

# Formation aux bonnes pratiques de laboratoire

Patrick Leghié

**Résumé** Dans un contexte où les cadres sont de plus en plus soumis à la pression de leur responsabilité envers leurs salariés, l'École des Hautes Études d'Ingénieur de Lille (HEI) a décidé de mettre en place, sur ses cinq ans d'études, un programme d'enseignement pour sensibiliser et former les étudiants aux règles élémentaires de sécurité au travail. Dès le début de la première année, les étudiants doivent réussir les évaluations de deux formations afin de pouvoir prétendre à continuer normalement leurs études : l'habilitation électrique et la formation aux bonnes pratiques de laboratoire (encore appelée habilitation aux risques chimiques). Si la première est très courante en entreprise, la seconde l'est nettement moins, même si sous l'impulsion de représentants de l'Union des Industries Chimiques, ce type de formation se développe dans certaines régions. Pourtant, les produits chimiques, dont certains présentent des risques bien spécifiques, sont présents dans de nombreux secteurs d'activité. De plus, les matériels utilisés dans les laboratoires de TP de chimie, pouvant présenter des risques particuliers, rendent nécessaire la formation des étudiants. Les outils mis en place sont simples, complets, attrayants et transposables à d'autres établissements d'enseignement.

**Mots-clés** Risques chimiques, formation, évaluation, sécurité, laboratoire de chimie, MIEC-JIREC 2009.

**Abstract** **Training to safe laboratory practices**  
Within a context in which company's executives are more and more submitted to the pressure of their employees, the "École des Hautes Études d'Ingénieur", an engineering school located in Lille (France), has decided to set up, over its five year syllabus, a teaching program in order to make the students aware of safety and to train them to the elementary rules at work. Consequently, from their first year on, the students have to pass assessments in two fields in order to be allowed to carry on with their curriculum: the electrical accreditation and the training to safe laboratories practices (also called chemical hazard accreditation). If the former is quite common in most industries, the latter is more unusual, even if, owing to members of the "Union des Industries Chimiques" (France), this kind of qualification exists in some regions. Though chemical substances – some with very specific hazards – are present in many fields of activity. Chemical hazards specific to teaching labs makes the training to safety compulsory for students. The programs set up are simple, thorough, attractive and easily transferred to other educational structures.

**Keywords** Chemical hazard, formation, assessment, safety, chemistry labs, MIEC-JIREC 2009.

## L'École des Hautes Études d'Ingénieur (HEI)

HEI est une école privée d'ingénieurs située à Lille. L'essentiel de son recrutement se fait à l'issue du baccalauréat, chaque promotion comptant environ 350 étudiants. C'est donc une école avec des classes préparatoires intégrées, qui forme des ingénieurs généralistes en proposant des cursus assez particuliers.

Tout d'abord, le cycle préparatoire (appelé HEI1 et HEI2) suit le programme officiel de l'Éducation nationale avec trois filières : MP, PC et PSI. La première année du cycle ingénieur (HEI3) complète la formation générale et initie le projet professionnel. Les deux dernières années (HEI4 et HEI5) offrent ensuite la possibilité aux étudiants d'ouvrir leur esprit dans l'un des dix domaines proposés par l'école : banque, finance et assurance ; bâtiment, aménagement, architecture ; bâtiment et travaux publics ; chimie ; conception mécanique ; énergies, systèmes électriques et automatisés ; informatique et technologies de l'information ; ingénierie médicale et santé ; organisation et management des entreprises ; technologies, innovation et management international textiles. Associés aux matières de tronc commun, ces domaines forment le cycle de professionnalisation.

Durant le cycle ingénieur, les étudiants suivent environ 1 400 heures de cours de tronc commun apportant une formation généraliste, et 400 heures orientées plus spécifiquement vers leur projet professionnel.

## Contexte de l'élaboration des outils de formation

C'est dans ce contexte d'hétérogénéité, filières MP, PC ou PSI en classes préparatoires puis de « spécialisation » en cycle ingénieur – un étudiant en BTP ou en conception mécanique n'aura pas la même approche de la chimie qu'un étudiant en chimie ou en textile –, qu'est née la « formation aux bonnes pratiques de laboratoire ». En effet, d'où qu'il vienne et où qu'il aille, chaque étudiant entrant en HEI est amené à passer un certain nombre d'heures en salle de TP de chimie. De ce fait, il sera confronté à la manipulation de produits chimiques, à la réalisation de montages expérimentaux, voire à l'utilisation d'appareils plus ou moins sophistiqués.

