



Une gestion de l'apprentissage de la chimie expérimentale en premier cycle universitaire

Christiane PERNOT

GHDSO-LIREST
Université Paris 11 bât. 336
Avenue Clémenceau
91405 Orsay Cedex

Résumé

*L'expérience présentée concerne la mise en place raisonnée de modules semestriels de chimie expérimentale en première année universitaire à Orsay (Université Paris Sud). Dans ces modules l'apprentissage et l'évaluation passent par la définition du rôle et du contenu de la **discipline** chimie expérimentale.*

Après analyse critique des pratiques courantes, des choix ont été faits pour modifier l'enseignement et des décisions prises pour que ces choix soient respectés (contenu, horaires, stratégie pédagogique, évaluation...).

Le premier module semestriel, entièrement indépendant du cours théorique, est présenté.

Mots clés : chimie expérimentale, objectifs, contenus, responsabilisation, stratégie pédagogique.

Abstract

The work presented here concerns a reasoned implementation of semester-units in experimental chemistry during the first college year (Université

Paris Sud). In these units both learning and assessment go through a definition of the function and of the content of experimental chemistry as a **subject matter**.

After a critical analysis of usual practices, choices have been made in order to modify teaching and decisions have been taken so that these choices are respected (content, number of hours, pedagogical strategy, rating...).

The first semester unit, entirely independent of the theoretical course, will be presented.

Key words : *experimental chemistry, aims, contents, responsibility awareness, educational strategies.*

Cette étude a débuté en 1989 par suite du profond malaise ressenti par les enseignants de chimie à l'égard des travaux pratiques en premier cycle. L'investissement en temps et en argent était jugé peu rentable au regard du peu d'intérêt accordé par les étudiants à ces travaux pratiques, et du fait que l'évaluation n'était pas prise en considération dans l'examen.

Considérant que le caractère expérimental est un facteur essentiel dans l'apprentissage et la compréhension de la chimie, la proposition avancée par certains enseignants de supprimer les travaux pratiques de chimie en premier cycle universitaire nous a poussés à analyser les pratiques, à les critiquer et à proposer et tester des séquences d'apprentissage en objectivant des critères de faisabilité.

L'ensemble des enquêtes, entretiens et analyses sur les pratiques figurent dans un document ronéoté (Pernot, 1990). A la suite de cette étude nous avons mis en place un enseignement expérimental que nous présentons, depuis le choix des objectifs et l'analyse des contraintes jusqu'aux moyens de fonctionnement.

1. DÉCISION D'UNE RÉNOVATION DES TRAVAUX PRATIQUES

1.1. Description schématique d'une coutume

Les enseignants et les étudiants de premier cycle souhaitent une relation avec le cours ; la chimie expérimentale est perçue comme "au service" du cours théorique.

Or cette relation est le plus souvent mal assurée, soit par inadéquation entre les possibilités de manipulation et les concepts théoriques enseignés en cours, par exemple la structure de la matière, soit par suite d'un problème d'emploi du temps ne permettant pas de faire coïncider les cours théoriques et les activités expérimentales.

Les objectifs sont mal définis. Les enquêtes indiquent qu'il y a implicitement un mélange d'objectifs de savoir, de savoir-faire, d'acquisition d'autonomie, de formation à la démarche expérimentale et à la communication de résultats de mesure. Ces objectifs ne sont généralement pas hiérarchisés de façon stable, ni gérés dans une progression d'apprentissage.

L'évaluation est difficile, en partie parce que la notion de service par rapport au cours entraîne l'utilisation de différentes techniques sans progression raisonnée. Il est alors difficile de concevoir une spécificité de l'apprentissage avec des étapes et des réinvestissements permettant de contrôler des acquis.

Les séances s'appuient souvent sur des photocopiés présentant le mode d'emploi d'une technique, laissant peu d'initiative à l'étudiant, sans repères pour situer le problème dans le réel et par suite peu motivants.

1.2. Les choix

L'idée est de s'affranchir de la relation avec le cours pour constituer des modules expérimentaux autonomes avec leur logique propre, leurs apprentissages spécifiques et leur évaluation.

