

Comment enseigner la chimie industrielle?

par **Henri Guérin**
(Université Paris-Sud, Centre d'Orsay)



Comme le prouve l'activité de la Division de l'enseignement de la chimie de la Société Chimique de France, la pédagogie préoccupe désormais les chimistes qui, non seulement, se soucient de la propédeutique (ou du D.E.U.G.), premier contact réel des étudiants avec la chimie, essentiel pour le choix ultérieur de leur orientation, mais aussi de l'enseignement de la chimie dans le Secondaire alors qu'on découvre les lacunes de celui-ci, notamment en ce qui concerne cette discipline.

L'enseignement de la chimie industrielle, longtemps assez limité, du moins en Faculté, mais dont l'extension déjà sensible avec la création des I.U.T. et des Maîtrises de sciences et techniques, devrait encore s'accroître alors que l'on estime que dans une génération l'ensemble de l'industrie d'un pays développé reposera à près de 80% sur la chimie, ne mériterait-il pas lui aussi de retenir l'attention? C'est ce qu'a pensé notre collègue, le Professeur Robin, qui a récemment insisté sur ce problème (1) et a présenté ses propres conceptions. Le débat étant ainsi ouvert, nous pensons opportun d'y participer en exposant les nôtres.

Avant de proposer un programme pour cet enseignement et d'indiquer par qui il doit être dispensé, il est nécessaire de préciser à quels auditeurs il est destiné et aussi ce que nous entendons par chimie industrielle.

(1) Place et conception de l'enseignement de chimie industrielle, *Unichimie*, 1972, 7, 11.

1. Qu'est-ce que la chimie industrielle?

Nous estimons qu'il convient de distinguer « chimie industrielle » et « chimie appliquée ». Cette dernière expression, très imprécise, tend à être opposée à celle de chimie pure : or, il n'existe pas de chimie pure ni de chimie appliquée ; il y a la chimie et ses applications. Celles-ci, groupées judicieusement, pourront être examinées sous les titres de chimie biologique, chimiothérapie et pharmacie, chromatologie, chimie agricole, chimie industrielle, géochimie, etc..., *la chimie industrielle* pouvant alors se définir comme la branche de la chimie se proposant d'étudier la fabrication, conduite d'une façon économiquement et socialement satisfaisante, des produits qui répondent à des besoins.

Cette définition qui souligne à côté de son aspect technique (fabrication), ses aspects économique (prix de revient) et social (hygiène et nuisances), met l'accent sur le caractère essentiellement interdisciplinaire de son enseignement.

2. A qui s'adresse l'enseignement de la chimie industrielle?

Cet enseignement étant actuellement dispensé dans les Écoles Supérieures de Chimie, dans les Universités où la Maîtrise de chimie comporte la possibilité des options dites de chimie appliquée ou de chimie industrielle, et dans les I.U.T., les bases du programme que nous envisagerons devront être naturellement adaptées aux buts quelque peu différents poursuivis par ces divers établissements.

N'est-il pas toutefois opportun de souhaiter que l'audience de cet enseignement soit étendue, après des aménagements adéquats, d'une part à l'ensemble des futurs Maîtres ès-sciences, d'autre part, aux élèves du secondaire?

Est-il normal que des Maîtres ès-sciences, mention chimie, qui, pour des raisons parfaitement justifiables, préfèrent d'autres options à celles de la chimie industrielle, ignorent pratiquement tout de cette branche de la chimie? Les enseignements correspondant aux certificats obligatoires font en effet généralement abstraction, le plus souvent, faute de temps, parfois systématiquement, de toute ouverture sur les applications de la chimie alors même que celles-ci pourraient et devraient illustrer les développements théoriques...

