

## Enseigner les sciences technologiques en L1 : des innovations pédagogiques pour développer des esprits scientifiques ouverts

Tatiana Séverin-Fabiani, Valerian Giesz, Fabienne Bernard

► **To cite this version:**

Tatiana Séverin-Fabiani, Valerian Giesz, Fabienne Bernard. Enseigner les sciences technologiques en L1 : des innovations pédagogiques pour développer des esprits scientifiques ouverts. Colloque international: Apprendre, Transmettre, Innover à et par l'Université, Jun 2015, Montpellier, France. Colloque international: Apprendre, Transmettre, Innover à et par l'Université, <<https://sites.google.com/site/colloqueatiu/>>. <10.21409/HAL-01277966>. <hal-01277966>

**HAL Id: hal-01277966**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01277966>**

Submitted on 23 Feb 2016

**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.



# **Enseigner les sciences technologiques en L1 : des innovations pédagogiques pour développer des esprits scientifiques ouverts**

**Tatiana Séverin-Fabiani**

Institut Villebon-Georges Charpak<sup>1,2</sup> et Université Paris-Sud<sup>3</sup>

[tatiana.severin-fabiani@synchrotron-soleil.fr](mailto:tatiana.severin-fabiani@synchrotron-soleil.fr)

**Valérian Giesz**

Institut Villebon-Georges Charpak<sup>1,2</sup> et Université Paris-Sud<sup>3</sup>

[valerian.giesz@lpn.cnrs.fr](mailto:valerian.giesz@lpn.cnrs.fr)

**Fabienne Bernard**

Institut Villebon-Georges Charpak<sup>1,2</sup> et Institut d'Optique *graduateschool*<sup>4</sup>

[fabienne.bernard@institutoptique.fr](mailto:fabienne.bernard@institutoptique.fr)

## **Résumé**

Créé en septembre 2013, l'institut Villebon-Georges Charpak propose à de jeunes étudiants un cursus innovant en licence de sciences et technologies. Nous présentons dans cet article les innovations pédagogiques mises en place depuis 2013 dans le cadre de l'enseignement des sciences technologiques.

Dans cet enseignement interdisciplinaire, à la croisée de plusieurs disciplines scientifiques : biologie, physique, imagerie, électronique, nous développons un apprentissage basé sur la participation des étudiants.

---

<sup>1</sup> Labellisé Initiative d'Excellence en Formations Innovantes (IDEFI IVICA : 11-IDFI-0026) en mars 2012, soutenu par l'Initiative d'Excellence Paris-Saclay (IDEX Paris-Saclay : 11-IDEX-0003).

<sup>2</sup> Institut Villebon-Georges Charpak, Université Paris-Sud - bât 490, Rue Hector Berlioz, 91 400 Orsay.

<sup>3</sup> Université Paris-Sud, 5 Rue Georges Clemenceau, 914 00 Orsay.

<sup>4</sup> Institut d'Optique graduateschool, 2 avenue Augustin Fresnel 91 120 Palaiseau.

Plutôt qu'un apprentissage « du haut vers le bas » traditionnel, nous organisons des nouveaux dispositifs pédagogiques où l'esprit d'initiative et l'esprit scientifique des étudiants sont développés pour leur apprendre une démarche scientifique et des savoir-faire. L'apprentissage est en particulier basé sur une approche expérimentale où les essais et les erreurs font partie du processus d'assimilation de notions scientifiques.

**Mots clés :** Licence, sciences, pédagogies actives, collectif, interdisciplinarité

### **Summary**

Since September 2013, the Villebon-Georges Charpak institute has offered innovative courses for young students that follow a scientific bachelor's degree. We report the last pedagogical innovations we did for two years in the framework of the technologic classes. We created this technologic course to be a complete scientific melting pot (biology, physics, imagery, electronics...), and within the class, we developed a student-centered teaching. Rather than promoting a classic teacher-centered (or “top-to-bottom”) teaching, we set new pedagogical tools where the spirit of initiative and the investigative spirit of students have been raised in order to develop their scientific approach and their know-how. Precisely, teaching is based on an experimental approach where trials and mistakes are fully parts of the assimilation process of scientific notions.

