

## Enseignement expérimental de la chimie dans le 1<sup>er</sup> Cycle universitaire \*

par D. Cros et M. Maurin

(Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier Cedex).

*Les Journées de la Division Enseignement de la chimie de la Société Chimique de France, avec la participation de la Société de Chimie Physique (Montpellier, mai 1980), avaient pour thème : « L'enseignement expérimental de la chimie en 1<sup>er</sup> cycle universitaire ».*

*La nécessité de rendre l'enseignement de la Chimie plus expérimental est un point qui est admis par la majorité des chimistes. Ce type d'enseignement est particulièrement important pour les étudiants débutants. Cependant, très souvent les expériences possibles sont présentées aux enseignants sous forme de fiches rédigées par d'autres enseignants. Il est parfois difficile de les reproduire parce qu'il manque tel ou tel détail, telle ou telle observation paraissant naturelle au rédacteur, et qui peut poser problème pour la personne qui veut reproduire la manipulation. C'est pour cette raison que les journées organisées à Marseille, en juillet 1978, sur ce thème avec présentation effective des expériences avaient connu un grand succès.*

*Nous avons donc repris cette idée en conservant le même niveau, (le Premier Cycle) car au niveau de second cycle les manipulations peuvent demander un matériel plus sophistiqué, des durées de préparation plus longues rendant une présentation concentrée difficile, mais en y intégrant le problème des expériences de cours et des discussions sur objectifs et évaluation d'un enseignement expérimental.*

*L'UNESCO ayant demandé à la Société Chimique de France et à l'Université de Montpellier d'organiser un Atelier pour la rédaction en français d'un ouvrage sur « L'enseignement expérimental dans le Premier Cycle universitaire » (faisant pendant aux livres en anglais « Source book for chemical experiments »), on disposait ainsi d'un banc d'essai technique pour l'organisation d'un tel Atelier, bien que les objectifs des deux soient très différents (aucune manipulation n'a été reprise sous la même forme à l'Atelier).*

*R. Viovy, Président de la Division Enseignement de la chimie.*

### Introduction

Cet enseignement a été illustré au niveau du cours magistral par la présentation d'expériences de cours et au niveau des travaux pratiques proprement dits par la présentation de montages.

Pour la partie relative aux montages de travaux pratiques, cinq thèmes avaient été retenus :

- Thème I : Oxydo-réduction,
- Thème II : Thermodynamique et cinétique,
- Thème III : Analytique,
- Thème IV : Synthèses,
- Thème V : Méthodes d'enseignement.

L'ouverture de ces Journées a été assurée par une conférence du Professeur Marc Laffite : « L'enseignement expérimental de la chimie est-il un luxe ? »

\* Journées de la Division Enseignement de la chimie de la Société Chimique de France (Montpellier, 7-8-9 mai 1980).

Nous donnons ci-dessous la liste des expériences de cours et des montages de travaux pratiques qui ont été présentées au cours de ces journées, ces présentations alternant avec des discussions en groupe de travail.

Une séance plénière s'est tenue à la fin de ces journées pour discuter des raisons qui ont guidé les enseignants dans le choix de leurs expériences :

- montrer la variété des techniques,
- relations avec des procédés industriels,
- développer la responsabilité,
- développer l'autonomie,
- méthodologie de la chimie,
- médiation vers l'abstrait,
- simplicité,
- durée limitée.

Il a été soulevé certaines questions à propos du travail expérimental en chimie :

- manque de personnel de laboratoire dans certaines Universités,

## I. Expériences de cours

### Expériences de thermodynamique des processus irréversibles,

Pr. A. Pacault, Université de Bordeaux.

- A. Thermodynamique linéaire des processus irréversibles

1) Diffusion de matière :

illustration des mots : réponse, contrainte, système, environnement contrôlé.

2) Conduction de la chaleur :

cette expérience fait ressortir qu'une même variable (température) peut être à la fois contrainte (température des thermostats) et réponse (températures indiquées par les thermomètres).

- B. Thermodynamique non linéaire des processus irréversibles

1) La réaction de Briggs et Rauscher est réalisée dans un réacteur ouvert agité, alimenté en continu avec les réactifs.

2) Réaction de Belousov-Zhabotinskii.

### Relation entre structure électronique et propriétés physiques

Pr. J. L. Rivail, Université de Nancy.

Sous l'influence de la lumière, le spiropyranne comportant 2 systèmes  $\pi$  orthogonaux  $\pi_1$  et  $\pi_2$  se transforme en mésocyanine ne comportant plus qu'un système  $\pi$  délocalisé sur toute la molécule.