Est-il déraisonnable, d'autre part, de souhaiter que le développement escompté de la chimie dans le secondaire, permette d'insister sur le caractère expérimental de cette science et

d'introduire, à côté des bases théoriques nécessaires, certains éléments, disons de « technologie chimique », entendant, par là, la description de certaines fabrications simples, dont le principe et les diverses phases puissent être aisément interprétés ? Ce serait là un moyen de faire connaître le rôle de la chimie dans le monde moderne et d'inciter certains jeunes à participer plus tard à son essor.

Il ne s'agirait pas à vrai dire d'une innovation, puisque dans les anciennes Écoles Primaires Supérieures où l'enseignement de la chimie était introduit dès la première année, c'est-à-dire dans les classes correspondant aux cinquièmes des C.E.S., existait une telle initiation à la chimie industrielle.

La réforme de l'école unique, logique en elle-même, aurait pu, au lieu d'aligner tous les enseignements sur le secondaire, avec le souci démagogique de faire de tous les Français des bacheliers, ne pas ignorer ce que les autres enseignements avaient de positif...

3. Sur quelles bases établir un programme d'enseignement de chimie industrielle ?

Les programmes de chimie industrielle n'ont jamais été codifiés de telle sorte qu'ils pouvaient être assez différents d'une Faculté ou d'une École à l'autre. On peut dire toutefois que jusque vers 1950, l'enseignement correspondant comportait essentiellement la description d'un plus ou moins grand nombre de fabrications parmi lesquelles la grande industrie minérale et l'industrie des matières colorantes qui, au début du siècle, offraient les débouchés les plus nombreux, ont prédominé pendant longtemps, mais à côté desquelles pouvaient en figurer beaucoup d'autres : métallurgie, industries organiques ou alimentaires, de même que l'étude des combustibles, des réfractaires, des verres et des industries dérivées, etc...

Les Traités de Baud et de Dupont, parus entre les deux guerres, donnaient un tableau exhaustif de cet enseignement.

L'ouvrage classique de Sorel, consacré à la « grande industrie chimique minérale » et paru au début du siècle, comportait toutefois, à côté des développements classiques, des considérations opportunes sur la pollution et certains calculs de physique industrielle... Cette dernière discipline que certaines Écoles associèrent par la suite à la chimie industrielle, purement descriptive, ne s'est toutefois vraiment développée, sous le nom de « génie chimique » qu'après 1950 : elle se propose de concevoir, de calculer, de faire construire et de faire fonctionner l'appareillage qu'exige l'industrie chimique et si l'on comprend que le génie chimique tend à s'ériger en une discipline indépendante, il est indispensable que son enseignement reste intimement lié à celui de la chimie industrielle. Il en constitue, en effet, l'une des bases techniques essentielles en permettant d'examiner plus aisément les diverses fabrications qui, apparemment très différentes, comportent, en fait, des appareillages souvent comparables ou même identiques.

La résolution des divers problèmes de la chimie industrielle dont le principal est sans doute la mise au point de la fabrication d'un nouveau produit soulève toutefois d'autres préoccupations que celles concernant la mise au point de l'appareillage à laquelle nous associons le contrôle, la régulation et même l'hygiène industrielle ; avant la phase construction, les phases d'exploration et d'évaluation nécessitent en effet des recherches de laboratoire, des recherches bibliographiques et de propriété industrielle et aussi l'examen de la rentabilité, par l'étude prévisionnelle du prix de revient et des divers facteurs qu'il comporte. On peut donc considérer qu'un cours de

chimie industrielle doit normalement comporter d'une part des généralités qui constituent les bases techniques et économiques de cet enseignement et parmi lesquelles le génie chimique sera développé dans un cours particulier et, d'autre part, des monographies présentées de telle sorte qu'elles montrent comment s'appliquent ces généralités techniques et économiques étudiées auparavant. Alors qu'il ne saurait être question d'examiner toutes les industries, quelles sont celles qui doivent faire l'objet de ces monographies et quel peut être le plan adopté pour les exposer ?