**Keywords:** bachelor's degree, sciences, active learning, partnership, interdisciplinarity

## Introduction

Permettre à de nouveaux profils de jeunes étudiants d'accéder aux formations supérieures d'ingénieur et de master est la mission de l'Institut Villebon-Georges Charpak. Sa vocation est aussi d'être un laboratoire d'innovations pédagogiques. Labellisée IDEFI, ouverte en septembre 2013, cette structure d'enseignement est le fruit de la coopération des universités Paris-Descartes et Paris-Sud, du FCS Paris-Saclay, des Grandes Ecoles de ParisTech. A ces partenaires institutionnels sont associées des entreprises via la fondation ParisTech. C'est une licence universitaire en trois ans qui est suivie par 35 élèves par an pour l'instant. L'année 2014-2015 est la deuxième année de fonctionnement. L'esprit de la formation s'inspire de l'action lancée par Georges Charpak en 1998 appelée "la main à la pâte" qui vise à enseigner les sciences en mettant en œuvre une pédagogie d'investigation afin de stimuler l'esprit scientifique et d'innovation des étudiants<sup>5</sup>.

Le programme de cette licence contient une palette de connaissances et de savoir-faire scientifiques beaucoup plus large que les licences scientifiques proposées par le système universitaire par ailleurs. En effet, le programme englobe des notions de biologie, chimie, physique, informatique, mathématiques, ingénierie, ... De plus, il contient une part importante de sciences humaines et sociales. Enfin, les champs disciplinaires sont abordés par le biais d'Unités d'Enseignement fortement interdisciplinaires.

Tous trois physiciens, nous présentons dans cette communication la construction des enseignements technologiques de cette licence et une première analyse de leur déroulement. D'autres communications<sup>6,7,8</sup> présentent d'autres aspects de cette aventure pédagogique. Les objectifs pédagogiques des enseignements technologiques et leur cadre.

---

<sup>5</sup> Site officiel de la fondation "La main à la pâte" : <http://www.fondation-lamap.org/>

<sup>6</sup>C. Narce et al.,(2015).*Démarche progressive vers l'apprentissage par projet dans une formation scientifique*, Cécile Narce, Franck Brouillard, Jeanne Parmentier, Martine Thomas, Fabienne Bernard, Ahmet Özgümüş, Etienne Blanc, Sylvain Chaillou, Elise Provost, Thomas Boddaert, QPES Brest Juin 2015.

<sup>7</sup>M. Thomas et al.( 2015).*Comment structurer l'innovation à l'échelle d'un établissement ? L'exemple de la collaboration des enseignants à l'institut Villebon – Georges Charpak*, Martine Thomas, Jeanne Parmentier, Cécile Narce, Isabelle Demeure, Bénédicte Humbert, Colloque ATIU, Montpellier, juin 2015.

<sup>8</sup>J. Parmentier et al. (2015) *Valoriser travail collaboratif et créativité dès la licence : la démarche scientifique en action*, Jeanne Parmentier, Martine Thomas, Cécile Narce, Isabelle Demeure, Bénédicte Humbert. Colloque ATIU, Montpellier, juin 2015.

## **1. Les objectifs pédagogiques des enseignements technologiques et leur cadre**

Au cours de ces trois années de formation, l'enseignement des sciences technologiques a pour ambition de permettre aux étudiants d'acquérir une démarche scientifique solide et un savoir-faire plutôt que les notions strictes d'un programme. Faire le lien par la pratique entre les sciences et acquérir des connaissances sur les technologies actuelles fournit ainsi une introduction au métier d'ingénieur, aussi bien pour les techniques issues de la physique que pour les biotechnologies.

L'ensemble des enseignements d'Ingénierie, nom choisi pour désigner cette discipline, correspond à environ 150 heures sur les 2000 heures dispensées dans cette licence et ils sont fortement connectés aux enseignements de physique et aux projets semestriels (Apprentissage par Projet code, APPI). Parmi les thèmes abordés on trouve l'électronique, le traitement des images ou les capteurs ainsi que des biotechnologies.

## **2. Expériences et activités mises en œuvre**

La conception de cet enseignement a été l'occasion de tester une diversité de dispositifs pédagogiques, dont on donne ici quelques exemples.

