

Pourquoi former les ingénieurs à l'innovation ?

L'idée de former des ingénieurs à l'innovation peut constituer une évidence, au même titre que de former les médecins à la médecine ou les enseignants à l'enseignement. En effet, le mot « ingénieur » s'est forgé sur l'idée de nouveauté, de production de quelque chose qui n'existe pas à l'état naturel et que l'esprit humain invente grâce à son intelligence créatrice (*ingenium*). L'ingénieur est celui qui conçoit, et parfois produit, des artefacts inédits. C'est ce que font nos ingénieurs d'aujourd'hui, qu'il s'agisse de produits concrets, de machines ou de systèmes abstraits, de modèles, d'outils, ou encore de modes d'organisation, de méthodes, de processus, de normes ou de formes de représentation des usages. L'innovation, telle que comprise dans nos sociétés, recouvre bien cette idée de production de nouveautés : nous sommes donc dans le cœur du métier d'ingénieur.

Pourtant, le lien entre ingénieur et innovation ne va pas totalement de soi désormais, comme l'illustrent les injonctions multiples adressées aux institutions d'enseignement pour mieux former les ingénieurs à l'innovation, de même que les efforts manifestés par ces mêmes institutions pour développer des dispositifs de formation dédiés à cet objectif. Il y aurait donc un décalage entre les nouvelles compétences attendues des ingénieurs en termes d'innovation et les savoirs et savoir-faire que transmettent les écoles à leurs diplômés, qui pourtant leur permettaient jusque-là de répondre aux attentes venues de la société. D'où peut venir ce décalage ?

En premier lieu, la volonté nouvelle de former les ingénieurs à l'innovation peut apparaître comme une conséquence de l'évolution récente du métier, sous les effets de la révolution numérique et de la mondialisation économique. La période de

taylorisation des activités industrielles et les progrès rapides de la technique ont conduit, au cours du XX^e siècle, à une standardisation des tâches et à une spécialisation des ingénieurs dans leurs domaines d'expertise. Aujourd'hui, dans la mesure où beaucoup des tâches techniques d'ingénierie (calculs, modélisation, dessin, fabrication de prototypes, essais, etc.) sont largement automatisées, et dans la mesure où la logique de marché conduit à se centrer sur les besoins du client tout en intégrant les contraintes externes (sociales, juridiques, environnementales, etc.), le travail des ingénieurs s'est considérablement ouvert et diversifié. On attend ainsi des ingénieurs une capacité à réagir rapidement aux besoins des marchés en proposant de nouveaux artefacts (concrets ou abstraits), qui sont le plus souvent liés aux nouvelles conditions de vie et de travail générées par les avancées mêmes de la technique, rebaptisée sous le vocable plus prestigieux et moderniste de « technologie ».

En second lieu et plus profondément, l'injonction nouvelle à l'innovation, depuis quelques décennies, semble reléguer les finalités historiques de la figure de l'ingénieur – liée depuis son apparition à la Renaissance en Europe à l'idée de progrès (voir le chapitre 1) – qui ont inspiré les premières institutions de formation. Le progrès, mot symptomatiquement tombé en désuétude, recouvre des finalités embrassant la société dans son ensemble, en ce qui concerne l'affranchissement des contraintes naturelles pesant sur la vie humaine et la volonté de créer une société meilleure sur les fondements de la raison. Par rapport à l'idée de progrès, l'idée d'innovation raccourcit le temps et l'espace, et tend à circonscrire l'activité des ingénieurs à la production immédiate de biens ou de services proposables sur un marché donné, qu'il s'agisse de biens de consommation, de services en ingénierie ou encore de produits de la recherche. Il ne suffit plus aux jeunes diplômés de contribuer, par leur travail dans l'entreprise, à la recherche de conditions de vie meilleures ou d'avantages techniques à destination de collectifs, de nations ou de l'humanité. Il leur faut aussi savoir transformer les avancées de la technique en dispositifs socio-économiques destinés à présenter au marché des produits technologiques rentables, en créant des entreprises ou des activités nouvelles au sein de diverses structures. Cette évolution modifie en profondeur les attentes pesant sur les systèmes de formation, qui sont d'autant plus contraints de s'adapter à ces nouvelles conditions que la même logique de marché et d'injonction à l'innovation s'impose également au système de l'enseignement supérieur en tant que tel.