Choix des monographies

Il peut paraître arbitraire de vouloir choisir, parmi toutes les industries, les plus importantes, l'importance étant une notion essentiellement relative. Il semble pourtant possible, à une époque donnée et dans un pays déterminé, de prévoir quelles connaissances il est opportun qu'un étudiant acquière en chimie industrielle.

On peut souhaiter qu'il ait des idées précises sur la grande industrie chimique, sur la métallurgie d'élaboration, sur la pétrochimie, sur les plastiques, tandis que des informations pourraient lui être fournies sur une ou deux autres industries dont les fabrications sont discontinues : matières colorantes, parfumerie, pharmacie, etc...

Même dans les chapitres retenus comme celui de la grande industrie chimique, par exemple, un choix est encore nécessaire, « la formation d'un ingénieur devant être un aperiitif plutôt qu'un repas copieux » (Leprince-Ringuet).

On a parfois pensé, par analogie avec les opérations unitaires, pouvoir envisager des procédés unitaires tels que l'oxydation, la chloration, par exemple, qui, correspondant à des réactions types, rendraient ce choix aisé. Acceptable dans le cas des fabrications des produits intermédiaires généralement discontinues, où l'on peut décrire une fois pour toutes les opérations de sulfonation, de nitration, de diazotation, etc..., ce critère ne saurait être étendu aux procédés de la grande industrie (1) ; il suffit de penser, par exemple, aux oxydations du soufre (ou du phosphore), des pyrites, de SO_2 , de NH_3 , de NO , du toluène (ou du naphthalène), du méthanol, etc... qui, bien que constituant toutes des réactions d'oxydation, s'opèrent de façons très différentes.

On doit chercher à présenter des fabrications types utilisant des techniques qui soient transposables à d'autres. Pour cela il y a notamment lieu de considérer, comme en génie chimique, la nature des phases qui sont en présence : réactions entre gaz, entre un gaz et un liquide, entre un gaz et un solide, etc...

C'est ainsi que l'industrie de l'acide sulfurique, dont l'importance ne saurait être niée, permet d'envisager avec le procédé de contact les réactions équilibrées entre gaz (transposables au procédé Deacon modernisé, à la préparation du gaz à l'eau, etc...) ainsi que les processus d'absorption gaz-liquide et, avec la préparation de SO_2 , les réactions gaz-liquide (combustion du soufre), gaz-solide (grillage des pyrites dont l'évolution est très intéressante à souligner), entre solides avec le procédé à l'anhydrite, etc...

Avec la synthèse de l'ammoniac, on envisage les réactions équilibrées sous pression (extension à la synthèse du méthanol) en soulignant la tendance au gigantisme qui caractérise l'industrie moderne, tandis que les industries dérivées du sel permettent d'aborder les procédés d'évaporation (extraction du sel), les réactions gaz-liquide

(1) Qu'il ne convient d'ailleurs plus de qualifier de minérale ou d'organique, les deux étant de plus en plus associées l'une à l'autre.

(procédé à l'ammoniac dit Solvay), les réactions électrolytiques (chlore et soude) et beaucoup d'autres types de réactions parmi celles préconisées pour l'obtention des composés chlorés.

L'industrie des dérivés fluorés en plein développement conduit également à étudier toute une série de réactions types tandis qu'en ce qui concerne la métallurgie, l'élaboration des aciers d'une part, celle de l'aluminium ou de l'uranium, d'autre part, mettent l'accent sur des procédés assez différents de pyro- et d'hydrométallurgie.

En résumé, le choix des monographies devrait répondre à la préoccupation d'examiner des produits importants dont les fabrications mettent en œuvre des processus réactionnels types, se retrouvant par conséquent dans certains autres et fournissant autant que possible des exemples du phénomène d'intégration caractéristique de l'industrie chimique moderne.

Plan des monographies

Ces monographies, tout en faisant découvrir des aspects variés de l'industrie chimique, doivent simultanément constituer des exemples d'application des principes de base.

