

Le langage universel de la chimie : les idéogrammes

Ambiguïtés et laxismes

Guy Ourisson

Ce texte a donné lieu à la conférence de G. Ourisson prononcée au Séminaire international organisé à Bruxelles par le Réseau Interuniversitaire francophone ReCoDiC et la Division Enseignement de la Société Chimique de Belgique (thème du Colloque : "l'Enseignement universitaire de la chimie et les techniques audio-visuelles" - cf. encadré correspondant).

Plus récemment, ce texte a constitué la base de la conférence plénière de clôture du Colloque Universitaire International ReCoDiC "Enseigner la chimie en langue française" qui s'est tenu à Poitiers, les 21-23 novembre 1985.

Cette conférence constituait aussi une introduction à l'un des nouveaux projets de travaux didactiques présentés à ce Colloque - cf. encadré relatif au Projet "Index".

Évitons tout d'abord ce qui pourrait être un malentendu : mon objectif ne sera pas ici de présenter des idées originales mais, plus simplement, des choses que vous savez déjà, mais formulées autrement.

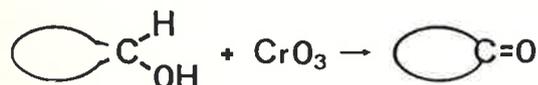
En fait, je voudrais reprendre avec vous des choses extraordinairement simples qui, cependant, me semble-t-il, posent des problèmes que nous nous dissimulons et, par conséquent, que nous dissimulons souvent à nos étudiants.

Je commencerai par disséquer un certain nombre de non-dits qui se cachent dans la façon dont nous utilisons les formules chimiques et les formules structurales. Ensuite, nous verrons un ou deux trucs, peut-être évidents, que beaucoup connaissent mais qui risquent de conduire, si on les méconnaît, à des difficultés qu'on n'arrive pas ensuite à analyser quand on est en face d'étudiants qui n'ont pas compris. Finalement, pour nous amuser, nous comparerons formules chimiques et idéogrammes. Je ne connais pas les idéogrammes, en revanche, même si c'est peut-être un peu prétentieux, je crois avoir compris comment fonctionne la pensée quand on écrit avec des idéogrammes et c'est peut-être intéressant pour toutes sortes de raisons que je détaillerai tout à l'heure.

Je voudrais prendre un premier groupe d'exemples de formulations structurales qui semblent ne pas prêter à confusion et qui, cependant, dissimulent des difficultés.

Que représentez-vous quand vous écrivez H_2O au tableau ? Je crois qu'il est important de se rappeler que, selon le cours dans lequel on travaille, on représente différentes choses. Pendant un certain temps, dans les cours élémentaires en particulier, nous passons notre temps à dire qu'un symbole moléculaire comme H_2O représente non pas seulement une certaine qualité de matière, mais aussi une certaine quantité : "Quand on écrit H_2O , cela veut dire 18 g d'eau. Aussi bien dans les cours de propédeutique que de première année, on passe du temps à bien expliquer qu'il s'agit d'un symbole qui est en même temps un symbole quantitatif. Ce raisonnement conduit à des conséquences très précises. Ainsi, si vous écrivez dans un cours élémentaire $H_2O \rightarrow O_2 + H_2$, vous faites une faute, mais pour un cours avancé, ce genre d'écriture est fréquent.

Si vous écrivez :



ce n'est plus une écriture équilibrée. Vous n'êtes plus en train d'expliquer que tant de grammes d'alcool plus tant de grammes de trioxyde de chrome donnent tant de grammes de cétone et vous n'écrivez pas tous les produits. C'est comme cela que les chimistes organiciens représenteront dans un cours, même pas très avancé, l'oxydation d'un alcool. On a franchi une étape. On a changé de convention. Mais on ne dit jamais *quand* on change de convention, et on trouve ensuite des étudiants qui, face à ce genre d'écriture, passent beaucoup de temps à essayer d'équilibrer et puis n'y arrivent pas, parce qu'on ne leur a pas dit comment et qui ne comprennent pas pourquoi nous ne faisons pas ce que nous avons dit qu'il fallait faire.

Ceci est une première remarque ultra-élémentaire : nous utilisons des conventions, souvent nous les définissons, ensuite nous les oublions et nous nous étonnons que les étudiants aient du mal à suivre.

Qu'est-ce que nous représentons avec H_2O ? C'était 18 g, ce n'est plus 18 g, c'est de l'eau. Que voulons-nous dire ? Là encore, nous changeons de définition, nous changeons d'interprétation, sans le dire.