Une activité interdisciplinaire de motivation a été conçue en collaboration avec les enseignants des autres disciplines, elle est réalisée en tout début de séquence. Cette activité est à la fois un jeu, une illustration des thèmes qui seront évoqués dans l'UE interdisciplinaire et une première tentative de répondre à une question technique par une démarche concertée à deux étudiants. Cette activité est plus amplement décrite au paragraphe 2.1.

Une part importante (60%) des enseignements est un apprentissage pratique, dans une salle dédiée, équipée en matériel de prototypage électronique. La plupart des thèmes sont ainsi abordés par la pratique, pour n'être qu'ensuite analysés et replacés dans un contexte scientifique plus général. Une fois le matériel et les notions de base prises en main, les séances pratiques ont été l'objet de différents défis par équipe. La description de l'un de ces défis est l'objet du paragraphe 2.2. Un projet en lien avec d'autres disciplines a permis de mettre en œuvre sur une problématique réelle d'un chercheur le savoir-faire acquis en traitement numérique des images. Ce projet est décrit au paragraphe 2.3. Les TICE ont été mises à profit pour proposer aux élèves des tests QCM d'autoévaluation.

L'évaluation des connaissances a été notamment réalisée par :

- la construction d'une carte conceptuelle commentée dans un montage vidéo,
- un sujet écrit abordant le même thème par plusieurs disciplines.

## 2.1. Activité « sémaphore »

En début de session, l'unité d'enseignement interdisciplinaire dans laquelle les sciences technologiques sont intégrées est présentée aux étudiants par une activité interdisciplinaire. L'unité d'enseignement s'intitule "Les nombres : comment représenter le réel ?" et elle rassemble des enseignements d'informatique, de mathématiques et d'ingénierie. Le thème de l'activité d'introduction est la transmission d'information. Le titre *Sémaphore* donné à l'activité est inspiré des moyens de communications basés sur le télégraphe de Chappe (figure 1, ci-dessous). Un montage vidéo réalisé en 2013 par l'un des auteurs est disponible (<http://www.villebon-charpak.fr/videos/semaphore/>), ce film présente la mise en œuvre de cette activité avec les élèves de la première promotion.

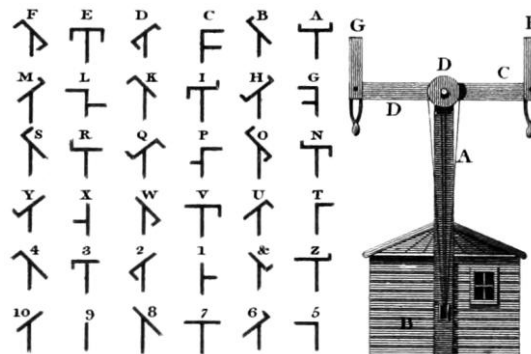


Figure 1. Représentation du système de communication du télégraphe de Chappe.

Crédit <http://en.wikipedia.org>.

L'activité est présentée comme un jeu aux règles simples : chaque binôme d'étudiants doit se transmettre un code composé de chiffres uniquement à l'aide de deux gestes.

- Lors de la première phase de l'activité, les binômes élaborent un code de leur choix.
- Puis, après environ 30 minutes, les binômes sont séparés et un des deux élèves reçoit une enveloppe avec une série de chiffres à communiquer à son binôme à l'aide du code gestuel.
- Lors d'une troisième phase, les encadrants expliquent comment interpréter la série de chiffres, qui représente en fait le codage des niveaux de gris des pixels d'une image et

les élèves participent à la reconstruction collective de l'image à partir des codes reçus, image réalisée à l'aide de pixels de grande dimension, en feuilles cartonnées.

- La séance est clôturée par une discussion avec les enseignants.

Cette activité permet d'introduire différentes notions sur la représentation des nombres:

- les élèves s'approprient la notion de codage des nombres en base binaire lors de la première phase de l'activité et la discussion finale permet de plus, de comparer les codes,
- la découverte lors de la troisième phase de la nature de l'information codée est une illustration de la versatilité des techniques numériques,
- la reconstruction collective est une introduction (de taille humaine) à la nature des images numériques,
- enfin, la comparaison des codes et une manière d'aborder les transmissions numériques et leurs performances en parlant de taux d'erreur.

