



HAL
open science

Former à l'innovation à ParisTech, Effervescence et perspectives

Patrice Dubois, François Balembois, Sihem Ben Mahmoud-Jouini, Gilles Crague, Myriam Davidovici-Nora, Claude Denisse, Armand Hatchuel, Véronique Hillen, Philippe Lefebvre, Christophe Midler, et al.

► To cite this version:

Patrice Dubois, François Balembois, Sihem Ben Mahmoud-Jouini, Gilles Crague, Myriam Davidovici-Nora, et al.. Former à l'innovation à ParisTech, Effervescence et perspectives. ParisTech. 2010. hal-03995014

HAL Id: hal-03995014

<https://hal.science/hal-03995014v1>

Submitted on 17 Feb 2023

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.

Former à l'innovation à ParisTech

Effervescence & perspectives

**ParisTech Innovation
Management Research
& Education Program**

Former à l'innovation à ParisTech

Effervescence et perspectives

**ParisTech Innovation Management
Research & Education Program (PIMREP)**

Former à l'innovation à ParisTech

Effervescence et perspectives

- **François Balembois**, *Professeur*
Responsable de l'entrepreneuriat
Institut d'Optique Graduate School
- **Sihem Ben Mahmoud-Jouini**, *Professeur associé*
HEC Paris
- **Gilles Crague**, *Chargé de Recherche*
École des Ponts ParisTech
- **Myriam Davidovici-Nora**, *Maitre de conférences*
Télécom ParisTech
- **Claude Denisse**, *Enseignant-Chercheur*
AgroParisTech
- **Patrice Dubois**, *Maitre de conférences*
Arts et Métiers ParisTech
- **Armand Hatchuel**, *Professeur Chaire de théorie
et méthodes de la conception innovante*
CGS, MINES ParisTech
- **Véronique Hillen**,
Responsable pédagogique département Génie Industriel
École des Ponts ParisTech
- **Philippe Lefebvre**, *Enseignant-Chercheur*
MINES ParisTech
- **Christophe Midler**, *Coordinateur PIMREP*
Directeur du CRG, École Polytechnique,
Chaire Management de l'innovation
- **Michel Nakhla**, *Professeur*
AgroParisTech
- **Gérard Pogorel**, *Professeur*
Télécom ParisTech

Préambule

Le Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur – ParisTech – rassemble 12 prestigieuses grandes écoles françaises sur trois pôles, ParisTech Sud à Saclay, ParisTech Est à Marne-la-Vallée et ParisTech Centre au cœur de Paris. Il couvre l'ensemble du spectre des sciences, des technologies et du management et constitue une véritable université de dimension internationale.

La complémentarité des domaines d'excellence des écoles de ParisTech permet une transdisciplinarité unique dont bénéficient les chercheurs, les élèves et l'ensemble des partenaires de ParisTech.

Dans ce cadre transdisciplinaire s'est constitué en 2008 le programme PIMREP – ParisTech Innovation Management and Research Program – réseau d'enseignants chercheurs spécialisés dans le management de l'innovation. PIMREP a pour objectif de contribuer au développement des recherches et enseignement dans le domaine du management de l'innovation. Dix écoles de ParisTech y sont particulièrement impliquées : AgroParisTech, Arts et Métiers ParisTech, École des Ponts ParisTech, École Polytechnique, ENSTA ParisTech, ESPCI ParisTech, HEC Paris, Institut d'Optique Graduate School, MINES ParisTech, Télécom ParisTech.

La première phase des travaux du PIMREP qui s'achève par la présentation du présent Livre Blanc a été coordonnée par Christophe Midler, Directeur du Centre de Recherche en Gestion de l'École Polytechnique – CRG. Une nouvelle phase s'engage, animée par Richard Le Goff, Directeur de l'Unité Économie Appliquée de l'ENSTA ParisTech.

La vision de ParisTech pour les 10 années à venir inclut, notamment, la réponse aux besoins des entreprises et de l'État en matière de formation de profils de qualité capables d'innover et d'entreprendre.

S'appuyant sur les nombreuses expériences des écoles (enseignements dédiés, projets inter-écoles, conférences, incubateurs...), sur l'expertise des enseignants-chercheurs, sur l'excellence de ses équipes pluridisciplinaires, ParisTech se positionne clairement sur le management de l'innovation et l'entrepreneuriat, facteurs clés de la compétitivité des entreprises.

Ce Livre Blanc sur la "Formation à l'innovation à ParisTech", prenant appui sur une enquête menée dans les écoles de ParisTech, concrétise une première étape de la recherche de ParisTech en ce domaine. Le projet PEEPS (Pôle de l'Entrepreneuriat Étudiant Paris Saclay), en association notamment avec Paris Sud 11, l'École Centrale et Supélec, se place dans la même perspective ; de même le projet de Laboratoire d'excellence interdisciplinaire sur l'innovation et l'entrepreneuriat associant dans son premier cercle HEC Paris (GREG), MINES ParisTech (CGS, CERNA, CSI), l'École Polytechnique (PREG-CRG) et Télécom ParisTech (département SES) constitue un développement ambitieux de la démarche engagée, associant recherche, enseignement et valorisation.

Toutes ces actions et projets se situent dans une stratégie globale de fertilisation croisée au sein de ParisTech et entre ParisTech et ses partenaires.

Sommaire

Résumé	8
--------	---

<i>Summary</i>	10
----------------	----

1- Synthèse des situations pédagogiques

La formation à l'innovation à ParisTech : des expériences significatives et variées, en fort développement, justifiant un échange d'expériences au sein du réseau	17
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Le référentiel PIMREP : un cadre de positionnement dans lequel chaque école peut se situer et développer sa stratégie	19
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Des traditions d'école différentes qui évoluent vers un équilibre entre le modèle de l'innovation-valorisation et de l'ingénierie innovante	21
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Quelle articulation entre formation à l'innovation et formation à l'entrepreneuriat ?	22
---------------------------------------------------------------------------------------	----

Quel compromis entre formation générale de tous les élèves et filières spécialisées sur l'innovation ?	23
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

L'articulation avec les dispositifs institués en faveur de l'innovation	24
-------------------------------------------------------------------------	----

2- Témoignages des enseignants-chercheurs

Les corpus de l'enseignement à l'innovation : sciences de l'ingénieur, sciences sociales	26
------------------------------------------------------------------------------------------	----

Réflexions sur le design communicationnel et son rôle dans la formation au management de l'innovation	26
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Du management de l'innovation à la formation à la conception innovante : une progression permise à AgroParisTech par la collaboration avec MINES ParisTech	31
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Quels parcours formateurs, quelle pédagogie active ?	38
------------------------------------------------------	----

Les MIG (Métiers de l'Ingénieur Généraliste) de MINES ParisTech	39
-----------------------------------------------------------------	----

Le Master PIC (Projet Innovation Conception) de l'École Polytechnique	40
-----------------------------------------------------------------------	----

Discussion sur la pédagogie active après les témoignages	46
Science et innovation : quelle articulation pédagogique ?	47
Formation à la création d'entreprise et à l'innovation : synergies et différences	49

Annexes

Annexe 1 : Référentiel d'analyse des formations à l'innovation dans les écoles participant à l'enquête	54
Annexe 2 : Le programme PIMREP : rappel des objectifs et point d'avancement des actions de la phase d'amorçage	56
Thème 1 : Innovation 2020 : Coping with tectonic shifts in global innovation	58
Thème 2 : Management de l'innovation et création d'entreprise	59
Thème 3 : Clusters, Innovation, PME	60
Thème 4 : Innovation, biotechnologie et sciences du vivant	62

Training in innovation at ParisTech 65

<i>Training in innovation at ParisTech : a significant, varied and developing offer calling for experience sharing within the network</i>	69
<i>The PIMREP system of reference : a framework to position each school and develop strategies</i>	71
<i>Different traditions evolving towards a balance between innovation promotion and innovative engineering models</i>	72
<i>How do training in innovation and training in entrepreneurship hinge together ?</i>	73
<i>What balance between general training of all students and specialised degrees in innovation ?</i>	74
<i>Combining programmes and institutional schemes for the promotion of innovation</i>	75

Résumé

Constitué fin 2008 en rassemblant les enseignants-chercheurs en gestion spécialisés sur le management de l'innovation, le réseau PIMREP a mené en 2009 une enquête sur la formation à l'innovation dans les écoles de ParisTech. L'objectif était d'identifier les tendances et de stimuler l'échange d'expériences entre les membres du réseau. Ce travail a conduit à six conclusions principales.

1. L'enquête montre des réalisations anciennes et un foisonnement impressionnant d'expériences pédagogiques plus récentes dans les cursus des écoles étudiées.

2. Former à l'innovation implique une variété d'actions pédagogiques. Le réseau a formalisé **un référentiel en 5 situations pédagogiques (SP)**, par ordre d'ambition et d'exigence croissante : sensibilisation ; développement des capacités d'initiative individuelles ; formation aux corpus de méthodes et théories du management de l'innovation ; formation en situation d'innovation ; parcours intégrés.

3. Compte tenu des traditions et des contextes différents des écoles de ParisTech, l'analyse des cas étudiés dans ce référentiel montre une grande variété d'expériences s'inscrivant dans deux modèles complémentaires : le modèle de l'ingénierie innovante mettant l'accent sur les processus d'innovation en entreprise, **et le modèle de l'innovation valorisation**, mettant l'accent sur l'innovation issue de la recherche. Ces deux modèles, qui se traduisent par des choix pédagogiques différents, correspondent à la dualité des profils de carrière des étudiants des écoles. **L'optimum se situe dans un équilibre entre ces deux modèles, équilibre variable suivant la tradition et le positionnement de l'école.** La variété des démarches est une richesse que les membres du réseau s'attacheront à valoriser dans leurs institutions respectives pour ajuster cet équilibre. Plusieurs projets sont d'ailleurs en cours d'élaboration en ce sens.

4. Innovation et création d'entreprise sont deux thématiques différentes et complémentaires. Les dynamiques en cours tendent à organiser les synergies entre les deux approches, sans pour autant les confondre : la quasi totalité des étudiants devront faire preuve de leur compétence en situation d'innovation dans leur carrière professionnelle ; beaucoup moins seront amenés à créer des entreprises.

5. Les dispositifs pédagogiques les plus aboutis (SP4 et SP5) sont aussi les plus exigeants en ressources pédagogiques, tant quantitativement que qualitativement. On les trouve essentiellement dans des cursus spécialisés, à effectif réduit. **L'existence de convergences fortes entre enseignement et recherche est apparue dans toutes les expériences étudiées comme une condition de réussite.**

6. L'un des axes de progrès est de mieux articuler les formules pédagogiques internes aux écoles et les dispositifs institués pour stimuler l'innovation.

Au-delà de cette analyse de la situation observée dans les écoles de ParisTech étudiées, le travail du réseau a permis un apprentissage croisé des écoles participantes et le montage de projets conjoints. Le programme du réseau PIMREP pour l'année 2011 sera consacré à l'analyse d'expériences étrangères remarquables. Un colloque international est prévu sur ce thème en 2011.

Summary

The PIMREP network, set up at the end of 2008, is composed of professors specialised in innovation management. In 2009 it conducted a survey on training in innovation in ParisTech schools, with the aim to identify trends and encourage experience sharing between members of the network. Six main conclusions were drawn from this study.

1. The survey highlights the presence of enduring programmes and an impressive variety of more recent ones in the degree courses of the schools examined.

2. Training in innovation involves a variety of teaching situations. The network drew up a **five-level system of reference**, ranked in growing order of ambition and requirement: awareness-raising, development of capacity for individual initiative, training in methods and theories in innovation management, training in contexts of innovation, and integrated degree courses.

3. Given the ParisTech schools' different traditions and contexts, the cases examined in this system of reference reveal a great variety of experiences pertaining to **two complementary models** : **innovative engineering**, that puts focus on innovation processes in companies, and *science-push innovation*, that concentrates on innovation stemming from research. These two models, which translate into different pedagogical choices, reflect the duality of students' career profiles in these schools. **The most favourable situation lies in the balance between these two models, a balance that varies according to the tradition and positioning of the schools.** Adopting a variety of approaches is an asset, and the members of the network will seek to promote diversity in their respective institutions in order to adjust this balance. Several projects are being developed for this purpose.

4. Innovation and company creation are two different and complementary themes. Current dynamics tend to organise synergies between the two approaches without mixing them up : almost all students will require competencies in contexts of innovation during their professional careers, while much fewer of them will be led to create companies.

5. The most advanced teaching situations (TS4 and TS5) are also the most demanding in terms of teaching resources, whether they be quantitative or qualitative. They are essentially found in specialised degree courses, with reduced numbers of students. **In all the cases examined, collaboration between teaching and research staff appeared as a condition for success.**

6. One perspective for improvement lies in a *better combination of programmes offered by each school and institutional schemes for the promotion of innovation.*

The work accomplished by the network not only yielded insights into teaching situations in the ParisTech schools, but it also led to experience sharing between participating schools and the setting up of joint projects. In 2011 the PIMREP network will focus on the study of remarkable experiences abroad. An international conference will be held in 2011.

Synthèse

des situations pédagogiques

Les recherches sur l'innovation et la conception ont connu depuis vingt ans d'impressionnants développements et renouvellements. Sur le plan de la formation, on assiste aujourd'hui à une forte demande pour le développement d'initiatives pédagogiques qui tirent parti de ces acquis : dans les cursus ingénieurs, dans les Masters et les cursus doctoraux afin de mieux valoriser les compétences scientifiques dans les entreprises, dans les dispositifs d'appui à la création d'entreprise, en formation permanente...

Constitué fin 2008 en rassemblant les enseignants-chercheurs en gestion spécialisés sur le management de l'innovation, le réseau PIMREP a mené en 2009 une enquête sur la formation à l'innovation dans les écoles de ParisTech. L'objectif poursuivi était d'identifier les tendances et de stimuler l'échange d'expériences entre les membres du réseau.

La première étape a consisté à construire un référentiel permettant d'abord de rendre compte des différences d'objectifs et des méthodes de formation observées dans les Écoles. Ce référentiel est aussi un bon outil pour montrer les évolutions en cours et dessiner ce que pourraient être les perspectives communes à ParisTech dans un domaine aussi crucial.

Trois propositions importantes, appuyées sur les recherches et les expériences d'enseignement antérieures ont structuré la démarche d'élaboration du référentiel et le questionnaire de l'enquête.

1. Les écoles de ParisTech conduisent à deux types de trajectoires professionnelles, toutes deux particulièrement concernées par les dynamiques d'innovation contemporaines.

- les élèves rentrant dans l'entreprise, après le cursus "grande école", dans des positions d'ingénieurs et managers qui seront amenés à s'impliquer dans les dynamiques innovantes des entreprises, ce que nous appellerons par la suite le modèle de l'**ingénierie innovante** ;
- les ingénieurs et scientifiques poursuivant une carrière en recherche et qui seront

alors concernés par les problématiques de valorisation de leurs résultats scientifiques, ce que nous appellerons par la suite le modèle de l'**innovation valorisation**.