Si j'écris H_2O , cela peut évoquer un liquide ou bien, pour les plus molécularistes d'entre vous, cela peut évoquer deux dessins :



deux petites sphères et une plus grosse sphère et puis un angle bien déterminé ; une molécule isolée, ou bien alors une molécule isolée mais sans nuages électroniques, un squelette avec un angle, une molécule isolée statique.

Au contraire, si vous êtes en train de faire de la spectroscopie, si vous pensez en spectroscopiste, vous "voyez" cette molécule qui bouge dans tous les sens ; si vous faites de la thermodynamique statistique, vous la voyez qui est en train de tourner et d'explorer tous ses degrés de liberté.

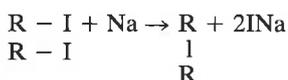
Vous mettez dans chaque cas un contenu visuel totalement différent. En plus, souvent, vous allez changer de contenu sans le dire.

On parle de H₂O, mais on ne parle pas d'une molécule, on parle d'une collection de molécules.

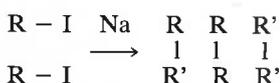
Si on fait des jets moléculaires, on se remet à parler de molécules isolées.

Dans combien de cas passe-t-on du symbole d'une certaine matière à la vision moléculaire de la molécule isolée et de la collection de molécules, de la molécule statique à la molécule dynamique ? Ce sont des sauts que nous avons appris à faire et qui, parce que nous avons appris à les faire, sont devenus automatiques. H₂O est devenu un mot mou, un symbole mou, c'est pourquoi nous avons du mal à imaginer que, dans la même phrase, nous avons en réalité changé de convention plusieurs fois. C'est une source de confusion dont on se rend compte aux examens.

Voici maintenant un exemple tout à fait clair d'une confusion très fréquente chez les étudiants. Bien que ce soit une réaction que, personnellement, je n'ai jamais vu utiliser au laboratoire et qui, par conséquent, doit avoir un domaine d'application relativement limité, pratiquement, tous les cours de chimie organique commencent par des synthèses d'alcanes et vous décrivent la synthèse de Würtz.



On décrit la réaction de Würtz, on l'écrit plus ou moins bien, on l'équilibre ou non, selon l'année. L'étudiant se débrouille. Et puis tout à fait automatiquement, on passe au Würtz mixte à partir de deux halogénures différents.



Il est alors très difficile de faire comprendre aux étudiants, si on n'y prête pas attention, que l'on obtient un mélange de trois espèces. Et la raison pour laquelle c'est difficile, c'est que, pour un étudiant, il est extrêmement ardu de passer d'une écriture qui représente une molécule (RI) à la même écriture qui représente non pas une molécule mais mille milliards de molécules en train de s'agiter dans tous les sens. Ils conçoivent ainsi difficilement cette image de petites particules qui sont en train de se remuer dans tous les sens et qui, par conséquent, peuvent conduire à tous les mélanges statistiques qu'on veut. La réaction de Würtz fait donc problème, mais je crois qu'elle n'est que symptomatique d'une difficulté générale de gymnastique de pensée que nous avons appris à faire, gymnastique que les étudiants ne savent pas bien faire au démarrage.

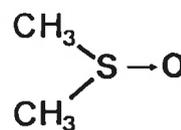
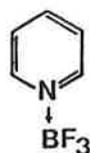
Un autre exemple. Nous passons beaucoup de temps, et nous répétons très souvent qu'un trait de liaison est absolument équivalent à un doublet électronique. Aussi, quand on en vient à parler des réactions de l'ammoniac, on décrit bien sûr la mise en commun de ses deux électrons pour former l'ion ammonium.



Il est tout à fait possible que ce que maintenant je vais vous dire soit en fait très dépassé par l'état actuel de la pédagogie des premiers cycles. Mais, en tout cas, dans le temps, après vous avoir décrit la formation d'une molécule, par exemple d'hydrogène, comme la mise en commun de deux électrons et la formation d'une liaison, on représentait la formation de l'ion ammonium de la façon suivante :



Dans le cas de l'ammoniac, je pense que ce symbolisme est quasiment éliminé ; en revanche, il y a d'autres cas où cela reste la façon tout à fait normale d'écrire les structures. Ainsi, dans beaucoup de livres, vous verrez des exemples comme ceux-ci :