Ajoutons à ceci que les problématiques QSE (qualité, sécurité, environnement) sont abordées dès la HEI1 et développées tout au long des cinq années. En 2004, l'école a mis en place une formation à « l'habilitation électrique »

permettant aux étudiants de réaliser des travaux au sein de l'école et à l'extérieur.

Nous sommes partis de cette démarche pour construire les différents outils de notre « formation aux bonnes pratiques de laboratoire ». Comme toute formation de ce type, elle est sanctionnée par une évaluation notée qui intervient dans la moyenne de l'étudiant, et qui lui ouvre (ou non) les portes des laboratoires de chimie afin d'y réaliser ses travaux pratiques (voir le chapitre « Droits et devoirs des étudiants »).

Du fait de leur parcours scolaire, les besoins des étudiants seront différents. Nous avons rapidement constaté qu'il fallait deux niveaux de formation :

- le niveau 1, généraliste, s'adressant à tous les étudiants de HEI1 et à ceux rejoignant l'école en HEI3 à l'issue de leur BTS, DUT, ou suite à une CPGE ;
- le niveau 2, plus spécifique, s'adressant aux étudiants HEI4 du domaine chimie.

Autre paramètre important, nous voulions que ces outils soient exploitables par d'autres établissements, ce qui impliquait d'être neutre dans la formation et l'évaluation.

### Niveau 1 : présentation des outils

La mise en place de ces outils a nécessité trois groupes de travail d'étudiants [1-3], à divers degrés d'évolution du projet ; l'apport des étudiants a été vital dans leur réalisation car en tant qu'acteurs (ils avaient fait les différents TP de chimie), leur expérience sur les points importants à aborder était précieuse. Les outils mis en place sont :

#### L'outil de formation

C'est un document PowerPoint® et la formation dure presque 2 h. Il est composé de quatre thèmes introduits par une justification de cette formation. Les thèmes retenus sont :

- **Thème 1 – Caractéristiques d'un produit chimique.** Il évoque ce qui permet de caractériser le danger d'un produit chimique : pictogrammes de sécurité, phrases de risques et de sécurité (phrases R et S), fiches toxicologiques et fiches de données de sécurité (FDS).
- **Thème 2 – Le matériel et verrerie classique de laboratoire.** Il traite de la bonne utilisation (en termes de sécurité) d'une pipette, d'une burette, d'un poste de filtration sur entonnoir de Buchner, d'une ampoule à décanter, d'un bec électrique chauffant, du chauffage d'un tube à essai, d'un banc Kofler, de la réalisation d'une CCM (chromatographie sur couche mince), d'un montage à reflux et de la manipulation sous hotte. Toutes ces opérations sont abordées grâce à des montages photos ou des films commentés, réalisés par les étudiants. Naturellement, elles se concrétisent par un « résumé » (figure 1).
- **Thème 3 – Les bonnes pratiques de laboratoire :** de l'entrée à la sortie de la salle de TP, en passant par la bonne utilisation du vestiaire, du port des EPI (équipements de protection individuelle) adéquats et en état.
- **Thème 4 – Les produits chimiques :** une présentation des produits chimiques les plus utilisés (nom, formule, dangers : association au thème 1), les bons réflexes à avoir en cas d'accident et les moyens d'intervention (extincteur, douche oculaire et corporelle...).

#### L'outil d'évaluation

C'est un outil multiple composé d'une banque de données de questions, d'un générateur d'énoncés et d'un système correcteur. Pour les deux premiers éléments, nous utilisons