2. La formation à l'innovation doit se décliner à un double niveau

- une action sur les **comportements individuels** des étudiants pour stimuler l'initiative innovatrice et l'autonomie nécessaire à son développement ;
- la transmission des **corpus théoriques et méthodologiques** indispensables pour comprendre les visées stratégiques et pour agir dans les processus collectifs de la conception innovante.

3. La formation à l'innovation nécessite des modèles pédagogiques variés qui vont de l'acquisition de savoirs académiques à l'apprentissage par immersion complète, sous tutorat, dans des situations réelles. L'efficacité de la formation à l'innovation est d'autant plus grande qu'elle met en œuvre des **dispositifs pédagogiques qui recréent un contexte de réflexion et d'action proche des situations d'innovation réelles**.

À partir de ces trois propositions, le groupe de travail a construit un référentiel pour caractériser les formations analysées. Ce référentiel caractérise les dispositifs pédagogiques de formation à l'innovation selon cinq "**situations pédagogiques**" (SP) différentes, classées par ambition croissante :

- **SP1 : Sensibilisation**

Il s'agit d'exposés, témoignages ou conférences introductives (a priori non validantes), pouvant s'insérer dans un cycle spécifique ou se dérouler dans le cadre d'un cours centré sur une matière donnée.

- **SP2 : Développement des capacités d'initiative des étudiants sur des projets qu'ils choisissent.**

Il s'agit de démarches individuelles, peu encadrées en termes de méthode ou d'apport de contenu. Se réfèrent à cette catégorie notamment les challenges auxquels participent souvent les élèves, les périodes de césures lorsqu'elles sont consacrées à des actions innovantes.

- **SP3 : Formation aux corpus de méthodes et théories sur le management de l'innovation**

Ce sont des cours, séminaires... développant des théories traitant des stratégies et processus d'innovation et des méthodes qu'ils mobilisent. Il s'agit d'activités validantes et significatives en termes de volume horaire (différence avec SP1) dont on mesurera les ECTS, les horaires et les effectifs d'élèves touchés, ainsi que les caractéristiques du corps enseignant (académique ou professionnel).

- **SP4 : Formation en situation d'innovation**

Cela recouvre des dispositifs variés fondés sur de l'implication dans des projets innovants. On mettra l'accent sur l'intégration des corpus (théoriques et méthodologiques) en management de l'innovation dans le projet, la réflexivité sur l'expérience vécue ainsi que les modalités de tutorat (différence avec SP2).

- **SP5 : Parcours intégrés**

Ce sont des dispositifs soutenant, dans la durée (parfois sur tout le cycle scolaire) et de manière intégrée, une démarche d'apprentissage de l'innovation au sein des différentes activités de l'élève dans le cursus de l'école.

L'enquête a consisté à analyser les cursus des écoles selon cette grille : type de situations pédagogiques mobilisé, population d'étudiants touchés, "poids" en termes de volume horaire et d'ECTS, distribution dans la progression du cursus. Elle a visé, d'une part, à repérer des tendances, des configurations typiques, d'autre part à repérer et décrire des cas particulièrement intéressants.

Le périmètre a couvert les écoles suivantes : AgroParisTech, Arts et Métiers ParisTech, ENSTA ParisTech, Institut d'Optique *Graduate School*, HEC Paris, MINES ParisTech, École Polytechnique, École des Ponts ParisTech, Télécom ParisTech. L'enquête a porté sur le cursus principal des écoles, les Masters, les Mastères spécialisés et le cursus doctoral. On donne en annexe 1 (p. 54-55) un exemple de grille remplie.

Les résultats de cette enquête se déclinent en six enseignements principaux, développés dans la suite.

Ces enseignements ont été partagés au sein de ParisTech lors d'une journée consacrée au thème, en janvier 2010.

L'activité du réseau a permis par ailleurs, d'une part, de susciter des apprentissages croisés entre les écoles et, d'autre part, de monter des opérations conjointes dans le cadre des appels à projet sur le domaine (notamment le projet PEEPS – Pôle de l'Entrepreneuriat Étudiant Paris Saclay). Le travail du réseau se poursuit par une enquête sur les pratiques étrangères dans le domaine.

La formation à l'innovation à ParisTech : des expériences significatives et variées, en fort développement, justifiant un échange d'expériences au sein du réseau

Un constat s'impose et mérite d'être rappelé en préambule : les écoles de ParisTech ne découvrent pas aujourd'hui l'importance des formations à l'innovation. Certains enseignements pionniers datent du milieu des années 1990. On assiste depuis 5 ans à un développement généralisé d'actions pédagogiques sur l'innovation, qui se déploient de l'entrée dans les écoles jusqu'aux cursus doctoraux.

Au moment de l'enquête, toutes les écoles mettent en œuvre, a minima, des actions de sensibilisation (SP1) sur le thème à l'ensemble des étudiants. Ces actions sont engagées dès la première année des cursus. Elles se poursuivent jusqu'aux cycles doctorat dans le cadre des doctoriales. L'ampleur de ces actions est variable, depuis quelques conférences (moins de 5 heures) jusqu'à des dispositifs lourds comme les exercices de découverte organisés sur 3 semaines à MINES ParisTech, véritables opérations de "détaupinisation", sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Les politiques des établissements vis-à-vis de SP2 sont diverses : certaines considèrent ce type d'initiatives individuelles comme obligatoires pour tous (acte d'entreprendre à MINES ParisTech, projet autonome à l'ENSTA ParisTech, projet obligatoire à Télécom

ParisTech et à l'École des Ponts ParisTech), les autres les encouragent mais ne les valorisent ni ne s'y impliquent.

Toutes les écoles ont des cursus en électifs (plus ou moins réduits) spécialisés sur le thème de l'innovation qui délivrent des enseignements sur les corpus sur le management de l'innovation (SP3). Le poids de ces enseignements est plus lourd en fin de cursus (dernière année d'école, année Master 2 ou Mastère spécialisé).

Des programmes plus réduits et concentrés sont souvent proposés à l'ensemble des élèves dans les programmes doctoraux (semaine Sciences et Entreprise à MINES ParisTech et aux Arts et Métiers ParisTech, séminaire en création d'entreprise entre le département Science Économie et Finance de l'École des Ponts ParisTech et HEC Paris, doctorales à l'École Polytechnique...) ou dans les cursus spécialisés sur les disciplines de sciences dures. Les volumes horaires consacrés à la transmission des corpus sur le management de l'innovation sont variables : de 60 à 150 heures.

Les dispositifs de type SP4, combinant une implication dans des projets innovants réels, la mobilisation des enseignements théoriques et méthodologiques dans le cadre d'une initiative étudiante, généralement collective et un tutorat personnalisé, interviennent généralement en fin de cursus. Ces formules peuvent être légères en volume et obligatoires pour tous (6 mois, ½ journée/semaine comme les PSC à l'École Polytechnique), menées dans le cadre des projets de fin d'études d'ingénieur (3 mois), ou selon des cycles plus longs pour des électifs réduits (18 mois pour le Master PIC à l'École Polytechnique, effectif 20 élèves ; 9 mois pour la filière Design Innovation à l'École des Ponts ParisTech en coopération avec Stanford, une douzaine d'élèves).

Le contexte d'action peut être une entreprise (option Ingénierie de la conception à MINES ParisTech ou PIC par exemple), un laboratoire de recherche (CPI- Conception de Produits et Innovation à Arts et Métiers ParisTech par exemple) ou un groupe projet de création d'entreprise innovante (FIE à l'Institut d'Optique *Graduate School*, HEC Entrepreneurs à HEC Paris).

L'enquête a mis en lumière l'importance du tutorat, qui assure deux fonctions : une fonction d'assistance ou "coaching" des étudiants dans l'accomplissement de leur projet ; une fonction de "magistère" stimulant la réflexivité des élèves sur la situation qu'ils affrontent et l'intégration des savoirs théoriques dans l'action.

Les cursus intégrés articulant sur plusieurs années de cursus des volumes centrés "innovation" importants (SP3), l'implication dans des projets réels (SP4) sont plus rares et réservés à des effectifs réduits. Ils tendent à se déployer dans le cadre de Masters ou Mastères spécialisés (M1 + M2 au Master de Recherche Conception Industrialisation Risque Décision (CIRD) d'Arts et Métiers ParisTech spécialité Innovation Conception Ingénierie, PIC de l'École Polytechnique...). Ils peuvent même se prolonger au-delà de l'école par un accompagnement en incubation comme la FIE à Institut d'Optique *Graduate School*, ou le programme doctoral CREDA2 (Création d'Entreprise et Développement d'Activités) aux Arts et Métiers ParisTech.

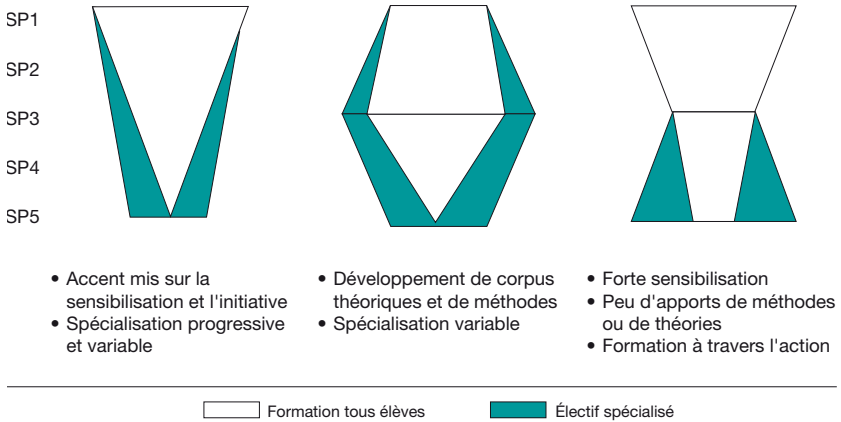
Au-delà de cette synthèse traçant les tendances générales, la journée PIMREP du 21 janvier 2010 a permis de présenter 8 expériences spécifiques illustrant la variété des pratiques. On trouvera ces cas dans la suite de ce rapport.

Le référentiel PIMREP : un cadre de positionnement dans lequel chaque école peut se situer et développer sa stratégie

L'enquête a d'abord validé le cadre d'analyse proposé par le réseau. Ce référentiel permet effectivement de caractériser la maturité de l'école vis-à-vis de la formation à l'innovation.

Au départ, les écoles abordent généralement le thème par des actions de sensibilisation et de stimulation de l'initiative individuelle (SP1 et SP2). L'introduction d'enseignements validants (SP3), de dispositifs pédagogiques en situation (SP4) signalent une maturité plus forte. Les cursus intégrés (SP5), lorsqu'ils existent, sont très généralement plus récents.

La première configuration typique de la figure ci-dessous schématise une configuration peu mature. Les deux autres représentent des évolutions contrastées caractérisées, l'une, par l'apport de méthodes et de théories, l'autre, par la mise en situation d'action.



La poursuite de la réflexion du PIMREP pourrait s'orienter sur la construction d'un index à partir de ce référentiel, index évaluant la maturité de la formation à l'innovation de l'établissement d'enseignement.

Des traditions d'école différentes qui évoluent vers un équilibre entre le modèle de l'innovation-valorisation et de l'ingénierie innovante

L'enquête a fait apparaître deux orientations pédagogiques différentes, en fonction de la tradition de l'établissement, vers le modèle de l'innovation-valorisation (ESPCI ParisTech, Institut d'Optique *Graduate School*, École Polytechnique notamment) ou celui de l'ingénierie innovante (Arts et Métiers ParisTech, MINES ParisTech, École des Ponts ParisTech, AgroParisTech en particulier).

Modèle de l'innovation-valorisation

- L'innovation comme un prolongement nécessaire de l'activité scientifique
- Accent mis sur les enseignements disciplinaires
- Accent mis sur la sensibilisation à une "culture de l'innovation"
- Enseignements lourds sur les corpus de l'innovation réservés à des filières spécialisées réduites en nombre
- Contenus : création d'entreprise technologique, propriété industrielle, financement de start up
- Situations d'innovation en labos

Modèle de l'Ingénierie innovante

- L'innovation comme une dimension clé de l'activité de l'ingénieur en entreprise
- Corpus théoriques et méthodologiques de la conception innovante
- Initiation à des disciplines comme le design, l'ergonomie, analyse des usages...
- Accent mis sur la production par les étudiants de concepts de valeur novateurs
- Activation par l'étudiant de sources scientifiques multiples
- Equipes pluridisciplinaires
- Mises en situations en entreprises

On constate que les écoles cherchent à converger sur un équilibre entre ces deux modèles, qui traduisent la variété des profils professionnels de leurs étudiants. Ainsi, des programmes spécifiques pour doctorants se développent dans les différentes écoles depuis quelques années.

Quelle articulation entre formation à l'innovation et formation à l'entrepreneuriat ?

Entrepreneuriat et innovation sont deux notions souvent confondues à tort. Il faut rappeler que la performance d'innovation est aujourd'hui une condition indispensable de la croissance et même de la pérennité des entreprises existantes, la plupart des produits ou services innovants étant d'ailleurs conçus dans des entreprises établies (que l'on pense à l'iPhone ou à l'A 380 par exemple). D'un autre côté, nombre de start-up technologiques s'inscrivent dans des problématiques innovantes justifiables des méthodes et des concepts développés dans le champ du management de l'innovation. C'est pourquoi le PIMREP a consacré une étude spécifique sur les formations à la création d'entreprise, à côté de l'enquête sur les formations à l'innovation.

Comme pour le domaine de l'innovation, l'étude montre, à côté de quelques programmes pionniers en ce domaine (HEC Entrepreneurs en particulier), un développement récent spectaculaire. L'articulation avec les formations à l'innovation est variable (cf. tableau ci-dessous) et correspond à l'orientation suivant les deux modèles : ingénierie innovante (qui a plutôt mis l'accent sur la formation aux corpus de l'innovation) et innovation-valorisation (qui développe les enseignements sur le management de l'innovation dans le cadre de cursus centrés sur le développement de start-up technologiques). On constate en général une tendance à la convergence des deux approches, les dispositifs axés entrepreneuriat s'enrichissant des apports des corpus du management de l'innovation, les cursus centrés innovation se développant vers la création d'entreprises innovantes.

Formation à l'entrepreneuriat	HEC Entrepreneur I et E MINES ParisTech	FIE – IOGS Master CREDA - Arts et Métiers ParisTech Masters Télécom ParisTech
		MS Télécom ParisTech/HEC DA GIPE AgroParisTech MS Masternova - AgroParisTech Option IC - MINES ParisTech Master CIRD - Arts et Métiers ParisTech Master PIC – École Polytechnique UEE Conception et Innovation
	Formation à l'innovation	

Quel compromis entre formation générale de tous les élèves et filières spécialisées sur l'innovation ?