Mon expérience est que, disons en troisième année d'université, il y a une proportion non négligeable d'étudiants qui sentent intuitivement dans ces deux exemples :



deux types de liaisons ; un type de liaison qui est faite entre un atome à lacune et un atome à doublet pour donner une liaison qui est la liaison dite dative symbolisée de deux façons différentes (avec flèche ou avec charges) ; l'autre type est la liaison dite covalente faite par la mise en commun de deux électrons. Les étudiants éprouvent dès lors des difficultés à comprendre que, en fait, c'est la même chose. Ils sont totalement désarçonnés quand on leur fait remarquer qu'il y a au moins deux façons, tout aussi formelles l'une que l'autre, de faire une molécule d'hydrogène :

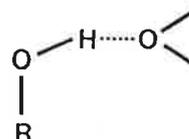


La liaison H - H est-elle dative ou covalente ? C'est bien la même molécule d'hydrogène, donc c'est la même chose. Il n'y a donc pas de liaison dative. Quand on parle de liaison dative, c'est uniquement pour des raisons pratiques : c'est la description d'une réaction, c'est la description d'un mode de transformation et non pas la description d'une structure. Selon que l'on est biochimiste, organicien, minéraliste ou que l'on travaille sur des complexes, l'usage respectif des formulations, et les poids des formulations dans les habitudes sont différentes, mais c'est un élément de confusion dont nous ne nous soucions pas suffisamment dans un exposé.

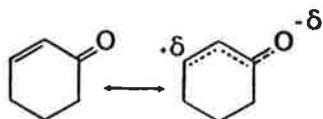
Ceci m'amène à une parenthèse. Ces notations molles sont extrêmement utiles ; il faut pouvoir changer de notation, ne serait-ce que parce que, dans certains cas, cela fait des typographies plus jolies ; en revanche, je crois qu'il faut s'astreindre à essayer de l'analyser et surtout quand on se met à plusieurs à enseigner une matière, essayer de s'assurer que les notations sont cohérentes et qu'on n'est pas en train de détruire le travail des uns et des autres. Ceci est en particulier vrai pour les biochimistes, et c'est important, parce que nous avons, en tant qu'organiciens, de plus en plus à faire avec les biochimistes. Or, il y a un certain nombre de notions qui sont considérées comme évidentes dans un domaine et qui n'ont aucune signification dans un autre. Je prends un exemple simple : les "liaisons riches en énergie" sont une notion qui n'existe qu'en biochimie et qui n'a aucune signification pour qui que ce soit d'autre. Bien sûr, les biochimistes et les autres chimistes arrivent à s'entendre, mais c'est très embêtant pour les étudiants de savoir que les anhydrides phosphoriques sont riches en énergie dans un cours de biochimie mais que, en revanche, ce sont des anhydrides comme tous les autres dans un cours de chimie organique ou un cours de chimie minérale.

Ces questions de vocabulaire sont donc en fait extrêmement embarrassantes pour les étudiants.

Parmi les autres données très simples qui changent de nature aussi suivant les domaines et dont nous demandons à nos étudiants qu'ils fassent la gymnastique sans qu'on leur ait expliqué que ce n'était pas des mouvements naturels, il y a aussi l'exemple de la liaison d'hydrogène :



J'écris avec un R, simplement pour que ce ne soit pas tout à fait la molécule d'eau. Ce genre de représentation apparaît dans la totalité des exposés de biochimie et n'a, comme vous le savez, aucune signification ; le pointillé n'a absolument aucune base, tout au moins il ne représente aucune liaison localisée, il ne représente pas une covalence partielle, une valence partielle, c'est-à-dire qu'il est de nature différente des pointillés qu'on écrirait pour une cétone comme celle-ci :



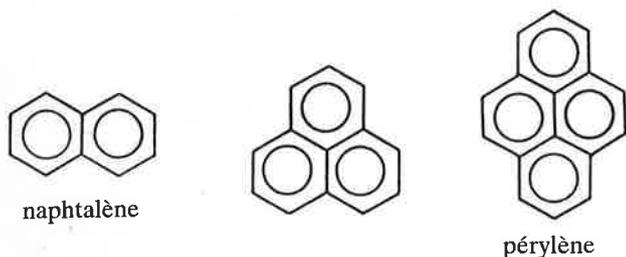
Ici on parle de valences partielles, là on ne parle pas de valences partielles, on parle d'interaction de dipôles, sauf dans les cours de biochimie où ce sont apparemment de véritables liaisons. Tout ceci, encore une fois, est rarement explicite mais reste généralement implicite ; on change, arbitraire encore, là les notations, on utilise des définitions molles, changeant selon la nature du cours, ce qui conduit à une espèce de schizophrénie de l'étudiant ; sans le dire, on la souhaite, et elle est souvent réalisée et elle crée des difficultés, sans qu'on voie pourquoi.

