

Pour une nouvelle mutation de l'enseignement universitaire de la chimie.

par Maurice Gomel

(Professeur de chimie physique à l'Université de Poitiers, Laboratoire de physico-chimie des diélectriques)

Les universitaires disposent d'une liberté certaine pour définir les contenus réels des enseignements dispensés à l'Université. Nous avons été nombreux à user déjà de cette liberté et à explorer les voies offertes par une axiomatisation accrue de l'enseignement de la chimie qui prenait ainsi une apparence plus théorique. Les résultats n'étant pas toujours à la mesure de nos espoirs primitifs, plusieurs d'entre nous avaient déjà révisé leurs positions et équilibraient de plus en plus leur enseignement, surtout celui du 1er cycle, en appuyant sur les aspects expérimentaux de la chimie. En dernière analyse, mieux valait, en effet, fonder l'enseignement de la chimie sur son caractère expérimental, plutôt qu'en faire une caricature mathématisée, toujours trop mathématisée (au moins en apparence) pour des étudiants peu portés vers cet aspect, mais, manquant en fait de réelle rigueur pour d'autres étudiants, plus exigeants. De plus, si la rénovation de l'enseignement de la chimie, de 1er cycle en particulier, exigeait une modernisation des concepts enseignés, que nous ne renions pas après l'avoir appliquée et prônée, il nous paraît aujourd'hui souhaitable d'assurer cette rénovation

sans laisser entraîner pour autant l'enseignement de la chimie (en 1er cycle particulièrement) sur la pente d'une manipulation plus ou moins adroite de formalismes dont le sens n'est pas toujours clair à la conscience du manipulateur.

D'où la tentation d'ancrer davantage l'enseignement de la chimie, et surtout en 1er cycle, dans le concret et le vécu, pour le plus grand bien de la formation des apprentis chimistes, de celle des futurs enseignants de sciences physiques etc. (et par voie de conséquence, pour le plus grand bien des entreprises, des élèves, etc.). Mais aussi naît l'idée de profiter d'un tel ancrage pour tenter de conférer à cet enseignement la dimension culturelle dont il est usuellement dépourvu. En effet, un «homme cultivé» en cette fin de XX^e siècle ne peut plus être (c'est banal et évident) «l'honnête homme» du XVII^e par la simple juxtaposition des connaissances relevant des champs des diverses disciplines ou des diverses classes d'informations. La culture aujourd'hui ne peut plus consister (et c'est déjà beaucoup) qu'en la capacité à établir des relations entre des informations de natures apparemment disjointes (sous peine de subir le flot moderne d'informations, sans comprendre et donc sans agir). Les propositions qui suivent s'efforcent de démontrer que l'enseignement universitaire de la chimie pourrait tenter d'acquiescer cette dimension culturelle.

I. Ancrer davantage l'enseignement de la chimie dans le concret et le vécu

Parce que :

- à travers la chimie peuvent se définir toutes les structures (matérielles) et toutes leurs transformations (biologiques ou non),
- la présence du concret et du vécu dans l'enseignement de la chimie permettrait à cet enseignement de constituer :

1. une ouverture accessible à des non-chimistes,
2. un nouvel et indispensable contre-poids à la «théorisation» excessive de l'enseignement destiné aux chimistes,
3. la formation typiquement nécessaire au futur maître de sciences physiques (qui, plus tard, ne sera sollicité par ses élèves que sur des domaines concrets vécus par eux),
4. plus généralement et pour tous, une composante culturelle et éducative, par prise de conscience, face à une réalité qui nous entoure. Car à travers la chimie peuvent être perçus, bien qu'ils soient plus dissimulés, bien d'autres aspects * de

* Aspects autres que ceux évoqués ci-dessus, relatifs à la matière et ses transformations.

la réalité dans laquelle cette science (comme d'autres) évolue.

En effet, la chimie est née et elle se développe selon des processus où se perçoivent l'intervention de bien des facteurs interdépendants : épistémologiques, liés à l'histoire des sciences et des techniques, elle-même liée à des facteurs économiques, sociaux, politiques, historiques et même purement idéologiques. Tous ces facteurs rappelant l'intervention toujours actuelle des structures et des hommes et pas seulement des «grands hommes» auxquels s'en tient une imagerie naïve (... toujours en vigueur dans les pensées secrètes de l'Université élitiste d'aujourd'hui).

Or, la composante culturelle et éducative à laquelle peut prétendre la chimie ne sera fondée que par une telle extension du champ des relations à établir entre la chimie et tout son environnement.

Réduire ses relations aux seules «applications» de la chimie revient à occulter par omission (involontaire mais significative) la nature et l'importance de toutes les autres relations que le développement

de la chimie entretient avec tous les facteurs énumérés ci-dessus.

En France, depuis quelques années, on a su enfin, et c'est heureux, en finir avec un enseignement descriptif, purement factuel, de la chimie. La «réalité» concrète que prétendait inoculer cette chimie là, était en effet bien artificielle ! Bleu de Prusse ou Bleu de Turnbull ou encore couleur émotive des précipités de certains sulfures de manganèse, bien que faits «concrets», ne faisaient en définitive référence qu'à une «réalité» assez éloignée du quotidien, du vécu, et des lois de tous genres qui nous gouvernent.

Mais l'enseignement rénové de la chimie auquel chacun de nous s'est déjà efforcé d'apporter sa contribution appelle maintenant une analyse critique. Une critique fondamentale semble précisément devoir être formulée quant au silence renouvelé de cette chimie sur son histoire (histoire non pas événementielle, mais interprétative), son épistémologie, les relations existant entre son développement fantastique et tous les facteurs de son environnement déjà évoqués (facteurs économiques, sociaux, politiques, historiques, idéologiques).