La première question à résoudre est de définir les objectifs de cette chimie expérimentale. Nous retenons deux orientations :

– **l'apprentissage de techniques et d'utilisation de produits en fonction de leurs propriétés.** Il se fait de façon ordonnée et dans un temps limité (prévoyant des séquences répétitives). Cet apprentissage est lié à celui de la communication de résultats de mesures et de la description d'un protocole expérimental technique. Cette orientation correspond à une démarche "active" avec comme référence le laboratoire d'analyse et les objectifs d'apprentissage sont :

- l'utilisation de modes d'emploi,
- le savoir-faire technique,
- l'utilisation d'appareils,
- le soin,
- la tenue d'un cahier de laboratoire.

L'évaluation se fait sur la présentation du bilan critique des mesures et de l'expérimentation technique choisie permettant ces mesures.

– **l'initiation à l'expérimentation.** Il n'est pas possible d'en définir les méthodes d'une façon ordonnée et c'est une série d'interactions avec la théorie qui en valide les conclusions.

La communication des résultats se fait d'une façon différente incluant la validation théorique. Cette orientation correspond à une démarche

“*heuristique*” avec comme référence le laboratoire de recherche et les objets d’apprentissage sont :

- l’utilisation d’articles scientifiques,
- la construction d’un plan d’expérience,
- la recherche d’invariants,
- la reproductibilité de mesures,
- l’utilisation de supports théoriques.

L’évaluation se fait par la communication à un “milieu scientifique” d’une synthèse argumentée prenant en compte les résultats de plusieurs “chercheurs” et les éléments théoriques connus.

Nous avons choisi de séparer clairement dans le temps ces deux objectifs. Au premier semestre nous avons élaboré un module de formation technique se référant à la démarche active, et au second semestre un module de formation à la démarche scientifique.

Pour garantir l’apprentissage et son évaluation nous nous sommes donné des critères de cohérence de l’apprentissage proposé et de motivation des étudiants.

La cohérence de l’apprentissage est assurée par :

- l’explicitation des objectifs,
- la prise en compte des capacités de l’étudiant,
- la vérification de l’adéquation entre les activités proposées et les objectifs déclarés,
- la mise en place d’une progressivité dans l’apprentissage avec un réinvestissement des acquis au fur et à mesure,
- le choix d’une stratégie pédagogique dans laquelle le rôle des protagonistes est défini,
- des procédures d’évaluation cohérentes avec les objectifs d’apprentissage déclarés.

Les éléments de motivation sont :

- la référence au vécu afin que le problème prenne un sens aux yeux de l’étudiant,
- la responsabilisation des étudiants,
- la discussion des résultats obtenus.

2. GESTION D’UN APPRENTISSAGE

Nous présentons le premier module d’apprentissage de techniques et d’utilisation de produits chimiques. Le second module sera décrit ultérieurement.

2.1. Objectifs et contenu du module

Ce premier module semestriel est indépendant du cours, qui porte sur la structure de la matière. Désirant utiliser et développer ce que l'étudiant connaît en arrivant à l'université, il nous a paru judicieux de travailler sur l'analyse quantitative (avec des aspects qualitatifs) d'espèces chimiques en solution utilisant les différentes techniques de dosages acido-basiques, d'oxydo-réduction (déjà connues) ou spectrophotométriques (nouvelles).

L'apprentissage, progressif, concerne quelques techniques utilisées plusieurs fois dans des séances différentes et porte sur le raisonnement permettant de manipuler de façon responsable et critique la verrerie, les produits et les appareils. Une seule de ces techniques est nouvelle par rapport au lycée. L'étudiant apprend à analyser et critiquer l'efficacité d'un protocole de manipulation et à gérer sa sécurité.

Cet apprentissage met en œuvre la rédaction et l'utilisation d'un cahier de laboratoire, comme outil de réflexion sur les conditions d'expérimentation et de recueil de mesures. Ce cahier aide au réinvestissement des acquis d'une séance à l'autre et témoigne des apprentissages, tant sur le plan des techniques que sur le plan de la gestion des informations écrites. C'est aussi une aide pendant les séances d'examen en fin de module.