Avant de continuer le problème des pointillés, je voudrais revenir un peu en arrière et examiner la seule notation sur laquelle nous soyons très stricts et dont nous exigeons des étudiants le respect. C'est la double-flèche. Qu'un étudiant ose dessiner deux formules de Kékulé avec deux demi-flèches au lieu de mettre une double-flèche de résonance, et il est collé... ; c'est, à ma connaissance, le seul domaine de notation dans lequel nous ayons effectivement un sectarisme très pointilleux, chatouilleux, absolument rigide. C'est aussi grave que, pour un orthodoxe, de commencer le signe de croix par l'épaule gauche. De quoi être damné !

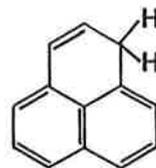
Un exemple maintenant pour revenir sur les problèmes de pointillés. Là encore, je prétends que c'est très regrettable que nous ayons, par exemple pour les noyaux aromatiques, des notations qui sont constamment changeantes. Vous pouvez trouver dans les livres et les cours, les trois types de notation ci-dessous :



Je crois que c'est un très mauvais service à rendre aux étudiants, même si c'est beaucoup plus rapide d'écrire quelque chose avec un rond dedans que de mélanger trop tôt ces notations. Pour ceux d'entre vous qui n'ont pas eu depuis longtemps à faire de cours sur des systèmes aromatiques, je rappellerai simplement qu'il est impossible de faire comprendre que dans la séquence qui commence au naphthalène, et qui aboutit au pérylène, la molécule du milieu est une non-entité, qu'elle n'existe pas.

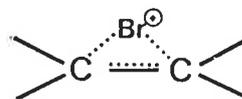


Tous ceux qui ont eu à enseigner de la chimie aromatique savent que c'est un des dangers d'une notation qui pourtant est plus commode parce que cela va plus vite que de mettre trois doubles liaisons, mais le fait que cette structure du milieu ne représente pas une molécule ne peut être véritablement senti qu'en notation de Kékulé. La molécule qui existe a nécessairement 1 hydrogène de plus :

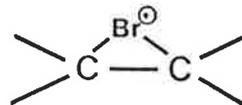


Il faut donc s'astreindre à utiliser systématiquement la représentation de Kékulé, quitte à dire aux étudiants qu'on leur demande justement d'être schizophrène et, quand ils écrivent une représentation de Kékulé, de se mettre en tête la représentation complémentaire. D'avoir les deux en tête *simultanément*.

Un dernier exemple sur les pointillés. Je suis aussi tout à fait surpris de voir que, même dans des livres récents, on représente des ions bromonium, intermédiaires dans l'addition de brome sur les doubles liaisons, comme si c'étaient des espèces bizarres défiant les lois habituelles de la covalence :

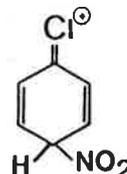


Là on n'est plus au niveau de la mollesse, on est au niveau de la déliquescence puisqu'il y a bien des années que Wynberg a isolé de bons et vrais sels de bromonium.

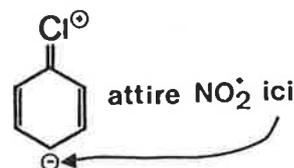


Il est vrai que cela fait moins savant.

Passons à une autre difficulté de représentation, dont la situation s'est aggravée par rapport à il y a quelques années. Si on traite des substitutions aromatiques (par exemple une nitration sur le chlorobenzène) et qu'on parle de la nitration en para, il est de règle maintenant de faire l'exposé en montrant l'action de NO₂⁺ et d'écrire le complexe intermédiaire de cette façon :



Ce sont des complexes qui ont une réalité parce qu'on peut les voir et les étudier et ces complexes donnent ensuite les produits de substitution. Il n'empêche que, même quand cela a été dit, il y a toujours une proportion importante d'étudiants qui vous expliquent la substitution par l'intervention des formes comme ci-dessous.



On vous explique alors que le carbone en para, étant chargé négativement, attire le groupement NO₂⁺ par une interaction électrostatique. C'est évidemment la marque que le message n'est pas passé. C'est par des exemples comme celui-ci que je suis certain que la notion qui a été mise dans la tête des étudiants, très souvent dans le secondaire, est celle-ci : quand on a des molécules qui sont en train de réagir, le + réagit avec le -, quand on a deux molécules, elles s'attirent comme des petits aimants par les charges opposées et se précipitent l'une vers l'autre. Je suis sûr que cela a été mis dans leur tête implicitement.