Sur quelques malentendus

1. Introduire plus de réalité au sein de l'enseignement de la chimie ne peut se réduire à glisser au terme de (ou avant) chaque développement classique :

- quelques grandes «applications» (par ex. certaines grandes synthèses chimiques),
- et/ou quelques considérations présumées «motivantes» et donc choisies pour être «à la mode» (par ex. références actuelles à : la pollution, la crise énergétique, etc. ou «anecdotiques» (par ex. références à des faits divers... si possible criminologiques).

A cet égard, la structure même de nombreux ouvrages anglo-saxons et quelques autres plus rares rédigés en français, don-

II. Quel concret ? Quel vécu ?

1. Chimie et aspects apparents de la vie quotidienne

Ces relations sont bien connues et la documentation abonde qui permettrait d'intégrer à l'enseignement de la chimie bien des références à la nature chimique des matériaux (naturels et artificiels), produits d'intérêt agricole et/ou industriels (engrais, pesticides, etc...), aliments, médicaments, solvants, colorants, etc...

De même, une documentation (... généralement contradictoire) existe sur des problèmes d'intérêt quotidien à une époque donnée, et plus ou moins liés à la chimie (par ex. actuellement : pollution, ressources naturelles, chimie nucléaire, etc.).

Nous ne développerons donc pas ici tous ces aspects pour lesquels il nous suffira

ment une bonne image (récente) de construction reposant sur de tels malentendus, même si la qualité du «contenu chimique» de certains de ces ouvrages reste indéniablement excellente. Ainsi, dans un cas limite, l'ouvrage, après chaque chapitre consacré à un développement donné, «sacrifie» une ou deux pages à une illustration («à la mode», ou «anecdotique» etc...). Dans l'autre cas limite, l'ouvrage s'annonce comme construit entièrement sur un thème global présumé motivant (par ex. «chimie écologique», «chimie de l'environnement», etc...) et l'on constate aussitôt que chaque chapitre portant pour titre un centre d'intérêt (par ex. «pollution de l'air») appartenant au thème retenu (par ex. «chimie de l'environnement») sacrifie préalablement une ou deux pages à ce centre d'intérêt pour se précipiter (après une jonction discutable) sur les «choses sérieuses» donc les développements classiques.

2. Introduire dans l'enseignement les relations à mettre en évidence entre la chimie et les facteurs de son développement, ne saurait se réduire à «militier» en faveur de l'introduction au terme ou en plus de l'enseignement universitaire de la chimie, d'un certificat plus ou moins facultatif d'histoire (et éventuellement d'épistémologie) de la chimie. Car :

- a) tous les facteurs autres méritent toute leur place,
- b) l'ensemble des facteurs doit voir son importance signalée à *travers* l'enseignement de la chimie et non pas à *côté* ; car il s'agit de faire apparaître des relations et non, une fois de plus, de procéder à des juxtapositions.
- c) la spécialisation (déjà existante) consistant à conférer aux historiens des sciences une place disjointe de celle des scientifiques eux-mêmes, serait préjudiciable, car forces centrifuges et cloisonnements sont encore trop souvent des tendances universitaires naturelles... Charge aux scientifiques de s'ouvrir eux-mêmes, et d'ouvrir leur enseignement de la chimie, à la prise en considération des facteurs évoqués.

de rappeler que :

a) notre objectif global ne se réduit pas à une *illustration* de la chimie enseignée, ou une *motivation* à l'aide de l'un (ou de quelques) thème(s) ou exemple(s) (cf. ci-dessus - I «sur quelques malentendus» § 1).

b) ces thèmes et ces exemples devraient en fait *imprégner* littéralement l'enseignement de la chimie même si le «volume global» de concepts chimiques à acquérir venait ainsi, inévitablement, à se trouver corrélativement réduit.

c) de plus, cette imprégnation n'a pas pour fonction de «dédouaner» la chimie des «attaques» qu'elle subit actuellement, et d'en offrir une image valorisée, attrayante, etc... (cf. «sur quelques malentendus», § 3). Faut-il rappeler à ce sujet que l'idéologie du triomphalisme scientifique est passée de mode, même si l'Univer-

3. Un ultime malentendu serait de prendre les propositions incluses dans cet article pour le dernier «truc» inspiré par le chauvinisme de la discipline (chimie en l'occurrence), discipline à «défendre» à tous prix en ces temps de baisse d'effectifs d'étudiants chimistes, de crise d'emploi dans la chimie aussi, d'attaques tous azimuts contre la chimie polluante, etc... En fait, on verra plus loin (§ II) que la rénovation préconisée ôte tous sens aux notions d'«attaque» ou de «défense» d'une discipline.

En conclusion et en résumé, il s'agirait d'œuvrer pour que l'enseignement de la chimie * cesse de créer ou d'entretenir l'illusion d'un développement plus ou moins linéaire de la «connaissance», le seul possible, développement «en soi» indépendant de tout contexte, dû au seul aller et retour entre l'expérience et la théorie, développement harmonieux, accompagné de peu ou pas de conflits, lié à l'influence de franchises intelligences (sinon de génies) qui se succèdent, etc...