On pourra donc adopter pour les présenter le plan suivant :

1. Situer le produit examiné quant à son importance économique en soulignant ses applications et en indiquant quelques statistiques de production, non pas à retenir, mais permettant d'établir une hiérarchie des fabrications actuelles.
2. Rappeler les propriétés physiques, chimiques (corrosion) et, éventuellement toxicologiques qui expliqueront les conditions de préparation, de stockage, de conditionnement, etc...
3. Exposer l'évolution de sa fabrication en en précisant les raisons : critiques des procédés antérieurs, perfectionnements apportés, changement de matières premières, etc...
4. Étudier théoriquement la réaction de base retenue et décrire sa réalisation pratique, sans entrer dans les détails technologiques, mais en justifiant l'appareillage (ordre de grandeur des dimensions) et les matériaux utilisés.
5. Souligner les préoccupations inhérentes au contrôle de la fabrication (exemple de quelques dosages permettant le réglage et l'automatisation ou répondant aux soucis de la normalisation des produits finis), à l'hygiène industrielle et à la lutte contre les nuisances.
6. Montrer les servitudes du conditionnement et du stockage.
7. Examiner l'importance relative des divers facteurs du prix de revient et des moyens mis en œuvre pour le réduire : changement de matières premières, mécanisation et accroissement de productivité, valorisation des sous-produits, concentration et intégration, ce qui conduira à considérer rapidement la structure de l'industrie étudiée, son degré de concentration, son implantation, etc...

Ces divers points peuvent être repris et même développés au cours de séances de *travaux dirigés* qui ne doivent pas consister à répéter le cours ou à simplement interroger sur celui-ci, mais durant lesquelles l'étudiant est amené à résoudre certains problèmes simples, tels que la détermination des tonnages de matières premières, de sous-produits, de produits résiduels, d'utilités, correspondant à une fabrication de X t/j, tonnages dont il n'envisage souvent pas l'ordre de grandeur et qu'il ne calcule pas toujours sans de grossières erreurs...

Les *travaux pratiques* consistent généralement et, avec raison, en une initiation aux techniques analytiques manuelles ou instrumentales, trop souvent négligées dans les autres enseignements et qui doivent faire

comprendre l'importance des contrôles et, éventuellement, attirer l'attention sur les préoccupations qu'impose le souci de la lutte contre les nuisances.

Il est également intéressant de proposer l'étude d'une réaction déterminée dont on établira les bilans matières et, éventuellement, utilités, en faisant varier les divers facteurs qui agissent sur le rendement.

On peut rattacher aux travaux pratiques les visites collectives d'usines qui, sans présenter l'intérêt des visites par groupes de deux ou trois que nous évoquerons plus loin, permettent à l'étudiant de prendre contact avec la réalité, de voir l'enchaînement des opérations, de se rendre compte des dimensions réelles des appareils et aussi de l'importance de questions qu'il a souvent tendance à considérer comme secondaires : stockage, conditionnement, hygiène du travail, nuisances, etc...

La semaine consacrée par certaines Écoles à la visite de diverses usines d'activités variées d'une région industrielle est particulièrement opportune.

Certains films bien conçus (tels que « Lacq en France ») peuvent à la rigueur remplacer les visites; ils sont malheureusement rares car, tandis que beaucoup correspondent à une vulgarisation trop élémentaire, d'autres sont trop spécialisés.

4. Qui doit dispenser l'enseignement de chimie industrielle?

La mise au point d'un tel enseignement qui doit refléter la réalité industrielle en perpétuelle évolution présente des difficultés : il ne saurait, en effet, trouver uniquement ses sources dans la compilation d'ouvrages spécialisés. Ceux-ci existent mais ils constituent au mieux la photographie de telle ou telle industrie à la date de leur parution.

