

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 79 (1953)  
**Heft:** 2

**Artikel:** La formation technique de l'ingénieur-chimiste moderne  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-59740>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

métallique dont les barreaux sont espacés de 58 mm (espace libre). Lors de la mise en service de l'usine, le montage du dégrilleur mécanique n'était pas achevé. Malgré l'absence de feuilles et un dégrillage manuel ininterrompu, on a noté quelques perturbations dues au colmatage de la grille par un mélange de vase et de détrit. L'expérience démontre la nécessité d'un dégrilleur mécanique, même sur un fleuve traversant des régions très peu boisées.

#### *L'écluse*

La navigation sur le Tage n'atteint pas, pour le moment, une très grande importance, dans la région de Belver. Elle y est même pratiquement impossible pendant certaines périodes de l'année. Par contre, la navigation fluviale est intense sur l'estuaire du fleuve jusqu'à une centaine de kilomètres en amont de Lisbonne, et la construction des barrages de Belver et de Fratel, ainsi que l'aménagement du cours supérieur du Tage permettent d'envisager dans un proche avenir l'extension de la navigation dont les limites seront portées beaucoup plus à l'intérieur du pays, voire même jusqu'en Espagne. C'est la raison pour laquelle on a pris, à Belver, toutes les dispositions nécessaires pour pouvoir construire plus tard, pratiquement sans interrompre l'exploitation de l'usine, une écluse de 11 m de largeur.

#### *Echelle à poissons*

Comme tous les barrages en rivière de cette importance, celui de Belver est muni d'une échelle à poissons composée d'une série de bassins en cascade aménagés à l'intérieur du bajoyer qui sépare le barrage de l'usine.

#### *Exécution des travaux*

L'année 1947 fut consacrée à l'installation du chantier et à l'exécution des premières excavations. Les bétonnages importants ont été faits de 1948 à 1950; le montage des vannes, commencé au printemps 1950, fut achevé en octobre 1951. Deux groupes de l'usine ont été soumis aux premiers essais à la fin de 1951 et les deux autres ont été mis en service au début de 1952.

Le but de cet exposé n'étant pas de décrire les travaux ni d'en relater les différentes phases<sup>1</sup>, nous nous bornerons à signaler les caractéristiques les plus importantes de ce chantier. Le volume total des excavations

<sup>1</sup> On trouvera une très intéressante description des travaux dans le numéro de mai-juin 1952 de la *Technique des Travaux*: Le barrage et l'usine hydroélectrique de Belver sur le Tage, de M. le Dr Ing. R. di Bella.

est de l'ordre de 130 000 m<sup>3</sup>, dont 100 000 m<sup>3</sup> en rocher. Le volume de béton en fondation et élévation, y compris le béton armé, est de 95 000 m<sup>3</sup>, dont 5000 pour les ouvrages provisoires. Les moellons de revêtement de granit représentent 12 500 m<sup>2</sup> et les fers à béton, de tous diamètres, atteignent le poids de 1500 tonnes. Les surfaces coffrées, y compris les arrêts de bétonnage, mesurent 90 000 m<sup>2</sup> et les enduits au ciment des bâches spirales et diffuseurs 8000 m<sup>2</sup>.

Les installations de chantier étaient réparties sur les deux rives du Tage: installations d'air comprimé, appareils de triage des sables et graviers, bétonnières. Le chantier de stockage et montage des vannes du barrage se trouvait sur la rive droite, desservie par un embranchement de la voie du chemin de fer. Quant à la rive gauche, elle était desservie par une route.

#### *Les problèmes hydrauliques*

Les trois problèmes importants qui se sont posés, à Belver, au point de vue hydraulique, et qui se posent en général pour tous les barrages de cette espèce sont les suivants:

*Le débouché.* C'est-à-dire le choix des dimensions principales du barrage permettant d'évacuer un débit maximum donné. Ce problème peut être résolu approximativement par le calcul. Mais pour un barrage mobile aussi important que celui de Belver, où l'exactitude des résultats conduit à de grandes économies dans la construction des ouvrages, ce n'est que par des essais sur modèle réduit que l'on peut obtenir un résultat satisfaisant.

*Le profil en long des radiers du barrage.* C'est le problème de la destruction de l'énergie du fleuve pendant les crues, c'est-à-dire lorsque cette énergie ne peut pas être utilisée entièrement par les turbines et que le débit supplémentaire est réparti uniformément sur toute la longueur du barrage. La profondeur des cuvettes des radiers peut être calculée, mais leur longueur et leur forme ne peuvent être déterminées correctement que par des essais sur modèle réduit.

*La consigne de manœuvre des vannes.* C'est la recherche d'un règlement de manœuvre des vannes qui, tout en étant simple pour les besoins de l'exploitation, permet de répartir les débits aussi régulièrement que possible le long du barrage de manière à garantir un minimum d'érosion à l'aval.

Les essais décrits dans les chapitres qui suivent ont été réalisés au *Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne*.