Un enseignement de la chimie intégrant une description plus réelle des interactions (souvent conflictuelles) des connaissances chimiques avec le milieu au sein duquel elles se développent, nous paraît être la voie didactique à suivre dans les dix prochaines années, si l'on désire, pour une fois, non pas répéter avec dix à quinze ans de retard les réalisations didactiques anglo-saxonnes, mais anticiper sur une mutation de tous les enseignements scientifiques, mutation qui nous semble mériter, à terme, d'être inéluctable. L'avenir continue à l'évidence d'appartenir à une chimie de méthodes et de techniques ; il appartiendrait mieux encore à cette chimie, si elle s'enrichissait de la composante culturelle et éducative que nous tenterions de lui conférer.

* *L'enseignement de bien d'autres disciplines, dites (ou non) scientifiques, paraît en fait appeler la même critique.*

sité ne s'en est pas aperçue ? Mais inversement, si le catastrophisme scientifique est «dans le vent» pour d'autres raisons (inspirées probablement par la crise de nos sociétés et de leur économie), cette nouvelle mode n'en constitue pas moins une attitude idéologique plus absurde encore.

Aussi, les «exemples» retenus mériteraient-ils de tenir la balance entre La -Chimie-Source-De-Tout-Progress et La -Chimie-Source-De-Tous-Les-Maux.

Dans le § 2 qui suit, nous nous efforçons sur ce point de montrer plus concrètement que, tenir cette balance permet à la fois d'illustrer la présence de la chimie dans tous les aspects apparents de la vie quotidienne, et de dégager une problématique (sans apporter nécessairement de

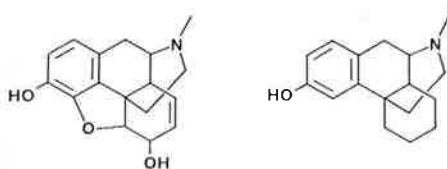
réponses) qui met en lumière les relations de la chimie avec des aspects plus dissimulés du concret et du vécu, en particulier avec bien des facteurs évoqués plus haut et trop souvent «oubliés».

2. La chimie et les facteurs souvent oubliés de son environnement : quelques exemples, pour concrétiser davantage nos propositions.

A. Enseignement de la stéréochimie, relations structure-réactivité.

a) un exemple d'illustration mais surtout d'exploitation positive de ces relations (cf. *La Recherche*, 1977, 78, 416) :

● le lévorphanol (figure 1) qui a les propriétés pharmacodynamiques de la morphine (en particulier analgésique, et réducteur du rythme respiratoire) peut en principe en constituer un substitut.

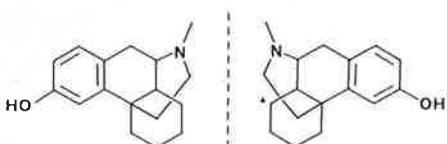


morphine

lévorphanol

Figure 1.

● on observe que ces deux molécules présentent bien un même motif structural.
● le dextrorphan énantiomère du lévorphanol est lui dépourvu de l'activité pharmacodynamique citée (figure 2).



lévorphanol

dextrorphan

Figure 2.

b) un autre exemple, à associer nécessairement au précédent : une exploitation négative de ces relations structure-réactivité (cf. *La Recherche*, 1970, 5, 445) :

● la présence du groupement tétraédrique POYX_1X_2 (figure 3) paraît responsable des propriétés neurotoxiques (par inhibition d'enzymes, et conduisant à des troubles de comportement, au coma ou l'asphyxie) d'armes chimiques utilisées par les troupes US au Vietnam.

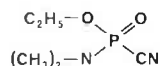
A ce stade émergent les relations structure-réactivité que l'on cherche principalement à illustrer. Mais à travers l'équilibre des relations volontairement retenues apparaît aussi en filigrane le caractère fallacieux des jugements idéologiques stéréotypés sur la chimie «bonne» ou «mauvaise» en soi.

Si le facteur de progrès absolu apparaît bien comme l'observation de la corrélation



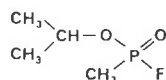
Diméthylaminocyanophosphate d'éthyle

Taboun ou trilon



Méthyl-fluorophosphate d'isopropyle

Sarin



Méthyl-fluorophosphate de triméthyl-1,2,2 propyle

Soman

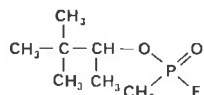


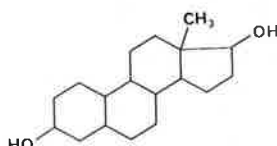
Figure 3.

très générale entre structure et réactivité, on note que l'exploitation qui en est faite en pratique peut-être, selon le contexte dans lequel elle se développera, positive ou négative, renvoyant alors aux facteurs politiques et économiques qui commandent en fait telle ou telle exploitation (par exemple à travers les crédits de recherche sur programmes qui seront distribués aux chimistes). Les rôles divers des scientifiques apparaissent alors, répartis entre l'ensemble des fonctions qui leurs sont dictées et dont ils sont les instruments (souvent non conscients... ce qui est une faute... scientifique).

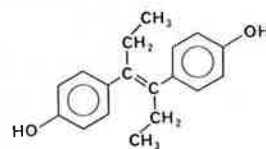
c) mais un dernier exemple permet d'introduire aussitôt plus de nuance au sein du schéma manichéen précédent qui paraît laisser vide l'espace entre les «bonnes» et les «mauvaises» exploitations de la chimie.

Le *trans*-diéthylstilbœstrol *t*-DESOC (mais non pas le dérivé *cis*) présente des propriétés œstrogènes, voisines de celles de la folliculine. En effet, seul l'isomère *trans* présente avec elle une analogie structurale (cf. figure 4) :

● de 1945 à 1970, le *t*-DESOC est beaucoup utilisé, en particulier pour la prévention des fausses-couches spontanées,
● mais (cf. *Le Monde*, 18 mai 1977) La Food and Drug Administration (USA) a depuis interdit l'usage du *t*-DESOC pour les femmes enceintes car on a noté une fréquence anormale de cancers du vagin chez les filles nées de mères traitées au *t*-DESOC.



folliculine



trans-diéthylstilbœstrol

Figure 4.

