

# Une pédagogie de rupture

DOMINIQUE TARAUD <sup>[1]</sup>

*L'innovation, c'est l'exploitation réussie de nouvelles idées pour aboutir à la mise au point de produits plus performants, afin de fournir au consommateur des services nouveaux ou améliorés. L'innovation – incrémentale ou de rupture – résulte de la recherche fondamentale, de l'évolution technologique, mais aussi de la créativité. Levier essentiel de la croissance à long terme de l'économie, l'innovation est au cœur des politiques publiques des pays industrialisés. Logique alors qu'elle prenne place dans nos formations technologiques.*

Les formations technologiques industrielles ont 50 ans. En un demi-siècle, elles ont permis à plusieurs générations de s'épanouir dans leurs emplois de techniciens et d'ingénieurs au sein d'industries performantes et innovantes.

Pour cela, les formations technologiques se sont constamment adaptées aux besoins des entreprises. Elles ont privilégié l'approche professionnelle durant le développement d'une industrie de masse, dont l'objectif principal était de produire en quantité des produits standardisés imposés à une société en phase de développement économique. En s'élargissant aux domaines techniques nouveaux, la formation s'est adaptée ensuite à des attentes plus qualitatives que quantitatives, amenant à intégrer le développement de l'automatique et de l'informatique, les concepts de qualité industrielle, le respect des délais et des coûts, le « produire juste ».

Aujourd'hui, le contexte a encore changé, et la mondialisation induit une concurrence effrénée autour de la réalisation des produits manufacturés comme de la construction des ouvrages. Face à cette évolution, les formations technologiques industrielles doivent de nouveau s'adapter et évoluer, pour accompagner les développements à venir de nos entreprises et de notre économie.

## Un changement de paradigme

L'entreprise innovante impose à ses concurrents ses produits et les solutions pour répondre aux besoins des clients, créant ainsi l'avance technique et économique nécessaire à sa pérennité.

Nos enseignements se doivent donc d'intégrer ce concept dans les formations pour permettre aux élèves d'aujourd'hui d'occuper demain des emplois et des postes de responsabilité avec l'état d'esprit particulier du technicien innovant, qui sait anticiper, qui reste

### mots-clés

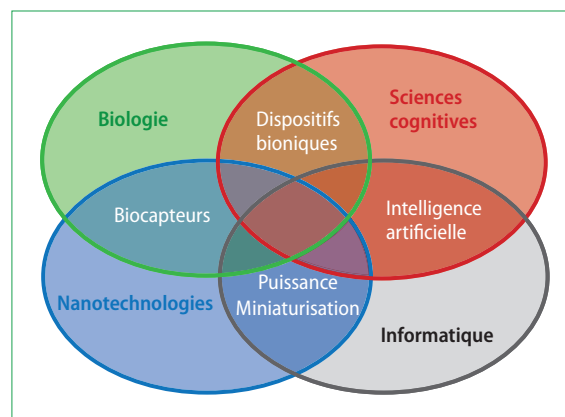
innovation, prébac, référentiel et programme

curieux de tout et capable d'adapter un concept d'un domaine à un autre domaine.

Jusqu'ici, il était admis qu'il fallait être un bon technicien ou ingénieur pour pouvoir innover – ce qui est certainement vrai dans le monde de l'entreprise, où les techniciens sont expérimentés... L'Éducation nationale repoussait donc les concepts de créativité et d'innovation à la fin des cycles de formation, lorsque les étudiants avaient acquis suffisamment d'expérience pour innover de manière opérationnelle et efficace. L'intégration de la théorie TRIZ, par exemple, s'est faite lors de la dernière rénovation du BTS Conception de produits industriels, en 2004, et a encore du mal à trouver sa juste place !

Notre système a vécu une longue période durant laquelle nous avons tous évité de créer et d'inventer, d'innover ou de changer, et où le paradigme accepté était la reproduction de solutions préétablies, respectant des règles et des normes strictes, parfois stérilisantes, étouffant dans l'œuf toute tentative d'ouverture ou d'expérimentation.