Si les dispositifs SP1 et SP3 se déclinent facilement à des effectifs d'étudiants nombreux, l'un des constats de l'enquête est le coût important des dispositifs intégrés de type SP4 et SP5, en termes de tutorat par des enseignants-chercheurs : trouver les projets adaptés, accompagner les étudiants dans la conduite de leur projet dans un contexte réel d'entreprise, comme dans l'effort réflexif sur leur démarche et l'intégration théorie-pratique, sont autant d'activités pédagogiques qui ne peuvent être déléguées aux maîtres de stage des entreprises (toujours indispensables), selon le modèle des stages d'ingénieur traditionnels.

Les conséquences sont les suivantes :

- quelle que soit l'orientation du contenu (innovation, création d'entreprise), les formules pédagogiques les plus intégrées sont réservées à des petits effectifs, dans les dernières années des cursus ;
- il est illusoire de chercher à décliner ces formules sur l'ensemble des effectifs des établissements, la massification de ces formules pédagogiques induisant des risques de dégradation importants de leurs performances ;
- l'association étroite enseignement/recherche est ici un facteur clé pour pérenniser ces dispositifs. Dans la quasi totalité des cas, ils s'appuient en effet sur l'implication forte de personnels permanents des laboratoires de recherche (spécialisés dans le domaine de la gestion de l'innovation comme à AgroParisTech, à MINES ParisTech, à l'École Polytechnique, le domaine de l'ingénierie comme aux Arts et Métiers ParisTech, les domaines scientifiques concernés comme à l'Institut d'Optique *Graduate School* notamment). Cet adossement permet de valoriser ce coût d'encadrement par l'intérêt scientifique qu'y trouvent les chercheurs.

L'articulation avec les dispositifs institués en faveur de l'innovation

Le domaine de l'innovation a donné lieu depuis une décennie au développement de nombreux dispositifs d'incitation et de restructuration : bourses Cifre, crédit impôt recherche, Instituts Carnot, concours de création d'entreprise, prix de l'innovation, pôles de compétitivité associant entreprises et académiques, création et soutien d'incubateurs...

L'un des vecteurs de développement des actions pédagogiques sur l'innovation sera une plus forte articulation des actions définies dans les écoles avec les cadres institutionnels de l'innovation. En particulier, les formules de type SP5 semblent particulièrement adaptées pour s'inscrire dans les actions de recherche partenariale avec l'entreprise ou les dispositifs d'aide à la création d'entreprise. L'association étroite de l'enseignement et de la recherche est, ici encore, une condition de réussite, de même que l'implication des cellules en charge de la valorisation.

Témoignages

des enseignants-chercheurs

*Ces témoignages ont été réunis lors de la réunion
de présentation et de discussion des travaux du PIMREP, en janvier 2010*

Les corpus de l'enseignement à l'innovation : sciences de l'ingénieur, sciences sociales

Réflexions sur le design communicationnel et son rôle dans la formation au management de l'innovation

Témoignage de Annie Gentès - Département SES – Télécom ParisTech

Contexte et positionnement : l'innovation spécifique des technologies de l'information et de la communication

La question de l'innovation dans le monde de l'information et de la communication est au cœur de la problématique du projet co-design à Télécom ParisTech. À un moment où l'innovation technique apparaît en Europe comme problématique et où les modèles sociologiques ou économiques ne permettent pas d'accompagner de façon satisfaisante l'innovation dans les entreprises, il s'agit de considérer les potentiels des technologies numériques et en réseau pour créer de nouveaux environnements : médias, services, produits, outils de représentations, relations.

D'une manière générale, les interrogations sur les usages et les pratiques des technologies d'une part, sur les environnements et la durabilité d'autre part, conduisent à des questionnements sur la finalité des services et objets contemporains : Que produire ? Que doit être un produit / service demain ? Que fera-t-on avec ? Comment vivre et habiter les technologies ?

Le projet que nous mettons en œuvre s'appuie sur les compétences indispensables pour penser l'invention spécifique aux technologies de l'information et de la communication en tenant compte des deux éléments qui viennent d'être signalés : la nature des techniques et les contextes – productions et pratiques – de leur mise en œuvre.

Les objectifs du projet co-design

Les objectifs du projet sont :

- 1. Intégrer, définir et éventuellement modéliser la démarche de design** dans les processus de recherche et d'innovation par la collaboration ingénieur / designer sur des projets de recherche technologique.
- 2. Créer un pôle d'excellence autour d'une innovation technologique** ayant des incidences sur la culture et les représentations de l'identité humaine et des institutions sociales.
- 3. Diffuser par des activités pédagogiques, des publications et colloques, les résultats de la recherche** dans le respect des dispositions conventionnelles liant le projet à ses partenaires industriels.
- 4. Intégrer ces résultats dans les enseignements** délivrés par les établissements d'enseignements associés (Paris I et ENSCI - École Nationale Supérieure de Création Industrielle).

Une forme de recherche et de pédagogie originale autour de l'innovation

Le co-design (pour communication design) intègre les sciences et techniques de l'ingénieur, les sciences de l'information et de la communication et le design, la philosophie et l'anthropologie des arts et des techniques. La collaboration testée depuis 5 ans avec succès auprès des équipes STIC de recherche de Télécom ParisTech permet de contribuer à la définition des technologies émergentes non seulement du point de vue technique mais aussi de l'insertion dans les milieux de vie et de l'impact médiatique. L'expérience des autres institutions partenaires permet d'élargir ce champ d'intérêt et d'étude à diverses questions d'environnement et de culture.

Les projets de recherche technologique et scientifique sont accompagnés et nourris de la démarche et des pratiques du design, dans une optique pluridisciplinaire : ingénieur, sciences de l'InfoCom et design. Les spécificités de la méthode de projet créatif et sensible du design sont un complément décisif pour l'innovation française et européenne.

Le design est un catalyseur, c'est un lien entre les disciplines qui permet de :

- constituer des espaces de conception et de réalisation centrés sur les méthodes et les usages et visant à combler les écarts entre technologie et produit final dans les processus d'innovations technologiques ;
- réformer le diptyque historique Ingénieur/designer dans les processus d'innovations technologiques, notamment au niveau des TIC ;
- transformer une innovation technologique en élément adéquat et "désirable".

Pluridisciplinarité autour de l'innovation

Philosophie, sciences de l'information et de la communication, design, STIC : le projet met en avant l'importance des approches transdisciplinaires et réfléchit aux stratégies d'intelligence collective à travers une analyse de l'articulation concrète de chaque discipline autour d'un projet réel : quels sont les postulats, les méthodes, les contributions matérielles, les savoir-faire qui permettent à une équipe de faire émerger une invention technique. La pluridisciplinarité implique :

- une réflexion philosophique de fond sur l'expérience spécifique des objets et medias numériques, sur la sensibilité à ces objets et medias, sur leurs pouvoirs esthétiques. Cette réflexion est nécessaire pour fonder une recherche sur les objets communicants et leur rôle dans la société contemporaine ;
- les sciences de l'information et de la communication en tant qu'elles sont capables d'analyser les formes et enjeux des technologies de l'information et de la communication. Ces sciences apportent des préconisations de services innovants liés à ces technologies émergentes. Elles permettent en outre d'intégrer les travaux des sociologues de l'innovation dans une perspective d'exploitation des résultats dans les travaux de recherche ;
- le design industriel est la spécialité du design la plus proche de la conception des objets techniques, mécaniques et numériques. Cette spécialité est indispensable dans le domaine des sciences et technologies de l'information et de la communication en particulier dans une institution de recherche où il faut des experts capables de réfléchir sur les technologies en devenir ;
- le design numérique qui englobe la problématique des interfaces, de l'interaction,

des services et de la création de contenu ;

- le management de l'innovation et la sociologie de l'innovation. Il faut observer les collectifs d'innovation afin de penser les complémentarités des activités de design et d'ingénierie. Il s'agit en particulier d'analyser les formes de prise en compte des utilisateurs potentiels dans les technologies émergentes : le designer et l'ingénieur pensent et intègrent l'utilisateur avec des modalités spécifiques qu'il faut confronter aux méthodes et apports des sciences humaines et sociales sur les pratiques et usages.

Les thèmes de recherche et les projets d'élèves : principes et éléments généraux

Il faut développer la réflexion engagée sur des thématiques spécifiques répondant notamment aux enjeux ouverts par les TIC : hypercontexte, hypersituation, hyperlocal, informatique ubiquitaire, néo-objets, intelligence ambiante, représentations sensibles des technologies, dispositifs d'éducation et de connaissance, objets vivants, réalité augmentée en cadre urbain, usages et situations des réseaux Wifi ad hoc, commerce multi-modal, identité des services numériques, services participatifs, objets communicants, mémoire et dispositif d'archivage, les loisirs et les interfaces au sens le plus large.

Des réflexions se sont construites au travers de partenariats avec des entreprises : l'évolution vers le tout IP des fabricants de produits Bruns (Kenwood), les services pour la 3G (FT R&D), les objets connectés dans la maison (FT R&D), le livre numérique (@Folio), l'homme augmenté (robots), les systèmes opératifs nomades, MID (Mobile Internet Display avec SFR), le carnet d'adresses comme métaphore de construction d'interface de mobilité, la réalité augmentée en contexte urbain réel (Citu Cap Digital), etc.

La recherche et les projets proposés aux élèves impliquent à la fois :

- une analyse des processus de conception créative à partir des méthodologies de production et de recherche des objets communicants ;

- une théorie des objets numériques et des objets communicants capable de mettre en relation surfaces d'accueil et dispositifs opératoires d'une part, réglages et pratiques d'autre part ;
- une théorie des appareils et des opérateurs ;
- une théorie des environnements, des situations et des applications.

Les thèmes de recherche : exemples

Quelques exemples de thèmes de recherche : UbiComp, Pervasive Computing, Information everywhere, objet communicant, objet informationnel, objet relationnel, ordinateur sans écran, communication indirecte, interfaces-objet, expériences utilisateur, confort d'usage, désir, etc.

L'objectif est la construction d'un discours scientifique et conceptuel sur les enjeux, méthodes et pratiques du design dans les projets complexes relevant des TIC.

Les projets de recherche en design portent sur l'observation et la description des méthodologies spécifiques convoquées : intuition, synthèse, modalité des conceptions, propositions des solutions, synthèse, esthétique, induction des formes d'usages et de pratiques. La recherche concernera également les apports et valeurs de ces pratiques, dans le cadre de projets pluridisciplinaires peu documentés à ce jour, spécifiquement en France.

Exemples de questions : pourquoi et comment le design peut-il accompagner la production de l'innovation technologique ? Quelle est la perception d'une expérience ? Comment conçoit-on une expérience d'usage ? À quels niveaux et selon quelles modalités les valeurs culturelles sont-elles engagées ou concernées ?

Exemples de thèmes de recherche : théorie du design numérique, théorie de la production de services, contenus et contextes pour les objets numériques communicants, méthodologies de conception de technologies humaines, adéquates, désirables et compétitives, expériences d'usage et de conception des produits numériques (valeurs objectives, rationnelles, culturelles), relations entre facteurs opératoires et facteurs d'usage, attributs et qualités des interfaces.

Du management de l'innovation à la formation à la conception innovante : une progression permise à AgroParisTech par la collaboration avec MINES ParisTech

Claude Denisse, Armand Hatchuel et Michel Nakhla

Management de l'Innovation

Claude Denisse

L'enseignement en management de l'innovation se positionne à AgroParisTech - cursus agronome¹ - en première, en deuxième et en troisième année. Un enseignement de sensibilisation à la création d'entreprise innovante est aussi proposé en deuxième année. Ces enseignements comprennent des cours appuyés sur des exemples et des études de cas, des interventions de professionnels et de créateurs, et des travaux personnels. De nombreuses méthodes, qui relèvent classiquement des sciences de l'ingénieur, font partie des outils du management de l'innovation (par exemple, l'analyse fonctionnelle, l'analyse de la valeur, les méthodes et outils du management de projet etc...). Nous voulons insister ici sur d'autres parties de cet enseignement qui visent d'autres objectifs.

L'enseignement en management de l'innovation permet en particulier de :

- **Préparer les étudiants à s'impliquer dans des processus, les processus d'innovation, dont les caractères sont spécifiques.**

Ce type de processus est nouveau pour des étudiants qui ont toujours été placés dans un contexte scolaire. Les connaissances et les apprentissages mis en œuvre au cours de ces processus intègrent des formes de connaissances et des modalités d'apprentissages très différentes de ce que les étudiants connaissent déjà. Les processus d'innovation sont différents des autres processus qui se déroulent dans une entreprise par leur dimension exploratoire, d'apprentissage et de création, leurs trajectoires itératives, et leur caractère incertain.

- **Discuter des types d'organisations et des dispositifs organisationnels favorables à l'innovation.**

Les étudiants en cours de cursus ne connaissent pas ou peu les entreprises de l'intérieur

¹. Le travail du groupe PIMREP a commencé avant la fusion de plusieurs écoles dans AgroParisTech, c'est pourquoi nous nous limitons ici aux enseignements dans le cursus agronome. Des enseignements en management de l'innovation dans les Industries agro-alimentaires existent dans le cursus IAA.

et s'en font souvent une vision idéalisée. Cette partie des cours aborde les problématiques de communication, de coopération inter-fonctionnelle et avec les partenaires externes, ainsi que les questions relatives à l'aménagement d'espaces d'exploration et les questions de capitalisation des connaissances et des compétences.

- **Intégrer les outils nécessaires à la compréhension des usages, des usagers et des clients.**

Il y a un travail à part entière à réaliser pour comprendre les usages et les usagers (perceptions, valeurs et environnement). Ce travail est très inégalement réalisé par les fonctions marketing dont les pratiques et les outils doivent être appropriés par les ingénieurs.

- **Intégrer les bases de disciplines qui, historiquement, n'ont pas toujours été placées au premier plan dans les écoles d'ingénieur et savoir coopérer avec d'autres expertises :**

- Méthodologies d'Analyse stratégique de l'environnement et de positionnement concurrentiel ;
- Méthodologies de Marketing ;
- Méthodologies de Créativité et Design ;
- Propriété Industrielle (l'école ne forme pas des experts en Propriété Industrielle mais les ingénieurs doivent être en mesure de communiquer et de travailler avec des juristes spécialistes de ces questions).

Au cours de travaux en petits groupes, les étudiants développent eux-mêmes de nouveaux concepts de produits, ce qui amène à un travail pluridisciplinaire avec les enseignants des disciplines technologiques.

Sur tous ces points (l'exploration conceptuelle, l'intégration de connaissances issues de champs disciplinaires divers, l'analyse stratégique et le pilotage de la recherche et celui des compétences de l'entreprise), la formalisation en CK (Concept Knowledge) fournit un outil puissant. Dans la dominante de 3^e année GIPE, les étudiants sont formés à cet outil : cela fait l'objet de la partie suivante.

Former à la conception innovante et au développement des entreprises du vivant

Collaboration AgroParisTech – MINES ParisTech (A. Hatchuel, M. Nakhla)

Les deux écoles accordent une place importante à l'innovation dans la formation des élèves tout le long du cursus.