Ce dernier exemple traduit en première analyse (à travers une illustration de l'isomérisie *cis-trans* et des relations structure-réactivité) qu'une exploitation apparaissant comme «positive» peut s'avérer a posteriori, dotée de conséquences négatives non prévues. Mais aussi à travers cet exemple l'attention est attirée sur les dangers d'une recherche pharmacodynamique laissant peu de place aux tests à long terme avant la commercialisation, facteur prépondérant car économique.

B. Ions métalliques

Dans le cas des ions métalliques, il suffit pour illustrer très brièvement les deux versants (positifs et négatifs) de l'exploitation possible, de noter l'opposition involontaire des titres (et des contenus) de deux articles récents :

- «les métaux et la vie», R.J.P. Williams, *La Recherche*, 1973, 35, p. 529,
- «les métaux toxiques dans l'environnement», J.M. Wood, *La Recherche*, 1976, 70, p. 711.

Et rappeler aussi, pour nuancer à nouveau cette opposition encore trop manichéenne, que :

- a) des sels d'étain, bien que toxiques, étaient, avant l'emploi plus récents de vermifuges organiques (tels que la pipérazine), utilisés «positivement» comme ténifuges puissants : ils étaient en effet plus toxiques pour le ténia... que pour l'homme.
- b) des sels de bismuth encore d'usage courant en thérapeutique (traitement du tube digestif par exemple) ont vu récemment (1976) leur usage très restreint à la suite de troubles neurologiques qu'ils paraissent susceptibles d'entraîner.

Ces remarques a) et b) renvoyant aux mêmes observations que l'exemple A,c donné ci-dessus.

C. Les synthèses de NH_3 et de HNO_3

a) Ces «grandes synthèses» inorganiques exigent que l'on rappelle leur rôle joué dans la fabrication des explosifs «classiques»... dont on connaît le principal usage. Mais aussi, on continue de noter leur intérêt, par exemple, en synthèse d'engrais azotés.

b) Toutefois, même cette dernière production pose maintenant un problème : d'une part, elle contribue évidemment à l'accroissement des rendements agricoles mais, d'autre part, l'usage excessif des nitrates (innocent... ou induit par des facteurs économiques ?), entraîne l'eutrophisation des eaux douces (et les destructions écologiques qui l'accompagnent), ou encore

pourrait être au point de départ de la formation de nitrosamines actuellement soupçonnées d'être cancérigènes. Et, en matière de production excessive, on est alors conduit à s'interroger très généralement sur la finalité d'une course au gigantisme sur lequel nous reviendrons, concernant en particulier mais seulement à titre d'exemple, la synthèse de NH_3 .

On doit alors signaler que de telles industries, tout en accroissant considérablement leurs capacités de production, ne peuvent être d'importants centres d'implantation d'emplois nouveaux, car les nouvelles unités mises en route sont automatisées à un très haut degré; nous reviendrons sur ce point.

Ce thème donne aussi l'occasion, en évoquant les productions situées en aval de celle de NH_3 , de signaler la restructuration récente du secteur des engrais chimiques ; et, avec les « fusions » et « absorptions » qui accompagnent ces restructurations, de prendre conscience des incidences économiques et sociales de ces opérations ; et enfin, une incidence humaine : par exemple le « malaise » des techniciens (cadres, maîtrise, etc...) face à des décisions pesant sur leur activité technique, mais émanant de plus en plus de niveaux financiers des grandes entreprises, peut alors être entrevu à travers un tel cas concret.

c) Le gigantisme (tel que celui présenté par des unités actuelles de production de NH_3 , par exemple) mérite évidemment d'être souligné, car c'est un fait et une tendance générale. Nos étudiants retiendront donc avec profit que déjà de 1950 à 1965 la capacité d'une unité de production avait été multipliée par 15 et qu'elle offre couramment la possibilité d'une production, maintenant de l'ordre du millier de tonnes/jour, sous la conduite d'un nombre d'agents et de cadres si réduit qu'il surprend toujours les étudiants. Mais, même si l'information qui va être relevée ici date de 1968, une explication (évidente en fait) de ce gigantisme semble avoir gardé toute son actualité, et paraît susceptible d'entraîner une réflexion générale sur les fondements et les moteurs de notre société, et éventuellement une réflexion sur les notions plus particulières de monopoles, d'« ententes de marché » etc... Nous citons (il s'agit de production de NH_3) : « Maintenant pourquoi construit-on de si grandes unités ? : ... Nous ne pourrions augmenter notre production et l'écouler qu'autant que nos prix de revient nous permettraient de vendre et cela avec un profit suffisant pour maintenir une expansion qui puisse être un frein efficace à celle de nos concurrents »... (cf. M. Marty, Sous-Directeur des Usines Péchiney au Grand-Quevilly, *Bull. Un. Phys.*, 1968, 570, 479).

Pour conclure, disons que l'intérêt de la synthèse de NH_3 dans un cours de chimie, ne saurait être réduit à l'influence de P, T, etc... sur l'équilibre thermodynamique, et à l'inventaire des catalyseurs possibles, même assortis des mécanismes réactionnels présumés. A travers cette synthèse, les matières premières nécessaires et les productions situées en aval, peuvent en effet être entrevus plusieurs de ces facteurs économiques, sociaux, politiques, etc... du développement chimique, facteurs trop souvent (sinon toujours) absents de l'enseignement universitaire de la chimie.

