

COMPRENDRE L'INNOVATION DANS L'INDUSTRIE POUR PENSER LA FORMATION EN ÉCOLE D'INGÉNIEUR

UNDERSTANDING INNOVATION IN INDUSTRY TO THINK ABOUT ENGINEERING SCHOOL TRAINING

Damien COADOUR

Christiane GILLET

FoAP (CNAM, Institut Agro, ENSTA - Institut Polytechnique de Paris), ENSTA - Institut Polytechnique de Paris, France

RÉSUMÉ

Concevoir un programme de formation dédié à l'innovation fait débat dans les écoles d'ingénieurs. Notre objectif ici est de comprendre les représentations qu'ont 22 acteurs de l'innovation de leur activité afin de pouvoir modéliser différents archétypes d'innovateur. Dans ce but, nous les avons interrogés sur leurs activités d'innovation, puis nous avons analysé leurs récits en deux étapes : *via* le logiciel Iramuteq premièrement, et de manière manuelle ensuite. Nous avons ainsi identifié trois archétypes d'acteurs de l'innovation qui montrent qu'il n'y a pas qu'une seule voie pour devenir porteur d'un projet innovant. À la suite de cela, nous proposons un programme de formation à l'innovation à deux niveaux.

Mots-clés : entrepreneuriat, expertise, formation à l'innovation, industrie maritime, pluridisciplinarité.

ABSTRACT

Designing a training program dedicated to innovation in engineering schools raises challenging questions. Our objective here is to understand the representations that 22 innovators have of their activity in order to be able to model different archetypical categories of innovator. We conducted individual interviews to study their discourse, then we analyzed them in two stages, firstly, using Iramuteq software, and secondly, manually. We thus have identified three archetypical forms of innovative actors which show that there is more than one path to becoming the leader of an innovative project. Based on this, we suggest a two-level innovation training program.

Keywords: entrepreneurship, expertise, innovation training program, maritime industry, multidisciplinary.

INTRODUCTION

La question de la formation à l'innovation est un sujet qui continue de susciter des débats au sein des établissements de formation, notamment les écoles d'ingénieurs. En effet, lorsqu'il s'agit de discuter du parcours d'apprentissage pour atteindre cet objectif de formation à l'innovation, certaines réunions sur le sujet donnent lieu à de vifs échanges entre les différents responsables de cursus pédagogiques. C'est exactement ce qu'il s'est passé lors d'une réunion sur l'évolution du programme de formation dans un comité pédagogique de l'ENSTA Bretagne, école d'ingénieur qui recrute sur concours après les classes préparatoires et qui est spécialisée dans les domaines de la défense et des transports.

Deux enseignants présentaient chacun leur point de vue sur les contenus et finalités de formation qui permettent selon eux de former à l'innovation. Un premier enseignant argumentait en faveur d'un besoin de formation basé sur l'expertise pointue dans un domaine très précis : à ses yeux, le doctorat en était le vecteur privilégié. Voici ce qu'il disait : « Ils (les étudiants) doivent faire une thèse, car c'est le seul moyen de travailler dans les échelles de Technology Readiness Level (TRL)¹ de premiers niveaux, c'est de là que vient l'innovation ». Cet enseignant se situe dans la même perspective que rapportent Angelier et Courouble (2018) dans leur ouvrage *Ces innovateurs créateurs de croissance – Quand doctorat se conjugue avec entrepreneuriat*. Selon ces autrices, l'innovation procède avant tout des résultats de la recherche (Badillo, 2013).

Dans cette même réunion, une autre collègue défendait un point de vue différent : à ses yeux, former à l'innovation, exige une vision beaucoup plus large, caractérisée par une approche pluridisciplinaire qui amène l'étudiant à maîtriser les différentes fonctions transverses de l'entreprise. L'innovation est ainsi vue comme un projet qu'il faut gérer, piloter, en réussissant à coordonner plusieurs métiers et plusieurs expertises, bref à opérer ce travail de cadrage de l'activité et de coordination des parties prenantes dépeint par Mathieu-Fritz et Esterle (2013). Ce débat entre ces deux enseignants incarne les difficultés de la formation à l'innovation, car il questionne les savoirs, les compétences et autres ressources dont le porteur de projet a besoin pour relever le défi de l'innovation.

Pour mettre en relief les points de vue que défendent ces deux enseignants, le parti pris de ce travail de recherche a été d'aller à la rencontre de porteurs de projet réputés innovants, soit parce qu'ils sont reconnus comme tels par les structures ou instituts en lien avec l'innovation (pôles de compétitivité, *business angels*, technopoles²), ou soit parce qu'ils se déclarent eux-mêmes innovants. Nous avons donc sélectionné un panel de porteurs de projet opérant dans le monde maritime en pointe bretonne. Ces acteurs sont pour beaucoup, mais pas exclusivement, des anciens élèves issus de l'école d'ingénieur spécialisée dans le génie maritime (la liste des interviewés figure dans le tableau 1).

¹ Les TRL forment une échelle d'évaluation du degré de maturité atteint par une technologie. Cette échelle a été imaginée par la Nasa en vue de gérer le risque technologique de ses programmes (source : https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/politique-et-enjeux/innovation/tc2015/technologies-cles-2015-annexes.pdf).