Le fait que la construction soit collective, que les binômes ne soient pas en compétition mais collaborent, en apportant chacun quelques pixels de l'image est un aspect particulièrement important de cette activité.

## **2.2. Défi par équipe en travaux pratiques**

L'enseignement des sciences technologiques est centré autour de l'acquisition d'une démarche expérimentale. L'objectif est de les emmener à construire une réflexion scientifique aboutie face à une problématique qui peut être proche des problématiques auxquelles ils feront face dans leur métier d'ingénieur. Cet aspect est introduit au cours de séance de travaux pratiques (T.P.) et notamment l'organisation d'une séance de *T.P. défi*. La séance se déroule sur le thème de l'électronique logique et est organisée en équipe de travail. L'objectif de chaque équipe est de mettre en œuvre un circuit permettant d'allumer séquentiellement les segments d'un afficheur lumineux. Un montage vidéo réalisé par un des auteurs est disponible à l'adresse suivante :

<http://www.villebon-charpak.fr/videos/enseigner-les-sciences-technologiques-de-facon-innovante/>

En début de séance, seule une séquence vidéo est présentée aux étudiants. Une liste d'une dizaine de questions accompagne cette vidéo. Ces questions ont pour but de les guider dans

leur raisonnement afin de répondre à la problématique sans leur indiquer précisément les étapes. Certaines questions orientent les étudiants vers de la recherche documentaire sur les outils à disposition, d'autres vers une analyse de conception théorique, ou encore vers la réalisation et les tests expérimentaux.

On voit précisément à cette étape que le rôle des encadrants n'est plus de fournir des réponses aux questions des élèves, mais au contraire de fournir les questions qui leur permettront de modeler leur réflexion. La séance de 3h est rythmée par 5 points d'étape pendant lesquels un porte-parole de l'équipe, désigné par tirage au sort, doit exposer l'avancement de son équipe. Le fonctionnement par équipe est un réel stimulant pour les étudiants qui ne sollicitent pas l'enseignant à la première difficulté rencontrée, mais réfléchissent ensemble. L'ambiance du début de la séance est très studieuse et calme. Un intérêt des points d'étape est aussi de recadrer les projets divergents, mais ce recadrage n'est pas conduit de manière directe par l'encadrant, mais plutôt de manière collective : en discutant des solutions trouvées par les autres groupes, les solutions divergentes disparaissent automatiquement. Ponctuellement, l'encadrant l'aide en posant une question liée au problème. Le rôle de l'encadrant est surtout de créer une atmosphère dite "no-risk" afin de ne pas brimer la réflexion ou l'imagination des étudiants (G.D. Catalano and K. C. Catalano 1999). Le but de cette atmosphère est d'avoir une classe où le sens de la communauté va primer sur l'individualisme pour emmener les groupes à fond dans le projet proposé. L'ambiance de la séance n'est ainsi pas une compétition mais plutôt à l'image du métier de scientifique dans une entreprise ou un laboratoire.

### **2.3. Projet de traitement d'images biomédicales**

Enfin, les enseignements de l'Institut Villebon sont interdisciplinaires à travers les Unités d'Enseignement (U.E.) groupées par thématique plutôt que par matière. Cette interdisciplinarité a pour vocation de permettre aux étudiants d'établir un lien entre les sciences. L'enseignement des sciences technologiques de l'U.E. "Les nombres, comment représenter le réel ?" se clôture par un projet pédagogique interdisciplinaire liant les sciences technologiques et la biologie. Nous proposons aux étudiants un projet basé sur les problématiques réelles du projet de recherche de Guillaume Dupuis, maître de conférences au Centre de Photonique BioMédicale de l'Université Paris-Sud à Orsay, travaillant sur



l'imagerie d'échantillons de Titane biocompatibles destinés à être utilisés comme implant de prothèse osseuse<sup>9</sup>.