Les analyses proposées sont résumées ci-dessous :

Sujets	Techniques
Dosage de l'acide éthanoïque dans plusieurs vinaigres	Dosage direct : volumétrie, pHmétrie (étudié en partie au lycée)
Spectrophotométrie d'absorption de différents colorants	Spectrophotométrie, absorptiométrie (nouveau par rapport au lycée)
Dosage des sucres dans le jus d'orange	Dosage en retour : volumétrie (étudié en partie au lycée)
Dosage des pigments dans les épinards	Extraction chimique, absorptiométrie, chromatographie (nouveau)
Contrôle des acquis	
Dosage de la vitamine C dans les fruits	Dosage en retour
Dosage de colorant dans un sirop de fruit du commerce	Spectrophotométrie d'absorption

2.2. Supports matériels

En plus des produits et des appareils, les étudiants disposent des notices des appareils, des fiches de toxicologie de tous les produits utilisés, des catalogues de verrerie et de produits, d'articles de journaux scientifiques ou de consommateurs, des étiquettes de produits du commerce et de livres de chimie de lycée.

Pour chaque séance, le photocopié comprend un travail préparatoire avec des indications sur l'expérience, des questions pour guider la réflexion de l'étudiant, puis un cahier de laboratoire pré-rédigé à compléter pendant la manipulation. Cette dernière partie est de moins en moins directive au fur et à mesure du déroulement du module.

2.3. Gestion du temps

La progressivité de l'apprentissage dépend de la succession judicieuse des sujets traités et des techniques utilisées.

La durée optimale d'une séance est d'une journée ; l'étudiant quitte la salle avec un travail terminé, corrigé et critiqué.

Le déroulement de chaque séance permet à l'étudiant :

- de vérifier qu'il possède les prérequis nécessaires pour comprendre le sens de la manipulation (discussion avec le groupe et l'enseignant sur le travail préparatoire),
- de proposer et d'appliquer un plan d'expérimentation,
- de recommencer des mesures ou essayer un autre plan,
- de comparer son expérience et ses résultats avec ceux des autres membres du groupe,
- de compléter le cahier de laboratoire,
- de critiquer son travail, d'en faire le bilan et de reporter ces critiques dans le cahier de laboratoire pour le compléter ou le corriger.

Sur l'ensemble des séances, un temps est consacré aux séances d'apprentissage (au nombre de 4) et un temps à l'évaluation des acquis (2 manipulations). Cette gestion conduit les étudiants à réinvestir au fur et à mesure les acquis dans des expérimentations plus complexes ou moins guidées et leur permet de contrôler et d'évaluer leur apprentissage.

2.4. La stratégie pédagogique

Prise en compte des capacités de l'étudiant

Nous essayons d'identifier ce qu'un étudiant est supposé savoir, compte tenu des programmes du Secondaire, de la façon dont les enseignants

de lycée utilisent les travaux pratiques et des expérimentations couramment effectuées ou "suivies" par les élèves.

Nous vérifions les prérequis de l'étudiant pour chaque séance de travaux pratiques à l'aide du travail préparatoire.

Nous analysons pour chaque séance l'ensemble des tâches techniques ou cognitives ou de communication que doit effectuer l'étudiant. Nous les planifions, nous organisons une préparation, puis une discussion permettant à l'étudiant de structurer le rôle de chaque tâche. Sinon l'ensemble risque de constituer un bruit de fond duquel l'essentiel n'émerge pas pour l'étudiant, qui ne sait plus ce que l'on attend de lui.

Enfin les aspects psychologiques sont pris en compte : les enquêtes montrent qu'il y a souvent un effet de "stress", une peur de casser du matériel, une peur devant des produits chimiques mal connus. La prise de décision n'étant pas une habitude, un encouragement peut être nécessaire.

Activités proposées

Ce premier module est destiné à l'apprentissage d'une utilisation raisonnée de techniques simples et à la rédaction d'un document de travail avec communication critique des résultats et description justifiée de l'expérience menée. Les activités proposées en relation avec les objectifs définis plus haut sont :

- l'exploitation des documents permettant d'aborder le sujet de l'expérimentation et de réaliser le travail préparatoire,
- un travail expérimental et la rédaction simultanée du cahier de laboratoire,
- la critique et la comparaison des résultats, le questionnement sur l'adéquation et l'efficacité du protocole expérimental par rapport à l'étude proposée.