² Zone d'activités créée par une collectivité territoriale en vue d'attirer des entreprises de haute technologie et/ou des laboratoires scientifiques, de façon à engendrer des effets d'agglomération, c'est-à-dire des échanges informels ou formels entre activités, ou entre chercheurs et techniciens, suscitant ainsi de l'innovation et de la croissance économique (source : <https://www.alternatives-economiques.fr/dictionnaire/definition/98030>).

Notre recherche a pour finalité de nourrir les questionnements pédagogiques à partir d'entretiens avec des porteurs de projets innovants dans le secteur maritime breton. À partir de l'analyse de ces discours, nous proposons une construction des typologies de compétences et des modes d'expertise exprimés pour le développement de l'innovation. Ces modes d'expertise sont modélisés sous la forme d'archétypes d'acteurs de l'innovation afin de proposer des pistes pour former de futurs ingénieurs à l'innovation de projets. Auparavant, nous exposons le cadre théorique retenu qui se situe à l'articulation entre l'étude des curricula et des dynamiques professionnelles d'innovation.

INVENTION, INNOVATION ET ENTREPRENEURIAT

Des concepts comme créativité, invention sont souvent assimilés à celui d'innovation, car ils sont associés à la nouveauté. Mais comme le précise Mercier-Laurent, « une invention a peu de valeur économique si elle n'est pas transformée en innovation s'adressant à un marché » (2011, p.48). Innover dans le monde industriel exige une double prise de risques : cela demande de commercialiser une invention, ou de faire adopter de nouveaux *process* de travail (Alter, 1993, 2002).

Le terme d'innovation est polysémique (Godin, 2014). Et nombreux sont les ingénieurs et cadres interrogés pour ce travail de recherche qui ne se sentent pas du tout concernés par l'activité d'innovation, alors même qu'ils répondent de manière singulière et originale aux besoins des clients. Se démarquer, pour eux, n'est pas forcément perçu comme le fait d'innover. Le lexème de l'innovation vient ainsi recouvrir des pratiques depuis longtemps réalisées au sein des entreprises, mais qui ne sont pas ainsi catégorisées par celles et ceux qui les réalisent.

Cette réalité du terrain nous oblige à une clarification catégorielle. Ainsi, nous choisissons de nous intéresser à ces formes d'innovation qui ont partie liée avec les démarches entrepreneuriales (ou intrapreneuriales). Les innovateurs qui nous intéressent sont ceux qui empruntent les traits de l'entrepreneur tel que Zalio (2004) le définit, à savoir cet acteur qui, inscrit dans « un milieu social spécifique », est toutefois capable de recomposer, bricoler et utiliser « les multiples éléments que sa vie sociale met à sa disposition pour envisager singulièrement les choses actuellement disponibles et imaginer des choses nouvelles » (p. 28-29). Cela dit, nous ne confondons pas le travail d'innovation et le travail entrepreneurial et souscrivons ainsi à la distinction proposée par Noailles (2011, p. 17), selon laquelle innover revient à créer l'opportunité, quand entreprendre revient à s'en saisir à des fins économiques.

Ces distinctions étant faites, nous avons fait le choix de nommer ces acteurs de l'innovation des « porteurs de projet ». Nous ne les considérons jamais isolés, mais en lien avec une organisation ou un collectif plus ou moins visible et marqué (Gaglio, 2021). Ces acteurs sont en couplage permanent avec un environnement (entreprises partenaires, fédérations professionnelles) afin de développer un moyen de différenciation pour faire face à la concurrence ou développer un nouveau produit ou service.

LA FORMATION DES INGÉNIEURS À L'INNOVATION

Parmi les travaux de recherche s'intéressant aux questions de la formation à l'innovation ou à la pédagogie pour l'innovation à destination des élèves ingénieurs, deux grandes « orientations » se font jour. La première se focalise sur ce que l'on pourrait définir comme la formation initiale de la formation à l'innovation. Ces travaux analysent les *curricula* au sein des écoles d'ingénieur. La seconde orientation se positionne sur l'étude de qui sont les porteurs de projet, avec l'idée de référencer quelles compétences ils mobilisent pour réaliser leurs projets innovants.

L'étude des curricula de formation dédiés à l'innovation au sein des écoles d'ingénieurs se décline à plusieurs niveaux : sur les dispositifs et les contenus pour former à l'innovation (Byers et al., 2019 ; Lemaître, 2018 ; Liu, 2018), sur l'éducation à l'esprit d'entreprendre (Chambard, 2014 ; Frances et Lelay, 2017 ; Champy-Remoussenard et Starck, 2021) et sur l'éducation entrepreneuriale et les défis qu'elle représente pour l'enseignement (Fayolle et Verzat, 2022). Ces travaux sont repris par la direction de la Commission des Titres d'Ingénieur (CTI)³ qui recommande depuis plusieurs années de faire naître chez les futurs ingénieurs une capacité réflexive et de la distanciation vis-à-vis des progrès techniques et de leurs impacts sur l'évolution de la société (Guichard et Serval, 2002 ; Cardona-Gil, Gardelle et Tabas, 2018) afin de faire émerger chez les futurs diplômés des ambitions innovantes et entreprenantes alternatives et capables de soutenir les efforts en matière de transition sociale et énergétique.

