

Tridisciplinarité pour l'apprentissage des techniques d'analyses chimiques

C. GENIN, D. SOULE, P. BRANLAND, P. BRESSOLLIER, B. VERNEUIL,
C. PRADOUX, R. FAURE et P. COURGNAUD
IUT de Limoges - Département de Génie Biologique
Allée A. Maurois - 87065 Limoges

RÉSUMÉ

L'équipe pédagogique du département de biologie appliquée, a essayé d'enseigner les principes des techniques d'analyses chimiques usuelles ainsi que leur mise en œuvre en regroupant tous les travaux pratiques d'initiation en début d'année. Une concertation et une importante collaboration entre les enseignants de trois disciplines, la physique, la chimie et la biochimie ont permis de mettre en commun et de condenser les notions enseignées. Un seul vocabulaire a été employé par les professeurs au cours de deux semaines de travaux pratiques intensifs consacrées à l'initiation aux principales techniques utilisées en laboratoire. A moyen terme, les étudiants ont acquis plus solidement des savoirs et des méthodes et ce, d'autant plus qu'ils les ont réappliqués au cours d'autres TP.

1. CONSTATATIONS

La nouvelle démarche mise en œuvre pour enseigner les principes des techniques d'analyses chimiques ainsi que leurs applications est issue d'un certain nombre de constatations faites par les enseignants du département de biologie appliquée.

Elles portent d'une part sur les acquis théoriques et pratiques des étudiants sortant des lycées, sur ce qu'ils ont retenu une fois sorti de l'IUT avec le DUT et d'autre part sur les particularités de l'enseignement de la chimie et de la biochimie.

1.1. Profil des étudiants entrant en IUT

Les étudiants proviennent de multiples lycées, inégalement pourvus en matériels. Certains bacheliers se révèlent avoir manipulé régulièrement tandis que d'autres non. Nous sommes donc obligés d'enseigner les gestes de base pour les manipulations. Si ce

PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INN

sont des rappels pour quelques étudiants, c'est une mise à niveau indispensable pour d'autres.

Toutefois, ils possèdent tous les connaissances nécessaires pour effectuer des dosages rédox ou acide-base. Si l'interprétation des résultats pose problème, c'est plus par mise en sommeil des notions bachotées que par ignorance ou oubli du cours de première au lycée par exemple.

1.2. Profil des étudiants avec le DUT

Les nombreuses applications pratiques des techniques sur les deux ans empêchent leur oubli par l'étudiant. Cependant, même s'ils savent manipuler correctement, ils se satisfont plus d'une acquisition d'automatisme que d'une compréhension globale incluant un esprit critique.

1.3. Relation chimistes, biochimistes et biologistes

La classification traditionnelle des disciplines et surtout leur enseignement cloisonné n'aident pas toujours les étudiants.

Nous avons constaté au cours de divers entretiens, que certains TP de chimie ou de biochimie se ressemblaient. Les mêmes techniques sont appliquées mais leurs approches diffèrent par les notations utilisées, la manière d'interpréter les résultats. Cela conduit l'étudiant à cloisonner lui aussi ce qu'il apprend. Ainsi, les propriétés des solutions tampons apprises en chimie ne sont pas considérées comme valables en biochimie où pourtant elles sont utilisées pour de nombreux dosages. La structure des acides aminés connue en biochimie, devient inconnue en chimie lorsqu'il faut calculer le pH de la glycine. En somme, pour l'étudiant, les notions apprises dans une discipline, lui sont propres et ne peuvent être utilisées dans une autre matière. L'étudiant moyen apprend donc parfois deux fois la même chose sans prendre conscience de leur similitude.

Même si ces constatations ne sont applicables qu'à une minorité de lycéens et d'étudiants, elles posent le problème de la nature et de l'efficacité de la pédagogie en vigueur. Nous nous sommes alors imposés la modification de nos méthodes d'enseignement des techniques d'analyses. C'est pourquoi nous avons décidé de mettre en commun les TP et leur contenu, et de définir des objectifs précis pour l'apprentissage des techniques d'analyses.

PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INN

2. PRINCIPES ET OBJECTIFS DE LA FORMATION

Principes	Objectifs
Les différentes techniques ne doivent être étudiées que sous un seul point de vue, commun à toutes les disciplines.	L'étudiant doit être capable de les appliquer quelle que soit la situation.
Elles font toutes l'objet de séances d'initiation en TP en début d'année.	Acquisition des bases spécifiques à chaque technique avec applications immédiates.
Elles seront par la suite réutilisées en tant qu'outils.	Maintien et renforcement des savoirs.

3. ORGANISATION DES TRAVAUX PRATIQUES**3.1. Organisation pratique**

Les séances d'initiations ont été réparties sur deux semaines pour que les cinquante-et-un étudiants répartis en binômes et en quatre groupes de TP, puissent passer et elles ont été scindées en trois ensembles :

- Initiation aux méthodes de mesures, de pesées, de dilution et de solubilisation avec une approche concernant les notions de précision, les erreurs et les incertitudes des mesures.
- Initiation à la spectrophotométrie.
- Initiation à la pH-métrie, aux dosages rédox.

En annexe, nous donnons les sommaires des fascicules fournis aux étudiants pour chaque thème.

Pour que le déroulement de l'apprentissage soit logique, les étudiants ont tous démarré les TP par le premier ensemble. Puis ils ont suivi soit le deuxième soit le troisième. Ainsi sur les deux semaines, les trois premiers jours ont été consacrés aux méthodes de préparation de solutions et pendant les sept jours restant, les groupes ont tourné sur la spectrophotométrie et les réactions rédox et les équilibres acido-basiques.

Ces trois pôles de connaissances ont fait l'objet de deux jours consécutifs de cours pour une présentation rapide du sujet et de travaux pratiques. Cinq professeurs de physique-chimie et biochimie, et trois techniciens ont participé à l'élaboration des cours, des fascicules de présentation ou des photos et du film qui a été tourné pour le premier

PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INN

thème. Un contrôle pratique individuel a sanctionné l'acquisition des connaissances par l'étudiant pour chaque ensemble.

3.2. Organisation des ensembles

3.2.1. Mesures, dilutions et incertitudes

- Pendant une demi-journée, un cours magistral a présenté les notions théoriques nécessaires concernant les calculs de concentration, de dilution et d'incertitudes, la verrerie, les balances. Un film didactique sur les gestes du chimiste tourné à l'IUT a été projeté aux étudiants.
- Huit heures de TP ont suivi le cours. Une attention particulière a été portée à l'apprentissage des gestes corrects et à la sécurité du manipulateur.
- Un contrôle a clos ces deux jours en mettant l'étudiant devant des situations réelles nouvelles pour lui.

3.2.2. Ensemble spectrophotométrie

- La même répartition en cours, TP et contrôle a été suivie. Pour expliquer le principe physique de la spectrométrie et la constitution de ces appareils, un colorimètre démonté a été montré aux étudiants.
- Les manipulations ont permis l'utilisation de colorimètre pour des dosages à longueur d'onde fixe et d'un spectrophotomètre pour des utilisations avec balayage spectral.
- Le contrôle incluait pour chaque étudiant la mise en œuvre d'un dosage d'une substance qui n'avait pas été vue au cours des manipulations précédentes.

3.2.3. Oxydoréduction ; pH-métrie

- Ce thème a fait l'objet de trois demi-journées de TP et une demi-journée de contrôle.
- Les notions essentielles concernant le potentiel rédox, les électrodes et le pH étaient revues ou apprises à travers des expériences «de cours». Divers dosages potentiométriques et pH-métriques ponctuaient chaque partie.
- Chaque étudiant a été «testé» au cours d'un dosage qui incluait également des dilutions et diverses préparations de solutions.

PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INN

CONCLUSION

Ce travail issu de conclusions plutôt pessimistes sur les capacités des étudiants et l'efficacité de l'enseignement a motivé l'équipe pédagogique. Ceci a permis de surmonter quelques difficultés liées au besoin de mobiliser du temps, du matériel et des personnes pleinement pendant trois mois. Les deux semaines de TP ont été à ce point de vue, les plus exigeantes ; la quantité de verrerie ou de matériels plastiques nécessaire est particulièrement importante.