La série des manipulations permet une progression dans l'initiative et la prise de décision de choix "techniques", ainsi que dans la présentation synthétique et la mise en forme des résultats, l'objectif étant de responsabiliser l'étudiant.

L'étudiant dispose de repères pour trouver une logique entre les produits mis à sa disposition, les appareils et le dosage à effectuer, ainsi que pour apprécier la pertinence d'un dosage proposé et le domaine de concentration des substances étudiées.

Ceci implique une préparation et une manipulation préalables de la part de l'enseignant, et également une discussion au sein d'une équipe pédagogique, incluant les techniciens.

Rôle de l'enseignant

L'enseignant :

- garantit un apprentissage,
- est responsable de la conception du sujet (thème-démarche) et du polycopié,
- est un support-conseiller technique et théorique,
- rassure et aide l'étudiant à prendre conscience de ses capacités,
- s'assure que le travail a un sens pour l'étudiant,
- élabore avec l'étudiant et le groupe une critique constructive sur l'utilisation du matériel et les résultats de mesures,
- incite l'étudiant à utiliser toutes les aides et à comparer son travail et ses résultats avec ceux des autres étudiants,
- est un correcteur-évaluateur.

3. L'ÉVALUATION

Pendant les séances la stratégie pédagogique permet une évaluation de l'apprentissage en cours. Nous considérons qu'il y a trois étapes :

- l'évaluation du travail à accomplir par l'intermédiaire du travail préparatoire proposé : c'est l'étape d'évaluation "**prédictive**",
- le travail expérimental et la rédaction du cahier de laboratoire, suivis de la critique de l'expérience et de ses résultats : c'est l'étape d'évaluation "**formative**",
- l'évaluation des acquis en fin de module. Sont évaluées les capacités à proposer un plan de travail raisonné, communiquer des résultats sous forme d'un compte-rendu écrit, les comparer et les critiquer : c'est l'étape d'évaluation "**sommative**".

Les deux premières étapes permettent à l'étudiant de s'auto-évaluer.

4. LE CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT AU PREMIER SEMESTRE

Les modules de première année à Orsay sont considérés comme des modules d'orientation. Les étudiants qui suivent l'enseignement décrit ci-dessus se destinent à des études en mathématiques et informatique, mathématiques et physique ou chimie et physique. Le module comprend :

- 36 h d'enseignement pour la chimie en laboratoire (groupes de 24 étudiants),
- 30 h de travaux dirigés et 30 h de cours sur la structure de la matière et la liaison chimique.

Cet enseignement, qui concerne environ 320 étudiants, est assuré pour la chimie par une équipe pédagogique composée de 10 enseignants en travaux dirigés et cours, 10 enseignants en chimie expérimentale (certains assurent les deux types d'enseignement) et une technicienne.

5. CONCLUSION

Pendant quatre années nous avons testé l'efficacité de ces modules par rapport aux objectifs choisis et enquêté sur la façon dont ils sont "vécus" par les étudiants et les enseignants. Des analyses de copies, des enquêtes et des entretiens ainsi que des observations de séances permettent les conclusions suivantes :

- la motivation des étudiants et des enseignants est grande,
- il est plus facile d'évaluer l'enseignement, grâce aux objectifs déclarés ; une conséquence est la prise en compte de la note dans l'évaluation globale en chimie,
- dans leur grande majorité, les étudiants sont capables, en fin de module, de présenter et d'argumenter un protocole expérimental sur une manipulation nouvelle,
- les tâches étant bien définies, il est plus facile pour les enseignants de détecter les obstacles.

Cependant, nous constatons qu'il reste aux étudiants à acquérir une capacité à comprendre et à présenter un travail dans une problématique globale. Dans le second module semestriel, nous utilisons les acquis techniques et nous développons les capacités à présenter une expérience, à élaborer une synthèse des résultats d'étudiants différents et à gérer la communication d'une démarche expérimentale. Cette complémentarité dans les objectifs permet une formation équilibrée et une motivation efficace. Cette formation demande à être consolidée et diversifiée les années suivantes.

BIBLIOGRAPHIE

PERNOT C. (1990). *Contribution des travaux pratiques à la formation en chimie des étudiants de 1^{er} cycle universitaire*. Paris, Association Tour 123.