### Réaction de Landolt et variétés, retravaillées et exploitées,

Pr. Y. Noël, Université de Caen.

Depuis son origine, la réaction de Landolt a souvent été présentée comme expérience spectaculaire avec l'apparition « retardée » et brusque de l'iode.

Il a été fait une exploitation plus grande de cette expérience, le travail d'analyse et d'enseignement pouvant aller jusqu'à la construction d'un diagramme triangulaire qui tente de coordonner le tout.

### Les bulles de savon,

Pr. M. Chastrette, Université de Lyon I.

Cette expérience de cours avait pour objectifs :

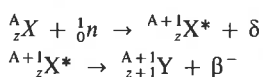
- 1) faire entrer l'étudiant dans un processus « observation, interprétation, hypothèse, expérience... »,
- 2) rendre l'étudiant aussi actif que possible dans ce processus,
- 3) donner l'occasion de revoir dans un contexte différent les notions étudiées dans les cours précédents.

### Synthèse d'un radionucléide par la réaction ( $n, \delta$ ), et étude de sa décroissance radioactive,

J. D. Almasso, H. Maria et G. Ardisson, Université de Nice.

Cette expérience devrait permettre d'illustrer les chapitres réactions nucléaires et décroissance radioactive qui sont traités dans les cours d'atomistique de la première année de D.E.U.G.

La réaction nucléaire simple envisagée est la capture neutronique par un noyau stable :



- crédits par an et par étudiant.

- quelles sont les normes de sécurité dans une salle de travaux pratiques ? (nombre d'étudiants par enseignant...). Il a été proposé au moins la présence de deux personnes responsables dans une salle de T.P. Cela a été imposé à Nice par l'Inspection du travail.

### Comment évaluer le travail expérimental ?

M. Paultre a signalé son projet de recherches : description d'une méthodologie avec un enseignement par objectifs. Comment, réaliser pratiquement, en deuxième année de premier cycle, cette « pédagogie de la qualité ? Cet outil original a été mis au point en liaison avec des analystes et des statisticiens.

En raison de la forte demande, il serait souhaitable que des journées soient consacrées à ce problème de l'évaluation dans l'enseignement expérimental.

Les prochaines Journées de la Division Enseignement (en 1981) se tiendront à Rennes.

dont on mesure la période radioactive  $T_{1/2}$  ou demi-vie.

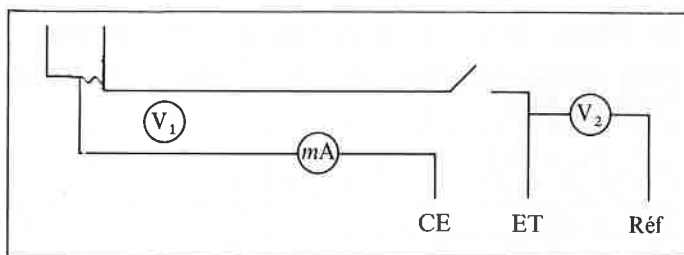
Cette expérience peut également servir de support pour mettre en évidence une cinétique du premier ordre.

### Détermination d'un courant de corrosion,

Mlle M. Defranceschi, École Normale Supérieure de Jeunes Filles, Montrouge.

Il s'agit du tracé de la courbe intensité-potential d'une électrode de fer plongeant dans une solution de chlorure de sodium 3 %.

Le montage est le suivant :



A l'aide du potentiomètre, on fait varier d.d.p.  $V_1$  aux bornes de la cellule d'électrolyse et donc le courant qui circule dans le circuit. On note ce courant et la d.d.p.  $V_2$ . A partir de la courbe ainsi obtenue et à l'aide de l'équation de Tafel on détermine le courant de corrosion.

### Influence de l'indice d'acide d'une huile sur un pigment blanc : ZnO,

Dr. Claude Pepe, Université Paris VI.

Cette manipulation est destinée à des étudiants de l'Institut Français de Restauration des Oeuvres d'Art, qui sont en deuxième année d'un cycle d'études en comportant quatre.

Ces étudiants constatent que certaines toiles se gonflent en surface et se craquent avec le temps. Une des causes est le fait que le pigment blanc le plus utilisé en peinture fine, et fréquemment employé par les peintres, est un pigment réactif, l'oxyde de zinc, contrairement à la plupart des autres pigments. Cette expérience permet de faire comprendre qu'un même pigment peut être bénéfique ou néfaste selon l'huile qu'ils ont décidé d'utiliser.