Cette recommandation trouve un écho solide dans les écoles d'ingénieurs puisque selon Jolly et Nolland (2018⁴), « à la suite d'une opération d'enquête organisée par la CTI en 2016, plusieurs écoles ont fourni une contribution volontaire, et il apparaît clair que le sujet [la formation à l'innovation et l'entrepreneuriat] est pris en considération dans les institutions... Cependant la définition de l'innovation et sa prise en compte sont assez variables ». Cette pluralité des programmes de formation à l'innovation est forcément liée à l'évolution du concept lui-même et aux représentations qu'en ont les responsables pédagogiques (Liu, 2018).

La seconde orientation des travaux de recherche prend sa source dans l'analyse des activités et compétences des porteurs de projet déjà confirmés. Ils caractérisent les attentes exprimées par le monde des entreprises à l'égard des institutions de formation. Ils proposent des référentiels de compétences, des idéaux types de l'innovateur. Par exemple les travaux de Gartner (1988), Lang et al. (1999), et plus récemment Kövesi et Csizmadia (2018), Andrews et Clark (2018) définissent des rôles et des compétences attendues des porteurs de projet.

Ce second courant de recherche questionne l'identité des « innovateurs ». Qui sont-ils ? Que font-ils ? Quelles compétences mobilisent-ils pour arriver à atteindre leurs objectifs ? Pour Kövesi et Csizmadia (2018), « pour réussir dans l'innovation, les ingénieurs doivent non seulement travailler sur des solutions techniques limitées à leur domaine d'expertise, mais également travailler en collaboration avec d'autres disciplines pour trouver des solutions complètes. » (p. 94). Andrews et Clark (2018) précisent que l'« on

³ La CTI est l'organisme officiel d'accréditation des écoles d'ingénieurs françaises.

⁴ Cette intervention a eu lieu le jeudi 7 Avril 2016 dans le cadre de la série d'ateliers de communication (atelier 22), autour de l'article « Évolution des compétences des ingénieurs : le développement durable, l'innovation, la santé sécurité au travail. », Anne-Marie Jolly et Julie Nolland, Commission des Titres d'Ingénieur.

attend des ingénieurs qu'ils maîtrisent de nombreuses compétences tout en étant des "professionnels techniques" hautement spécialisés, capables de gérer une équipe pluridisciplinaire de personnes disposant de connaissances et de compétences variées » (p. 189).

Ces deux voies, qui se focalisent sur l'analyse des curricula pour l'une, et sur les activités et compétences des porteurs de projet pour l'autre, sont très complémentaires. Mais ces deux entrées repérées dans la littérature (conception disparate et peu stabilisée des curricula et identification de types d'innovateurs) laissent entre elles un flou quant à leur articulation. Il paraît alors pertinent de faire le lien entre l'identification des processus individuels et collectifs qui sous-tendent le développement de l'innovation dans le milieu professionnel, et des pistes de formation à l'innovation.

Nous avons donc pour ambition d'identifier les dynamiques qui stimulent les processus d'innovation déployés par les porteurs de projet. Des discours recueillis émergent trois champs lexicaux en lien avec trois champs de pratiques. Une construction d'archétypes d'innovateurs a été opérée. Ce sont des profils identifiés avec des marqueurs (définition de l'innovation, rôle dans le processus d'innovation, caractéristiques et contraintes du développement de l'innovation) basés sur une perspective situationniste.

L'INNOVATION DANS SECTEUR MARITIME BRETON

Nous avons rencontré des porteurs de projet du secteur maritime de la pointe bretonne, dans un panel d'entreprises allant de la *startup* au grand groupe de plus de 10 000 salariés. Une variété de points de vue sur la conception de l'innovation et des communautés de travail dédiées à son développement a été exprimée et permet d'enrichir notre compréhension du développement de l'innovation : comment les acteurs agissent, interprètent l'environnement et donnent un sens à leur action d'innover ? Que ce soit en phase de création d'entreprise ou en phase de lancement d'un nouveau projet au sein d'un grand groupe, nous questionnons également les manières de travailler, seul(e) et/ou ensemble, et les compétences intégrées aux processus d'innovation.

Les entreprises et les porteurs de projet du panel appartiennent tous au domaine maritime. Dans ce secteur d'activité, d'innombrables ressources sont encore inexploitées sur les plans biologique (algues, micro-organisme...) et énergétique (énergies fossiles, énergies renouvelables : courant marin, vent, houles). L'exploitation de ces ressources est d'autant plus difficile que le milieu est complexe avec des conditions d'accès difficiles. Pour maîtriser cet environnement, les chercheurs et les industriels sont amenés à développer et déployer des technologies de plus en plus sophistiquées. Ils sont obligés de créer des solutions nouvelles, ce qui donne une place importante aux processus d'innovation. Ces entreprises participent à la croissance bleue qui est représentée en local par le Pôle Mer Bretagne Atlantique⁵. Cette entrée par le pôle de compétitivité nous a facilité l'accès au terrain.

⁵ Depuis le lancement en 2004 de sa politique industrielle basée sur la création des pôles de compétitivité, la France compte sur ces structures pour doper la capacité d'innovation et développer la croissance et l'emploi sur les marchés *dits* porteurs. Le Pôle Mer Bretagne Atlantique rassemble près de 350 acteurs regroupant grands groupes, PME, centres de recherche et d'enseignement supérieur, qui contribuent au développement du secteur maritime (source : <https://www.pole-mer-bretagne-atlantique.com/fr/>).