Or, l'industrie chimique évolue rapidement, tandis que les revues spécialisées ne traitent généralement des procédés nouveaux qu'avec un certain retard. Il est donc nécessaire pour l'enseignant de s'assurer que sa documentation est à jour par des visites d'usines que l'accueil de l'industrie rend parfaitement possibles et fructueuses. On conçoit cependant que la mise au point d'un tel cours nécessite un certain rodage et il serait opportun que les professeurs nouvellement désignés pour cet enseignement puissent disposer d'une année qu'ils consacraient, par leur passage dans diverses usines, à leur initiation industrielle. Certaines firmes en ont parfaitement admis le principe.

En attendant que cet « apprentissage officiel » soit réalisable, les candidats à de tels postes d'enseignement auront intérêt à effectuer, dans la limite du temps dont ils disposent, des stages dans diverses industries. Il est souhaitable que l'enseignement normal dispensé par des universitaires soit complété par des conférences demandées à des ingénieurs, sur des sujets qui leur sont familiers. C'est ainsi que dans le cadre particulier de l'enseignement du génie industriel (option chimie industrielle et génie chimique) existant à Orsay, une vingtaine de conférences sur des sujets classiques ou sur des questions d'actualité sont faites par des industriels. C'est là un résultat concret de la collaboration Université-Industrie qui peut se manifester également par l'organisation de séminaires.

Alors que le cours est, comme nous l'avons vu, forcément limité à l'examen d'un certain nombre de fabrications, on peut satisfaire la curiosité des étudiants soucieux d'étendre leurs connaissances en demandant à des groupes de 3 ou 4 (au maximum) d'étudier une industrie ou un problème, sous la direction d'un spécialiste de la question.

Après l'examen de documents qui leur sont indiqués ou fournis et après, autant que faire se peut, une visite appropriée, ils rédigent un rapport qui fait l'objet d'une présentation orale devant leurs camarades,

au cours d'une séance animée par l'ingénieur qui a accepté de les diriger.

De tels séminaires qui sont pratiqués depuis une dizaine d'années à l'École Nationale Supérieure de Chimie de Paris, et exigent un travail personnel non négligeable, sont profitables non seulement au groupe directement responsable mais à l'ensemble d'une promotion et intéressent les élèves.

La participation de l'Industrie apparaît encore avec les *stages* auxquels sont astreints les élèves-ingénieurs des Écoles et les étudiants de certaines Facultés; ces stages dont le déroulement est très variable, selon les industries d'accueil, sont, dans la grande majorité des cas, très profitables à l'étudiant qui envisage de faire carrière dans l'industrie chimique, comme à celui qui se destine à la recherche et à l'enseignement; ils constituent, dans tous les cas, un complément intéressant à l'enseignement magistral, enseignement qui, sans prétendre suffire à la formation des chimistes industriels, devrait contribuer d'une façon efficace à celle-ci, susciter ou confirmer certaines vocations et, plus simplement, faire mieux connaître l'importance de l'industrie chimique et ses problèmes.

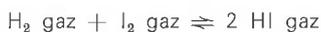
La variance « ne varietur »

par M. Destriau
(Université de Bordeaux I,
33405 Talence)

Interrogateur à des oraux de concours, je suis frappé de voir à quel point la notion de variance est confuse pour beaucoup de monde. Bien qu'elle soit somme toute banale, je ne suis pas sûr qu'elle ne soit pas à préciser.

La notion de variance ne découle que de *considérations mathématiques*. En effet la variance d'un système en équilibre est le nombre de *variables indépendantes intensives*. Pour la déterminer il suffit donc de faire le dénombrement des variables intensives et des équations qui les relient; par différence on trouve la valeur de la variance. Ainsi, dans le cas de la vaporisation de l'eau pure, donc de l'équilibre eau liquide-eau vapeur, sans gaz étranger, on sait que l'équilibre est monovariant du seul fait que les variables intensives, pression et température sont liées par l'équation de Clapeyron.