Cette situation convenait parfaitement lors de la première phase de la vie des formations technologiques, lorsqu'il s'agissait de former des techniciens capables de reproduire des gestes professionnels et de gérer des outils de production stabilisés, produisant en quantité selon des processus peu flexibles et avec un renouvellement des produits très lent. Elle a commencé à se dégrader quand, pour améliorer la relation coût, délai et qualité, les besoins en matière de créativité se sont fait sentir. L'innovation est apparue, mais elle est restée étroitement assujettie aux processus de conception et de production en cours, comme simple composante de l'amélioration de la performance d'entreprises qui ne jouaient pas encore leur avenir sur la réussite ou l'échec d'un produit.



### 1 La convergence NBIC

(Nanotechnologies-Biologie-Informatique-sciences Cognitives)

[1] IGEN de STI.

Activité	Définition générale	Application au domaine technologique
Démarche d'investigation	Démarche qui part d'une situation-problème concrète – relative à un phénomène observable – posée à un groupe d'élèves et qui les amène à formuler des hypothèses, à les expérimenter, à analyser les résultats pour découvrir et accepter un nouveau concept	S'applique à l'observation et l'analyse des phénomènes réels et des comportements des systèmes techniques
Étude de cas ou étude d'un dossier technologique	Activité d'analyse d'une situation réelle stabilisée et décrite, proposée à une équipe d'élèves afin qu'ils mènent une démarche (libre ou guidée) les amenant à identifier des concepts dans un contexte particulier	S'applique à la description d'une situation technique dans son contexte (utilisation, conception, réalisation) amenant à découvrir des concepts technologiques
Activité pratique	Activité concrète proposée à un élève (ou deux au maximum) visant à mettre en œuvre un protocole ou un processus d'activité pour observer, mesurer ou obtenir un résultat attendu	S'applique aux activités de conduite, de réalisation, d'expérimentation, de mesure des performances d'un système en vue de vérifier des hypothèses technologiques
Projet	Activité collective basée sur un objectif à atteindre négocié et accepté par tous, amenant les élèves à définir, planifier et réguler leurs activités, afin de proposer un résultat concret dont la pertinence ou la performance sont évaluées collectivement	Projet pédagogique et technologique : s'applique à un objectif technique concret visant à maquetter, prototyper et expérimenter une ou plusieurs idées ou solutions à travers un travail d'équipe animé par un expert scientifique et technique. L'évaluation de la performance est faite par rapport à un cahier des charges

## 2 Les différentes activités et démarches de formation

Aujourd'hui, la compétition internationale bouleverse cet équilibre : la durée de vie des produits se raccourcit de plus en plus, prescrivant réactivité et flexibilité ; les contraintes de développement durable sont de plus en plus prégnantes, exigeant de nouvelles solutions, moins polluantes, plus respectueuses des équilibres écologiques mondiaux ; enfin, les moyens de production se mondialisent, s'appuient sur un nombre de plus en plus réduit de sites de conception et de fabrication qui imposent une solution technique au monde entier, obligeant les concurrents à trouver une nouvelle solution plus performante, moins chère, plus écologique...

### Un enseignement unique

Ce besoin d'innovation permanent induit des modifications lourdes sur nos formations.

Il faut d'abord sensibiliser les élèves, dès le début de leur formation technologique, à cette impérieuse obligation. L'enseignement d'exploration « création et innovation technologiques » a été imaginé pour cela.

Il faut maintenant trouver un nouvel équilibre entre trois contraintes : préparer les élèves à construire les innovations de demain, sans pouvoir les identifier (sinon elles ne seraient plus des innovations !) ; former correctement les élèves aux bases techniques liées à la matière, l'énergie et l'information indispensables à l'efficacité du technicien, et donner le goût de l'innovation, du concret, de l'action, de l'envie d'aller plus loin.

Pour répondre à la première contrainte, chaque niveau de nos formations technologiques et professionnelles devra participer à l'effort. En classe de seconde, l'enseignement CIT en est la première pierre et doit apporter aux élèves une culture générale de base sur les concepts de créativité, d'innovation, de propriété industrielle et de projet.

Le cycle terminal de sciences et technologies de l'industrie et du développement durable va participer également à ce grand dessein, en intégrant concrètement les impératifs du développement durable dans les activités techniques abordées selon un champ technique large et prospectif. Comment, en effet, imaginer former à l'innovation en se limitant à une approche technique d'un domaine particulier, sans proposer d'analyser les systèmes techniques qui nous entourent selon une approche pluridisciplinaire ? La figure 1 montre, par exemple, comment certains analystes envisagent, à l'horizon 2025, l'innovation technologique dans la convergence entre nanotechnologies, biotechnologies, informatique et sciences cognitives... L'avenir de nos entreprises est sans doute dans leur capacité à intégrer de telles évolutions qui passent, aujourd'hui, par une intégration de premier niveau entre nos disciplines traditionnelles.