le logiciel « Questions/Réponses® » créé par la société Atlence® et téléchargeable gratuitement sur leur site [4]. Ce logiciel permet une évaluation informatique (nécessitant que chaque étudiant utilise un PC) ou manuscrite et peut générer différents types d'énoncés (QCM, interrogation classique...). Du fait du grand nombre d'étudiants à évaluer, nous avons choisi le QCM évalué par écrit. Pour le QCM proposé, chaque affirmation/question est accompagnée de trois possibilités de réponse. Les étudiants cochent alors sur la feuille la réponse qu'ils pensent être juste pour chaque affirmation/question. Nous avons opté pour un QCM de 60 questions (15 questions par thème), noté + 1, 0, - 0,5 si la réponse à la question/affirmation est bonne, absente ou fautive (respectivement) et nous considérons que la note minimale de ce QCM doit être de 14/20. La correction est ensuite effectuée par un système de lecture optique avec saisie informatique du résultat. De ce fait, nous sommes capables d'obtenir des éléments statistiques quant à la réussite globale de l'évaluation, la réussite par type de formation. L'échec à des questions bien précises montre que certains points de la formation nécessitent d'être revus ultérieurement en séance de TP. Comme précisé précédemment, la note obtenue par l'étudiant compte dans sa moyenne et lui ouvre les portes des laboratoires de chimie.

#### L'outil d'apprentissage

Ce document de 142 pages, que nous avons appelé « Livret d'accompagnement », est destiné aux enseignants. Il est indispensable car vu le nombre d'étudiants, ce sont les enseignants de chimie en HEI1 qui sont chargés de la formation. Il faut qu'ils sachent sur quels points insister et qu'ils connaissent parfaitement le langage « sécurité », tel que la différence entre danger et risque par exemple. Le livret d'accompagnement est composé de cinq parties :

- Une partie dite « réglementaire » replace le contexte juridique ainsi que la responsabilité de l'enseignant lorsqu'il enseigne dans une salle de TP (Code civil et règlement intérieur de l'école).
- Les deuxième et troisième parties plus axées sur les aspects sécurité et conseils : pourquoi les laboratoires de TP de chimie sont-ils particulièrement à risques ? ; historique des accidents survenus dans l'école ; conduites à tenir en cas d'accident ; moyens d'intervention.

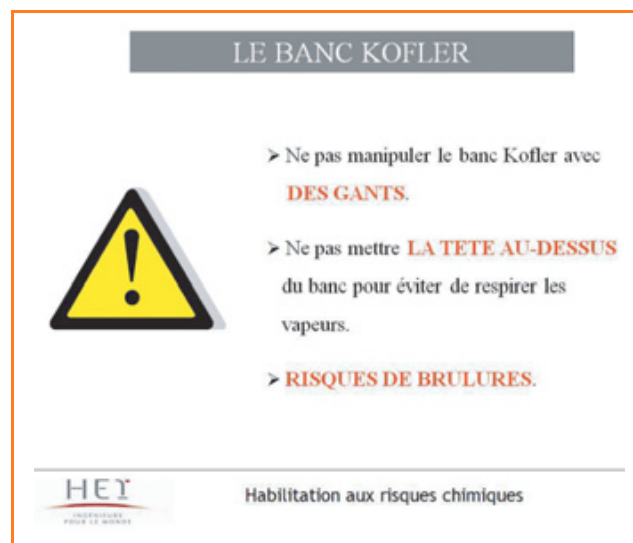


Figure 1 - Diapositive récapitulant les risques liés à l'utilisation d'un banc Kofler.

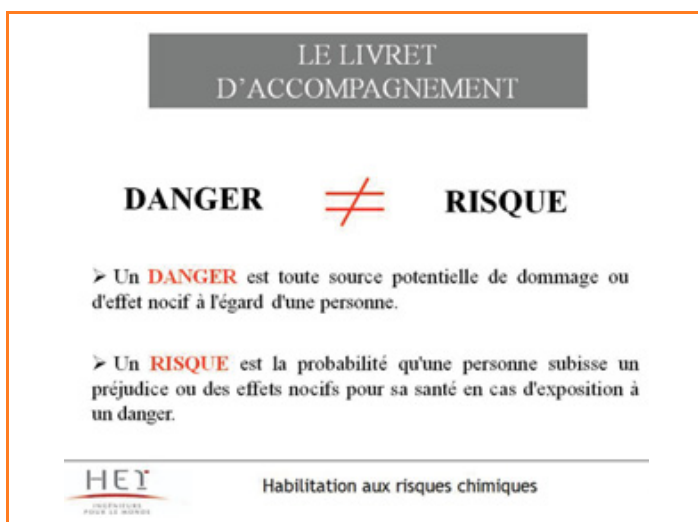


Figure 2 - Diapositive traitant de la différence entre danger et risque telle qu'elle est présentée aux étudiants lors de la formation.