Les porteurs de projet réalisent un travail qui permet une création de valeur par l'enrichissement ou la simplification des processus de travail afin d'obtenir un avantage concurrentiel durable. Cela se traduit concrètement par des dépôts de brevet, le développement de prototypes, des démonstrations publiques, l'obtention de prix en lien avec l'innovation de niveau local à international ou encore par une reconnaissance de leur capacité d'innover par leurs pairs ou les par les acteurs du domaine comme le pôle de compétitivité. La population interrogée s'avère assez homogène au sens où ce sont des ingénieurs qui pour certains ont été formés à l'ENSTA Bretagne. Pour les enseignants-chercheurs, l'accès au terrain s'en trouve facilité.

Tableau 1. *Principales caractéristiques des structures et des acteurs interrogés*

Entreprises	Domaine d'activité	Effectifs monde	Entretiens	Activité	Formation
Fiiish (Fr)	Pêche de loisir	11	1	Dirigeant fondateur	École de commerce
Ino-rope (Fr)	Nautisme	4	1	Dirigeant fondateur	École d'ingénieur
Ehpo(Fr)	Nautisme	1	1	Dirigeant fondateur	École d'ingénieur
Hemarina (Fr)	Biotechnologie	30	1	Dirigeant fondateur	Phd Biologie
Sabella (Fr)	Énergie	15	1	Chef de département	École d'ingénieur
Ledrezen (Fr)	Pêche commerciale	60	1	Chef de département	École de commerce
Mer forte (Fr)	Bureau d'études conception voiliers	5	2	Directeur adjoint	École d'ingénieur École de commerce
Stabiplage (Fr)	Protection du littoral	5	1	Dirigeant fondateur	Ingénieure
Invivo setec (Fr)	Études océanographiques	20	1	Dirigeant fondateur	Université
Piriou (Fr)	Construction navale	1035	1	Chef de département	École d'ingénieur
Naval Group (Fr)	Construction navale + Énergie	12 700	2	Chefs de département	École d'ingénieur

Entreprises	Domaine d'activité	Effectifs monde	Entretiens	Activité	Formation
Thalès (Fr)	Électronique	60 800	2	Chefs de département	École d'ingénieur
Pôle mer Bretagne (Fr)	Structure pour l'innovation	10	3	Président	École d'ingénieur
Kairos (Fr)	Structure d'accueil innovation	2	1	Dirigeant fondateur	Autodidacte
JFA(Fr)	Bureau d'études conception voiliers et production	40	1	Commercial	École de commerce
Mer agitée (Fr)	Bureau d'études conception voiliers	21	1	Responsable RetD	Doctorat aérodynamique et mécanique
CDK technologie (Fr)	Bureau d'études conception voiliers et production	7	1	Directeur Général Adjoint	École d'ingénieur

MÉTHODE

Vingt-deux entretiens semi-directifs ont été conduits dans 16 entreprises différentes. Ils sont structurés autour de 5 thématiques principales présentées ici sous la forme de questions.

- 1) Pouvez-vous décrire et expliquer vos activités dans l'entreprise et votre parcours de formation initiale et professionnel ?
- 2) Quelle forme prend l'innovation dans votre entreprise ?
- 3) Quelles compétences sont nécessaires pour son développement ?
- 4) Les jeunes embauché(e)s correspondent-ils à vos attentes et à vos besoins ?
- 5) Comment gérez-vous les savoirs accumulés dans votre entreprise ?

Les entretiens ont duré entre 40 et 90 minutes, ont été enregistrés et retranscrits. Nous avons procédé en deux étapes pour l'analyse : une première de nature informatique avec l'aide du logiciel IramuteQ développé par la méthode Reinert avec Alceste (Reinert, 1990). Cette première étape du traitement permet aux chercheurs d'obtenir une première synthèse des discours obtenus sur l'innovation. Une seconde étape d'ordre « manuelle » a ensuite permis de documenter les trois grandes classes qui ont émergé.

UNE PREMIÈRE CLASSE : LES FINALITÉS

Cette 1^{re} classe appartient au champ lexical de la rentabilité. Les principaux mots qui la composent sont les suivants : « coût » ; « leader » ; « marché » ; « produire » ; « fiabilité ». Cette première classe représente deux idées importantes. La première idée pose le cadre de difficultés dues à la mondialisation du marché et à l'augmentation de la concurrence. La seconde idée est que l'innovation est toujours appréhendée en fonction de gains marchands espérés ou en fonction de la fiabilité des technologies incubées. Les réponses des acteurs vont principalement dans le sens d'une recherche de la rentabilité économique et de lutte face aux concurrents.

UNE DEUXIÈME CLASSE : LES PROCÉDURES

Cette classe fait référence au champ lexical de l'organisation et des processus en lien avec l'innovation. Les principaux mots sont « recherche », « projet », « organisation », « structure ». L'analyse des *verbatim* a permis d'observer une grande diversité des processus d'innovation organisés en fonction des caractéristiques des entreprises (ex. : nombre de salariés, âge de l'entreprise). Deux tendances semblent se dégager : d'une part dans les « grandes entreprises » créées depuis plus de 20 ans, où les processus d'innovation, lorsqu'ils existent, sont très formalisés et bien souvent très compliqués à mettre en œuvre pour le porteur de l'idée ; et d'autre part dans les « petites entreprises », la démarche à suivre est beaucoup moins complexe lorsqu'il s'agit de proposer une idée nouvelle.