N.B. Les considérations ci-dessus, en particulier, ne sauraient être assimilées par erreur à un simple état d'esprit « anti-industriel ». Cette assimilation schématique serait d'autant plus erronée que l'auteur est, par exemple, partisan d'une évocation systématique du problème des « coûts » lorsque des synthèses industrielles sont évoquées. En effet, il est invraisemblable que l'enseignement universitaire continue assez généralement d'insister sur les seuls facteurs thermodynamiques et cinétiques des synthèses alors que, en dernier ressort, l'analyse des coûts (y compris thermodynamiques et cinétiques) (compte-tenu de diverses autres contraintes, à évoquer aussi) détermine les choix. Et les industriels nous reprochent assez, et à juste titre, de n'enseigner trop souvent que des concepts éthérés, loins de leurs réalités. De manière plus générale, nous précisons ici que notre propos n'est ni de mettre en accusation, ni d'apporter des réponses toutes prêtes, mais au contraire de faire apparaître toute la complexité des relations entre la chimie et les facteurs de son existence, relations essentiellement dissimulées... par simple omission. Omission involontaire certes, mais idéologiquement significative.

D. Le craquage catalytique

Un exemple modeste de « lecture » (d'une information chimique) faisant apparaître de façon évidente certains facteurs circonstanciels du développement chimique : « Aperçu des travaux de Houdry sur le craquage catalytique » (cf. *L'actualité chimique*, 1976, 5, 18).

Résumé extrait : Ce procédé conduit à des essences de haut indice d'octane (donc, d'aviation). On note que, pour une mise au point du procédé en 1929-30, la première grande unité de craquage n'apparaît (USA) qu'en 1937 ; mais en 1941, 40 unités fonctionnent, et en 1945 ce procédé fournit 75 % de l'essence avion des forces alliées.

La place évidente de la guerre 1939-45 dans cette chronologie équivaut à une interprétation. M. Houdry avait certainement (avec beaucoup d'autres chimistes

contemporains restés méconnus) le talent scientifique qui lui est reconnu dans cet article. Mais ses travaux ne se sont constitués en « découverte » que du fait des conditions malheureuses de l'époque. (Sur cette influence du facteur économique et politique que constitue la guerre, on peut par exemple noter la mise au point en 1917, en Allemagne, d'une synthèse de l'isoprène destinée à la fabrication de caoutchouc artificiel).

En l'occurrence, il faut toutefois reconnaître qu'il valait mieux pour l'humanité que ce procédé Houdry ait germé alors du côté des alliés... Mais bien des procédés scientifiques talentueux ont pu aussi germer du côté des nazis, qui les ont exploités. Et, à cet égard, on est frappé par l'essor extraordinaire des procédés de synthèse organique au cours des années 30-40 dans l'Allemagne pré-nazie, puis le Reich : plusieurs de ces procédés (du type synthèse du buna par exemple) conféraient en fait des moyens de puissance compatibles avec une situation autarcique ; comme ailleurs et comme toujours, la chimie ne vivait pas sa vie hors des champs de la politique, dont elle est à sa manière, et en partie, le reflet. Toutefois, on peut aussi noter que les conditions politiques « pathologiques » de l'Allemagne nazie en ont aussi écarté bien des talents scientifiques, et ont aussi conduit (pour des raisons purement idéologiques) sur des voies scientifiques aberrantes (par ex. recherches « biochimiques » sur le « sang », d'inspiration ouvertement raciste).

De même aujourd'hui, si l'on s'apprête à enseigner la chimie du plutonium, il peut être fondamental à travers cet enseignement de ne pas laisser ignorer (comme si c'était étranger au sujet) que nul ne saurait être indifférent au fait que la République Sud-Africaine (basée sur l'apartheid donc le racisme) soit aidée ou non à se doter du contrôle de la technologie scientifique du plutonium.

E. Les réactions acido-basiques

A travers ce thème, comme bien d'autres encore, on peut entreprendre, même si elle reste modeste et imparfaite, une brève initiation à la réflexion sur l'épistémologie et l'histoire de la chimie, déjà au niveau du 1er cycle universitaire. Ainsi, l'un des des « modules » (le dernier) de l'ensemble multimédia destiné à l'enseignement en 1er cycle des notions élémentaires sur les réactions acido-basiques *, a été précisément établi à cet effet. Il est reproduit ci-après.

* Document de travail édité par le Centre Universitaire de Distribution de Nouveaux Média d'Enseignement, 40 avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cédex. Document réalisé par J.M. Dumas sous la direction de M. Gomel.

LES REACTIONS ACIDO-BASIQUES

...UN PEU D'HISTOIRE DES SCIENCES

ET D'ÉPISTEMOLOGIE U9

ÉTUDES

RÉCRÉATIONS

CHIMIE

Par C. LETELLIER



1872

« ...

— Oui, père, répondit Émile. Un acide est un corps composé du gaz oxygène et d'une base quelconque, appelée radical. Les acides se distinguent, comme leur nom l'indique, par une certaine acidité, et ils ont la propriété de rougir la teinture bleue extraite du chou rouge.