Au contraire, il y a une notion beaucoup moins manichéenne de molécules qui sont totalement aveugles et qui se frappent au

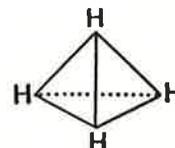
hasard dans tous les sens avant que quoi que ce soit ne se passe ; ce n'est alors que quand le choc *peut* conduire à quelque chose qu'il conduit à la réaction. Mais cette notion, au contraire, semble avoir été totalement occultée.

Cela continue à me surprendre et à me gêner que de pouvoir faire un cours en étant conscient de la difficulté et en voyant que, finalement, je ne suis pas arrivé à déraciner de la tête d'une proportion importante des étudiants une notion qui visiblement y est

tout à fait à l'aise. C'est beaucoup plus commode de se représenter des molécules molles, froides, des molécules qui ne vont pas vite, qu'on peut suivre à l'œil, qui ont le temps de se retourner et qui ont le temps de s'accoupler par les extrémités qu'il faut, et c'est apparemment beaucoup plus reposant pour l'esprit, beaucoup plus satisfaisant que le choc aveugle, généralement stérile, et parfois, au hasard, générateur de réaction.

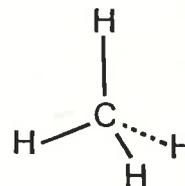
Passons à quelque chose de totalement différent.

Les plus anciens parmi vous, comme moi, ont vu d'abord le méthane comme un tétraèdre dont il était difficile d'expliquer qu'il représentait ce qu'il n'était pas, c'est-à-dire qu'il représentait le tétraèdre exinscrit à la molécule et que, par conséquent, les traits n'étaient pas des traits de valence.

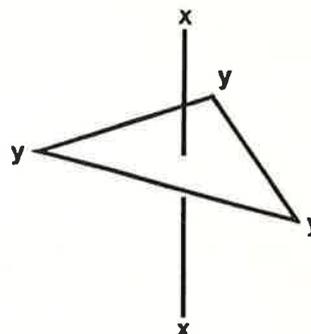


Cette représentation a duré à peu près une centaine d'années. Je voudrais cependant prendre deux positions différentes. D'abord dire qu'il vaut mieux raisonner en termes de liaisons et je vais le développer. Mais, d'autre part, je voudrais simplement signaler qu'un des magnifiques exposés de Linus Pauling est fondé sur l'idée que la représentation du tétraèdre est tout à fait une représentation correcte et qu'on peut la considérer comme aussi valable que l'autre, qu'à partir du moment où les sommets représentent un centre de densité électronique, on peut parfaitement faire sur les tétraèdres exinscrits tous les raisonnements : les doubles liaisons sont deux arêtes mises en commun, les triples liaisons deux faces mises en commun, et on obtient avec une précision qui est tout à fait correcte, avec un calcul qui n'est que géométrique, les distances entre les centres des atomes de carbone. Si Linus Pauling fait cette présentation, c'est pour casser un mythe, et je crois quand même qu'il est plus simple de s'en tenir à une représentation qui est plus près de ce que nous sentons : on représente les *centres* des atomes et les *liaisons*.

Et puis, il faut immédiatement qu'on se demande qu'est-ce qu'on est en train de représenter quand on trace un trait. Quand je représente une liaison, je pense qu'il n'y a personne ici qui "sent" cette liaison comme une petite baguette. Donc, en fait, on échange une représentation qui n'est pas satisfaisante, et qui est difficile à manipuler, pour une plus simple. Mais il faut qu'on reste conscient qu'on n'a rien gagné sur le plan conceptuel, on a gagné simplement en rapidité d'écriture. Or ce que nous demandons à nos étudiants, pas toujours mais presque, c'est d'accepter cette représentation-ci pour les composés de carbone :



mais, en revanche, de voir un bipyramide trigonale comme ceci :



L'enseignement de la chimie et les techniques audiovisuelles

Auteurs : Actes du Séminaire (juin 1984) du Groupe EAM de ReCoDiC et de la Division Enseignement de la Société Chimique de Belgique, Responsable de l'édition : B. Wilmet (Université Libre de Bruxelles).

La plupart des intervenants ont été choisis compte tenu de leur expérience dans la réalisation effective de documents A.V. pour la chimie. Ces actes peuvent être considérés comme un réel "instrument" permettant à des chimistes ou des professeurs de sciences physiques n'ayant pas participé à la réunion, de disposer du minimum de bases méthodologiques et techniques nécessaires à l'usage et à la réalisation de documents audiovisuels pour l'enseignement de la chimie. On y trouve aussi des suggestions de réalisations de documents encore manquants, et la présentation de nouveaux documents.