LA TROISIÈME CLASSE : LES SAVOIRS ET LES COMPÉTENCES

Les mots représentatifs de cette classe sont « compétence », « technique », « ingénieur », « communication » et « curiosité ». Cette classe fait référence à des compétences techniques et humaines comme la communication, la curiosité. La gestion de projet a beaucoup évolué ces dernières années, nous rapporte un industriel : « il y a une interdépendance nécessaire pour la réussite du projet entre les compétences techniques, les compétences environnementales et les compétences comportementales ». Les discours font unanimement état de ces mélanges de compétences, par les termes de « multidisciplinarité », d'« hybridation », de « fertilisation croisée », de « technologies croisées » ou encore de « cultures différentes et travaux croisés ».

Cette phrase d'un responsable d'entreprise représente bien cette idée : « L'innovation est à l'interface des différentes disciplines ». À travers une expérience relatée dans un entretien, nous illustrons ce besoin d'approches croisées interdisciplinaires. La démarche de questionnement que propose un responsable d'entreprise nous renvoie aux processus mis en œuvre par la nature (Benyus, 2022). Observer la nature est un excellent moyen pour développer sa curiosité et repenser les techniques des végétaux et des animaux pour les appliquer à un problème plus large. Ce responsable nous rapporte ainsi « lorsque je vois un coquillage bien fixé sur un rocher je pense à colle, à adhésif. Ensuite, je me questionne sur les principes qu'utilise ce coquillage pour s'accrocher. Après je me questionne sur deux points, quels usages sont possibles avec ce type de système, et comment reproduire artificiellement ce système de fixation ». À partir de cela, il est possible de penser à un travail collaboratif entre des ingénieurs biologistes et des ingénieurs en mécanique.

LES ARCHÉTYPES D'ACTEURS DE L'INNOVATION

Les différents porteurs de projet interrogés semblent adapter leurs pratiques de travail pour le développement de l'innovation en fonction de leur environnement : taille de l'entreprise ; maturité du projet d'innovation ; capacité d'autonomie. Nous proposons ici une simplification du réel à partir d'une catégorisation de l'idéal type comme le propose Coenen-Huther (2003, p. 532), c'est-à-dire comme une « création conceptuelle qui n'est pas sans lien avec la réalité observée mais en présente une version volontairement stylisée avec un caractère fictionnel de l'objet sélectivement construit de la sorte ». Nous avons utilisé l'analogie de l'univers de la musique au travers trois idéaux types que sont : le soliste, l'homme-orchestre et le chef d'orchestre.

Nous nous appuyons sur cette intermédiation pour construire des représentations de « parentés complémentaires ». Ce sont des profils identifiés avec des marqueurs (définition de l'innovation, rôle dans le processus d'innovation, caractéristiques et contraintes du développement de l'innovation) basés sur une perspective situationniste. La limite en est son relativisme. Ces figures représentent trois grandes configurations des manières de développer un projet avec leur lot de compétences associées.

LA FIGURE DE L'EXPERT TECHNIQUE, UN SOLISTE DE CONCERTO

La première figure que nous avons nommée « soliste » fait référence à l'expert technique. Ce modèle de développement de l'innovation se retrouve aussi bien dans les grands groupes qu'en phase de création d'entreprise. Ce créateur, souvent isolé, s'appuie en premier lieu sur ses compétences techniques pour développer son idée. Il appartient donc pleinement à une communauté d'excellence scientifique très pointue qu'il affectionne et qu'il cherche à faire évoluer. Tel le soliste musicien, il excelle dans son art par son haut niveau de maîtrise.

Ce soliste travaille souvent seul. C'est le cas de Patrick, ingénieur-docteur en mécanique, qui est au quotidien dans son domaine d'expertise situé à mi-chemin entre la recherche fondamentale et la proposition technique de nouveaux procédés de fabrication à propos de colle polymère pour son entreprise. Il étudie au sein de son service les dernières recherches publiées à propos de son domaine technique. Pour lui l'innovation passe par l'expertise et la recherche. Son leitmotiv est de « faire l'état de l'art ». À ses yeux « l'innovation passe par l'évolution de la science », et c'est la recherche qui est le « pilier de l'innovation ».

Pour que l'idée devienne projet, le « soliste » a besoin de nouvelles compétences qu'il peut trouver de différentes manières : organismes et structures comme les technopoles, les pôles de compétitivité ou les incubateurs, ou alors via le recrutement ou la constitution d'une équipe.

LA FIGURE DE L'HOMME-ORCHESTRE

Le deuxième archétype d'acteur de l'innovation est l'homme-orchestre. Il est souvent seul ou en petit groupe de 2 ou 3 personnes grâce auxquelles il cherche à réunir un maximum de compétences. Il a une conscience de la diversité des besoins qu'il faut pour faire évoluer le projet afin que celui-ci devienne viable. L'homme-orchestre cherche à tout gérer dans le projet pour deux raisons bien différentes : soit il ne peut pas déléguer, ou soit, il ne le souhaite pas.