On peut raisonner de la même façon sur un équilibre chimique. Ainsi l'état physico-chimique du système :



est défini par 5 variables intensives (pression totale P, température T, pressions partielles p_{H_2} , p_{I_2} , p_{HI}) reliées par 2 équations ($P =$ somme des pressions partielles et une équation entre la température et les pressions partielles par la loi d'action de masses). Il en résulte que la variance, $\nu = 5 - 2 = 3$.

On peut, si on veut, retrancher de cet inventaire la variable P, mais, ce faisant, on retranche également la première des deux équations, ce qui fait : $\nu = 4 - 1 = 3$, comme précédemment, ce qui est rassurant; la variance ne dépend évidemment pas de nos décisions.

Si, toujours pour ce même équilibre, on prend en considération les variables extensives, volume et nombre total de moles (ou masse totale) on introduit fatalement des ambiguïtés. En effet la température, la pression totale et celles de chacun des trois gaz, H_2 , I_2 et HI étant connues, on peut encore se donner librement le volume ou le nombre total de moles, ces deux grandeurs étant liées par l'équation d'état du mélange gazeux. Les nombres de moles

de H_2 , I_2 et HI sont ensuite connus par les équations d'état des trois gaz (pour un mélange de N gaz, la température T, la pression totale P et les N pressions partielles p_i étant connues, les N + 2 variables, volume total V, nombre total de moles, n, et nombres n_i de moles de chacun d'eux ne sont liées que par N + 1 équations indépendantes : $p_i = n_i RT/V$ et $n = \sum n_i$. $P = nRT/V$ n'est pas une équation indépendante : elle découle des autres). On trouverait donc ainsi pour la variance la valeur 4 au lieu de la valeur 3 trouvée précédemment, aussi bien par le dénombrement des variables intensives que par la règle des phases. Ceci n'a rien d'étonnant puisque dans la démonstration de la règle, seules sont dénombrées les variables intensives, donc ni les variables extensives, ni les équations d'état.

On peut maintenant se demander pourquoi la valeur si bien définie, si sûre, de la variance d'un système en équilibre subit souvent différentes « manipulations » qui tendent à la diminuer. Cela provient essentiellement de deux « visions des choses » qui ne sont pas fausses par elles-mêmes, mais aboutissent en fait à changer la définition mathématique de la variance et, par là même, en rendent la compréhension plus difficile.

Une première vue des choses consiste à remplacer, plus ou moins implicitement, dans la définition, les mots *variables indépendantes intensives* par les mots *facteurs de déplacement d'équilibre*. Ainsi, en prenant le cas du système $\text{H}_2 - \text{I}_2 - \text{HI}$, on dira que la pression totale, P, n'étant pas un facteur de déplacement, ce qui est vrai dans ce cas particulier, il convient, ce qui est discutable, de ne pas la prendre en considération dans le dénombrement des variables, ce qui donne $\nu = 3 - 1 = 2$. Or, si on s'en tient à la définition première de la variance, il faut se rappeler que P est bel et bien une variable d'état, que certaines fonctions d'état, comme l'enthalpie libre du mélange, en dépendent sans discussion possible et que d'ailleurs le système $\text{H}_2 - \text{I}_2 - \text{HI}$ sous la pression P_1 diffère du système $\text{H}_2 - \text{I}_2 - \text{HI}$ sous la pression $P_2 \neq P_1$, même si la température et les fractions molaires sont les mêmes dans les deux cas; beaucoup de paramètres, ne seraient-ce que les concentrations, ne sont pas les mêmes dans les deux cas.