... »

— Papa, il faut que nous fassions absolument de la chimie;

... »



extrait de :

JOURNAL OF
CHEMICAL EDUCATION

Par

Ralph G. PEARSON

1968

« Hard and Soft Acids and Bases, HSAB, Part I

Fundamental principles

... »

Table 3. Classification of Bases

Hard	Soft ^a
H ₂ O, OH ⁻ , F ⁻	R ₂ S, RSH, RS ⁻
CH ₃ CO ₂ ⁻ , PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻	I ⁻ , SCN ⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻
Cl ⁻ , CO ₃ ²⁻ , ClO ₄ ⁻ , NO ₃ ⁻	R ₃ P, R ₃ As, (RO) ₃ P
ROH, RO ⁻ , R ₂ O	CN ⁻ , RNC, CO
NH ₃ , RNH ₂ , N ₂ H ₄	C ₂ H ₄ , C ₆ H ₆
	H ⁻ , R ⁻

... »

A PROPOS DES REACTIONS ACIDO-BASIQUES
... UN PEU D'HISTOIRE DES SCIENCES
ET D'ÉPISTEMOLOGIE

Le rappel de l'évolution historique du concept de réaction acido-basique sert de base, en fait à une analyse épistémologique élémentaire. Cette unité U9 mériterait toutefois d'être rapprochée de l'unité U10 qui rappelle les facteurs déterminants (économiques) de l'évolution technologique. En effet il serait regrettable que cette unité historique renforce l'idée trop répandue que les "idées", même scientifiques, connaissent un développement essentiellement dû au "génie" (ou aux idées) de quelques-uns, indépendamment de tout contexte, économique en particulier.

1 Quelques dates

- 400 Début des études alchimiques en Chine
- Début du V^e S. (Geber ; Rhazès ; Avicenne...)
Fin du XI^e S. Alchimie et contribution scientifique de la civilisation arabe
- XIV^e S. Préparation d'acides minéraux : par calcination d'un "vitriol" (sulfate) obtention de l' "huile de vitriol" (acide sulfurique) et grâce à celle-ci préparation de l' "eau forte" (acide nitrique) et de l' "esprit de sel" (acide chlorhydrique)
- Fin du XVI^e S. VAN HELMONT : théorie dualistique de toute matière supposée
Début XVII^e S. provenir de l'antagonisme acide-base.
- XVIII^e S. BOYLE : classification des acides, alcalis, sels par utilisation d'un indicateur coloré ("sirop de violette")
- XVIII^e S. Essais d'élaboration de "tables d'affinité" (impliquent une recherche confuse de classement de "force" d'acide ou de base)
- 1777 LAVOISIER : théorie des acides : le principe commun "oxygène" (supposé présent dans l'oxygène).
- 1887 ARRHENIUS : première définition générale de la caractéristique commune à chacune des classes antagonistes ; acides : donateurs de H⁺ ; bases : donneur de OH⁻
- 1923 BRONSTEDT (généralisation d'Arrhenius)
acides : donateurs de H⁺ ; bases : accepteurs de H⁺
- 1938 LEWIS (généralisation de Bronstedt)
acides : accepteurs d'électrons ; bases : donateurs d'électrons
- 1963 PEARSON (généralisation de Lewis)
Adoption d'une échelle de classement à 2 paramètres
acides : durs, mous ; bases : dures, molles
- 1970 Expérimentation en phase gazeuse (résonance cyclotronique) : la connaissance expérimentale des réactions acido-basiques en phase gazeuse permet de les dégager de l'influence du solvant. Les corrélations avec la classification périodique des éléments réapparaissent plus nettement (cf. U8)

2 Quelques commentaires

- 1°) L'histoire des acides et bases (et de bien d'autres concepts) permet de suivre le développement sur le monde des "centres de gravité" scientifiques en fonction des époques. Pour ne considérer que les plus récentes :

Les pays arabes puis l'Europe (fin XVIII et XIX^e siècle) puis, vers le milieu du XX^e siècle le tour des "super puissances" (U.S.A. dans le cas considéré ici) ; et au XXI^e siècle ?? ...

On notera le parallélisme croissant existant entre "puissance économique et politique" d'une part et d'autre part "activité scientifique". En particulier, depuis le développement de la société industrielle on peut observer que : la puissance économique donne les conditions qui permettent le développement de l'activité scientifique, dont les résultats, en retour, viennent renforcer la puissance économique. Mais d'autres facteurs interviennent aussi dans ce cycle (tensions sociales, affrontements entre puissances économiques rivales ou entre puissances dominantes et dominées ou entre systèmes sociaux économiques différents etc.). Un cycle de renforcement installé ne se perpétue donc pas nécessairement.

En résumé : le progrès scientifique ne naît pas du "génie" ou des "génies" de quelques uns (bien qu'il ne faille pas nier que certains disposent -pour des raisons diverses- de plus de talent scientifique que d'autres.

Ce progrès scientifique est le prolongement des travaux antérieurs y compris les plus anciens : il est le fruit d'une activité de plus en plus collective, il ne se développe que dans un contexte politique et économique qui le favorise délibérément (mais qui de ce fait ... choisit son orientation).

Les "génies" n'expriment les idées nouvelles qu'une fois les conditions scientifiques et économiques d'éclosion de ces idées réunies. Les chercheurs de talent sont d'ailleurs systématiquement drainés par les puissances économiques dominantes (cf. le "brain drain" vers les U.S.A. jusqu'en 1970 environ). Mais des conditions politiques de privation totale de liberté (fascisme) entraînent (cf. l'Allemagne nazie) d'une part un départ massif de ces chercheurs, d'autre part, une orientation d'une partie des recherches dans des directions scientifiquement (et humainement) aberrantes (cf. recherches nazies sur le "sang").

- 2°) On peut aussi artificiellement isoler l'histoire du concept des réactions acido-basiques (ou de tout concept) du contexte rappelé ci-dessus en 1°), et ne plus examiner que la transformation progressive du concept lui-même, pour l'analyser en soi.