Que recouvre exactement l'idée d'innovation ? Désignant tout à la fois une démarche intellectuelle, une posture sociale, un type d'activité ou un résultat de l'activité, résonnant comme un slogan et parfois une sommation, véhiculant des principes idéologiques ou des paradigmes scientifiques différents, cette notion est éminemment polysémique. Comme injonction sociale et économique, elle est connotée de manière positive : dans le sens commun, innover est toujours une bonne

chose, qui permet de créer de l'emploi, de relancer l'industrie, de répondre à des besoins sociaux nouveaux, de s'épanouir, d'émanciper l'humanité, etc. Malgré l'étonnante dispersion sémantique de la notion, c'est cette valeur que mettent en avant les politiques, les grandes institutions, les discours des acteurs économiques et sociaux (dont ceux de l'enseignement supérieur et de la recherche), lorsqu'ils relayent l'injonction à l'innovation. Comment cette injonction résonne-t-elle dans les systèmes de formation des ingénieurs, qui par leur métier sont en première ligne pour y répondre ?

C'est à cette question qu'a été consacré le projet de recherche *Innov'Ing 2020. Les ingénieurs et l'innovation : nouveaux métiers, nouvelles formations*, financé par l'Agence nationale de la recherche (ANR), agence publique française. Son objectif était, sur la base d'un consortium international rassemblant des chercheurs de différents pays d'Europe (France, Allemagne, Grande-Bretagne, Hongrie) et de pays dits émergents (Algérie, Maroc, Vietnam, Mongolie), d'étudier les évolutions contemporaines des formations d'ingénieurs, au regard des attentes nouvelles concernant l'innovation. Les enquêtes menées en 2015 et 2016 ont porté sur les systèmes de formation dans les différents pays, sur les attentes exprimées par les entreprises, et sur les pratiques pédagogiques dédiées à l'innovation au sein des établissements de formation d'ingénieurs (écoles ou universités). Le présent ouvrage, rassemblant les contributions de chercheurs ayant participé aux enquêtes ou à la conférence finale du projet, présente les résultats de ces recherches, remis en perspective et prolongés par des réflexions sur les formations. Il a pour ambition de relier la description des attentes sociétales et des systèmes éducatifs aux solutions pédagogiques concrètes mises en œuvre, ou rendues possibles, au sein des universités ou des écoles d'ingénieurs. L'organisation en trois parties montre cette progression, depuis les conceptions de l'innovation et les besoins qui s'expriment, vers les relations entre les nouvelles compétences attendues et les systèmes de formation, jusqu'aux pratiques pédagogiques concrètes pour y répondre, réalisées ou projetées.

Le but de cet ouvrage n'est pas d'offrir une définition monolithique de l'innovation et une méthode pédagogique optimale destinée à y correspondre. Il rend compte de la diversité des conceptions de l'innovation qui se font concurrence aujourd'hui dans les rapports entre les dimensions techniques et sociales de l'activité d'ingénierie comme de l'activité de formation. Les différents chapitres offrent des approches variées, liées en partie aux disciplines académiques dont proviennent leurs auteurs (sociologie, sciences de l'éducation, sciences de gestion, sciences de l'ingénieur). L'innovation y est vue tour à tour comme un état d'esprit, un ensemble de procédés, des résultats de l'activité de conception, une finalité pour l'action. Entre les chapitres apparaissent des divergences dans les postures intellectuelles, entre par exemple le fait de prendre l'injonction à l'innovation pour argent comptant et de

chercher les moyens d'y préparer les étudiants, ou le fait de déconstruire l'injonction pour comprendre ce que cache cette idée. Apparaissent également des différences de méthodes et de champs théoriques, entre par exemple l'approche gestionnaire se centrant sur les conditions de l'entrepreneuriat, ou l'approche sociologique se centrant sur le courant de l'innovation et les finalités sociales.

Pour autant, conformément aux résultats des recherches conduites dans le projet, les différents chapitres convergent pour proposer une conception plutôt large de l'innovation, qui se traduit par des objectifs de formation autour du décloisonnement et de l'approche dite complexe, rompant avec la séparation disciplinaire et l'approche cartésienne des problèmes (c'est-à-dire découper une question difficile en autant de questions simples, solubles séparément).

Une même intention traverse en effet les différentes contributions à l'ouvrage, qui est de tendre vers une formation à l'innovation qui soit englobante ou holistique, rassemblant les dimensions techniques, économiques, sociales, environnementales, éthiques et juridiques des problèmes. Certains auteurs, enseignants-chercheurs en sciences humaines et sociales dans des écoles d'ingénieurs, s'attachent plus précisément à montrer la place particulière que doivent ou peuvent prendre leurs disciplines dans les dispositifs de formation des ingénieurs à l'innovation, en lien avec les disciplines techniques.

Le [chapitre 1](#), écrit par Emmanuel Cardona Gil, Linda Gardelle et Brad Tabas (CRF – ENSTA Bretagne), est consacré à une réflexion sur le passage de l'idée de progrès à celle d'innovation, et sur son expression dans les formations d'ingénieurs. Il permet, à l'appui d'analyses historiques et sociologiques, de penser la question de l'innovation de manière située et contextualisée, offrant ainsi un cadre conceptuel pour concevoir les pratiques de formation.