Comment imaginer que l'élève qui entre en seconde aujourd'hui et qui aura 30 ans en 2025, au mieux de son efficacité professionnelle, pourra faire preuve d'inventivité dans un contexte nouveau si les cinq à huit années de formation secondaire et universitaire (il sortira du système de formation entre 2015 et 2018) ne l'ont pas initié à l'innovation, à la créativité, à la conduite de projets collaboratifs et interdisciplinaires ?

Cette obligation répond aussi à la troisième contrainte évoquée précédemment, celle de donner le goût de faire et d'innover. Ce goût dépend manifestement de plusieurs critères, personnels, éducatifs, mais aussi pédagogiques. Les récentes évolutions des moyens didactiques à privilégier auprès des élèves relèvent de cet objectif. Il n'est pas neutre de demander aux enseignants d'intégrer à leur modes de formation classiques (cours, TD, TP) la

démarche d'investigation, les études de cas, des activités pratiques (plus larges que les traditionnels travaux pratiques) ainsi que toutes les formes de projets pédagogiques et technologiques (à ne pas confondre avec le projet industriel). Le tableau 2 propose des définitions simples de ces types de formation, qui permettent d'élargir les modalités de la formation : plus de réflexion collective, d'essais, d'expérimentation, moins de réflexion encadrée, voire « radioguidée », privilégiée souvent jusqu'ici.

La formation technologique du lycée intègre officiellement ces évolutions, qu'il conviendra maintenant de faire vivre, non pour satisfaire consciencieusement à des demandes officielles, mais bien pour répondre aux nouveaux besoins évoqués ci-dessus et permettre aux élèves de « vivre de l'intérieur » l'innovation et la créativité.

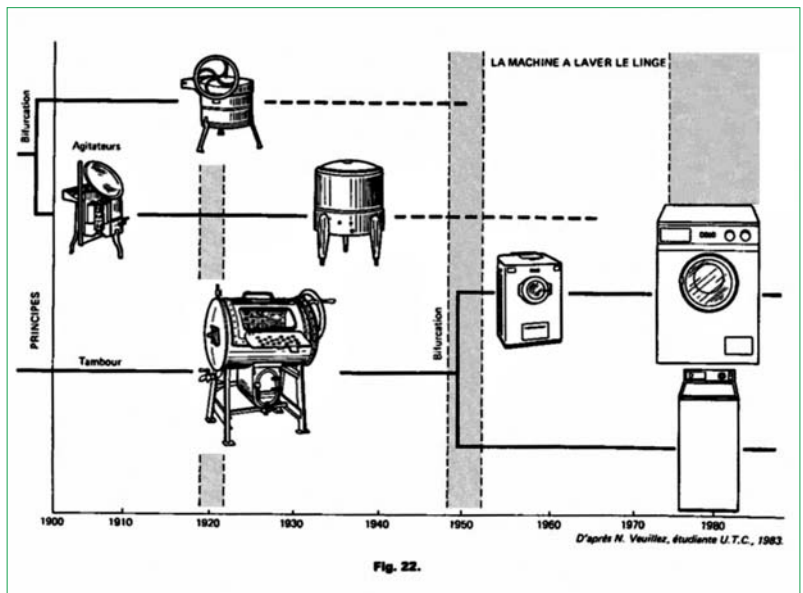
Si la forme retenue pour l'enseignement d'exploration CIT (54 heures annuelles) interdit les développements techniques importants, il n'en va pas de même au cycle terminal STI2D, où il sera possible de trouver un équilibre entre les approches globales (développement durable, innovation, créativité) et les approfondissements technologiques. Cet équilibre à construire répond à la deuxième contrainte évoquée : former correctement les élèves aux bases techniques indispensables à l'efficacité du technicien.

L'enjeu de la créativité et de l'innovation technologiques en seconde générale et technologique est donc beaucoup plus important qu'il n'y paraît en première analyse.

Il est nécessaire de trouver un équilibre délicat entre une approche culturelle et globale, s'appuyant sur l'analyse de produits techniques, et l'action concrète, qui permet aux élèves de faire, de toucher, de manipuler, d'expérimenter – d'apprendre par l'action.