Jusqu'au XVI^e siècle les besoins technologiques croissant conduiront à un "inventaire" croissant de corps chimiques (simples, composés et à l'état de mélanges) et de certaines de leurs propriétés (tels les acides nitrique, sulfurique etc.).

Une théorie acceptable des acides et des bases ne peut exister qu'à la faveur (et après) de cet inventaire.

La première phase de ce développement théorique consiste en une "classification" : BOYLE propose les classes acides-alcalis (bases)-sels.

La seconde phase apparaît au XVIII^e siècle : en introduisant la notion de "force" des acides, l'établissement d'un "ordre" au "sein d'une classe" apparaît à travers les divers essais d'élaboration de "tables d'affinités".

La recherche théorique de la "cause" (structurale) de l'acidité aboutit pour LAVOISIER à l'hypothèse du "principe commun" "oxygène" (sans retenir la validité de cette idée, on notera (cf. U8) l'analyse actuelle de l'influence sur l'acidité des oxoacides, des atomes d'oxygène portés par l'atome central).

ARRHENIUS propose une théorie qui conserve encore actuellement un caractère "moderne" en reliant l'acidité à la présence de l'hydrogène et

a) en précisant que l'hydrogène est libéré sous forme d'ions H^+ par l'acide en solution

b) en définissant de même une théorie ionique de la basicité (ions OH^-).

Cette théorie est profondément liée à l'étude des acides et des bases en solution aqueuse.

L'appel fait aux propriétés des ions donc à des propriétés d'un caractère apparemment très éloigné (à l'époque) des considérations alors habituellement admises pour les acides et les bases traduits, ici sous une forme très limitée, un changement de perspective que divers auteurs nomment une "rupture épistémologique".

BRONSTEDT présente une théorie plus générale (celle d'ARRHENIUS étant "englobée" comme cas particulier) en définissant les bases comme "accepteurs de proton (H^+)". Cette théorie permet l'interprétation des propriétés des acides et des bases dans des solvants autres que l'eau (dont l'usage va se généraliser dès le début de la seconde moitié du XX^e siècle).

LEWIS propose une théorie qui peut être considérée comme englobant celle de BRONSTEDT, les acides étant définis comme des accepteurs d'électrons (le proton H^+ n'en étant donc qu'un cas particulier). De plus cette théorie permet de nombreux "regroupements" (par exemple : les réactions de complexation comme cas particulier de réactions acido-basiques).

Bien évidemment les dernières théories, en particulier BRONSTEDT et LEWIS, permettent d'attribuer quantitativement un ordre au sein d'une classe (acide ou base).

Par exemple les acides sont classés par rapport à une base de référence, le classement de leurs bases conjuguées s'en déduisant (cf. U1). De tels classements peuvent être dits "à un paramètre" dans la mesure où les prédictions du sens privilégié 1 ou 2 d'une réaction :

acide + base $\frac{1}{2}$... sera donné par la connaissance des valeurs d'un seul paramètre (pK_a par exemple) caractérisant l'acide et la base considérés.

En fait divers résultats se sont accumulés montrant dans de nombreux cas l'échec d'une telle prédiction basée sur un classement à "un seul paramètre". D'où la récente proposition, par PEARSON, d'une théorie des acides et des bases reposant sur un classement à deux paramètres et il s'agit là en quelque sorte d'une modeste mais nouvelle "rupture épistémologique".

Enfin, très récemment, diverses "anomalies" des classements d'acidité au sein d'une famille donnée (par exemple HF, HCl, HBr, HI) étudiée en solution ont pu être interprétées : des travaux par résonance cyclotronique ont permis d'étudier des réactions acide-base en phase gazeuse (donc en l'absence du solvant) et il a pu être montré que, dans ce cas, ces "anomalies" ne subsistaient plus (cf. U8).

III. En résumé et en guise de conclusion

Il s'agirait pour nous d'apprendre aux étudiants à reconnaître dans les aspects matériels de notre environnement, les structures chimiques et les transformations qu'elles subissent, ceci afin de mieux comprendre cet environnement, naturel et artificiel.

Mais il s'agirait aussi, et toujours à travers (et non pas à côté de) l'enseignement universitaire, de faire apparaître toutes les relations que la chimie entretient avec bien d'autres aspects du milieu où elle se développe. Un début de réflexion

épistémologique, une sensibilisation à l'histoire de la chimie, au sein de celle des sciences et des techniques, une conscience des relations de la connaissance chimique avec le contexte économique, social, politique, historique et même idéologique dans lequel elle se développe, nous paraissent l'unique moyen de conférer toute sa dimension éducative et culturelle à l'enseignement de la chimie.

En d'autres termes, œuvrer à travers l'enseignement universitaire de la chimie

pour que la connaissance chimique ne se constitue pas en une «case à part», une de plus !, ou pire, un «écran» ! Mais, au contraire, comme l'un des outils possibles en vue d'une prise de conscience de l'environnement humain et matériel où nous évoluons. Avec l'espoir que de telles prises de conscience rendent aussi plus difficiles les nombreuses «manipulations» dont les hommes restent involontairement les objets entre les mains d'autres hommes et de leurs structures anonymes.

IV. Un appel

Vous avez certainement noté des erreurs, des lacunes, et, en un mot, la pauvreté des «exemples» choisis pour illustrer le § II. C'est là le fait des limites personnelles de l'auteur, de celles de ses propres connaissances et de son temps disponible.

Mais

● Si vous partagez le souci qui a motivé cet article,

● Si vous êtes convaincu que la véritable objectivité (dont la neutralité) de l'enseignement de la chimie, ne consiste pas à l'aseptiser de toutes les considérations évoquées ci-dessus (que certains jugeront impures ou au moins extérieures à la chimie) mais consiste à ne pas dissimuler les interactions de la chimie et de son milieu de développement.