Plusieurs mois après, les étudiants et les enseignants sont globalement satisfaits. Les premiers ont été eux aussi motivés par l'expérience et en ont compris l'esprit et les avantages. Les savoirs sont toujours présents d'après ce que les professeurs de TP de toutes disciplines ont pu constater.

Leur regard sur la chimie et la biochimie est plus unitaire, ce qui facilite l'enseignement de sujets plus spécifiques à ces deux disciplines.

Surtout, ils ont pris conscience de l'importance des techniques. La connaissance de leur principe pour une utilisation plus judicieuse et correcte, est apparue indispensable à beaucoup d'étudiants.

Évidemment, ce n'est qu'un essai qui présente un certain nombre de lacunes et des réajustements sont à faire, mais nous sommes d'accord pour continuer dans cette voie, voire à l'élargir à d'autres matières utilisant ces techniques. Des TP intégrés, regroupant un plus grand nombre de disciplines scientifiques paraissent possibles, en incluant notamment la biologie et la microbiologie.

Il est à noter que ce travail a été mené par des techniciens, des enseignants chercheurs et des enseignants non-chercheurs ayant tous le même objectif : améliorer l'enseignement par une pédagogie mieux adaptée à la population concernée et donc la rendre plus efficace. Il peut aussi, nous le pensons, s'appliquer à d'autres formations dans l'enseignement supérieur mais aussi au lycée où ces techniques apparaissent et où la valorisation des TP sont à l'ordre du jour.

PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INN

Annexe
Sommaires des fascicules de chaque thème

GRANDEURS - MESURES - VERRERIE DE LABORATOIRE
--

I - MESURE DES GRANDEURS - PRÉCISION DES MESURES

II - RÉALISATION DES SOLUTIONS TITRÉES

III - IDENTIFICATION DE LA VERRERIE DE LABORATOIRE ET SON UTILISATION

IV - SÉCURITÉ AU LABORATOIRE

V - GESTES ÉLÉMENTAIRES (FILM)

VI - RÉALISATION PRATIQUE

- Étalonnage de la verrerie
- Réalisation et contrôle d'une solution titrée de soude

VII - ANALYSE ET DISCUSSION

PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INN

SPECTROSCOPIE UV-VISIBLE**INTRODUCTION****I - UTILISATION D'UN SPECTROPHOTOMÈTRE**

- 1 - Prise en main de l'appareil
- 2 - Utilisation pratique : mesure d'une absorbance (A)
 - a - Zéro d'absorbance
 - b - Variation de A avec λ
- 3 - Paramètres physico-chimiques influant sur la valeur de A
 - a - Relation A/C (C : concentration)
 - b - Relation A/l (l : longueur du trajet optique)

II - SPECTRE D'ABSORPTION D'UN SOLUTE

- 1 - Prise en main d'un deuxième appareil
- 2 - Zéro d'absorbance en mode spectre
- 3 - Établissement du spectre d'absorption de PNP
 - a - PNP dans NaOH à 0,01 M
 - b - PNP dans HCl à 0,1 M

III - APPLICATION DE LA LOI DE BEER-LAMBERT À LA DÉTERMINATION GRAPHIQUE DE LA CONCENTRATION INCONNUE D'UNE SOLUTION DE PNP

- 1 - Préparation des solutions
- 2 - Détermination de la concentration inconnue d'une solution de PNP

PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INNOVANTES – PRATIQUES INN

POTENTIOMÉTRIE - pH-MÉTRIE**1 - RÉACTIONS RÉDOX**

- 1.1 - Étude d'une pile rédox
- 1.2 - Réactions spontanées et électrolyse

2 - EXPRESSION DU POTENTIEL RÉDOX : FORMULE DE NERNST

- 2.1 - Influence de la température
- 2.2 - Influence des concentrations
- 2.3 - Influence du pH

3 - LES TYPES D'ÉLECTRODES DE POTENTIOMÉTRIE**4 - DOSAGES POTENTIOMÉTRIQUES**

- 4.1 - Dosage direct
- 4.2 - Dosage des chlorures
- 4.3 - Dosage en retour de l'éthanol

5 - pH-MÉTRIE

- 5.1 - Description du pH-mètre
- 5.2 - Mesures de pH
- 5.3 - Dosages acide-base (monoacides) ; influence des concentrations et du pKa
- 5.4 - Dosage d'un diacide : la glycine