### Mesure du nombre d'électrons mis en jeu dans une oxydation anodique,

Dr. J. Messiet, École de Chimie, Mulhouse.

Une solution de  $Fe(CN)_6^{4-}$  est partiellement oxydée à courant constant (quelques mA) pendant un temps fixé. La variation de la hauteur de la vague d'oxydation de cet ion avant et après l'opération permet le calcul de la variation de concentration et donc celui du nombre d'électrons mis en jeu.

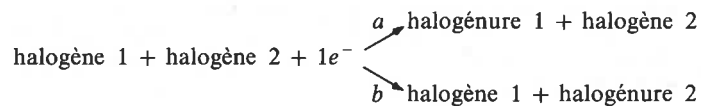
## II. Expériences de travaux pratiques

### A. Thème I : oxydo-réduction

#### Évolution de l'électronégativité dans une colonne de la classification périodique : les halogènes,

Dr. R. Fourcade, Université de Montpellier.

Cette expérience a pour but l'illustration de l'évolution de l'électronégativité au sein d'une colonne de la classification périodique. Il s'agit ici de la colonne des halogènes qui, de par sa configuration électronique  $ns^2np^5$  est la plus électronégative. Toute la manipulation repose sur la réaction suivante :



#### Expériences illustrant un cours sur les stabilisations de degrés d'oxydation,

MM. Lévy et Faucher, Université de Toulouse.

Il s'agit d'illustrer au moyen d'expériences simples les différents facteurs qui influent sur les  $E^0$  des couples redox, essentiellement le pH, la précipitation, la complexation (Manipulations illustrant les différents degrés d'oxydation du chrome).

#### Dosage d'halogénures par coulométrie,

J. Messiet, École de Chimie de Mulhouse.

Le dosage potentiométrique d'halogénures est effectué en produisant les ions  $Ag^+$  par coulométrie à courant constant avec enregistrement de la courbe. Ceci peut être réalisé avec un matériel simple (alimentation stabilisée de 100 V) et permet d'obtenir des courbes pour lesquelles aucune correction de volume n'est nécessaire.

### B. Thème II : Thermodynamique et cinétique

#### Force électromotrice d'une pile. Détermination de la variation d'enthalpie libre,

G. Pouillard, P. Conflant et J. Cannone, E.N.S. de Chimie, Lille. La manipulation qui a été proposée est une application directe des principes de la thermodynamique étudiés en cours de DEUG et permet de concrétiser d'une manière simple la notion d'enthalpie libre par l'application de la relation classique  $G = -n.F.E$ . Elle concerne l'emploi de piles à haute température utilisant un électrolyte solide.

#### Détermination de la constante de l'équilibre chimique, $I^- + I_2 \rightleftharpoons I_3^-$ par la méthode des coefficients de partage,

J. Musso et E. Lanza.

La manipulation est essentiellement une reprise de la manipulation décrite dans :

- 1) « Manipulations de chimie physique », J. M. Wilson et al., Gauthiers-Villars, 1964, manip. n° 15.
- 2) A. de Savignac dans « Manipulations de chimie physique », A. M. Bernard et J. C. Maire, Dunod, 1967, manip. n° 15.

#### Détermination de la constante de vitesse (du deuxième ordre) de la réaction de saponification de l'acétate d'éthyle par méthode conductimétrique,

J. Musso et E. Lanza.

La manipulation est un montage de la manipulation décrite dans : « Manipulations de chimie physique », J. M. Wilson et al., Gauthiers-Villars, 1964, manip. n° 29.

L'accent est mis sur l'établissement des relations théoriques mettant en évidence l'intérêt pratique de la méthode. Une comparaison est faite sur les trois méthodes de calcul de la constante de vitesse à partir des données expérimentales.

#### Mesure d'une constante de complexation,

MM. C. Pepe et F. Rouelle, Université Paris VI.

Dans cette manipulation, les complexes de  $Fe^{3+}$  avec  $C_2O_4^{2-}$  et  $SCN^-$  ont été étudiés. La mesure de la constante de stabilité nécessite la détermination des concentrations des trois constituants

de l'équilibre schématisé ci-dessous :



$$\text{avec } K_{st} = \frac{|\text{complexe}|}{|Fe^{3+}| |\text{coordinat}|^3}$$

#### Notion d'équilibre : produit de solubilité, solubilité, précipitation, A. Steinbrunn, Faculté des Sciences Mirande (Dijon).