Ces deux objectifs induisent parfois des « conflits de frontière » entre les deux enseignements d'exploration de seconde « sciences de l'ingénieur », dédié à l'approfondissement d'un système technique, et « création et innovation technologiques », qui s'intéresse aux évolutions des produits techniques, au risque de se limiter à une approche trop externe, pouvant être ressentie par les élèves comme artificielle et peu efficace. Pour éviter cet écueil, le programme et les recommandations pédagogiques associées préconisent la mise en œuvre d'expérimentations associées à :

- la découverte et à l'utilisation des systèmes étudiés (par exemple, vivre une démarche d'investigation sur un télémètre pour trouver ses limites d'utilisation, sa précision) ;
- la découverte d'un principe physique et/ou technologique relatif à l'innovation utilisée dans un produit (mettre en œuvre un banc de mesure permettant de constater l'efficacité de capteurs à ultrasons) ;
- la comparaison de performances de produits similaires, amenant à établir une relation entre une



3 Une lignée de produits

solution et des performances (comparer deux télémètres, leurs avantages et leurs inconvénients, et en déduire des contraintes d'utilisation).

Pour être « prises au sérieux » par les élèves, ces expériences doivent amener à la formalisation de connaissances nouvelles, permettant la synthèse des observations réalisées durant l'investigation et les expérimentations, imposant à l'enseignant d'apporter des conclusions scientifiques et technologiques structurées et validées.

### Comprendre les processus d'innovation

Les activités de CIT ne peuvent donc pas se contenter de rester une analyse externe d'une lignée de produits connues par des élèves utilisateurs et consommateurs de technologies récentes. D'abord parce que la découverte des lignées de produits commence dès le collège où elle relève d'une démarche d'analyse externe simple souvent relative à l'aspect et à l'utilisation des produits. Le niveau lycée se doit d'introduire une véritable avancée dans ce domaine, à partir d'une analyse fonctionnelle globale des produits faisant apparaître des évolutions fonctionnelles et structurelles, associées à des principes physiques. Le concept de lignée de produits est maintenant ancien et a été décrit et illustré dans les années 1980 par Yves Deforge dans *Technologie et génétique de l'objet industriel* (éd. Maloine, coll. Université de Compiègne, 1996). Les planches 3 et 4 extraites de cet ouvrage décrivent respectivement une lignée de machines à laver et les principes techniques, toujours d'actualité, d'une éolienne. L'analyse externe d'une lignée comme celles des machines à laver se résume à une description externe d'objets classés selon leur apparition sur le marché sans qu'il soit possible, à ce niveau, d'identifier les principes (techniques et physiques) qui ont permis ces évolutions.

À l'inverse, la planche présentant le bilan des solutions technologiques des éoliennes est intéressante, mais ne vaut que si le technicien peut associer à chaque solution un principe et ses limites.

Il convient donc, aujourd'hui, d'accompagner les élèves dans la découverte d'une lignée et d'y associer les principes qui ont permis l'évolution des produits, tout en leur apportant de véritables connaissances technologiques, limitées sans doute, mais réelles et structurées.

La deuxième spécificité de l'enseignement CIT est bien d'apporter aux élèves des éléments d'explication de l'évolution des produits, en montrant qu'ils ont évolué en respectant des règles... Il ne s'agit donc pas, en seconde, de mettre en œuvre une théorie de l'invention comme TRIZ, mais simplement de montrer que ces évolutions ne sont pas dues au hasard ou ne relèvent pas de la magie ! En découvrant qu'elles s'inscrivent dans des cycles identifiés d'évolution des produits, les élèves peuvent alors envisager de participer un jour à une telle évolution. Cela permet de démystifier l'innovation, de la rendre accessible à chaque technicien ou ingénieur, et de montrer que l'innovation peut s'exercer chaque jour, dans chaque entreprise et à chaque échelon de responsabilité. Rappelons l'intérêt de proposer aux élèves des rencontres (conférences, visites, etc.) avec des responsables d'entreprises locales innovantes, de contacter les instances régionales facilitatrices d'innovation industrielle et de montrer concrètement comment l'innovation s'inscrit dans le quotidien des entreprises. Cela peut aussi déboucher sur l'identification des liens forts qui unissent innovation technologique, modèles économiques d'entreprise et intégration des possibilités de communication en temps réel des réseaux et du numérique. De plus en plus souvent, une innovation technologique est liée à une innovation commerciale amenant à associer économie et technologie industrielle à travers un « supersystème ».