Dans le premier cas, le porteur de projet ne peut pas transférer les compétences nécessaires au développement de son innovation car il n'a pas les moyens financiers. Il préfère s'informer avec des *business angels*⁶ ou dans des tiers-lieux. Certains *business angels* accompagnent très étroitement les porteurs de projet qu'ils soutiennent financièrement. Leurs intérêts pour la réussite étant partagés, ils peuvent être de véritables coachs. Le second cas de figure fait référence à un porteur de projet qui ne souhaite pas partager son idée. Il veut en garder le contrôle exclusif. Nous sommes en présence d'acteurs qui considèrent leur projet comme « leur bébé ». Il est donc pour eux impossible de le laisser dans d'autres mains, et donc de risquer de perdre une partie de son contrôle.

Dans les deux cas, les logiques sont les mêmes : l'homme-orchestre cherche des formations ou des informations sur les sujets utiles à son évolution : marketing, finance, législation, protection industrielle, spécialiste de la production. Il multiplie alors les rendez-vous avec des banquiers, avocats, webmaster, juristes, industriels potentiellement capables de réaliser une production à grande échelle pour faire avancer le projet.

LE CHEF D'ORCHESTRE

Le troisième modèle intitulé « le chef d'orchestre » fait référence à l'acteur en mesure à la fois d'identifier et de comprendre les différents savoirs nécessaires au développement de son projet, et d'être capable de lâcher le contrôle de différentes opérations. Sans être un expert d'un domaine technique, il est capable d'évaluer les besoins du projet et des compétences des collaborateurs qui lui sont nécessaires. Cet intégrateur interdisciplinaire est présent dans les grands groupes en tant que chef de projet ou architecte d'ensemble. On le retrouve également dans les PME en tant que dirigeant.

On note cependant une différence dans les contours des missions d'un chef d'orchestre selon la taille de la structure dans laquelle il évolue. Dans les grands groupes, les compétences sont plutôt resserrées autour de la discipline technique. Par exemple un responsable fait part de travaux croisés entre les technologies optiques et électroniques : « Je suis en relation permanente avec eux et j'ai un rôle d'interface permanente avec eux. Donc, ils ont mis en place toute une organisation qui réunit des experts des domaines, différents grands domaines technologiques du groupe et puis des gestionnaires de programmes parce que c'est eux qui ont la maîtrise d'ouvrage, en fait, des financements, de ce qui est autofinancé par le groupe en matière de R&D ».

Pour les dirigeants de PME, il s'agit de faire travailler ensemble des personnes d'horizons différents : le commercial, l'expert technique, le responsable de production et le responsable administratif. Un dirigeant d'une PME rapporte : « la société est née de la mise en commun de plusieurs compétences : le design et la passion de la pêche, mais aussi la communication. Donc aujourd'hui, on est à peu près répartis de la même manière, Maxime s'occupe de la com et de la R&D, moi, du développement général de l'entreprise et Philippe, en Chine, fait du *sourcing* pour nous et est en relation avec les fournisseurs ».

⁶ Appelés aussi « investisseurs providentiels » – individus qui apportent des financements en propre dans les projets avec une prise de capital en échange.

QUELLES PISTES POUR FORMER LES ÉLÈVES INGÉNIEURS À L'INNOVATION ?

Les résultats mettent en évidence qu'il n'y a pas qu'une voie pour devenir porteur d'un projet innovant, et que chacun des profils identifiés fait appel à des maitrises et à la mobilisation de savoirs et de savoir-faire très différents. Ceci confirme les analyses des curricula des écoles d'ingénieurs réalisées par Liu (2015), Jolly et Nolland (2018) qui mettent en évidence la grande disparité des contenus de formation à l'innovation et à l'entrepreneuriat.

Nous nous appuyons sur les trois classes qui ont émergé lors de l'analyse des discours et que nous avons modélisées en trois figures d'innovateurs, pour identifier des compétences à intégrer dans des programmes de formation dédiés à l'innovation. La classe en lien avec les finalités de l'innovation fait référence à des compétences en lien avec la gestion financière, la connaissance du marché et le planning stratégique. Il s'agit d'acquérir des compétences qui permettent le succès économique du projet. La deuxième classe dite « procédure » concerne le cadre organisationnel de déploiement de l'innovation. Ici il s'agit pour les étudiants de comprendre les impacts des choix quant à l'organisation de la gestion d'un projet, d'identifier les avantages et les contraintes des processus organisationnels déployés, des systèmes d'information de gestion. Enfin, la troisième classe appartient au champ lexical des « compétences » transdisciplinaires, techniques et humaines.

La structuration de la formation des élèves ingénieurs à l'innovation dans les écoles d'ingénieurs pourrait prendre la forme d'un dispositif à deux niveaux : une première étape de type tronc commun que tous les étudiants devraient suivre et une seconde étape en forme de parcours spécifique à choisir et qui viserait les compétences liées aux différentes figures des porteurs de projets.