Principaux sujets :

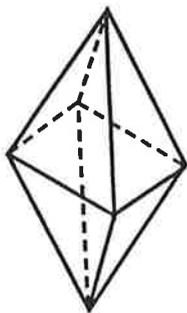
- Structure moléculaire, modèles, dessins, idéogrammes, G. Ourisson ;
- Télévision, éducation et théorie d'enseignement, J. Donnay ;
- La recherche en "chemical éducation" : que peut-elle apporter au réalisateur de documents A.V. ?, A.H. Johnstone ;
- Problématique de la production de diapositives, G. Bouhot, A. Paille ;
- L'utilisation du rétroprojecteur, A. et M. Delplancke ;
- Diapositives et graphismes, A. Paille et G. Bouhot ;
- Diapositives avec des moyens réduits, J. Depré ;
- La sonorisation des diapositives, A. Fraboni ;
- Les dangers de la vidéo, G. Sylin ;
- Le dessin animé, G. Roch ;
- Le vidéodisque, G. Vansteene ;
- EAM : Enseignement Assistée par Multimédia, M. Gomel.

Nombre de pages : 154 pages, format 15,5 × 24

Modalités d'acquisition :

- Auprès du Centre Universitaire de Diffusion de Nouveaux Médias d'Enseignement (CUDNME), 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex, France.
- Prix (France) : 75 FF exclusivement en timbres.
- (étranger) : 100 FF en coupons réponses internationaux.

ou bien de voir des complexes métalliques octaédriques comme celui-ci :



Accepteriez-vous de prendre part au PROJET "INDEX"

La chimie, et notamment son enseignement, peut difficilement se passer de représentations. Mais, comme le montre G. Ourisson, certaines d'entre elles véhiculent de l'ambiguïté et d'autres se dégradent par laxisme.

D'où le projet suivant, issu directement des idées contenues dans l'exposé de cet auteur.

Le but du Projet "Index" : constituer à l'intention de l'utilisateur enseignant, et de l'étudiant avancé, un "Index" comportant :

- un inventaire de représentations nécessaires à "l'écriture chimique", mais sujettes à ambiguïté ou laxisme ;
- l'expression de recommandations précises relatives à des représentations utilisables.

La méthode :

1) tout(e) chimiste désireux de coopérer à cette réalisation collective peut :

- a) signaler l'usage de toute représentation qui est, selon lui (elle), "sujette à ambiguïté ou laxisme" et l'accompagner du commentaire de son choix,
- b) formuler des recommandations précises qui, selon lui (elle), seraient à respecter lors de l'usage de certaines représentations utiles.

2) Si la "collecte" ainsi suscitées s'avérait suffisante, un ouvrage, nécessairement collectif, serait édité en vue d'une large diffusion à prix coûtant.

En pratique, si vous êtes intéressé(e) :

vous adressez déjà des propositions

ou

vous demandez plus de précisions

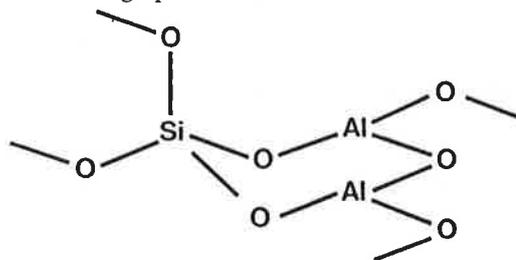
ou

vous demandez simplement votre inscription sur la liste des "participations envisagées au "Projet Index"

Dans ces trois cas, contacter Maurice Gomel qui assurera la co-gestion de ce Projet dans le cadre du nouveau Service "Enseignement Supérieurs - Didactique de la Chimie" (SESDIC - cf. *L'act. Chim.*, décembre 1985, p. 46).

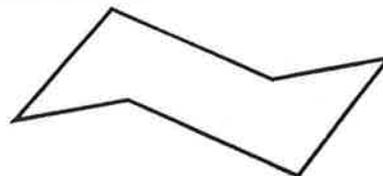
Écrire à cet effet au Laboratoire de Chimie XIII, Faculté des Sciences, 40, avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex.

On peut représenter un fragment d'alumino-silicate avec les modalités, les modes de la chimie organique, avec les liaisons, au lieu de mettre les polyèdres exinscrits, mais cela va dérouter totalement les cristallographes.