• Une expérience ancienne de collaboration

Une vingtaine d'années de collaboration relie les deux écoles. Initialement, cette collaboration était centrée sur un corpus constitué de calcul économique, de choix d'investissement, de gestion industrielle, d'aide à la décision et de gestion scientifique. Depuis plusieurs années maintenant, cette collaboration se focalise sur l'innovation et se structure autour de deux "spécialisations" : l'option Ingénierie de la conception (IC) à MINES ParisTech créée en 1994 et la dominante Gestion, Innovation et Performances des Entreprises du vivant (GIPE) à AgroParisTech créée en 2004. L'option IC s'est construite autour de l'idée que, dans un régime de compétition par l'innovation, les langages traditionnels du monde industriel ne sont plus adaptés : il fallait donc enseigner les nouveaux langages de l'organisation, de l'ingénieur, de l'économie et du design.

Le programme s'appuie sur plusieurs composantes :

- Théories de la conception : théorie CK, modélisation des connaissances, langage et conception, risque et conception ;
- Organisations d'entreprise et régimes de conception : business models et conception (modèles stratégiques et économiques de la conception, firmes globalisées et délocalisations, distribution et conception, partenariats) ; organisations et métiers (gestion de projet, nouvelle R&D, usine flexible et reconfigurable, éco-design, conception par l'usage, commerce équitable...) ;
- Techniques et outils de la conception : validations (prototypages, visualisations, CAO), design et nouveaux matériaux, techniques marketing et conception avec l'utilisateur ;
- Ateliers intensifs de conception : design, gamme innovante, rétro-conception, conception d'une gamme de produits innovants et stratégie, créativité et travail collectif ;
- Histoire de la conception et de l'ingénieur.

En 2004, la dominante GIPE a intégré ces développements dans un programme plus large axé sur les spécificités des secteurs du vivant. GIPE est composée de trois parties se déroulant entre septembre et février :

1. Un tronc commun d'enseignements fondamentaux constitué de 3 blocs :

- Projets innovants, conception et lancement de nouveaux produits ;
- Stratégie et gestion industrielle ;
- Gestion et organisation de l'entreprise, finance d'entreprise et financement de projets.

2. Deux modules de consolidation à vocation technologique présentant les spécificités des industries du vivant :

- Bio ingénierie de la valeur santé (Alimentation, Biotechnologie et Santé) ;
- Bio ingénierie de la valeur environnement (Industrie de l'environnement).

3. Un projet d'ingénieur

D'octobre à février, il est consacré à l'étude d'un problème de conception et d'innovation proposé et construit avec des industriels et comportant une dimension biotechnique.

Ces enseignements représentent plus de 500 heures, suivis ensuite d'un stage de 6 mois de mars à septembre.

• **L'organisation de modules communs d'enseignement**

La collaboration comporte deux volets :

- un volet fourni par AgroParisTech et qui vise à sensibiliser les étudiants aux spécificités de l'innovation dans les industries du vivant. Ce module apporte aux élèves d'APT (AgroParisTech) et de MINES ParisTech les enjeux essentiels et les caractéristiques de l'innovation dans les Industries du vivant. Cet apport se structure ensuite autour de deux dimensions : la bio ingénierie de la valeur santé (Alimentation, Biotechnologie et Santé) et la bio ingénierie de la valeur environnement. Dans les industries et entreprises du vivant (Biotechnologie, Agroalimentaire, Environnement...), le principe de la conception innovante s'est révélé extrêmement puissant pour rendre compte des spécificités des processus d'innovation dans ces secteurs. En effet, dans ces industries, créer un nouveau produit ou service revient à activer des connaissances multiples, être capable de

repenser des produits très renouvelés et explorer de nouvelles valeurs : nutrition, bio, santé... ;

- un volet d'initiation à la conception innovante (théorie CK) fourni par MINES ParisTech et que nous développons dans la suite.

- **L'organisation d'un module original : conception innovante**

Le module de conception innovante développé par MINES ParisTech initie les élèves ingénieurs à la conception selon un modèle de l'ingénierie innovante où l'innovation est le moteur de la recherche par opposition à un modèle classique où l'innovation se limite à la valorisation de la recherche (voir synthèse du présent Livre Blanc).

Cette inversion conceptuelle a été rendue possible grâce au développement d'un cadre théorique capable de décrire et de modéliser les nouvelles situations d'innovation. Ce cadre a été formalisé et développé au sein de l'option Ingénierie de la Conception (IC) de MINES ParisTech sous le nom scientifique de théorie CK.

Ce cadre théorique a permis d'organiser l'enseignement de la conception et de l'innovation dans l'option IC et dans la dominante GIPE.

Ce cadre théorique est décliné selon trois niveaux par une équipe commune d'enseignants-chercheurs AgroParisTech et MINES ParisTech et par un encadrement commun de projets d'ingénieurs et de stages de fin d'étude.

Niveau 1 :

L'acquisition des corpus théoriques et méthodologiques de la conception innovante.

Cette formation théorique orientée vers la maîtrise des raisonnements de conception s'insère par exemple dans le bloc "Projets innovants, conception et lancement de nouveaux produits" du tronc commun de GIPE. Les élèves d'AgroParisTech étant habitués à la modélisation dans des situations de complexité liée à la biologie, ce contexte a facilité cet enseignement axé sur la théorie CK, les modèles de planification, la conception systématique.

Niveau 2 :

L'apprentissage d'un raisonnement de génération et d'expansion de concepts innovants en contrôlant le raisonnement.

Dans les projets d'ingénieurs pilotés par les enseignants d'AgroParisTech et de MINES ParisTech, les élèves des deux écoles mettent en pratique la théorie CK et la modélisation des raisonnements de conception². Ici, l'accent est mis sur la production par les élèves de concepts créateurs de valeur par l'activation de sources scientifiques multiples et approches pluridisciplinaires en situation d'innovation.

Des thèmes variés sont abordés par ces projets :

- Positionnement d'un produit à valeur santé : analyse technologique, économique, marché ;
- Étude de faisabilité d'un concept de biscuit innovant ;
- Faisabilité et lancement de céréales infantiles ;
- Application innovante de la glycérine pour soutenir le développement du biodiesel ;
- La cogénération biomasse pour diminuer les coûts énergétiques ;
- Création d'une entreprise de biotechnologie ;
- Partenariat d'innovation entre fabricants d'arômes et industrie alimentaire ;
- Étude et évaluation de nouvelles techniques de CAO/IAO, de Groupware ou de capitalisation des connaissances : Dassault Aviation, Schlumberger, Aérospatiale, Alactel Optronics, Lectra Systèmes... ;
- Développement de nouvelles démarches de conception (modules, plate-forme), ou de gestion des projets : Renault, Ellipse Animation, Degrémont, Valeo ;
- Nouvelles démarches de conception innovante : PSA, Avanti (start-up du bricolage), Plan Créatif (agence de design produit), Studio Créatif (France Télécom) ;
- Raisonnements de conception dans les univers scientifiques : nouveaux modes de propulsion pour missions sur Mars (CNRS), nouvelles techniques de conditionnement d'air dans l'habitacle (CENERG-PSA).

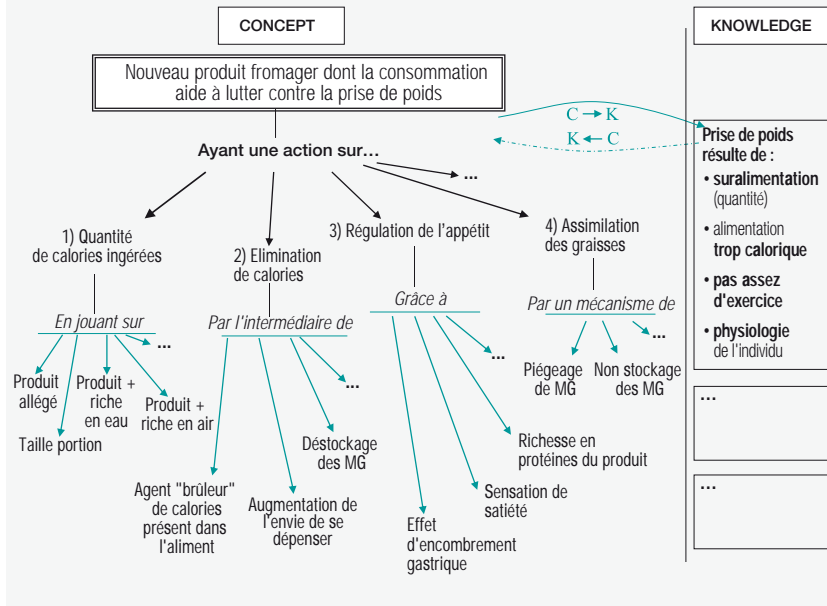
Niveau 3 :

Une mise en situation d'innovation dans l'entreprise par des stages de 6 mois notamment pour les élèves qui choisissent cette voie.

2. A deux reprises, des projets mobilisant ce cadre théorique ont été lauréats du trophée Cap Gemini : Innovation et développement durable.

Exemple d'un projet de conception d'un produit innovant

Obésité et conception de nouveaux produits



Sans développer davantage, deux exemples montrent la portée de ces stages dans la dominante GIPE. Un premier exemple consiste à répondre à une demande industrielle de conception d'un aliment ayant un effet bénéfique sur la santé au-delà de ses propriétés nutritionnelles d'origine. Concrètement, il s'agit d'un aliment à base de viande de volaille ayant un bienfait pour la santé, intervenant sur le système cardio-vasculaire via sa diminution en sel. Le second exemple traite de l'utilisation des NanoTherapeutics pour le traitement du cancer dans le cadre d'une start-up. C'est une situation permanente de conception innovante où l'on assiste à une mise en crise identitaire du concept même de "médicament" par l'intégration de poches de connaissances très variées : interface science des matériaux, biologie, chimie, médecine, physique. La création de valeur est directement indexée sur l'avancée de ces nouvelles explorations.

Quels parcours formateurs, quelle pédagogie active ?

Témoignage de MINES ParisTech et de l'École Polytechnique

Les situations d'innovation présentent des spécificités qui les différencient des rôles classiques définis dans les organisations :

- faible cadrage des missions, dans la prescription du rôle comme l'identification du périmètre d'intervention ;
- ouverture de l'espace des solutions possibles ;
- situation d'incertitude forte sur l'aboutissement de la démarche comme les ressources mobilisables, les champs d'intervention pertinents ;
- situation de déficit important de connaissance sur le sujet à traiter et nécessité de définir une stratégie d'apprentissage dans le cours de l'action ;
- capacité à évaluer et maîtriser les risques ;
- etc.

Les pédagogies traditionnelles, dont les classes préparatoires constituent l'archétype, sont focalisées sur la transmission et la restitution de corpus de connaissances. Elles sont peu adaptées pour préparer les étudiants à affronter de telles situations. D'où le développement de dispositifs pédagogiques mobilisant fortement l'initiative des étudiants face à un problème nouveau, dont la définition est en partie à élucider et n'est, par ailleurs, pas cadrée sur les connaissances qu'ils ont acquises.

L'objet de cet atelier est de préciser comment de telles "pédagogies par projets" peuvent s'inscrire dans les cursus des écoles de ParisTech :

- d'une part en cernant le contenu précis des dispositifs que recouvre cette notion qui qualifie à la fois le développement d'un projet personnel, aboutissant à une présentation évaluée par un jury d'enseignants et la participation à un projet réel en entreprise ou sanctionné par un concours de financement d'entreprise. Quels sont les avantages et les limites de tels dispositifs, d'un point de vue de formation à l'innovation ? Quelles sont les conditions de réussite de telles pédagogies et les pièges à éviter ?

- d'autre part en analysant comment ces dispositifs pédagogiques peuvent s'inscrire dans les cursus des écoles de ParisTech, au sein de calendriers de formation déjà particulièrement fournis.

Pour aborder ces questions, deux exemples contrastés ont été présentés et discutés. D'un côté, le dispositif des MIG des MINES ParisTech est une formation intervenant à l'entrée de l'école, adressée à l'ensemble de la promotion. De l'autre, le Master PIC est une formation de spécialisation intervenant en fin de cursus (année Master 2) et concernant une petite population d'élèves.

Les MIG (Métiers de l'Ingénieur Généraliste) de MINES ParisTech

Marc Lucas

Cette formation est présentée par son responsable Marc Lucas. Elle démarre dès la première année, un mois après la rentrée sur une période de trois mois (trois semaines intensives, puis des réunions hebdomadaires). Son objectif est d'initier les élèves aux réalités du métier de l'ingénieur en travaillant sur des cas réels proposés par le milieu industriel.

Les MIG sont organisés par petits groupes d'élèves (de 8 à 12) encadrés par des enseignants-chercheurs des Centres de recherche de MINES ParisTech. Cette organisation permet l'apprentissage du travail en équipe et la découverte de la pluridisciplinarité des acteurs de la conception (et de l'innovation). Un comité d'organisation est chargé d'assurer la cohérence de l'ensemble des MIG.

Durant leurs travaux, les solutions aux problèmes proposées par les élèves peuvent faire l'objet d'expérimentation et de modélisation au sein des différents centres de recherche de l'école. Les projets sont enrichis par des visites d'entreprises et des conférences.

La restitution globale des travaux par le groupe d'élèves de chaque MIG (rapport écrit et soutenance orale) se fait à l'École devant un parterre de journalistes.

Du point de vue pédagogique, le début de la scolarité est organisé comme une rupture pédagogique avec les classes préparatoires (“la détaupinisation”) dans le but d’initier les élèves aux réalités du métier de l’ingénieur dont la responsabilité est de gérer des problèmes complexes dans un environnement pluridisciplinaire. C’est pourquoi les MINES ParisTech considèrent qu’il est important que les élèves commencent très tôt à prendre conscience de l’importance des compétences personnelles nécessaires à leur futur métier. Celles-ci seront développées et affinées durant toute leur scolarité. Les relations avec les tissus sociaux-économiques durant le projet sont fondamentales. Elles permettent d’aborder un problème complexe dans toutes ses dimensions : scientifique et technique, économique, sociologique, etc. Les élèves découvrent par ce biais qu’il existe d’autres approches que la seule vision scolaire qui débouche sur une solution unique et démontrable à un problème qui serait posé d’avance.

Les MIG visent l’acquisition de méthodes et/ou de démarches plutôt que des connaissances dans une discipline donnée. La résolution d’un problème complexe met les élèves face à l’incertitude dans une constante interaction entre théorie et pratique, entre des logiques d’acteurs différents, entre des disciplines complémentaires.

Par ailleurs, les élèves participant aux MIG établissent des liens privilégiés avec les enseignants-chercheurs. C’est ainsi qu’ils découvrent l’importance des recherches fondamentale et appliquée, indispensables aux élaborations des futures innovations technologiques.

Le Master PIC (Projet Innovation Conception) de l’École Polytechnique

C. Midler

La formation a été créée en 2002 à l’École Polytechnique, en partenariat avec les MINES ParisTech, dans la suite d’une collaboration ancienne dans l’option Ingénierie de la Conception. Elle est habilitée Master de recherche depuis 2004 (cohabilitation MINES ParisTech et Université Paris-Est Marne-la-Vallée). En 2007, un partenariat est monté avec HEC Paris, PIC étant habilité comme année de spécialité d’HEC Paris. À partir de 2010, le partenariat universitaire se noue avec Paris Dauphine.