Une seconde vue des choses consiste à considérer, en plus du système en équilibre, des renseignements variés sur son passé, ce qui, bien sûr, le présent dérivant du passé, impose des conditions, donc des équations nouvelles. C'est une pente qui n'est pas tellement dangereuse dans la mesure, où après un cheminement plus ou moins long, on ne fait que redécouvrir le *principe de causalité*, à savoir : si le passé du système est totalement défini, son présent l'est aussi; tous les paramètres de l'équilibre sont définis. A la limite, si la « variance » était comprise de cette manière on la trouverait égale à zéro dans tous les cas... Or, n'est-ce pas un peu ce que l'on fait quand on considère la composition du système initial — en déséquilibre — dont l'évolution conduit à l'équilibre considéré? En effet ne dit-on pas souvent (trop souvent) : « si le système initial ne contient, par exemple, que HI, on ajoute la relation supplémentaire $p_{\text{H}_2} = p_{\text{I}_2}$? » Mais ne pourrait-on pas dire aussi bien : « si le système initial contient, par exemple, 2 moles de HI, 1 de H_2 et 0 de I_2 sous la pression totale P_0 , on a la relation toute aussi supplémentaire :

$$p_{\text{H}_2} - p_{\text{I}_2} = \frac{P_0}{3} ? »$$

Et ne voit-on pas que ces relations proviennent de considérations sur le passé du système et que par dessus le marché elles ne découlent nullement de la réalisation éventuelle de l'équilibre?

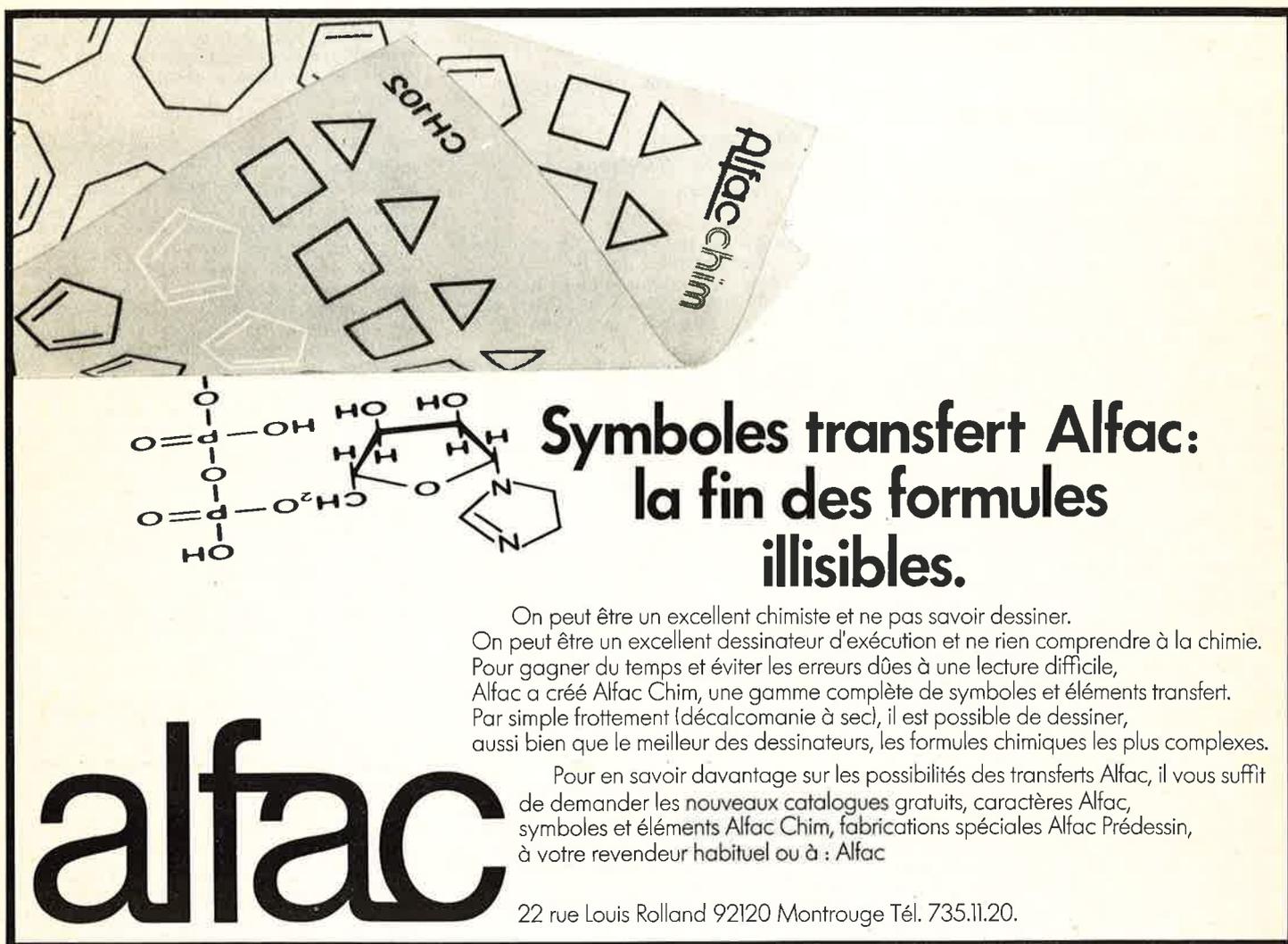
Si la définition de la variance n'est pas une définition « ne varietur » nos élèves sont déroutés. Il est d'ailleurs facile de le voir. Interrogeons les sur la variance. Beaucoup ne répondent pas sur la variance