La dernière spécificité de l'enseignement CIT est, comme toujours dans l'enseignement technologique et professionnel, le projet. Il ne s'agit pas, dans ce cadre, d'un projet technique, mais bien d'un projet de créativité technologique tel qu'il est décrit dans le programme et le document d'accompagnement.

Peu d'enseignants et peu d'élèves ont déjà vécu un tel projet, et il est difficile de proposer aujourd'hui un « retour d'expérience » pourtant indispensable, qui pourra être fait en fin d'année scolaire. Les documents officiels précisent bien les limites de ce projet, qui exige non pas d'aboutir à une innovation ou d'appliquer les outils de créativité d'une démarche d'innovation particulière, mais bien de placer une équipe d'élèves dans une démarche de créativité pour leur permettre d'exprimer des idées, de les étudier et de les évaluer à partir d'expérimentations.

Chaque phase de l'enseignement CIT (étude de cas et projet) amène les élèves à formaliser leur expérience et à l'exposer lors d'une soutenance collective s'adressant

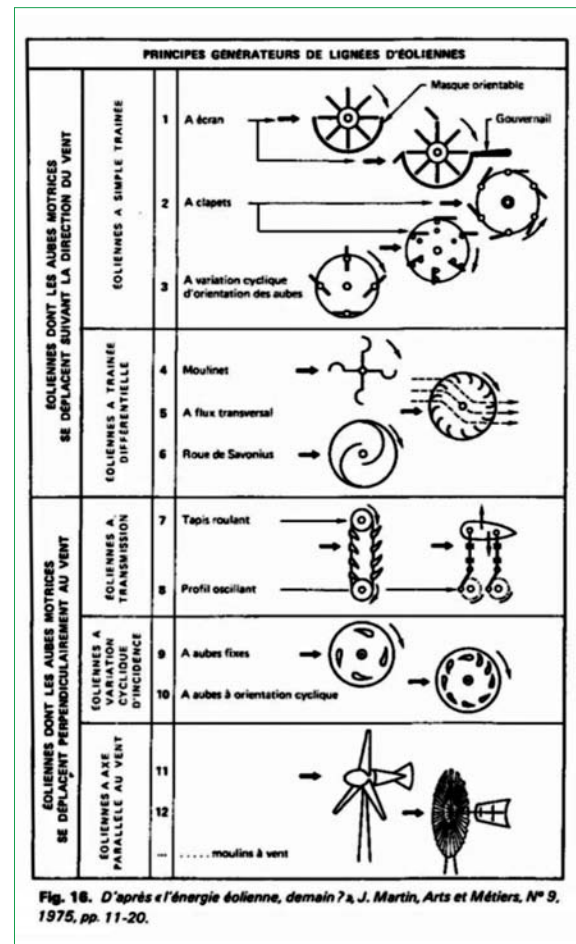


Fig. 16. D'après « l'énergie éolienne, demain ? », J. Martin, Arts et Métiers, N° 9, 1975, pp. 11-20.

#### 4 Les principes générateurs d'une lignée de produits

à l'ensemble de la classe en privilégiant l'utilisation d'outils numériques de présentation. Là encore, il est conseillé d'ouvrir ces phases de présentation à l'extérieur de la classe, à d'autres enseignants, à des personnels d'entreprises partenaires et aux parents, qui pourraient ainsi découvrir la finalité de cet enseignement.

#### Une formation... innovante

L'enseignement CIT marque donc une vraie innovation dans l'enseignement des technologies industrielles qui s'accompagne d'une véritable ouverture vers d'autres disciplines, scientifiques, économiques et de sciences humaines. De la même manière que l'enseignement des techniques s'est révélé un jour insuffisant et que l'enseignement de la technologie est apparu, devenant la science des techniques, en charge de proposer une approche unifiée des techniques, l'innovation technologique s'inscrit dans une nouvelle étape de notre enseignement. Elle doit amener les enseignants à associer aux contenus techniques, technologiques et scientifiques des démarches de créativité et d'innovation, une réflexion culturelle sur les évolutions technologiques qui permettront aux élèves d'aujourd'hui d'être les inventeurs de demain ! Le challenge est là, difficile mais incontournable. ■