Le master PIC accueille chaque année une vingtaine d'étudiants, dont un tiers d'HEC Paris et des ingénieurs (École Polytechnique, universités étrangères).

Objectif et pédagogie

Son objet général est de maîtriser les nouvelles théories et méthodologies de management de l'innovation et de les mobiliser dans le cadre d'une situation d'innovation réelle en entreprise.

Les thématiques des stratégies d'innovation, de la conception des produits, de l'organisation et de la conduite des projets innovants ont en effet connu depuis les années 1990 un fort renouveau, tant du point de vue des concepts théoriques qui permettent de l'appréhender dans les champs de l'économie et de la gestion, que du point de vue des méthodes pratiques et des outils utilisés dans les entreprises. On peut citer notamment :

- l'importance croissante de l'innovation dans les stratégies concurrentielles et l'analyse financière, avec de nouveaux concepts pour évaluer et piloter les portefeuilles de projets de R&D (gestion du risque, valorisation des projets dans le cadre de marchés d'options...);
- le raccourcissement des cycles de conception, par la mise en œuvre d'organisations plus intégrées et de nouveaux principes de planification comme par l'utilisation d'outils de simulation et de conception informatisés (Ingénierie Assistée par Ordinateur) ;
- une articulation beaucoup plus forte de l'exploration des besoins potentiels du marché et de la mise au point des technologies capables d'y répondre ;
- parallèlement, une plus grande anticipation des caractéristiques et des contraintes (tant sociales que techniques) des process de fabrication dans la conception des nouveaux produits ;
- la formalisation et le déploiement de nouvelles méthodologies d'ingénierie (notamment dans le génie logiciel) et de capitalisation des connaissances indispensables aux processus de conception au sein des organisations ;

- de nouvelles pratiques de coopérations inter-entreprises en conception (co-développement, open innovation...) qui obligent à redéfinir les cadres de l'échange économique traditionnel.

La formation comporte trois composantes principales :

1. Le Projet de Master est le support pédagogique central de la formation

Son sujet confronte les étudiants à une situation de management de l'innovation réelle en entreprise. Il est préparé en collaboration entre un partenaire industriel et un tuteur chercheur-enseignant du Centre de Recherche en Gestion de l'École polytechnique et/ou d'un chercheur-enseignant d'HEC Paris. **Le tutorat du Master**, assuré par les enseignants pendant toute la durée du cursus, est le dispositif pédagogique principal pour aider à articuler concepts théoriques et expérience pratique et tirer des enseignements généraux et durables de l'expérience singulière du projet.

2. Des enseignements théoriques sont apportés dans 5 domaines

- stratégies d'entreprise et compétition par l'innovation ;
- théories de l'organisation et du management des projets ;
- raisonnements et méthodologies de la conception ;
- pilotage économique et financement de l'entreprise innovante ;
- initiation au Design et à la Conception Assistée par Ordinateur.

Ces enseignements intègrent des pédagogies actives originales qui constituent une première expérimentation collective de la portée et des problèmes de la mise en œuvre des concepts présentés : jeux d'entreprises, simulations de projets, études de cas, ateliers de conception.

3. Des conférences, visites d'entreprises et une mission internationale complètent les apports théoriques en témoignant des approches contemporaines en matière de stratégies et les processus d'innovation.

Une formation axée sur l'intégration des théories et de la pratique de l'innovation : déjouer les pièges de la pédagogie par projet

On voit que le maître mot de cette pédagogie est l'intégration. Intégration théorie sur le management de projet et pratique ; intégration savoirs technologiques et sciences sociales, avec notamment l'association d'étudiants venant de cursus différents ; intégration de l'apprentissage de comportements individuels et d'une capacité d'analyse et d'intervention dans les processus et organisations d'entreprises. Le projet de Master est le dispositif pédagogique clé pour réaliser cette intégration.

Les pédagogies par projet ne sont pas nouvelles. Certaines disciplines les pratiquent depuis des décennies comme l'architecture ou le design. Si elles ont des avantages, en particulier lorsqu'il s'agit de former à l'innovation, elles présentent aussi des risques lorsque les étudiants, fascinés par l'enjeu de la réussite de leur projet, n'adoptent pas dans leur action une réflexivité suffisante pour tirer des enseignements riches et transposables. Construire les conditions d'une réflexion dans l'action et sur l'action est donc un point clé pour déjouer ce piège de la pédagogie projet.

Les choix pédagogiques suivants sont mis en œuvre pour déjouer ce piège de la pédagogie projet.

- **La double définition des projets : intervention dans un processus et apport méthodologique**

Le premier levier est la définition même des projets proposés aux étudiants. Les sujets, définis en coopération entre les enseignants-chercheurs du Master et les responsables des entreprises, doivent avoir une finalité d'apport méthodologique, au-delà de l'implication dans un projet d'innovation réel. Ainsi, par exemple, les projets construits pour 2010 illustrent des problématiques contemporaines du champ des sciences de gestion.

Dès lors, les étudiants sont naturellement incités à mettre en relation les productions théoriques du champ du management de l'innovation et la réussite de leur intervention opérationnelle.

Les projets de Master 2010 : des illustrations des problématiques contemporaines du management de l'innovation

- **Management de l'innovation de rupture**
 - organiser l'apprentissage dans un projet d'exploration : H2 Energie. Air Liquide ;
 - explorer les opportunités des matériaux composites pour le gaz packaging. Air Liquide ;
 - méthodologie de valorisation des projets d'innovation amont. Renault ;
 - interactions entre l'électrification de la motorisation et les usages automobiles. Valeo ;
 - capitaliser les connaissances inter-projets dans le jeu Vidéo. UbiSoft
- **Co-Innovation and Open Innovation**
 - mise en œuvre de l'Open innovation pour la détection et l'intégration de technologies émergentes. Air Liquide ;
 - stratégie de développement d'application d'usage de robots domestiques. Aldebaran Robotics ;
 - organiser l'Open Innovation dans la création de jeu Vidéo. UbiSoft ;
 - organisation d'une fédération de compétences pour le véhicule électrique. PSA ;
 - piloter les ruptures dans la chimie de spécialités : stratégie d'innovation, projet en partenariats et nouveaux business models. Rhodia.
- **Innovation de produit-service associés**
 - innover dans les technologies médicales et les soins respiratoires. Air Liquide ;
 - création et pilotage d'une offre de service TIC innovante. Oberthur Techs.

- **Les vertus de l'académisme : le rendu d'un Master recherche**

Les projets de master donnent lieu à deux productions de poids important dans l'évaluation des étudiants : une présentation publique devant un auditoire important et relevé (responsables R&D de haut niveau, VC, consultants, professeurs et chercheurs du domaine...) ; un mémoire évalué par un jury académique et le responsable du projet dans l'entreprise. Ces productions obligent les étudiants, au-delà d'une simple narration de leur action (qui est généralement impossible du fait du caractère confidentiel de leur intervention), à problématiser et expliciter les enseignements extrapolables de leur expérience. Ces rendus constituent ainsi de puissants stimuli pour un exercice de réflexivité sur la situation traitée, la portée et les limites des méthodes et outils mobilisés.

- **Le rôle clé du tutorat des enseignants-chercheurs**

Le rôle des enseignants du Master est essentiel à tous les stades de cette pédagogie par projet : trouver et définir les sujets, piloter l'étudiant en collaboration avec le responsable entreprise, aider au difficile exercice de formalisation et de réflexivité. On comprend en ayant défini ce rôle qu'il n'est pas possible de le déléguer au maître de stage d'entreprise, qu'il requiert de la part de l'enseignant à la fois une expertise sur le domaine théorique du management de l'innovation (fonction "magistère" indispensable pour aider à la réflexivité et la production d'enseignements théoriques valables) et une expertise d'intervention (fonction de "coach" pour appuyer l'action opérationnelle du projet).

Les conditions associées à ces choix pédagogiques

Il faut insister sur le nécessaire adossement de l'enseignement sur la recherche en management et/ou ingénierie :

- c'est la réputation et le réseau du centre de recherche qui permet de trouver des sujets à la fois ambitieux et ajustés sur les problématiques les plus actuelles ;
- le coût du tutorat serait trop important s'il n'y avait pas une synergie forte avec les enjeux des chercheurs ;
- le professionnalisme des chercheurs prépare à l'exercice difficile du tutorat.

Ces conditions étant réunies, on conviendra qu'il est particulièrement difficile voire impossible de "massifier" un tel modèle pédagogique sans dégrader de manière importante les ambitions visées. Le volume actuel de 20 étudiants est aujourd'hui une limite supérieure compte tenu de l'effectif d'encadrement mobilisable.

Discussion sur la pédagogie active après les témoignages

Dans les deux cas de figures présentés, l'objectif est de rendre l'apprenant acteur de ses apprentissages. La notion de projet est caractérisée par un élève, un binôme ou un groupe d'élèves confrontés à un problème concret, de nature industrielle ou de recherche, qu'ils doivent résoudre. Dans les deux témoignages, les apprenants doivent être capables de comprendre le contexte du projet, ses enjeux, les objectifs, les résultats attendus et de proposer une démarche de résolution planifiée dans le temps. Nous notons aussi qu'au sein des multitudes de formations proposées par les établissements de ParisTech, la notion de projet est un élément central des pédagogies menées (niveaux Licence, Master, cursus d'ingénieurs).

Toutefois, il apparaît clairement que les Masters de recherche axés sur l'innovation sont des formations appropriées pour permettre aux étudiants de prendre du recul vis-à-vis des méthodologies liées aux processus d'innovation afin d'en tirer toute la quintessence nécessaire à leur reproductibilité.

Dans toutes les formations rencontrées pratiquant la pédagogie par projet, les étudiants sont confrontés à des connaissances nouvelles qu'ils doivent assimiler rapidement, synthétiser et réutiliser pour atteindre leurs objectifs. Par ailleurs, les échanges entre les écoles de ParisTech (et autres), entre acteurs ayant des cultures différentes permettent de découvrir le concept de la pluridisciplinarité associé à la nécessité d'établir un langage commun.

Concernant la diffusion des sciences de l'innovation, la pédagogie par projet est la plus pratiquée (quelque soit le niveau d'enseignement). Néanmoins, les interviews de l'enquête montrent que la sensibilisation à l'innovation, peut aussi intervenir pendant

l'enseignement des cours fondamentaux des sciences dures (l'impact des techniques enseignées sur la société est clairement mis en évidence).

L'ouverture aux doctorants de la pédagogie par projet pour la diffusion des sciences de l'innovation (ParisTech, Arts et Métiers ParisTech, École Polytechnique, MINES ParisTech, et ENSTA ParisTech) permettent de mieux appréhender les aspects économiques et les enjeux sociétaux de l'innovation.

Science et innovation : quelle articulation pédagogique ?

Témoignages École des Ponts ParisTech et ESPCI ParisTech

Cette brève synthèse s'appuie sur les témoignages de deux intervenants (Bernard Vaudeville, École des Ponts ParisTech, et Jérôme Bibette, ESPCI ParisTech). Elle est bien évidemment présentée sous la seule responsabilité du rapporteur.

La question posée est celle de l'existence d'une nature particulière des enseignements scientifiques, qui serait génératrice d'une incitation des étudiants à l'innovation. Il ressort des présentations et des discussions dans l'atelier que la vérification d'une telle hypothèse implique l'examen de trois champs : le contenu des cours, les parties prenantes professeurs et étudiants, le contexte social.

Pour ce qui est des cours, l'idée serait celle d'une harmonie entre le contenu, la forme du cours et les processus d'innovation eux-mêmes. Cela implique entre autres pour chaque domaine, les dimensions expérimentales, historiques, l'accent sur les genèses, les intuitions, les allers-retours entre démarches, résultats et finalités. Les "folies" (École des Ponts ParisTech), défis posés à l'ingénieur, constituent une forme dynamique d'articulation et de tension entre science, découverte et innovation.

Les questions posées ici sont :

- celle de la possibilité d'étendre cette vision à un ensemble de cours, ou à l'inverse la nécessité d'enseignements "de base" préalables ;
- l'articulation avec la pédagogie hypothético-déductive elle aussi nécessaire, et moins coûteuse en temps.

Quant aux professeurs, nous sommes évidemment interpellés quant à nos approches. Une première approche est celle des “professeurs entrepreneurs”, présente à l’ESPCI ParisTech avec de nombreux professeurs créateurs d’entreprises, et à l’École des Ponts ParisTech selon une pratique constante avec les professeurs exerçant par ailleurs une activité professionnelle, architectes, dirigeants de bureaux d’études, urbanistes. La présence dans toutes les écoles de ParisTech d’intervenants chargés de cours issus des milieux professionnels peut également être rapprochée de cette recherche de l’alchimie mimétique (ESPCI ParisTech) et innovatrice. Les profils de nos étudiants sont également en question, particulièrement leur formation secondaire et en classes préparatoires, essentiellement didactique. Il apparaît toutefois qu’une fois admis en école, un éventail de profils se révèle, auquel il convient que nous nous adressions de façon correspondante, c’est-à-dire diversifiée, tant les voies de l’innovation sont diverses.

Enfin, on ne saurait négliger l’importance de notre contexte social, industriel et économique. Les formations que nous dispensons ne peuvent qu’être en harmonie avec les modèles d’innovation dans lesquels nous sommes immergés et qui correspondent à nos débouchés. Notre devoir est d’articuler aptitudes individuelles, formation aux compétences personnelles et collectives, attentes à la fois des personnes et de la société en matière d’éventails de compétences. Dans ce contexte, on comprend que les formations établissent mimétiquement une correspondance avec des modèles nationaux d’innovation. Elles seront par exemple différentes selon que l’on s’insère de façon prédominante dans des contextes d’innovation sur le marché, intra-firme, sur programme sectoriel, ou sur programme national. Mais là aussi les cours peuvent chercher à s’articuler avec les aspects les plus orientés vers l’innovation présents dans le contexte institutionnel, mettant en application des formules innovantes comme par exemple le speed innovating, exercice de construction rapide d’un business model autour d’un brevet.

Formation à la création d'entreprise et à l'innovation : synergies et différences

Témoignages HEC Paris et Institut d'Optique Graduate School

Cet atelier prolonge un séminaire itinérant qui s'est tenu dans 7 écoles de ParisTech (École Polytechnique, Télécom ParisTech, Arts et Métiers ParisTech, HEC Paris, MINES ParisTech, AgroParisTech, Institut d'Optique *Graduate School*) tout au long de l'année 2009. Le but était d'échanger sur les expériences de ces écoles en matière de formation à la création d'entreprise, de recherche en entrepreneuriat et de partenariats internationaux sur ce thème.

Chacune de ces écoles a ainsi présenté, à l'occasion de ce séminaire, ses formations, recherches et partenariats internationaux.

Une première synthèse de ce séminaire montre la multiplication des initiatives dans les écoles de ParisTech et leur diversité. En effet, ces initiatives varient d'abord par leurs finalités. Alors que certaines cherchent à sensibiliser les élèves à l'esprit d'entreprise ou à détecter des talents, d'autres poursuivent la volonté de valoriser des projets technologiques à travers la création d'entreprises. Les moyens déployés varient donc en conséquence.