Pour évaluer l'adhésion cellulaire des échantillons, G. Dupuis<sup>6</sup> étudie ces cellules en imagerie de fluorescence et s'intéresse à leur forme et leur intensité d'émission. Nous demandons aux étudiants de proposer une solution de traitement d'image permettant d'identifier les cellules adhérentes en fonction du procédé de fabrication. Les étudiants présentent une véritable motivation à travailler sur des thématiques de recherche réelles et s'approprient des questions qui sont celles du chercheur. Ici encore, le projet reste libre dans la façon de l'aborder et de le traiter. Seule la problématique générale de l'étude est donnée ainsi que l'objectif qui est attendu à l'issue de leur projet à savoir mettre en œuvre un protocole de comparaison des échantillons. Ils doivent eux-mêmes déterminer leur critère de comparaison et les paramètres qu'ils vont utiliser pour comparer les échantillons. L'encadrement plus libre des contours du projet leur permet d'envisager des approches astucieuses et s'approprient une démarche de l'émergence de la problématique scientifique à l'ébauche d'une solution. L'intérêt est d'évaluer non pas leur capacité à avoir la "bonne" réponse à un problème mais leur capacité à se poser des questions scientifiques et chercher les moyens à leur portée pour y répondre.

### 3. Première analyse

La pédagogie d'enseignements basés sur une approche expérimentale n'est efficace que si les étudiants s'impliquent dans cette démarche. En effet, la dynamique du cours est construite à la fois autour d'une interaction entre l'enseignant et les étudiants mais aussi et surtout entre les étudiants, formés en binômes ou en équipes de 4 à 6 étudiants. Ils sont sollicités pour apprendre en groupe, une entente bienveillante entre les étudiants et une confiance dans l'enseignant sont des conditions nécessaires pour que la stratégie d'apprentissage fonctionne.

Pour atteindre ces objectifs, les encadrants doivent s'attacher à maintenir une ambiance de travail dite "no-risk", définie comme une atmosphère non punitive, où les essais non concluants, même absurdes, ne sont pas reprochés aux étudiants. L'enseignant doit utiliser la

---

<sup>9</sup>Sivankutty, S., Dupuis, G., Lecart, S., Lefumeux, C., Leveque-Fort, S., & Dubois, A. Microscopie STED accordable et résolue en temps. In *colloque Journées Imagerie Optique Non-Conventionnelle (JIONC) 2012*.

curiosité scientifique des étudiants et l'idée de défi pour canaliser les énergies autour de la séance.

Dans leurs témoignages, les étudiants sont conscients que l'appropriation d'un problème en indépendance est une étape clé dans l'assimilation des notions du cours. Les étudiants sont confrontés à une problématique, ils doivent alors puiser dans ces notions tout en construisant toute la démarche de la recherche bibliographique pour arriver à l'ébauche d'une solution pertinente.

Néanmoins, ils ne souhaitent pas que cette séance de "mise en situation" arrive trop tôt dans leur apprentissage mais plutôt à la fin d'une séquence. Les laisser se confronter à des problématiques scientifiques leur permet d'acquérir une autonomie qui est une qualité particulièrement remarquée et appréciée par les entreprises et les laboratoires d'accueil pendant des stages. Au cours de leur stage de L2 de 1 mois en laboratoire, les différentes équipes d'accueil reconnaissent aux étudiants de l'institut un esprit scientifique et innovant dans les tâches qui leur sont confiées.

## **Conclusion**

Nous décrivons l'utilisation de techniques innovantes dans le cadre d'un enseignement universitaire pour la deuxième année consécutive. Les techniques déployées ont reçu un accueil très favorable de la part des étudiants qui ont souvent classé les activités citées parmi les temps forts de leur parcours. Au niveau des compétences acquises, la comparaison avec des techniques classiques est difficile, d'autant que la première promotion est toujours dans l'institut. Néanmoins, lors des deux stages extérieurs que les étudiants ont eu à assurer dans des milieux scientifiques divers, les équipes d'accueil ont témoigné d'une très bonne intégration et des capacités d'innovation particulières. L'objectif des enseignements d'ingénierie de former des personnes avec un savoir-être compatible avec le travail en équipe et capables de proposer des solutions innovantes est donc en passe d'être atteint.

## **Références**

Catalano G.D, Catalano K.C. (1999). Transformation: From Teacher-Centered to Student-Centered Engineering Education, *Journal of Engineering Education*, 88, 1, 59-64.