elle-même. Tous ou presque répondent *mécaniquement*: « $v = c + 2 - \varphi$ », en définissant c et φ mais non v , si bien que la relation $v = c + 2 - \varphi$ apparaît de ce fait comme la définition de v .

Enfin, en guise de conclusion, ne pourrait-on pas rappeler que $v = c + 2 - \varphi$ s'appelle « règle des phases », mais non pas « règle de la variance ». La variance est en effet connue, ou du moins connaissable, *indépendamment de toute règle*, soit par le

dénombrement des variables intensives et des relations, soit expérimentalement quand le nombre de phases n'étant pas connu, on ne peut faire ce dénombrement. Dans ce cas la règle des phases donne le nombre de phases. C'est un cas fréquent au laboratoire.

Par conséquent, pour finir par une boutade qui n'est pas tout à fait une boutade, ne vaudrait-il pas mieux écrire : $\varphi = c + 2 - v$ plutôt que : $v = c + 2 - \varphi$..?



The advertisement features a background of various geometric shapes (squares, triangles, circles) and chemical structures. In the upper left, there is a sheet of paper with the word 'Alfacchim' and 'CHIOS' printed on it, along with several geometric shapes. Below this, a complex chemical structure is shown, featuring a central carbon atom bonded to a hydroxyl group, a phosphate group, and a nitrogen-containing ring system. The text 'Symboles transfert Alfac: la fin des formules illisibles.' is prominently displayed in the center. Below the text, there is a paragraph explaining the product and its benefits. At the bottom left, the word 'alfac' is written in a large, bold, lowercase font. At the bottom right, the address '22 rue Louis Rolland 92120 Montrouge Tél. 735.11.20.' is provided.

**Symboles transfert Alfac:
la fin des formules
illisibles.**

On peut être un excellent chimiste et ne pas savoir dessiner.
On peut être un excellent dessinateur d'exécution et ne rien comprendre à la chimie.
Pour gagner du temps et éviter les erreurs dûes à une lecture difficile,
Alfac a créé Alfac Chim, une gamme complète de symboles et éléments transfert.
Par simple frottement (décalcomanie à sec), il est possible de dessiner,
aussi bien que le meilleur des dessinateurs, les formules chimiques les plus complexes.

Pour en savoir davantage sur les possibilités des transferts Alfac, il vous suffit
de demander les nouveaux catalogues gratuits, caractères Alfac,
symboles et éléments Alfac Chim, fabrications spéciales Alfac Prédessin,
à votre revendeur habituel ou à : Alfac

alfac

22 rue Louis Rolland 92120 Montrouge Tél. 735.11.20.