Ainsi, les initiatives en matière de formation à la création d'entreprise peuvent être analysées à l'aide du référentiel PIMREP des 5 situations pédagogiques : certaines initiatives relèvent de la sensibilisation à la création d'entreprise via des conférences de success-story portées généralement par d'anciens élèves (type SP1), d'autres proposent un corpus de connaissances liées à l'entrepreneuriat et à l'innovation – stratégie, marketing stratégique, droit de propriété intellectuelle, financement de l'innovation, modèles de croissance, etc – (type SP3), enfin d'autres s'appuient sur des projets de création, qu'elle soit encadrée par le corpus (type SP4 ou SP5) et intégrée, valorisée dans le cursus ou en autonomie et déconnectée de tout cadre théorique et méthodologique (type SP2).

Cependant, la variété des initiatives en matière de formation à la création d'entreprise nous amène à distinguer des variables supplémentaires pour mieux la caractériser.

- **Cibles concernées**

Certaines initiatives mettent en scène la mixité des équipes d'élèves impliquées, qu'elle soit disciplinaire (Sciences & techniques, Management, Design, etc) ou inter-catégorie ou inter-génération (élèves et membres des centres de recherche qu'ils soient doctorants, post-doc ou chercheurs confirmés, élèves actuels et anciens, etc).

- **Origine du projet de création d'entreprise**

Interne (réel, proposé par les élèves, les enseignants ou les chercheurs, ou virtuel) ou externe (proposé par des entrepreneurs ou des porteurs de projet).

- **Type d'apport**

Dans les situations SP2, SP4 et SP5, le type d'apport de l'école varie d'une mise en contact ou à disposition d'expertises (juridiques comme notamment les services de valorisation des écoles, financières, etc) ou de sources de financement (capital risquer, etc) à de l'accompagnement par des enseignants ou des binômes professeur-entrepreneur, anciens élèves, etc.

Un nombre de plus en plus important d'écoles proposent des incubateurs à leurs élèves, qu'ils soient intégrés à l'école (Télécom ParisTech, École Polytechnique, HEC Paris) externalisés ou en partenariat avec un incubateur public ou privé (MINES ParisTech, etc).

Il ressort de cette grille, la cartographie suivante des initiatives en matière de formation à la création d'entreprise innovante :

- - Orientation appui à projets + +	École Polytechnique Télécom ParisTech	Institut d'Optique <i>Graduate School</i> HEC Paris
		AgroParisTech Arts et Métiers ParisTech MINES ParisTech
	-- Orientation pédagogie de l'entrepreneuriat ++	

En illustration de cette première synthèse, l'atelier s'est appuyé sur le témoignage de François Balembos (Institut d'Optique *Graduate School*) et d'Alain Bloch (HEC Paris).

Depuis 2006, l'Institut d'Optique *Graduate School* offre une **Filière Ingénieurs Entrepreneurs** (FIE) en 2 ans à une vingtaine d'élèves, soit environ le quart de la promotion totale de l'école. Cette formation s'appuie sur une dizaine de projets par an proposés par des chercheurs ou des entrepreneurs et menés par des groupes d'élèves. Les enseignements sont fournis sur mesure (en partenariat avec HEC Paris en partie) et selon les besoins d'avancement des projets qui sont encadrés par des équipes mixtes (entrepreneurs, chercheurs, professeurs, etc). Pour cela, des moyens spécifiques sont accordés comme notamment un bâtiment (6 000 m²) permettant l'accueil mais surtout le prototypage rapide. La 3^{ème} année étant une étape de pré-incubation, l'école offre à certains élèves la possibilité d'avoir un CDD après le cursus scolaire (4A) pour franchir le cap de l'année post école souvent fatale pour la création d'entreprise. En quelques années d'existence, ce dispositif a eu un impact significatif sur le nombre total de créations d'entreprises par les anciens de l'école depuis que celle-ci existe (1920).

Depuis 1976, HEC Paris offre une spécialisation en 3^e année : **HEC Entrepreneurs**. Elle concerne une promotion d'une centaine d'élèves constituée à part égale d'élèves HEC, et d'élèves ingénieurs (notamment des X) ou autres (Sciences Po, universitaires, pharmacie, etc). Cette formation par l'action place des équipes mixtes à ces 3 populations dans 4 situations illustratives de l'entrepreneuriat : la création à partir de projets réels apportés par un réseau d'entrepreneurs, mais aussi le redressement, la reprise et la création de leur projet.

Seul un tiers de la promotion poursuit avec la création d'entreprise mais un autre tiers crée ultérieurement dans la poursuite du parcours professionnel. 4 séminaires ponctuent l'année parallèlement à ces missions et aux enseignements classiques apportés : une mise en situation de leadership, de vente, de bras droit d'un patron de PME et de prise de risque. Cette pédagogie très coûteuse s'appuie sur une dizaine d'enseignants mais surtout sur un écosystème de 100 entrepreneurs et d'un réseau d'anciens très actifs qui proposent des sujets, participent aux jurys d'évaluation des différentes missions et encadrent les projets de création.

Ces deux exemples mettent en évidence au moins les points suivants :

- l'importance des moyens (financiers mais aussi humains de mobilisation des expertises) à déployer pour ce type de pédagogie dans l'action (type SP5) et la complexité de ces dispositifs ;
- au-delà de la création d'entreprise en elle-même, ce type d'initiatives forme plus généralement à l'entreprise et à la prise de risque associée à l'innovation dans les entreprises orientant ainsi les élèves vers certains types de postes ;
- ces formations montrent aux élèves des évolutions de carrière au sein de PME, constituant ainsi un complément aux parcours professionnels généralement mis en avant dans les écoles de ParisTech et essentiellement liés aux grandes entreprises.

Annexes

Annexe 1

Référentiel d'analyse des formations à l'innovation dans les écoles participant à l'enquête

Exemple de l'École Polytechnique (extrait)

École Polytechnique Situation pédagogique	Date de création du cursus	Grille d'analyse des enseignements sur l'innovation			
		Public (année, nbr cursus)	ECTS	Vol hor	Pédagogie
SP1 : Sensibilisation					
Innovation et entreprise	2007	tous élèves 1A		2*1,5	cours magistral, prof permanent
Conférences industrielles de la semaine de la science	2006	tous élèves 1A		5*1,5	Intervenant industriel/chercheur sur thème innovant % recherche thématique
SP2 : Développement de l'initiative innovatrice					
Prix de la création d'entreprise Séminaire création d'entreprise innovante	2008	chercheurs et élèves 20 X3A+HEC	1	24	prof
SP3 : Corpus des méthodes et théories de l'innovation					
		séminaires : 30 maxi			
Initiation au design	2008	élèves 2A	1	24	séminaire et atelier, prof vacataire
Design interaction	2008	élèves 3A, Master X M1	1	24	séminaire, prof vacataire
Création et développement d'une entreprise innovante		élèves 3A, Master X M1, HEC	1	24	Cours magistral + projet , prof vacataire
Séminaire Management de projet	2006	élèves 3A, Master X M1	1	24	séminaire, prof perm
Cours "stratégie d'innovation et dynamique des systèmes de conception"	2007	100 élèves 3A, Master X M1	2	12	cours magistral, prof perm
Séminaire management de l'innovation approfondissement	2008	élèves 3A, Master X M1	1	24	séminaire sur cas, prof perm
SP4 : Formations en situation d'innovation.					
PSC voir projet de master	2002	tous X2A 20 étudiants	5 60	8 mois temps partiel (minimum 1/2 journée par semaine	projet de longue durée en équipe, accompagnement par tuteur (1fois/mois) : enseignant ou industriel, évaluation écrite et orale avec des points d'étape projets (livrable intermédiaire, dossier de définition, ...)

École Polytechnique Situation pédagogique	Date de création du cursus	Grille d'analyse des enseignements sur l'innovation			
		Public (année, nbr cursus)	ECTS	Vol hor	Pédagogie
SP5 : Parcours intégrés					
Master PIC M2		20 étudiants	60	1350	
(I) Projet de Master	2002	X 4A, HEC 3A, INGE EN M2	20	1000	Situation réelle d'innovation en entreprise, tutorat enseignants chercheurs permanents
(II) Enseignements fondamentaux (5)					
Stratégies d'entreprise et innovation			2	18	prof
Management de projet et organisation de l'entreprise			2	18	prof
Processus et raisonnements de la conception			2	18	prof
Financement de l'innovation			2	18	prof
Propriété industrielle			2	18	prof
(III) Enseignements d'approfondissement (6)					
Histoire des systèmes industriels			2	18	prof
Marketing de l'innovation et des services			2	18	prof
Politiques publiques de l'innovation et stratégies			2	18	prof
Evaluation et financement des entreprises			2	18	prof
Recherche, Innovation et compétitivité			2	18	prof
Sociologie de l'innovation			2	18	prof
Organisation de la R&D			2	18	prof
Pilotage des projets d'exploration			2	18	prof
GRH de la R&D et de l'innovation			2	18	prof
Création d'entreprise			2	18	prof
Théories et raisonnement en conception			2	18	prof
Design & Initiation à la CAO			2	18	prof
(IV) Ateliers de recherche (2)					
Innovation de service et conception des usages			2	18	prof
L'innovation en management			2	18	prof
Sociologie des réseaux			2	18	prof
Innovation, TIC et business modèles			2	18	prof
Economie de la connaissance et de l'innovation			2	18	prof
Processus d'innovation en entrepreneuriat			2	18	prof
(V) Séminaire de méthode					
			6	80	prof

Annexe 2

Le programme PIMREP : rappel des objectifs et point d'avancement des actions de la phase d'amorçage

Le programme PIMREP

Les recherches sur l'innovation et la conception ont connu depuis vingt ans d'impressionnants développements et renouvellements. Sur le plan de la formation, on assiste aujourd'hui à une forte demande pour le développement d'initiatives pédagogiques qui tirent parti de ces acquis, dans les cursus ingénieurs, en Master et cursus doctoral afin de mieux valoriser les compétences scientifiques dans les entreprises ainsi que dans les dispositifs d'appui à la création d'entreprise, en formation permanente.

Le programme PIMREP a été créé fin 2008 pour contribuer au développement coordonné de ces recherches et de ces enseignements sur le management de l'innovation, en s'appuyant sur l'expertise internationalement reconnue des écoles de ParisTech impliquées dans le programme, qui présente **quatre traits principaux** :

- **une vision de l'Ingénieur** qui ne se réduit pas à la seule expertise technique et s'étend à la conception innovante et à l'organisation de produits et de systèmes productifs (industries, services, équipements, systèmes agraires...). Ce qui se traduit notamment par l'organisation d'enseignements de perfectionnement sur ces thèmes en cursus doctoral ;
- **une tradition d'interdisciplinarité** favorable aux sciences de gestion car celles-ci exigent à la fois des compétences en modélisation (mathématiques des flux, de la décision, de la conception...) et dans l'étude des organisations (structures et stratégies des acteurs, logiques institutionnelles et culturelles, formes de croissance...);

- **des spécialisations de haut niveau international** dans les domaines du management de l'innovation, de la modélisation des activités de conception et de R&D, et plus généralement, la gestion des projets industriels ;
- **des partenariats permanents** avec les entreprises favorisant une recherche en prise avec les questions de développement et de croissance les plus récentes.

Programme de travail 2009

Le programme de l'année 2009 a été, d'une part l'enquête sur les formations à l'innovation dans les écoles de ParisTech, et, d'autre part, l'amorçage de quatre actions impliquant les membres du réseau, à l'initiative d'une des écoles :

1. Innovation 2020 : Coping with tectonic shifts in global innovation

(pilote : Télécom ParisTech)

2. Management de l'Innovation et création d'entreprise

(pilote : École Polytechnique)

3. Clusters, innovation et PME

(pilote : MINES ParisTech)

4. Innovation, biotechnologie et sciences du vivant

(pilote : AgroParisTech)

Les conclusions du point 2, "Management de l'innovation et création d'entreprise", qui a donné lieu à un séminaire itinérant dans 7 écoles, ont été intégrées au rapport ci-dessus. Nous donnons ici un résumé de l'avancement des autres axes.

Thème 1

Innovation 2020 : Coping with tectonic shifts in global innovation

Pilote : Télécom ParisTech

L'enjeu de ce travail est la représentation de l'innovation à l'horizon 2020-25 dans les différentes aires de l'économie globale : quelles reconfigurations économiques, institutionnelles, industrielles, quels partenariats politiques dans un monde de rivalités, à un moment où la perspective de convergence démocratique est suspendue et où la notion de bénéfices réciproques de l'échange entre en turbulence ?

La spécificité de notre projet est de faire une rétro-projection 2020, de partir des possibles futurs, de construire des éléments originaux de réflexion sur les facteurs de compétitivité, en prenant en compte l'aspect qualitatif du type "style d'innovation", et d'en déduire les pistes d'action. Une attention particulière est portée :

- au rééquilibrage géographique et national des firmes, et à l'avenir des multinationales européennes et américaines face à la montée de leurs concurrentes des BRIC ;
- aux modalités de la décision publique, ses conditions d'élaboration, son adéquation aux enjeux.

Notre travail de recherche aboutit à des considérations sur la carte des plaques d'innovation, leurs attributs, des scénarios de glissement et la définition des déterminants de l'évolution des potentiels R&D des principaux pôles de la connaissance et de l'industrie mondiale.

En 2009, le thème Innovation 2020 a donné lieu à l'élaboration d'une grille explorant l'articulation entre les changements dans les plaques d'innovation à l'échelle internationale et les dispositifs locaux de formation supérieure et de recherche. Cette approche a été illustrée par une étude exploratoire organisée par Valérie Fernandez, avec David Bounie et Thomas Houy (Télécom ParisTech) autour d'un Workshop PIMREP-Innovation 2020, en avril 2009 à l'Université de Chongqing.

Pour 2010, les travaux ont porté en particulier sur :

- une réflexion sur les outils d'analyse et la visibilité des potentiels d'innovation ;
- les clusters TIC à l'échelle internationale ;
- une analyse des obstacles rencontrés et des effets pervers dans les politiques nationales d'innovation ;
- la poursuite de la réflexion sur l'articulation formation/recherche/innovation à ParisTech, en association avec des entreprises partenaires.

Un atelier PIMREP Innovation 2020 est envisagé en septembre 2011, organisé par Maya Bacache et Valérie Fernandez (Télécom ParisTech).

Thème 2

Management de l'innovation et création d'entreprise

Pilote : École Polytechnique

La capacité des écoles d'ingénieurs à stimuler, localement, la création d'entreprises innovantes constitue un enjeu partagé des écoles de ParisTech. L'intérêt d'un projet en réseau sur ce thème se justifie aisément à la fois au plan scientifique et au plan économique. Les champs scientifiques du management de l'innovation et de la conception d'une part, de l'entrepreneuriat d'autre part, se sont en effet développés de manière relativement isolée dans les décennies 1990 et 2000. Leur rapprochement est porteur de transferts fructueux à court terme et d'émergence de nouvelles problématiques au-delà.