(A suivre)

## FORMATION ET ORGANISATION PROFESSIONNELLES

### La formation technique de l'ingénieur-chimiste moderne

Lors du XXIV<sup>e</sup> Congrès international de chimie industrielle, à Paris, en 1951, M. Maurice Lefort, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, donna sous ce titre

une conférence fort remarquable, que publia intégralement la Revue générale des sciences, nos 3-4, 1952. L'actualité du sujet nous engage à en donner ici quelques extraits et à recommander vivement à nos lecteurs de prendre connaissance du texte intégral à la revue précitée. (Réd.)

... Cette importance du laboratoire ne doit pas conduire cependant à l'erreur de croire que la profession d'ingénieur-chimiste soit encore essentiellement d'exercice manuel. Si les buts n'ont pas changé, les moyens d'accès se sont considérablement enrichis et les méthodes

d'étude se sont considérablement modifiées. Expérimentation et conception exigent maintenant le *manie-ment d'un important appareil théorique*.

Il serait vain de chercher à fixer exactement l'importance relative de ces deux aspects de la formation du chimiste. Personnellement, je les tiens pour indispensables l'un et l'autre, et je pense que la distribution des efforts pour former le chimiste moderne ne se distingue plus de celle qu'on reconnaît pour former un physicien.

Pour mieux percevoir ce rôle actuel de la théorie, j'analyserai successivement les trois parties entre lesquelles ont peut diviser logiquement la Chimie telle qu'elle se propose à nous comme je l'ai dit tout à l'heure. Chimie descriptive, art des préparations et analyse chimique intéressant l'étude de la constitution de la matière; nous examinerons d'abord cette première partie, qui est la plus ancienne. Puis nous examinerons la statique chimique et la cinétique chimique....

\* \* \*

**L'art des préparations** où j'inclus celui des séparations s'est enrichi de toute une série de techniques nouvelles; techniques du vide, des hautes pressions, des très hautes et très basses températures, méthodes électrochimiques et photochimiques, méthodes de régulation, de contrôle et de programmation (si vous voulez bien me passer ce néologisme assez laid). De même l'analyste a centuplé l'acuité de sa perception en ajoutant à celles de la balance et des vases gradués, les ressources de méthodes électriques, électroniques et optiques sans cesse plus savantes, nombreuses et variées: spectroscopie ultraviolette, infrarouge ou Raman, diffraction des rayons X et des électrons, spectrométrie de masses, polarographie, méthodes magnétochimiques, détermination des constantes diélectriques, etc... Le dosage des gaz par spectrométrie de masses et par absorption du rayonnement infrarouge sont parmi les plus récentes de ces méthodes.

Le chimiste ne saurait utiliser avec maîtrise tous ces nouveaux outils sans posséder de solides connaissances en physique aussi bien théorique qu'expérimentale. *Comme un leitmotiv, nous verrons revenir sans cesse cette conclusion.*

Concernant l'étude livresque, l'atomistique ainsi que la physique moléculaire sont venues confirmer, préciser et considérablement enrichir la symbolique chimique classique, science de la représentation et de la classification des corps, qui s'est longtemps contentée d'un corps de doctrine très simple, apport du XIX<sup>e</sup> siècle (lois pondérales, notions empiriques de valence et de fonction chimique, stéréochimie).

De façon générale, l'ère des recettes que l'on a plaisamment appelées « de cuisine » est close. Le chimiste change d'âme; il se dépouille de celle du collectionneur. Les cours ne sont plus (ou n'ont plus le droit d'être) ces catalogues fastidieux de cas particuliers (couleur, odeur, point de fusion, point d'ébullition, couleurs de précipités, etc...), pour lesquels beaucoup d'esprits avaient une invincible et compréhensible répugnance.

La physique moderne, comme un phare puissant, fait apparaître de majestueux édifices là où les ténèbres ne

laissent percevoir que des lignes confuses et, capricieusement, quelques détails. Si l'œuvre entreprise est loin d'être achevée, la voie est définitivement ouverte qui mène la chimie vers l'idéal platonicien d'une science qui se résoudrait en nombres; le rôle des nombres quantiques dans l'interprétation de la classification périodique des éléments et, partant, dans l'exposé de toute la chimie minérale en constitue un éloquent exemple parmi d'autres.

Il ne serait pas facile (et il serait d'ailleurs bien inutile de le faire devant vous) de présenter en quelques minutes ces conquêtes de la physique moderne dans le domaine de la chimie. Je noterai cependant qu'elles se groupent autour de deux grands thèmes: d'une part, l'étude des structures (structure de l'atome, structure absolue des molécules, structure des milieux solides et liquides qu'ils soient constitués d'une phase unique ou d'un mélange de phases, structure des milieux dispersés, structure des surfaces), d'autre part, d'étude plus récemment abordée des *forces de nature très spéciale* qui sont responsables de ces structures et que la mécanique ondulatoire permet maintenant de décrire.

Il convient également de souligner les divers caractères de cette emprise de la physique moderne sur la chimie: elle est relativement *récente*, elle est *continue*, *générale* et *déterminante*...