Or, nous demandons à nos étudiants, quand ils suivent les deux cours dans la même année, d'apprendre les deux choses et de ne surtout pas se poser la question de savoir si l'une est équivalente à l'autre ou pas. Et nous leur demandons de bien retenir que, pour le Professeur A, les silicates sont des tétraèdres exinscrits, mais pour le Professeur B, le silicium ressemble au carbone et a quatre liaisons...

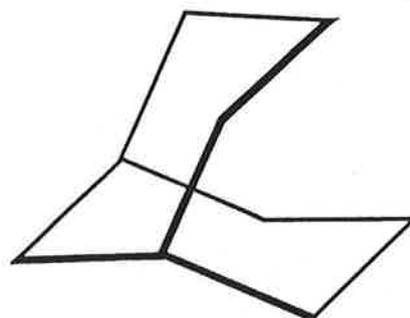
Passons à tout autre chose.



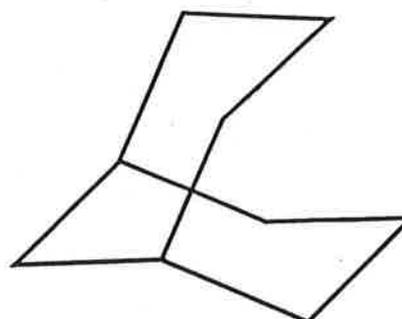
Voilà un cyclohexane sous forme de chaise. Qu'est-ce qui est devant, qu'est-ce qui est derrière ? Pour l'instant je n'en sais rien puisque tous mes traits sont absolument identiques. Alors je vais épaissir les traits là où vous les attendez, je pense. Les traits qui sont en avant, je les mets en gras. De cette façon, cela se lit bien :



De même, pour un système bicyclique, si vous avez écrit une fois :

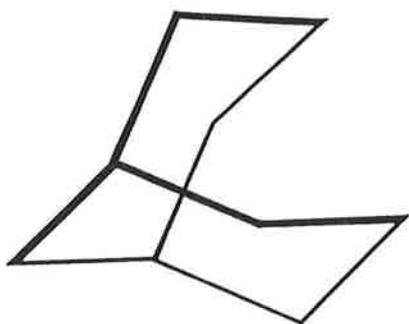


vous n'aurez aucun mal ensuite à reconnaître dans



ce qui est devant et ce qui est derrière.

Mais essayer donc de lire, dans la formule ci-dessus, celle-là :



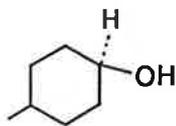
Non seulement vous n'y parviendrez pas, mais vous aurez sans doute même du mal à "sentir" dans l'espace cette dernière formule. Maintenant, retournez la page.

Vous avez vu : ce sont les deux dernières formules qui sont faciles à lire et la première qui semble bizarre. Ceci provient d'un aspect que nous comprenons mal de la vue en perspective, du passage de 3 dimensions à 2 dimensions. Nous voyons bien ce genre de chose à condition de les regarder vers le bas, donc d'avoir effectivement *vers le bas* les traits qui sont le plus en avant.

Je voudrais simplement conclure sur ces représentations dans l'espace en signalant, ce que beaucoup savent, qu'il est très facile d'apprendre à voir sans lunettes binoculaires les représentations stéréographiques qui sont maintenant de règle dans beaucoup d'articles portant sur les structures cristallines. Cela facilite ensuite beaucoup la lecture. Il faut évidemment apprendre à bigler à l'envers, à "déloucher".

On peut le faire très facilement, en prenant un de ces dessins stéréographiques, aussi simple que possible, en se le mettant sous le nez, en regardant par conséquent le dessin de gauche avec l'œil gauche et le dessin de droite avec l'œil droit, puis en écartant un peut jusqu'à ce qu'on puisse accommoder. Il faut que les deux images du milieu restent en coïncidence. D'abord elles sont floues, puis elles se stabilisent et on voit dans l'espace. C'est en fait très facile à apprendre, et c'est très utile, mais je ne crois pas qu'il soit possible de l'enseigner à nos étudiants, sauf pour l'amusement.