Les notions de produit de solubilité et précipitation s'insèrent dans le concept plus général de la notion d'équilibre hétérogène souvent mal perçue par les étudiants de premier cycle.

Ces notions interviennent fréquemment dans la chimie des solutions, que ce soit dans les dosages (halogénures), dans la formation de complexe et d'une manière plus générale en chimie analytique.

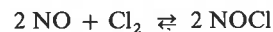
Les règles du déplacement d'un équilibre peuvent être mises en évidence de manière simple grâce à une manipulation dont la première partie se borne à une étude qualitative.

#### Aspects cinétique et thermodynamique de la synthèse du chlorure de nitrosyle en phase gazeuse par simulation d'expériences sur micro-ordinateur,

D. Cabrol, C. Cachet et R. Luft, G.R.P.C. Nice.

L'étude expérimentale d'un équilibre chimique se heurte à de nombreuses difficultés. En s'affranchissant de toutes les contraintes, la simulation d'expérience est particulièrement bien adaptée à l'étude de l'équilibre chimique.

Le programme NITRO-NITROPEU permet l'étude de la réaction équilibrée :



### C. Thème III : Analytique

#### Étude sur électrode tournante du système $Fe^{+++}/Co^{++}$ ,

J. Messiet, École de Chimie, Mulhouse.

Une série d'additions de  $Fe^{+++}$  à une solution de  $Co^{++}$  permet de mettre en évidence, par tracé des courbes intensité potentiel, après chaque addition, la disparition de la vague d'oxydation de  $Co^{++}$  remplacée par celle du  $Fe^{++}$  formé, la somme des deux restant constante.

#### Manipulation de chimie organique, DEUG B 1<sup>re</sup> année. Chromatographie,

M. Calas, J. M. Fabre, R. Perz, U.S.T.L. Montpellier.

Cette manipulation a pour but d'initier l'étudiant à la technique de séparation d'un mélange par chromatographie sur colonne. Il sépare ici les 3 constituants d'un mélange de 2,4 DNP de l'acétone, fuschine et bleu de bromothymol. Ces 3 produits étant colorés, il est facile de les repérer lors de leur migration sur une colonne d'alumine, et de modifier si besoin est la polarité de l'éluant au cours de la manipulation.

Ensuite, par la technique de la chromatographie sur couche mince (C.C.M.), il mesure les rétentions frontales ( $R_f$ ) des 3 composants, afin de les identifier à celles des 3 produits témoins.

#### Dosage colorimétrique du cuivre,

Dr. C. Avinens, U.S.T.L. Montpellier.

Le but de la manipulation est :

- la synthèse du sulfate de cuivre pentahydraté à partir du métal,
- le dosage colorimétrique du cuivre dans le sel obtenu,
- le tracé d'un graphe représentant la variation de la densité optique D de solutions de cupriammine en fonction de leur concentration à une longueur d'onde de 600 nm.

### D. Thèmes IV : Synthèses

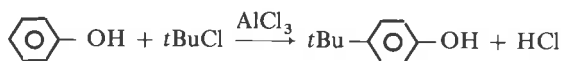
#### Chimie expérimentale à domicile,

S. Combet et B. Vernet, Université de Provence.

Il s'agit d'une initiation à la méthode expérimentale en chimie au moyen d'un matériel simple mis en œuvre à domicile.

**Réaction de Friedel et Crafts : synthèse du paratertiobutylphénol,**  
J. Carretto, E.N.S. Fontenay-aux-Roses.

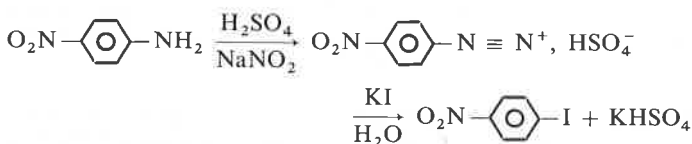
Source : C.A. Mac Kenzie, « Experimental organic chemistry », p. 75



**Diazotation de la paranitroaniline ; synthèse du paraiodonitrobenzène,**

J. Carretto, E.N.S. Fontenay-aux-Roses

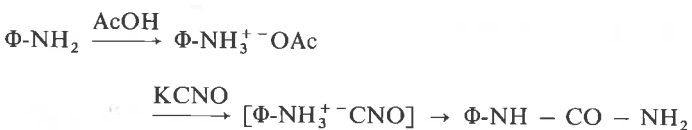
Source : A. I. Vogel, « Elementary practical organic chemistry » ; part 1 : Small scale preparations, p. 279