Figure 3 - Commentaires associés à la diapositive présentée aux étudiants (figure 2).

On y trouve les définitions (en caractères normaux) que les étudiants doivent retenir. Ces définitions sont accompagnées d'exemples (en italique) permettant à l'enseignant d'approfondir ces notions s'il le souhaite.

- Une quatrième partie relative à la formation des étudiants. Chaque diapositive de l'outil de formation est reprise et des commentaires y sont ajoutés. Selon la « priorité » du message à faire passer auprès des étudiants, les commentaires sont écrits normalement ou en italique (figures 2 et 3).
- Une dernière partie concernant l'évaluation de la formation. Tout comme la formation, les enseignants du cycle préparatoire doivent mettre en place cette évaluation. Nous leur expliquons comment fonctionne le logiciel permettant de générer les énoncés, et quels sont les critères de réussite de cette évaluation.

### Résultats

Pour l'année scolaire 2007-2008 (première mise en place de cette formation), les sept classes représentant 362 étudiants – 159 PC, 96 PSI, 107 MP – ont été « testées ». Lors du premier test, 300 étudiants – 139 PC, 77 PSI, 84 MP – ont réussi, soit 82,9 % de la promotion. Lors du

deuxième test (deux semaines plus tard), 57 autres étudiants – 17 PC, 19 PSI, 21 MP – ont réussi, soit 15,7 % de la promotion. Un troisième test a été nécessaire pour que les cinq derniers étudiants réussissent. Globalement, nous pouvons dire que la formation est à la portée de chacun puisque les PC ne semblent pas être avantagés.

Pour l'année scolaire 2008-2009, l'ensemble des sept classes a validé la formation à l'issue du premier test. Pour 2009-2010, le test vient juste d'avoir lieu et tous les étudiants ont obtenu des notes supérieures à 14.

### Niveau 2 : présentation du contexte et des outils

Cette formation est destinée aux étudiants de deuxième année du cycle ingénieur du domaine chimie. Elle fait suite à la formation niveau 1 destinée aux étudiants de première année.

Cette année scolaire 2009-2010, qui correspond à la première mise en place de ce niveau 2, est exceptionnelle car les étudiants de HEI4 domaine chimie avaient suivi la formation niveau 1 en 2008-2009 mais n'avaient pas été évalués.

Le niveau 2 s'adresse à un public averti car les étudiants ont non seulement suivi la première formation mais ont également eu des séances de TP en classes préparatoires et en première année de cycle ingénieur.

La formation devient plus exigeante car dans le domaine chimie, une plus grande autonomie est laissée aux étudiants lors des séances de TP. Ils sont en effet amenés à réaliser eux-mêmes leurs montages et peuvent rencontrer des conditions opératoires particulières (hautes températures, gaz inerte, gaz sous pression...). Ils peuvent se retrouver dans ces situations lorsqu'ils seront en projet.

Cette formation a donc pour principaux objectifs :

- d'informer les étudiants sur les pratiques de laboratoires qu'ils ne connaissent pas ou qu'ils maîtrisent mal ;
- d'inciter les étudiants à être attentifs en laboratoire pour leur sécurité mais aussi pour celle des autres : en tant que futurs cadres, ils se doivent de recadrer les étudiants pouvant être dangereux pour eux-mêmes et pour les autres ;
- d'instaurer des bonnes pratiques de laboratoire lors des manipulations mais aussi lors des situations dégradées (épandage, incendie...);
- de renforcer ainsi les actions de sensibilisation des étudiants à la notion de risques.

Un seul enseignant suffisant à dispenser la formation aux étudiants ; les outils mis en place sont :

### L'outil de formation

C'est également un document PowerPoint® et la formation dure une heure et demie. On y aborde les aspects liés :

- aux phénomènes de pression/dépression : quand peuvent-ils survenir ? Montage et rôle des flacons de garde ;
- aux montages particuliers : distillation sous vide, entraînement à la vapeur... ;
- aux produits chimiques : manipulation de bouteilles de gaz, « CMR » (cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques) ; que faire en cas d'incendie, d'épandage ?... ;
- aux risques spécifiques du chauffage : taux de remplissage d'un ballon, condition de chauffage... ;

### L'outil d'évaluation

L'évaluation se déroule en deux parties : un QCM et des « mises en situation ».