Maintenant je voudrais prendre cinq minutes pour parler d'idéogrammes. La chimie fonctionne non pas avec des idéogrammes, mais avec des pictogrammes, c'est-à-dire que nous représentons, dans une formule simple ou complexe, toutes sortes de choses qui sont pour nous devenues implicites ; nous les lisons sans les analyser, et nous les reconnaissons. Nous les reconnaissons à un niveau de compréhension profonde non analysé. Je dessine la molécule ci-dessous :



Je représente bien sûr quelque chose qu'on pourrait aussi bien décrire comme étant un méthyl-4 cyclohexanol-6, donc un échantillon de matière déterminé, mais en réalité nous savons bien que nous représentons des molécules qui ont une distance déterminée entre les carbones ; nous savons, sans avoir jamais vu de méthylcyclohexanol que les angles vont être de 109°. Nous représentons un objet, nous représentons le plus petit objet possible,

une molécule. Nous représentons dans cette formule beaucoup d'autres choses. Nous savons en lisant la formule que cette substance ne va pas être très soluble dans l'eau, qu'elle va être incolore, nous savons qu'elle va quand même être un petit peu plus soluble dans l'eau que s'il n'y avait pas de OH, nous savons qu'elle va présenter tout un potentiel de réactions, qu'on pourra l'oxyder, qu'on pourra la déshydrater. Et tout cela nous le savons, nous ne l'analysons pas, mais simplement une vue-éclair de la formule le rend disponible.

En fait, c'est exactement comme ceci que se fait la lecture d'idéogrammes chinois. Elle ne se fait pas en analysant le détail des secteurs, mais elle se fait en sentant ce qu'il y a de caché derrière. Ce n'est pas nécessairement un mot, parce qu'on peut comprendre un idéogramme comme on peut comprendre une molécule chimique ; on peut comprendre l'idéogramme sans savoir comment il se prononce.

Je vous cite une expérience que j'ai eue, qui, pour moi a été très révélatrice, bien qu'elle soit tout à fait banale. Dans ce site archéologique que sont les tombeaux Ming à côté de Pékin, il y a à l'entrée de grandes tables gravées en chinois archaïque, utilisant des caractères qui ne sont plus utilisés. Quand nous avons un texte en vieux français avec un mot qui n'est plus utilisé, ce dont on a besoin pour le comprendre, c'est la signification. Mais pour ces caractères chinois, la note explicative dit *comment les prononcer*, pas ce qu'ils *signifient*, parce que cela, tout le monde l'a compris. Je trouve cela absolument extraordinaire et très proche de la chimie.

Lisez la formule d'un alcaloïde, vous savez tout dessus ou presque. On peut même dans certains cas prévoir à peu près le point de fusion, le point d'ébullition, on peut prévoir en tout cas le spectre de masse, on peut prévoir le spectre Raman, on peut faire des tas de prévisions sans avoir jamais vu le produit et la seule chose qui nous manque, c'est de savoir comment en parler, comment le dire : son nom. Une autre analogie qui me semble extrêmement importante est le fait que lorsque nous voyons une formule compliquée, nous la reconnaissons dans son ensemble ; on peut ensuite se mettre à la détailler, mais nous voyons *au premier coup d'œil* que c'est une porphyrine, ou un stérol, ou un aromatique. De la même façon dans la lecture de l'idéogramme, c'est l'idéogramme qui est reconnu et il peut ensuite être disséqué et analysé. Mais cela impose au chimiste quelque chose au point de vue technique, pour qu'une formule compliquée soit bien vue : il ne faut pas qu'elle soit trop grande, il ne faut pas qu'elle soit trop précise, trop détaillée. Il faut qu'on puisse la voir en vision fovéale, d'un coup, sans faire de scanning, sans la détailler, sans avoir l'œil qui bouge. Une formule trop grosse ralentit la lecture. Je crois que c'est une question qu'il serait intéressant de discuter avec des spécialistes de la communication écrite, de la typographie, de la recherche de caractères, etc.

Comme vous le voyez mon exposé est resté au niveau d'extrêmes banalités. Ma seule justification pour présenter des choses aussi simples, c'est que je crois qu'il y a 20 ans je n'aurais pas pu le faire, que j'ai appris dans ce domaine et que cela a amélioré mon enseignement que de l'analyser. D'autre part, je sais qu'il y a des tas de gens que cela intéresse. J'ai été agréablement surpris de tomber sur une publication, datant de 83, de mon ancien et excellent élève et ami J.-M. Lehn ; "Langue de la science ou science des langues, multilinguisme ou langue unique, le point de vue de l'utilisateur" dans un Colloque "Faut-il sauver les langues nationales ? Rôle de la traduction et de l'interprétation". Là un certain nombre des idées que j'ai énoncé auparavant, j'ose à peine dire des idées, des banalités précédentes, ont été dites d'une façon tout à fait différente, parce que dans un autre cadre, mais cela me rassure de voir que je ne suis pas le seul à croire que c'est important de dire des choses simples.