**Synthèse de Wöhler de la phénylurée,**

J. Carretto, E.N.S. Fontenay-aux-Roses.

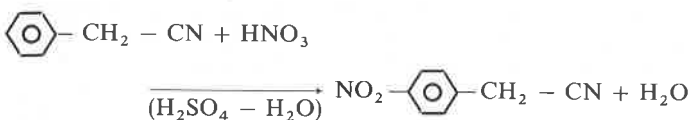
Source : R. J. W. Cremlin and R. H. Still, « Named and miscellaneous reactions in practical organic chemistry », p. 149



**Manipulation simple de nitration,**

M. Montfort, I.U.T. Besançon.

Nitration du cyanure de benzyle (d'après Organic synthesis TJ) édition Fse, p. 258)



**Manipulation de montage,**

M. Montfort, I.U.T. Besançon.

Synthèse d'un ester par réaction du chlorure de benzoyle avec un phénol



## E. Thème V : Méthodes d'enseignement

**Stage d'orientation (septembre-novembre 1979),**

Mmes N. Bois, R. Fremont, A. M. Huntz, M. Lesage, Université Paris-Sud.

Ce stage obéit à un souci et à un malaise qui sont apparus dans les réunions de la cellule d'information et d'orientation (O.C.O.) à la fin des classes terminales scientifiques. Il a pour but de permettre une meilleure orientation des inscrits grâce à une motivation provoquée par une connaissance plus réelle des matières proposées (biologie, chimie, géologie, mathématiques et physique). Ce stage

est donc une innovation pédagogique, qui se déroule au cours du premier trimestre de la première année du DEUG sciences.

**Discussion sur les résultats d'un test expérimental en chimie,**

R. Meyer, Université Paul Sabatier, Toulouse.

L'enseignement expérimental de la chimie est souvent considéré comme le parent pauvre du tryptique cours TD-TP. Si les enseignants se préoccupent de savoir si les connaissances ont été acquises en faisant passer des examens, rares sont ceux qui se posent la question : qu'en reste-t-il un an après ? Dans le domaine des connaissances dites théoriques, il existe des tests du type C.L.E.R.E.C. ou autre au niveau de l'enseignement expérimental pratiquement personne n'a posé la question que sait « faire » un étudiant en arrivant en deuxième année du DEUG.

**Problème pédagogique : mesures et exploitation des résultats expérimentaux dans une thermométrie, minimalisation des pertes,**  
M. Vernet B. et Mme Gambino M., Université de Provence, Marseille.

Il s'agit d'une expérience pédagogique réalisée dans le domaine des travaux pratiques de DEUG 1<sup>re</sup> année. Il s'agit d'un essai de renouvellement de l'exploitation des données expérimentales concernant des mesures thermométriques faites par les étudiants ; le matériel calorimétrique non parfaitement adiabatique demande une analyse plus complète des phénomènes.

But : Détermination de chaleurs de réaction, de la capacité calorifique du récipient (masse en eau), l'estimation des fuites puis le calcul de  $\Delta H$ .

**L'apprentissage de la pesée et l'évolution de la technologie de la balance analytique,**

Pr. Georges Willems, Institut de sciences pharmaceutiques, Louvain (Belgique).

L'évolution de l'électronique a fortement amélioré le rendement des appareils scientifiques. Elle en a, en même temps, fortement augmenté la complexité.

Pour illustrer cette évolution, un appareil de mesure, employé par les étudiants du premier cycle, sera pris comme exemple. L'historique et les principes de fonctionnement des différents types de balances analytiques sont passés en revue.

**Modèles moléculaires,**

M. Calas, J. M. Fabre, P. Perez, U.S.T.L. Montpellier.

Cette manipulation a pour but de faire connaître à l'étudiant la véritable géométrie des molécules les plus courantes en chimie organique, et d'élucider une grande partie des problèmes de stéréochimie conformationnelle.

Pour cela, il aura à sa disposition 2 types de modèles :

- les modèles universels SASM,
  - les modèles FRAMEWORK,
- Les problèmes suivants seront successivement abordés à l'aide d'exemples :
- les cyclanes,
  - stéréochimie conformationnelle,
  - isométrie géométrique (cis, trans- Z, E),
  - isométrie optique (1 carbone asymétrique ; 2 carbones asymétriques).

**Atomistique,**

MM. Manteghetti et Mula, U.S.T.L., Montpellier.

**Contrôle de qualité dans les travaux pratiques de chimie analytique de deuxième année de pharmacie,**

Pr. Paultré, Faculté de Pharmacie, Université de Lyon.