Figure 4 - Une des mises en situation présentée lors du premier test.

On distingue différentes erreurs : l'opérateur a sa blouse ouverte, ses manches sont relevées, il ne porte pas de lunettes de protection, le flacon est laissé ouvert, le montage au premier plan présente un ballon trop rempli, l'élevateur est baissé, pas d'élevateur sous l'erlen, un chiffon se trouve près de la partie chauffante, un stylo traîne sur la paillasse...

Le QCM est basé sur le même principe que pour le niveau 1 : banque de données, logiciel Questions/Réponses®. Il comprend 60 questions, notation + 1, 0, - 0,5, et porte sur les aspects évoqués dans la formation « niveau 2 », mais reprend également certains points évoqués lors de la formation « niveau 1 ».

Les mises en situation sont réalisées à partir de photos où l'on voit des étudiants en train de manipuler. Deux photos sont présentées aux étudiants évalués, qui doivent retrouver les erreurs et les situations à risque : tenue vestimentaire, comportement, montages réalisés, manipulations effectuées... (figure 4). Le nombre d'erreurs et de situations à risque à trouver est défini et la notation est moins agressive : 0 si l'erreur n'est pas trouvée ou erronée (traduisant une mauvaise interprétation) et + 1 si elle est corrigée. Une note globale de 14/20 est demandée. La note minimale de 10/20 est exigée pour le QCM et les mises en situation.

### Résultats

Pour cette année scolaire 2009-2010, les 19 étudiants HEI4 domaine chimie ont été formés et évalués ; 14 ont réussi dès le premier test. Pour les cinq autres, deux ont « raté » leur QCM et trois n'ont pas correctement identifié les erreurs et les situations à risque des mises en situation. Ils ont tous réussi le deuxième test.

Remarque : cette formation fait partie d'un ensemble d'outils développés par un binôme d'étudiants dans le cadre

de leur travail de fin d'étude [5]. Un site Internet, intitulé « S et KOH » (en français, soufre et potasse : deux conditions « nécessaires » à l'étude de la chimie), a été créé dans l'objectif d'aider les étudiants à préparer leurs TP [6]. Les étudiants y trouvent toutes sortes de renseignements, y compris les aspects sécurité. On y retrouve les deux PowerPoint® de formation et des exemples de QCM ou de mises en situation.

### Les droits et devoirs des étudiants et des enseignants

Les étudiants et les enseignants ont droit à l'information et à la formation : les documents sont présents sur l'intranet de l'école.

Les étudiants ont le devoir de réussir les tests pour accéder aux salles de TP de chimie. À défaut, ils sont considérés comme absents et notés 0/20 aux séances manquantes. Ils ont aussi le devoir de mettre en application ce qu'ils apprennent à chaque séance de TP.

Les enseignants ont le devoir de continuer à former les étudiants à la sécurité. Ce n'est pas parce que les tests sont réussis que les étudiants sont les « dieux » de la sécurité ou de la manipulation. La formation et les tests sont des éléments de base pour construire un édifice « sécurité ». La solidité de cet édifice ne dépend pas que de la motivation des étudiants, elle est directement liée à celle des enseignants.

### Références

- [1] Baux N., Guérin V., Hilal M., Loens A., Nowackyk R., Seingier A., They G., Projet PISTE HEI3 Tronc commun, **2005-2006**.
- [2] Dernaucourt J., Fournier V., Projet de fin d'année HEI4 Chimie, **2005-2006**.
- [3] Fichau A., Oger S., Travail de fin d'étude HEI5 Chimie, **2006-2007**.
- [4] [www.atlence.com](http://www.atlence.com)
- [5] Cabel M., Fontaine E, Travail de fin d'étude HEI5 Chimie, **2008-2009**.
- [6] <http://skoh.hei.fr>

Les références [1-3 et 5] sont disponibles sur simple demande auprès de l'auteur.



### Patrick Leghié

est enseignant à l'École des Hautes Études d'Ingénieur, Lille\*.

\* École des Hautes Études d'Ingénieur, 13 rue de Toul, F-59046 Lille Cedex.  
Courriel : [patrick.leghie@hei.fr](mailto:patrick.leghie@hei.fr)



Connaissez-vous bien le site de l'AC ?  
[www.lactualitechimique.org](http://www.lactualitechimique.org)  
 Alors vite, à votre souris !