La recherche proposée comportait quatre composantes :

- **Composante d'identification et de maillage des expériences** des écoles de ParisTech dans le domaine des méthodologies de création d'entreprises innovantes. Un séminaire régulier a été mis en place en 2009 afin de présenter et débattre des différentes démarches des membres du réseau. Ses travaux ont été présentés lors de la journée PIMREP, en janvier 2010 (atelier formation à la création d'entreprise et innovation).

- **Composante de comparaison avec des démarches étrangères**

Cette composante n'a pas pu être développée dans cette première phase.

- **Composante de formalisation théorique**

Au-delà de la confrontation des pratiques et du recensement d'expériences étrangères particulièrement réussies, l'enjeu de ce projet est bien d'élaborer des modèles théoriques et des dispositifs ou instrumentations dérivés performants pour les créateurs d'entreprise innovante dans le contexte des écoles de ParisTech. Au-delà de la contribution au colloque PIMREP de 2010, un colloque est prévu en 2012.

- **Composante expérimentale**

Ce dernier axe vise à tirer parti des enseignements du réseau pour lancer des expériences conjointes nouvelles dans le domaine. Cela s'est notamment traduit par la participation des membres du réseau au projet PEEPS, dans le cadre de l'appel d'offre sur des expériences de formation à l'entrepreneuriat étudiant.

Thème 3

Clusters, Innovation, PME

Pilote : MINES ParisTech

Partout à travers le monde et au sein de l'OCDE en particulier, les clusters (regroupements d'entreprises, de centres de recherche et d'établissements de formation sur un territoire autour de thématiques ciblées) sont vus comme l'un des moyens privilégiés de favoriser l'innovation et, notamment, d'aider les PME à entrer dans une logique d'innovation.

Le groupe Clusters Innovation PME s'est donné pour objectif au départ d'échanger sur les recherches effectuées sur ces questions au sein de ParisTech, de positionner les recherches effectuées au sein de ParisTech par rapport à la concurrence internationale et d'examiner la possibilité de coopérations nouvelles entre équipes de ParisTech.

Le groupe a réuni 12 chercheurs de 4 écoles (MINES ParisTech, École Polytechnique, École des Ponts ParisTech, Télécom ParisTech). Pour limiter l'investissement en temps requis par chacun, une taskforce de 3 personnes a été constituée qui a rencontré d'abord chacun des chercheurs du groupe, après avoir lu ceux de ses articles qui étaient en lien avec ces questions. Un séminaire d'échanges d'une journée a ensuite eu lieu sur la base de synthèses écrites de ces entretiens, où ont été présentées et débattues les recherches effectuées par chacun, en se demandant à chaque fois quelles recherches pourraient suivre et quels acteurs elles intéresseraient.

Il résulte de ce travail une avancée significative de la connaissance mutuelle entre chercheurs et de la socialisation de leurs travaux et intérêts de recherche au sein du groupe. Le deuxième résultat de ces échanges réside dans le constat de perspectives essentiellement ingénieriques (ie. visant l'aide à l'action) de ces recherches, un point qui constitue une originalité dans le paysage de la recherche internationale. Le troisième résultat tient au constat de degrés d'intérêt et de ressources variables sur ces questions d'une école à une autre, malgré l'intérêt de principe affirmé par tous.

Les prochaines étapes envisagées en vue d'engager le groupe dans une deuxième étape sont les suivantes : production d'un état de l'art qui permette de situer plus précisément l'originalité des recherches menées au sein de ParisTech sur ces questions ; échanges avec les chercheurs sur la base de cet état de l'art, élargissement des perspectives de recherche possibles ; organisation d'un événement à la fois académique et institutionnel mobilisant chercheurs et représentants des pays et institutions de l'Europe, de manière à consolider le groupe et à visibiliser les recherches menées au sein de ParisTech sur ces questions.

Thème 4

Innovation, biotechnologie et sciences du vivant

Pilote : AgroParisTech

Dans les industries et entreprises du vivant (biotechnologie, agroalimentaire, environnement...), créer un nouveau produit ou service c'est activer des connaissances multiples, être capable de repenser des produits très renouvelés et explorer de nouvelles valeurs : nutrition, bio, santé...

Devant ce constat, un cadre théorique adapté pour décrire et modéliser ces situations est nécessaire pour mieux rendre compte des processus d'innovation dans ce secteur et formaliser un corpus pour former les élèves à ces nouveaux enjeux.

Les travaux exploratoires menés à ce stade (phase 1) ont consisté à modéliser quelques situations de conception avec deux entreprises du secteur selon la théorie CK. Une partie de ce travail a été présentée lors de la journée PIMREP du 20 janvier pour illustrer le partenariat MINES ParisTech–AgroParisTech sur la conception innovante. Ce travail a également alimenté l'axe "Management de l'Innovation et création d'entreprise" par des expériences de création d'entreprises dans le domaine du vivant par de jeunes diplômés d'AgroParisTech.

Ce premier travail met en lumière trois dimensions, qui restent à approfondir :

1. La crise identitaire des objets et des concepts

En biotechnologie, le concept obtenu est beaucoup plus qu'un objet matériel ou un assemblage de principes actifs ou d'ingrédients. L'utilisation de l'objet est très liée aux connaissances qui lui sont attachées.

2. L'intégration de poches de connaissances très variées : interface science des matériaux, biologie, chimie, médecine, physique. Ce sont des industries qui utilisent la science comme matière première et l'utilisent comme output.

3. La création de valeur directement indexée sur l'avancée du processus de conception du produit

A l'arrivée, on ne paie pas l'objet "support matériel" dont la valeur en général est assez faible, mais le stock de connaissances scientifiques et techniques qui y est inscrit (un fromage qui fait maigrir, un yaourt qui participe au soin de la peau, une plante moins sensible au manque d'eau...). Les connaissances scientifiques sont davantage liées au mécanisme d'action, à l'effet thérapeutique, à l'effet nutritionnel...

Cette première phase exploratoire s'est appuyée sur des projets menés par des élèves ingénieurs d'AgroParisTech de la dominante "Gestion, innovation et performance des entreprises du vivant" et accompagnés par des enseignants-chercheurs des MINES ParisTech et d'AgroParisTech. Une deuxième phase est à lancer pour valider ces premiers résultats auprès d'autres entreprises, en visant un séminaire associant industriels et contributeurs à ce travail. Cette deuxième phase d'élargissement nécessitera un financement.

Training in innovation at ParisTech

Expansion and opportunities

Research in innovation and design have undergone impressive developments and renewal in the past twenty years. In the field of training, there is high demand at present for the development of programmes which draw on these advances, whether it be in Engineering, Masters or Doctoral degree courses to better promote scientific competencies in companies, in company creation support structures, in continuing education...

The PIMREM network, which was set up at the end of 2008 with professors specialised in innovation management, conducted a study in 2009 on training in innovation in ParisTech schools. The aim was to identify trends and foster experience sharing between the members of the network.

The first stage consisted in building a system of reference highlighting differences in objectives and training methods in the various schools. This system of reference is also a good tool to emphasize current trends and outline possible joint opportunities at ParisTech in such a critical field.

Three important propositions based on research and previous teaching experiences structured the design of the system of reference and the survey questionnaire :

1. Degrees in ParisTech schools lead to two types of professional trajectories, both of which are particularly impacted by the contemporary dynamics of innovation :

- the students who join companies as engineers and managers after a "Grande École" degree are involved in companies' innovation dynamics – which we call the **innovative engineering** model ;
- the engineers and scientists who pursue a career in research will be concerned by issues of diffusion and promotion of their scientific results – which we call the **science-push** model.

2. Training in innovation should be twofold and :

- Focus on the **individual behaviour** of students to stimulate innovative initiatives and autonomy required for their development.

- Impart **the essential theories and methods** in the field that are critical to understand strategic objectives and take action in collective processes of innovative design.

3. Training in innovation requires diverse teaching models that range from the acquisition of academic knowledge to learning in total immersion – with tutoring – in real-life situations. The effectiveness of training in innovation is all the greater when it implements **teaching situations that recreate a context of thought and action that are close to real-life innovation situations.**

These three propositions underpin the system of reference designed by the working group to characterize the programmes under study. This system of reference is built around five different “**Educating situations**” (ES) in innovation training programmes, ranked in growing order of ambition :

- **ES1 : Awareness-raising.** This involves presentations, testimonies and introductory conferences that are given in a specific degree cycle or can be offered in a course centered on a given subject (and are allotted no ECTS credits a priori).
- **ES2 : Development of students’ capacity for initiative** in the frame of projects they select. This consists in individual experiences with little assistance in terms of methodological and theoretical approaches. This category includes the challenges students often participate in, gap years devoted to innovative actions.
- **ES 3 : Training in methods and theories in innovation management.** This consists in lessons, seminars... where theories on innovation strategies and processes, and methods used are presented. A significant amount of time is allotted to such programmes (as opposed to TS1), as well as ECTS credits, and attention is given to the number of students enrolled and the academic characteristics of the teaching staff (professors or professionals).
- **ES 4 : Training in contexts of innovation.** This includes various programmes offering opportunities to participate in innovative projects. Focus is put on the integration of

theoretical and methodological knowledge in the frame of the project, reflection on experiences and tutoring (as opposed to TS2).

- **ES 5 : Integrated degree courses.** Such programmes involve integrated training in innovation over a long period of time (sometimes during the whole academic cycle) throughout students' degree courses.

The survey consisted in analysing the schools' degree courses with the following grid : type of teaching situations offered, type of students involved, "weight" in terms of time allotted and ECTS credits, distribution throughout the degree courses. It aimed, on the one hand, to identify trends and typical configurations, and on the other, to identify and describe particularly interesting cases.

The study included the following schools : AgroParisTech, Arts et Métiers ParisTech, ENSTA ParisTech, Institut d'Optique *Graduate School*, HEC Paris, MINES ParisTech, École Polytechnique, École des Ponts ParisTech, Télécom ParisTech. It focused on the main degree or "Grande École" courses offered by the schools, the Masters, "Specialised Masters" and doctoral degrees. Annex 1 presents an example of a completed grid.

The results of this survey can be broken down into six major points, that we present in detail below. These points were discussed within ParisTech during a one-day workshop devoted to the theme, in January 2010. Moreover, the activity of the network was an opportunity for experience sharing between schools and to set up joint operations in the frame of calls for proposals (namely the PEEPS project). The network working group is now pursuing its activities with a survey on foreign practices in the field.

Training in innovation at ParisTech : a significant, varied and developing offer calling for experience sharing within the network

Let us begin by recalling that the ParisTech schools are not discovering today the importance of training in innovation. Some pioneering courses were set up as early as the mid-1990s. In the past 5 years there has been a general development of pedagogical initiatives in innovation, which are offered throughout degree courses, from the first years to the doctoral cycles.

At the time of the survey, all the schools were implementing – at the very least – awareness-raising courses (ES1) on the topic for all students. These courses are offered from the first year up to the doctoral cycles in the frame of “doctoriales” (PhD methodology seminars). The scope of these programmes varies, ranging from a few conferences (under 5 hours) to more in-depth events like 3-week long discovery exercises at MINES ParisTech.

Institution policies towards ES1 differ : in some schools, this type of individual initiative is compulsory for all (“Acte d’entreprendre” at MINES ParisTech, autonomous projet at ENSTA ParisTech, compulsory project at Télécom ParisTech and at École des Ponts ParisTech, one-week design seminar in a multi-disciplinary team at École des Ponts ParisTech...), while others encourage them but don’t really promote them or really get involved.

All the schools offer degrees with electives – that are more or less big – specialised in the theme of innovation, which deliver courses on innovation management theories and methods (ES3). The size of these courses grows at the end of degrees (last year of the “Grande École” degree, Master 2 or “Specialised Master”). More reduced and concentrated programmes are often offered to all students enrolled in doctoral programmes (Science and Company week at MINES ParisTech and Arts & Métiers ParisTech, company creation seminar between the Science Economics and Finance Departments of École des Ponts ParisTech and HEC Paris, “Doctoriales” at École Polytechnique...) or in specialised degrees in hard sciences. The time allotted to theories

and methods in innovation management vary from 60 to 150 hours.

ES4 programmes, combining involvement in real-life innovation projects, theoretical and methodological courses within the frame of generally collective student projects, and personalised tutoring, are usually offered at the end of degrees. These programmes can be allotted just few hours and be compulsory for all (6 months, ½ day/week like the PSC at École Polytechnique), and can be conducted through projects in the final months of engineering degrees (3 months), or follow longer cycles for smaller electives (18 months for the PIC Master at École Polytechnique with 20 students enrolled, 9 months for the Design Innovation option at École des Ponts ParisTech in partnership with Stanford, with a dozen students). The contexts can be very varied : companies (Design Engineering option at MINES ParisTech and PIC for instance), research laboratories (CIP – Product Design and Innovation at Arts & Métiers ParisTech for example), and project groups working on the creation of innovative companies (FIE at IOGS, HEC Entrepreneurs at HEC Paris). The survey highlighted the importance of tutoring, which has two purposes : assisting or coaching students to achieve their projects, and stimulating students to develop their reflexes in given situations and help them summon up theoretical knowledge when in action.

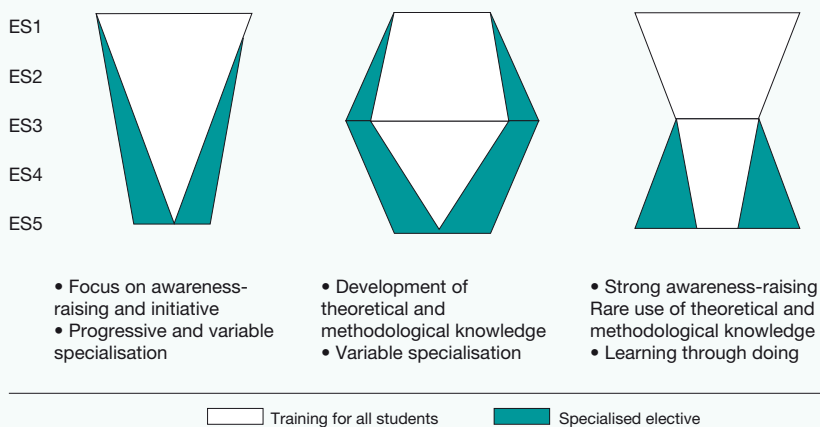
Integrated degrees offering a bulk of courses on innovation-related topics (ES3) and opportunities for involvement in real projects (ES4) over several years are scarcer and restricted to small electives. They tend to be offered in Masters or “Specialised Masters” (M1 + M2 in the Master of Research Design Industrialisation Risk Decision (CIRD) of Arts & Métiers ParisTech specialised in Innovation Conception Engineering, PIC École Polytechnique...). They can even be extended beyond the scope of the schools through assistance in incubators like the FIE at IOGS, or the CREDA (Company Creation and Development of Activities) doctoral programme at Arts & Métiers ParisTech.

The PIMREP system of reference : a framework to position each school and develop strategies

The survey first validated the analysis framework proposed by the network. This system of reference makes it possible to characterise the maturity of each school in training in innovation.