Si nous nous basons sur le cas de l'école d'ingénieur mentionnée en introduction, les spécialités de formation sont à dominante techniques : architecture navale, architecture automobile, pyrotechnie, hydrographie, sciences et techniques de l'information et de la communication. Le tronc commun de notre dispositif de formation concernerait tous les élèves et pourrait être organisé au cours des trois années de formation (l'école ne propose pas de prépa intégrée). Nous visons trois objectifs de formation : la formation au management des organisations (découverte de l'environnement économique, juridique de l'entreprise et de son fonctionnement interne : définition d'une stratégie, d'un plan marketing, aspects financiers du projet, fonctionnement juridique de l'entreprise, méthodes de gestion de projet) ; une initiation à la recherche (état de l'art, méthodologie, nous retrouvons ce parcours proposé récemment dans de grandes écoles sous l'appellation *PHD Track*) ; et la découverte de l'entrepreneuriat (de l'idéation à la proposition commerciale, concours de pitches innovation⁷, développement de projet innovant).

La seconde étape du dispositif de formation que nous avons imaginé permet ensuite d'approfondir une des deux voies qui mènent à l'innovation qui serait, soit un parcours recherche avec comme objectif l'obtention d'une expertise scientifique via le doctorat (parcours soliste – voie d'excellence disciplinaire) ; soit, un parcours entrepreneurial qui permet à l'élève d'approfondir sa connaissance des compétences connexes au projet qu'il devra investir ou déléguer. Tous les élèves auront eu ainsi une compréhension de l'ensemble de

⁷ « Un pitch c'est quoi ? C'est une courte présentation éloquente de votre projet pour le promouvoir et donner envie à votre audience d'en savoir BEAUCOUP PLUS et le tout en moins d'1 minute 30 ! » (source : <https://www.modernisation.gouv.fr/outils-et-formations/faire-le-pitch-de-son-projet>).

l'écosystème du développement d'une innovation et pourront choisir un parcours spécifique en fonction de leur personnalité et de leur appétence professionnelle.

CONCLUSION

La réalité émergée de l'innovation, le résultat visible, le pourquoi, est multiple : impératif, rupture, réponse à un besoin, intégration dans un environnement mature à la recevoir. Quant à la partie immergée, elle met un focus sur l'organisation de l'innovation, le comment : quels savoirs, quelles compétences, quelles méthodes de travail, quels partenariats ? Nous avons exploré cette face cachée de l'innovation et analysé les représentations qu'ont les acteurs de son développement et de son organisation au sein des entreprises afin de pouvoir proposer des pistes de formation en école d'ingénieur.

Les résultats de la recherche confirment les multiples fonctions que doivent assurer les porteurs de projet – fonctions qu'avait identifiées Noailles (2011) – ainsi que la grande variété des degrés d'expertise qu'ils doivent maîtriser. Andrews et Clark (2018) les avaient qualifiés de « professionnels techniques hautement spécialisés ». Le curricula pour former les élèves futurs ingénieurs à l'innovation n'est donc pas unique et uniforme. Il devrait dans un premier temps permettre de les sensibiliser via une initiation à la recherche et à l'entrepreneuriat. Puis dans un second temps, en fonction de leurs appétences et compétences, ils pourraient sélectionner soit, un parcours qui mènerait vers l'expertise disciplinaire dont la finalité serait l'obtention du doctorat ou alors, une formation pluridisciplinaire permettant de devenir le chef d'orchestre de leur projet d'innovation.

Ce travail questionne de manière sous-jacente la place de l'autonomie comme objectif de formation. Cette autonomie de l'étudiant est très souvent valorisée tout au long des cursus scolaire. Mais la dépendance à autrui n'est pas nécessairement négative. Comme le souligne Nemer (2013), il s'agit plutôt de trouver le meilleur équilibre dans son autonomie, c'est-à-dire sa capacité à gérer ses dépendances et ses interdépendances. Cette autonomie est souvent associée à un souhait de contrôle du projet. La figure de l'homme-orchestre caractérisée par cette autonomie et ce contrôle ne semble pourtant pas propice au développement du projet d'innovation.

Plusieurs pistes de prolongement de la recherche sont envisageables pour poursuivre cette réflexion. Tout d'abord, une étude longitudinale pourrait être réalisée en retournant interroger les mêmes participants dans quelques années pour analyser les variations des discours des différents porteurs de projet confrontés à l'évolution de leur entreprise. Ensuite, une extension de ce travail pourrait être portée à d'autres secteurs d'activités et donc d'autres univers de formation. Comment sont organisés les cursus de formation dédiés à la formation et dans des contextes sociaux économiques tels que le secteur de la chimie, de la pharmaceutique, du BTP par exemple ? Enfin, nous avons recueilli les besoins en formation qu'expriment les porteurs de projet réputés innovants, pour proposer des pistes d'évolution de la formation des élèves ingénieurs. Cette démarche n'est pas exclusive, car seul un point de vue est ici traité. Les attentes des élèves, des prescripteurs de formation ou encore celle des enseignants sont aussi des données d'entrées qu'il serait intéressant de mobiliser. ■