● Si vous doutez du fait que le contenu de votre enseignement aide vos étudiants à prendre conscience concrètement de la réalité (au sens large) qui nous entoure.

● Si vous êtes tout simplement lassé du dichloro-1, 2 éthylène, etc... pour l'enseignement de l'isomérisation *cis-trans*, de l'influence de P, T, etc... sur la synthèse de NH_3 , etc...

Alors

Ayez l'obligeance d'adresser à l'auteur, sous votre nom, toutes les indications précises (très actuelles ou historiques, accompagnées le cas échéant de références, photocopies, etc...) que vous pourriez relever (lectures, activité professionnelle, contacts divers, etc.) concernant des connaissances chimiques (programme

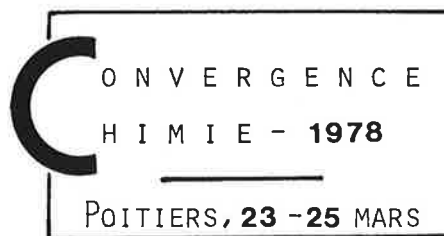
1er cycle et maîtrise) en relation avec tel(s) ou tel(s) facteur(s) de leur environnement (facteurs économiques, sociaux, politiques, etc.).

Si la moisson de telles indications s'avérait rapidement assez riche, il deviendrait possible d'éditer, à l'intention de tous les collègues chimistes intéressés, un ouvrage didactique *collectif* de très grand intérêt. En effet, un tel ouvrage, qui à notre connaissance n'existe pas encore, constituerait une précieuse source de documentation, indispensable à la réalisation du projet éducatif et culturel, qui motive la recherche de cette nouvelle forme de l'enseignement de la chimie. De la chimie... pour commencer.

2^e Annonce :

La Réunion internationale

regroupera à



4 réunions intéressant les chimistes :

I. Les réunions regroupées. Thèmes et résumés des programmes.

1. 3^e Réunion des Recherches Coopératives en Didactique de la Chimie (jeudi matin 23 au samedi 25 midi).

Thème : *L'enseignement universitaire de la chimie en langue française. État des innovations et recherches.*

Résumé du programme :

● Présentations synthétiques (par pays) de l'état de ces innovations et recherches au sein des Universités (partiellement ou entièrement) de langue française : Belgique, France, Québec, etc...

● Présentation des résultats des travaux réalisés dans le cadre du 1er programme

(1976-1978) des Recherches Coopératives en Didactique de la Chimie.

● Élaboration d'un nouveau programme (1978-1980) de Recherches Coopératives en Didactique de la Chimie.

● Décisions concrètes en faveur de la diffusion des innovations et des recherches présentées.

2. Société Chimique de France, Assemblée générale 1978 de la Division Enseignement de la chimie.

3. XVII^e Rencontre des enseignants de chimie des Universités.

Les instances responsables ont décidé de

réunir l'Assemblée générale 1978 et la XVII^e Rencontre sur le thème prévu pour ReCoDiC 3 (réunion commune) (cf. ci-dessus).

4. L'audio-visuel au service de la formation des Maîtres scientifiques. 1^{er} Colloque national (jeudi matin 23 au vendredi soir 24).

Thème : cf. titre de ce Colloque.

Résumé du programme :

● Confrontation d'expériences universitaires,
● Bilan.

II. Programmes détaillés des réunions "Convergence-Chimie-1978"

1. Tous les travaux "Convergence-Chimie 1978" présenteront en vue de leur exploitation dans le cadre de notre enseignement :

- a) un caractère d'information synthétique.
- b) un caractère concret.

Ils comporteront une présentation systématique (en self service, stands, posters, etc...)

- des auxiliaires pédagogiques de l'enseignement de la chimie (Films, diapositives, ouvrages d'enseignement, matériels didactiques intéressants, etc...)

- des expériences pédagogiques universitaires sur l'enseignement de la chimie en langue française (publications pédagogiques, tests originaux, etc...)

Des débats, débouchant sur des décisions concrètes, (travaux en commun, échanges de documents pédagogiques, etc...) seront organisés, par centres d'intérêt, durant les réunions.

2. Le Colloque "L'audio-visuel au service de la formation des Maîtres scientifiques" recherchera, de même, l'échange d'informa-

tions, et le débat, autour d'expériences concrètes dont les résultats (documents audio-visuels, écrits, etc...) seront mis à la disposition des participants.

3. Les programmes détaillés et les documents préparatoires aux réunions seront adressés, fin février, aux inscrit(e)s à "Convergence-Chimie-1978".

Pour toute information actuelle sur	Veillez contacter le(s) responsables(s)
● l'organisation scientifique des réunions 1°, 2°, 3°	Maurice Gomel, Faculté des Sciences, 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex
● l'organisation matérielle des 4 réunions (1° à 4°)	
● l'organisation scientifique de la réunion 4°	Danièle Cros ou Maurice Maurin, U.E.R. Formation des Maîtres, U.S.T.L., Place E. Bataillon, 67000 Montpellier

● Pour recevoir rapidement le programme et la fiche d'inscription, adressez-vous dès maintenant au Secrétariat ReCoDiC, 40 avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex.

4. Les personnes désirant faire connaître un travail (de type didactique) réalisé sur l'un des thèmes retenus pour Convergence-Chimie-1978, sont priées de se faire connaître auprès du responsable scientifique concerné (cf. tableau ci-dessus).