At first, the schools generally introduce the topic through awareness-raising and individual initiative development events (ES1 and ES2). Courses which are allotted ECTS credits (ES3) and programmes in contexts of innovation (ES4) indicate growing maturity. Integrated degree courses (ES5) – when they exist – are often very recent.

The first figure below schematizes a configuration that is not very mature. The other two represent different types of evolution, the former being characterized by training through methods and theories, and the latter by learning through doing.



Based on these first thoughts developed by the PIMREP, an index could be designed to assess the maturity of training in innovation in different institutions.

Different traditions evolving towards a balance between innovation promotion and innovative engineering models

The study reveals two different pedagogical models depending on each institution's tradition : innovation promotion (namely ESPCI ParisTech, IOGS, École Polytechnique) and innovative engineering (Arts & Métiers ParisTech, MINES ParisTech, École des Ponts ParisTech, AgroParisTech in particular).

Innovation promotion model	Innovative engineering model
<ul style="list-style-type: none">• Innovation is perceived as a necessary extension of scientific activity• Focus on disciplinary courses• Focus on the development of a "culture of innovation"• A bulk of courses on theories and methods in innovation restricted to specialised degrees and small numbers of students• Contents : technological company creation, industrial property, start-up financing• Innovation situations in laboratories	<ul style="list-style-type: none">• Innovation is perceived as a key aspect of engineers' activities in companies• Theories and methods of innovative design• Introduction to subjects like design, ergonomics, analysis of uses...• Focus on the production of new value concepts by students• Use of multiple scientific sources by students• Multi-disciplinary teams• Learning by doing experiences in companies

The schools appear to seek a balance between these two models which reflect the variety of their students' profiles. For instance, institutions have been developing specific programmes for PhD students in the past years.

How do training in innovation and training in entrepreneurship hinge together ?

Entrepreneurship and innovation are two notions that are often mixed up. Let us recall that innovation performance is today an essential condition for the growth and even the sustainability of existing companies – most innovative products or services being designed in established companies (like for instance the I-phone or the A380 plane). On the other hand, a number of technological start-ups are faced with issues pertaining to innovation that make it necessary to resort to methods and concepts developed in the field of innovation management.

This is why, in addition to the survey on innovation training courses, the PIMREP conducted a specific study on training courses in company creation.

As in the case of innovation, the study shows that alongside a few pioneering programmes in the field (HEC Entrepreneurs in particular), there is recent and spectacular development of courses in company creation. Relations between these and training in innovation varies (see table below) and depends on orientations within the two models : innovative engineering (with focus on training through theories and methods in innovation) and innovation promotion (with courses on innovation management in the frame of curricula centred on the development of technological start-ups). In general the two approaches tend to converge, the programmes centered on entrepreneurship drawing on theories and methods in innovation, and those centred on innovation shifting toward the creation of innovative companies.

Training in Entrepreneurship	<p>HEC Entrepreneur</p> <p>I et E MINES ParisTech</p>	<p>FIE IOGS Master CREDA + Arts et Métiers ParisTech</p> <p>Masters Télécom ParisTech</p>
		<p>Sp. Master Télécom ParisTech/HEC GIPE - AgroParisTech Sp. Master Masternova - AgroParisTech Design Engineering option MINES ParisTech Master CIRD - Arts et Métiers ParisTech Masters PIC – École Polytechnique Design Innovation option – École des Ponts</p>
	Training in innovation	

What balance between general training of all students and specialised degrees in innovation ?

The ES1 and ES3 programmes can be taught to large numbers of students, but the survey revealed the high cost of integrated programmes like ES4 and ES5 due to tutoring conducted by professors : this implies finding adapted projects, assisting students in achieving their projects in the context of companies, conducting an analysis of their approaches and integrating theory and practice. These are all activities that cannot be delegated to internship supervisors in companies (although they are always essential), as is the case in traditional engineering internships.

As a consequence :

- whatever may be the orientation of programmes (innovation, company creation), the most integrated approaches are restricted to small numbers of students, in the last years of degrees ;
- it is illusory to seek to offer this type of programme to all the students of a given institution, for such massification could lead to poorer performance ;
- close collaboration between teaching and research is a key factor for the sustainability of these programmes. In almost all cases, they rely on the strong implication of permanent staff in research laboratories (specialised in the field of innovation management like AgroParisTech, MINES ParisTech, École Polytechnique ParisTech, in engineering like Arts & Métiers ParisTech, in scientific fields like Institut d'Optique *Graduate School* for instance). This association can increase the cost-effectiveness of supervision due to the scientific interest of such programmes for researchers.

Combining programmes and institutional schemes for the promotion of innovation

Since a decade, the field of innovation has seen the development of many incentive and restructuring schemes : Cifre grants, tax exemptions for research, Instituts Carnot, company creation contests, innovation prizes, “pôles de compétitivité” (clusters) associating companies and academia, creation and support of incubators... The development of pedagogical initiatives in innovation will be namely be reinforced by a stronger association of programmes offered in schools and these institutional schemes. ES5 programmes seem particularly adapted to research partnerships with companies and to cooperation with company creation support structures. The close association of teaching and research is – here again – sa condition for success, along with the involvement of units in charge of promotion of innovation.

Les écoles de ParisTech



• **AgroParisTech**, considéré comme établissement supérieur "leader" dans les sciences du vivant et de l'environnement, conduit deux missions fondamentales :

- la formation d'ingénieurs au cœur d'un dispositif étendu à d'autres cursus académiques et "professionnalisants", articulé en réseaux régionaux ou thématiques bâtis avec de nombreux partenaires ;
- la production et la diffusion de connaissances (recherche et développement) en partenariat avec les grands organismes de recherche et les principaux centres techniques professionnels pertinents. > www.agroparistech.fr



• **Arts et Métiers ParisTech** a pour mission principale la formation initiale d'ingénieurs aux disciplines du génie mécanique, du génie énergétique et du génie industriel. Répartie en 8 centres et 3 instituts en France, elle forme plus de 3 500 élèves-ingénieurs par an. Arts et Métiers ParisTech propose une formation d'ingénieurs généralistes et 7 formations d'ingénieurs spécialisés par la voie de l'apprentissage ainsi que plus de 20 Spécialités de Masters Recherche, plus de 20 Masters Spécialisés et des études doctorales. Avec 19 laboratoires et équipes de recherche et deux écoles doctorales, Arts et Métiers ParisTech développe également des activités de recherche pointues. > www.ensam.eu



• **Chimie ParisTech** a pour mission la formation initiale d'ingénieurs possédant des compétences scientifiques, techniques et générales très pointues. Ces ingénieurs exercent des fonctions à responsabilité dans les domaines de la chimie et de ses interfaces. Ils sauront répondre aux enjeux, aux évolutions et aux besoins d'innovation de l'entreprise. Chimie ParisTech a également une mission de formation continue. La participation de la recherche à l'enseignement est un point clef : cours dispensés par les chercheurs, accueil d'étudiants dans les laboratoires, suivi de stages et de projets et bien sûr encadrement des thèses. > www.enscp.fr



- **L'École des Ponts ParisTech** forme des ingénieurs et des docteurs dans des champs scientifiques et techniques où des disciplines variées relevant des sciences de l'ingénieur (mécanique, matériaux, physique, réseaux, environnement atmosphérique, hydraulique, etc) sont souvent hybridées avec les sciences sociales et économiques dans des problématiques liées au développement durable, à l'aménagement, à l'urbanisme, aux transports et à leurs impacts. La liaison étroite entre enseignement et recherche constitue l'axe central du projet scientifique et pédagogique de l'École des Ponts ParisTech. > www.enpc.fr



- **L'École Polytechnique** a pour mission de former des responsables de haut niveau pour les services de l'État, les entreprises et la recherche, dans un environnement d'effervescence scientifique et de curiosité intellectuelle. Elle dispense, pour ce faire, un enseignement d'une grande rigueur intellectuelle, dont la force et l'originalité tiennent aussi bien à sa proximité vis-à-vis de la recherche qu'au large spectre de disciplines couvertes (sciences, sciences de l'ingénieur, sciences humaines et sociales, langues).

La Direction de la Recherche à l'École Polytechnique intègre la recherche fondamentale et appliquée, la formation par la recherche au sein de l'école doctorale, la valorisation et les partenariats. > www.polytechnique.edu



- **L'ENSAE ParisTech** est une école scientifique originale dans le système des grandes écoles françaises, à la charnière entre les écoles d'ingénieur et des écoles de commerce. À l'ENSAE, la maîtrise des outils mathématiques est le fondement de la double compétence en statistique et en économie, socle sur lequel les élèves choisissent ensuite de se spécialiser.

L'ENSAE ParisTech est adossée au CREST, centre de recherche de l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Études Économiques), qui a pour objectif général de participer activement au développement de la recherche dans deux grands domaines : la modélisation des phénomènes économiques et sociaux et la conception et la mise en œuvre des méthodes statistiques. > www.ensae.fr



• **L'ENSTA ParisTech** propose à ses élèves une formation d'ingénieurs généralistes se donnant comme objectif de les rendre aptes à assurer la conception, la réalisation et la direction de systèmes industriels complexes, sous des contraintes économiques fortes et dans un environnement international. L'école dispense un programme de formation de haut niveau scientifique et technologique actualisé en fonction de l'évolution des techniques de pointe, complété par des enseignements de langues, de culture générale, de droit et d'économie. Ses domaines applicatifs de prédilection sont l'énergie et les transports. La recherche contribue de manière dynamique, à un niveau tant fondamental qu'appliqué, au projet pédagogique de l'École et à la satisfaction des besoins des entreprises. > www.ensta.fr



• **L'ESPCI ParisTech**, à la fois Grande École d'ingénieurs et centre de recherche, s'est donné comme missions fondamentales – et citoyennes – la transmission, la création, la diffusion large et la valorisation du savoir et du savoir-faire scientifiques. Convaincue que seule la maîtrise à la fois des savoirs et des savoir-faire transdisciplinaires permettra de faire face à des défis technologiques de plus en plus complexes, l'ESPCI ParisTech offre à ses élèves-ingénieurs un enseignement véritablement transversal en mathématiques, physique, chimie et biologie, sans négliger les bases en connaissance de l'entreprise. L'ESPCI ParisTech abrite 17 laboratoires de recherche de pointe, aux frontières des connaissances scientifiques et du savoir-faire expérimental. > www.espci.fr



• **HEC Paris**, leader européen des business schools, est la première école de management française à avoir obtenu la triple accréditation AMBA, EQUIS et AACSB.

HEC Paris, établissement de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris, rassemble 111 professeurs permanents dont 40% d'étrangers, 3 600 étudiants et plus de 8 500 cadres et dirigeants en formation continue chaque année.

HEC Paris propose un programme Grande école (Master of Science in Management), un doctorat, de nombreux Mastères Spécialisés (temps plein et executive), des M Sc, des programmes MBA (temps plein, temps partiel), des "executive MBA" et un "global MBA" ainsi qu'une large gamme de séminaires de formation continue à destination des cadres et dirigeants en France et à l'international. > www.hec.fr



- **L'Institut d'Optique Graduate School** (IOGS), créé en 1920 et mieux connu sous le nom de SupOptique, est une Grande École d'Ingénieurs dont le rayonnement international repose à la fois sur la qualité de la formation qui y est dispensée, sur les contributions scientifiques majeures de son centre de recherche et sur ses liens étroits avec l'industrie.

Installé à Palaiseau, à Saint-Étienne et préparant l'ouverture de son site de Bordeaux, l'IOGS est le premier centre occidental de formation en optique au niveau ingénieur, master recherche et doctorat, par le nombre de diplômés, de création d'entreprises et par l'étendue de son offre de formation. > www.institutoptique.fr



- **MINES ParisTech** possède quatre grandes caractéristiques principales : des liens forts l'unissent avec l'industrie (première école d'ingénieurs française en matière de recherche partenariale, nombreux anciens PDG actuellement en place issus de ses rangs), une importante capacité de création d'entreprises, une recherche académique de qualité – 1/3 des prix Nobel français sont issus de l'École –, une formation d'ingénieur à très large spectre technique et à fort contenu en sciences économiques et sociales, valorisant aussi bien le savoir-faire que le savoir-être. La forte connotation internationale de l'école permet en outre à ses élèves de disposer d'un enseignement complet à forte valeur ajoutée. Les domaines de compétence de MINES ParisTech sont : sciences de la terre et de l'environnement, énergétique, matériaux, sciences économiques et sociales. > www.ensmp.fr



- **Télécom ParisTech** forme des ingénieurs innovateurs et entrepreneurs dans un monde numérique. En plus de leur enseigner l'état de l'art dans les sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC), l'école les prépare à anticiper les évolutions technologiques et à développer des compétences managériales et relationnelles. Grâce à ses partenariats, l'école joue un rôle actif de médiation avec les entreprises. Les diplômés Télécom ParisTech accèdent à tous les secteurs d'activité à leur sortie d'école puis évoluent vers des postes de responsabilité dans toutes les fonctions de l'entreprise. L'école forme aussi des docteurs et sa recherche est évaluée d'excellence internationale.

Télécom ParisTech est une école de l'Institut Télécom, acteur européen de référence dans le domaine des STIC. > www.telecom-paristech.fr

Président de ParisTech

Cyrille van Effenterre

Coordinateurs PIMREP

Christophe Midler

École Polytechnique

Richard Le Goff

ENSTA ParisTech

Responsable de la Publication

Christine Luckx

ParisTech

Conception graphique

bdd communication

Nîmes

ParisTech

ParisTech est un Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur (PRES) qui rassemble 12 des plus prestigieuses grandes écoles françaises : chaque école est reconnue comme la meilleure en France dans son domaine. Institut de sciences, technologies et management, ParisTech constitue une véritable université de dimension internationale attirant les meilleurs étudiants et enseignants-chercheurs : plus de 30 % d'entre eux sont étrangers et issus de plus de 40 nationalités différentes. ParisTech propose une offre complète et unique de formations de réputation internationale :

12 diplômes Grande École (ingénieur et commerce), 26 masters (67 programmes), de nombreux doctorats, une centaine de Mastères Spécialisés ainsi que plusieurs MBA et une large palette de séminaires de formation continue.

La démarche d'excellence de ParisTech est validée par des accréditations internationales et nationales (CTI, CGE, AERES, Equis, AMBA, AACSB...). Elle s'appuie sur des partenaires universitaires français et internationaux renommés, une forte proximité avec le tissu économique (laboratoires, entreprises...) et l'adossement à de solides réseaux d'anciens élèves, acteurs de haut niveau du monde économique.

ParisTech en chiffres

19 600 étudiants
2 800 contrats de recherche
3 650 enseignants chercheurs
127 laboratoires de recherche
3 500 publications scientifiques/an
500 thèses soutenues/an

ParisTech

INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

12 rue Édouard Manet
75013 Paris
www.paristech.fr
pimrep@paristech.fr
Tél 00 33 (0)1 71 93 65 17
Fax 00 33 (0)1 71 93 65 10