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alter, N. (1993). Innovation et organisation : deux légitimités en concurrence. *Revue française de sociologie*, 34(2) 175-197. 175. <https://doi.org/10.2307/3322487>
- Alter, N. (2002). Les logiques de l'innovation : Approche pluridisciplinaire. La Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.alter.2002.01>
- Andrews, J. et Clark, R. (2018). Renouer avec le patrimoine pour encourager la pensée créative dans la formation des ingénieurs au management. Dans D. Lemaître (dir.), *Formation des ingénieurs à l'innovation* (p.189-206). ISTE Éditions.
- Angelier, C. et Courouble, J. (2018). *Ces innovateurs créateurs de croissance – Quand doctorat se conjugue avec entrepreneuriat*. Ed. Eyrolles.
- Badillo, P. (2013). Les théories de l'innovation revisitées : une lecture communicationnelle et interdisciplinaire de l'innovation ? Du modèle « Émetteur » au modèle communicationnel. *Les Enjeux de l'information et de la communication*, 14(1), 19-34. <https://doi.org/10.3917/enic.014.0019>
- Benyus, J. M. (2022). *Biomimétisme : quand la nature inspire des innovations durables*. Ed. Rue de l'échiquier, coll. l'écopoche.
- Byers, T., Dorf, R. et Nelson, A. (2019). *Technology ventures: From idea to enterprise* (5th edition). Mc Graw Hill Education.
- Cardona Gil, E., Gardelle, L. et Tabas, B. (2018). De l'innovation technologique à l'innovation « située » : pour une meilleure adaptation des formations d'ingénieurs aux défis sociétaux du XXI^e siècle. Dans D. Lemaître (dir.), *Formation des ingénieurs à l'innovation* (p.19-33). ISTE Éditions.
- Chambard, O. (2014). L'éducation des étudiants à l'esprit d'entreprendre : entre promotion d'une idéologie de l'entreprise et ouverture de perspectives émancipatrices. *Formation emploi*, 127, 7-26. <https://doi.org/10.4000/formationemploi.4236>
- Champy-Remoussenard, P. et de Miribel, J. (2021). Entrepreneuriat et esprit d'entreprendre. *Recherche & formation*, 97, 63-74. <https://www.cairn.info/revue--2021-2-page-63.htm>
- Coenen-Huther, J. (2003). Le type idéal comme instrument de la recherche sociologique. *Revue française de sociologie*, 44, 531-547. <https://doi.org/10.3917/rfs.443.0531>
- Fayolle, A. et Verzat, C. (2022). Éducation entrepreneuriale : Quels défis pour l'enseignement et la recherche à l'aune des crises et de la digitalisation ? *Revue de l'Entrepreneuriat / Review of Entrepreneurship*, HS1, 111-117. <https://doi.org/10.3917/entre1.pr.0028>
- Frances, J. et Le Lay, S. (2017). L'usage des « business games » dans le cursus doctoral : « esprit d'entreprendre » et « esprit d'entreprise » dans la formation à la recherche. *Formation emploi*, 140, 67-86. <https://doi.org/10.4000/formationemploi.5217>
- Gaglio, G. (2021). *Sociologie de l'innovation*. (2^e éd.). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.gagli.2021.01>

- Gartner, W. B. (1988). “Who Is an Entrepreneur?” Is the Wrong Question. *American Journal of Small Business*, 12(4), 11-32. <https://doi.org/10.1177/104225878801200401>
- Godin, B. (2014). Invention, diffusion and linear models of innovation: the contribution of anthropology to a conceptual framework. *Journal of Innovation Economics & Management*, 15, 11-37. <https://doi.org/10.3917/jie.015.0011>
- Guichard, R. et Servel, L. (2006). Qui sont les innovateurs ? Une lecture socio-économique des acteurs de l'innovation. *Revue Sociétal*, 3(52), 26-31. {hal-00293632}
- Jolly, A.-M. et Nolland, J. (2018). Formation à l'innovation et à l'entrepreneuriat dans les écoles françaises : une enquête de la Commission des titres d'ingénieur. Dans D. Lemaître (Dir.), *Formation des ingénieurs à l'innovation* (p. 119-133). ISTE Éditions.
- Kövesi, K. et Csizmadia, P. (2018). Compétences et capacités des innovateurs : nouvelles priorités et nouvelles exigences pour les diplômés en ingénierie. Dans D. Lemaître (dir.), *Formation des ingénieurs à l'innovation* (p. 75-97). ISTE Éditions.
- Lemaître, D. (2018). *Formation des ingénieurs à l'innovation*. ISTE Éditions.
- Liu, T. (2018). *Les formations à l'innovation entre tradition et rupture* [Thèse de doctorat en Sciences de l'éducation]. Université de Paris-Saclay (COMUE). <https://theses.fr/2018SACLN027>
- Mathieu-Fritz, A. et Esterle, L. (2013). Les transformations des pratiques professionnelles lors des téléconsultations médicales : Coopération interprofessionnelle et délégation des tâches. *Revue française de sociologie*, 54, 303-329. <https://doi.org/10.3917/rfs.542.0303>
- Mercier-Laurent, E. (2011). *Les écosystèmes de l'innovation*. Ed. Lavoisier.
- Nemer, G. (2013). L'autonomie, les contours du phénomène. *Le Sociographe*, 6, 13-16. <https://doi.org/10.3917/graph.hs06.0013>
- Noailles, P. (2011). De l'innovation à l'innovateur. Pour une approche structuraliste de l'innovation. *La Revue des Sciences de Gestion*, 247-248, 13-28. <https://doi.org/10.3917/rsg.247.0013>
- Reinert, M. (1990). Alceste : une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application : Aurélia de Gérard de Nerval. *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 26, 24-54.
- Zalio, P. (2004). L'entreprise, l'entrepreneur et les sociologues. *Entreprises et histoire*, 35, 16-30. <https://doi.org/10.3917/eh.035.0016>