte les circonstances qui nous entourent et les altérités qui nous interpellent. Il nous faut reconnaître le volume de notre ignorance, mais aussi le poids de nos responsabilités et les risques auxquels nous devons faire face. Nous avons besoin, en somme, d'une éducation polyvalente qui nous oriente et qui assume justement sa mission de médiatrice dans la société.

Former nos étudiants pour travailler comme des ingénieurs, c'est aussi, par conséquent, les former comme concitoyens<sup>76</sup>, acteurs et médiateurs à leur tour, leur apprendre finalement à ouvrir des chemins et créer des ponts aussi bien au sens littéral que figuré. Les débats pédagogiques souvent empêtrés aujourd'hui dans des luttes entre partisans de l'éducation ou de l'instruction<sup>77</sup>, des connaissances ou des compétences<sup>78</sup>, semblent couvrir des différences davantage idéologiques que conceptuelles qui nous rappellent d'autres débats peu féconds de l'histoire de l'éducation.

En réalité notre monde évolutif et changeant génère toujours un temps ou une distance difficile de réduire entre la transformation des contextes et notre capacité à nous adapter à eux, entre les défis scientifiques et techniques et nos aptitudes humaines, cognitives, émotionnelles et sociales.

---

<sup>76</sup> Nicole HULIN, *Culture scientifique et humanisme : un siècle et demi d'engagement sur le rôle et la place des sciences*, L'Harmattan, 2011, 200 p.

<sup>77</sup> André PERRIN, *Éducation et instruction*, L'enseignement philosophique, 44<sup>ème</sup> année, N°4, mars-avril 1994. Martine FOURNIER, « École : l'instruction contre l'éducation », Sciences Humaines, n° 178, janvier 2007..

<sup>78</sup> Marcel CRAHAY, *Dangers, incertitudes et incomplétude de la logique de la connaissance en éducation*, Revue française de pédagogie, n° 154, janvier-février-mars 2006. Dossier : *L'approche par compétences: une mystification pédagogique - L'école démocratique*, n°39, septembre 2009. [http://www.skolo.org/IMG/pdf/APC\\_Mystification.pdf](http://www.skolo.org/IMG/pdf/APC_Mystification.pdf)

Henry Le Chatelier, professeur à l'Ecole des Mines de Paris, constatait en 1912 que l'esprit des hommes n'avait pas vraiment changé depuis des milliers d'années puisque la locomotive n'était pas devenue un organe du cerveau. Il estimait, par conséquent, que les futurs ingénieurs devaient apprendre, avant tout, à observer et à raisonner, ainsi que l'avaient fait en leur temps Aristote et Euclide, c'est à dire, apprendre à appliquer leur intelligence aux nouveaux objets<sup>79</sup>.

Méfions-nous donc des recettes toutes prêtes et des raccourcis hasardeux. Préférons les détours à l'ivresse de la vitesse. N'oublions pas que la parole, comme le disait Montaigne, appartient aussi bien à celui qui parle qu'à celui qui écoute. Puisque, comme nous l'avons vu, enseigner ce n'est pas seulement transférer du savoir, mais créer les possibilités de sa production ou de sa construction, imaginons sans cesse de nouvelles rencontres possibles (même impossibles en apparence). Les futurs ingénieurs ne pourront acquérir de nouvelles connaissances ou compétences valables, qu'en les construisant eux-mêmes, en interaction, au moyen de processus intentionnels, interdisciplinaires et intersubjectifs, où les enseignants et les apprenants pourront partager démocratiquement leurs capacités et leurs savoirs, en profitant des mille et une connexions réelles et virtuelles qu'offre le monde à travers ses pluralités diverses et complémentaires.

---

<sup>79</sup> Henry LE CHATELIER, *Les Humanités et les ingénieurs*, Paris, Fayard, 1912, p. 13.