Le [chapitre 2](#), écrit par Frédéric Huet, Hugues Choplin, Isabelle Cailleau et Pierre Steiner (COSTECH Sorbonne Universités et UTC), offre une approche originale pour penser la formation des ingénieurs à l'innovation autour de la perception de l'évènement. Cette approche permet de comprendre différemment le besoin de mobiliser l'idée d'innovation pour caractériser les activités des ingénieurs, ainsi que les besoins en formation.

Le [chapitre 3](#), écrit par Christiane Gillet et Klara Kövesi (CRF – ENSTA Bretagne), offre une synthèse des conceptions de l'innovation du point de vue des activités économiques et de la création d'entreprises. Il caractérise les attentes exprimées par le monde des entreprises à l'égard des institutions de formation des ingénieurs, présentant ainsi un cadre pour penser les objectifs pédagogiques.

Le [chapitre 4](#), écrit par Klara Kövesi (CRF – ENSTA Bretagne) et Peter Csizmadia (Institute of sociology, Hungarian Academy of Sciences), entre concrètement dans la description des compétences attendues de la part des ingénieurs par les entreprises, en termes d'innovation. Il présente, dans le contexte de la Hongrie, une analyse des formes d'innovation observables dans les entreprises locales et les met en rapport avec les compétences attendues des ingénieurs diplômés.

Fondé sur un travail de recherche concernant les rapports entre les conceptions de l'innovation et les pratiques éducatives dans les écoles françaises, le [chapitre 5](#), écrit par Tiphaine Liu (STEF, ENS Paris-Saclay), met en lumière des approches contrastées de la formation des innovateurs. Il relie les pratiques d'innovation à la construction d'identités socioprofessionnelles caractéristiques de différentes postures d'innovateurs.

Le [chapitre 6](#), écrit par Julie Nolland (CTI) et Anne-Marie Jolly (CTI, Polytech Orléans), présente une étude menée par l'Agence française d'accréditation, la Commission des titres d'ingénieur, sur le thème de l'innovation et l'entrepreneuriat. Il expose la conception de l'innovation défendue par la CTI, avant d'analyser la manière dont les écoles s'approprient le thème et mettent en œuvre les recommandations de l'agence.

En interrogeant le rapport entre les compétences formées en école et les compétences au travail en Hongrie, le [chapitre 7](#), écrit par Peter Csizmadia (Institute for sociology, Hungarian Academy of Sciences) et Zsuzsanna Veroszta (Hungarian Demographic Research Institute), n'aborde que de biais la question de l'innovation, mais permet de contextualiser la question de la formation à l'innovation dans le rapport entre formation et attentes du monde du travail, en ce qui concerne l'ingénierie.

Le [chapitre 8](#), écrit par Claudius Terkowsky, Tobias Haertel et Dominik May (TU Dortmund), offre un exemple concret de dispositif de formation à l'innovation au sein d'une université allemande. Il met en avant, à l'appui d'enquêtes et d'une analyse de l'existant, la manière dont les étudiants peuvent acquérir les compétences nécessaires à l'innovation à travers des dispositifs dédiés.

Le [chapitre 9](#), écrit par Robin Clark et Jane Andrews (Aston STEM Education Centre, Aston University), présente un dispositif développé dans une université britannique pour former les ingénieurs à l'innovation. Sur la base d'une enquête réalisée auprès des étudiants, il confronte les objectifs de formation que se donne l'institution aux représentations que développent les étudiants.

Le **chapitre 10**, écrit par Denis Lemaître et Christophe Morace (CRF – ENSTA Bretagne) présente les résultats d'une enquête sur les modalités de formation à l'innovation dans les écoles d'ingénieurs françaises. Il montre la complémentarité des différentes approches observées, entre formation au développement des applications techniques et formation à l'analyse des besoins sociétaux.

Le **chapitre 11**, écrit par Catherine Adam (CRF – ENSTA Bretagne) et Serge Coco (CREAD – UBO) présente une démarche de recherche-action consacrée à la formation à l'innovation au sein d'une école d'ingénieurs en France. Partant de deux dispositifs existants et à l'appui d'une grille de lecture des compétences, il offre un cadre pour concevoir des dispositifs dédiés à l'innovation selon une approche holistique des problèmes.

La **conclusion** de cet ouvrage est apportée par André Grelon (EHESS). Elle permet de remettre en perspective la question de l'innovation au cœur des formations d'ingénieurs, au regard de l'histoire et des développements qui se profilent pour demain.