... Ainsi, concernant la notion de valence qui constitue, comme on le sait, l'ossature même de la chimie tout entière, les conceptions de ce qu'on appelle la « chimie mathématique » permettent d'instituer de nouvelles représentations dont le bénéfice n'est pas seulement spéculatif puisqu'elles inspirent actuellement de nouvelles méthodes de synthèse.

De même, dans le champ de la chimie minérale, il vaudrait mieux renoncer à tout enseignement sur l'important chapitre des silicates que de ne pas fonder celui-ci sur la systématique que Bragg et son école ont élaborée vers 1935. La structure de la maille cristalline et la notion qui en découle de groupe autonome, constituent l'indispensable fil directeur dans ce domaine où régnait depuis plus d'un siècle la confusion la plus complète. Ce serait passer absolument à côté de la question et faire perdre du temps aux étudiants que d'en rester à ce propos aux fastidieuses et inutiles descriptions d'avant 1935. Dans le même ordre d'idées, il est clair maintenant qu'il deviendra possible d'enseigner utilement les difficiles questions des métaphosphates, des hétéropolyacides, des polyvanadates, molybdates, tungstates, etc., lorsque l'analyse aux rayons X ou d'autres techniques auront permis de comprendre la structure de ces corps.

Nous touchons là du doigt l'immense bénéfice pour l'enseignement des conceptions modernes de la chimie générale. L'exposé synthétique basé sur la physique atomique et moléculaire se substitue de plus en plus à l'exposé analytique. L'immense légion des faits particuliers vient s'ordonner peu à peu autour d'idées générales en nombre sans cesse croissant. Et il n'est pas difficile de prévoir que, dans vingt ans, un cours de chimie minérale, par exemple, n'aura plus grand-chose de commun, sauf le titre, avec un ouvrage du début de ce siècle. Il va sans dire que ceux qui ne goûtent que médiocrement les joies de la conquête peuvent

penser avec raison qu'ils sont nés à une bien mauvaise époque !...

... A examiner maintenant la statique chimique, la cinétique chimique, puis, plus tard, le génie chimique, nous confirmerons la nécessité de ces connaissances de base.

\* \* \*

... La **statique chimique** est la science des équilibres chimiques. Elle apporte la solution parfaite, en théorie au moins, du vieux et crucial problème de la prévision des réactions. Puisque toute réaction, si complète qu'elle paraisse, peut toujours être constante d'équilibre (c'est-à-dire en définitive une variation d'énergie libre), et on connaîtra pour toutes les conditions de pression, de concentrations et de température, la composition du système.

Toute cette doctrine extrêmement remarquable et qui est parvenue à un très haut degré de perfectionnement, est évidemment indispensable à l'homme de science et peut-être plus encore à l'ingénieur. Une anecdote que je tiens du professeur Victor Henri le montre bien. Elle se rapporte à la synthèse industrielle du méthanol à partir du gaz à l'eau ; celle-ci, vous le savez, a marqué une ère nouvelle de la grande chimie organique industrielle.

A la fin de la première guerre mondiale, l'importante société qui s'intéressait à ce problème y attacha une armée de docteurs et d'ingénieurs. Patiemment, ceux-ci recherchaient sur un large domaine de pression et de température, les conditions qu'il convenait d'adopter. Très systématiques, les recherches demeuraient empiriques et les années passaient sans grand résultat, car les expériences à faire étaient innombrables. Le hasard voulut qu'un jour Haber, visitant ces laboratoires, fut mis au courant du problème. Haber possédait à fond la thermodynamique et connaissait bien, en particulier, le troisième principe ou « théorème de Nernst » qui venait de sortir victorieux d'épreuves expérimentales cruciales. En moins d'une heure, il calcula *a priori* les conditions optima de la synthèse, faisant ainsi gagner un temps énorme. La leçon fut si forte que depuis, dit-on, aucun ingénieur chimiste ne fut engagé dans cette société s'il ne savait calculer *a priori* un équilibre. Il restait à mettre au point les catalyseurs convenables, mais ceci est une autre histoire et j'y reviendrai.

En mettant ainsi en avant le problème très spectaculaire de la prévision des réactions, n'oublions pas au reste les autres ressources que l'énergétique apporte à la chimie ; diagrammes de phases, lois osmotiques, à peu près toute l'électrochimie et la théorie de solutions en solvants ionisants. On sait enfin la place considérable qu'occupe la Thermodynamique dans l'art de l'ingénieur.

Ainsi donc, l'ingénieur chimiste, quel que soit son emploi futur, doit avoir pénétré le sens des notions fondamentales d'entropie, d'énergie libre, de potentiel chimique, de fugacité et d'activité thermodynamique ; il doit savoir manier avec dextérité les équations fondamentales, équations isotherme et isochore de Van d'Hoff, équation de Nernst, calcul entropique des équilibres.

Bien qu'il faille être évidemment entraîné au calcul

différentiel et intégral, les difficultés ne sont pas là d'ordre mathématique : elles résident dans le caractère très abstrait du raisonnement thermodynamique. Il est important que, grâce à de multiples exercices, l'élève ait eu l'occasion de retrouver les principes sous leurs aspects les plus divers, qu'il y soit habitué et qu'il en ait pénétré tout le sens. L'expérience pédagogique montre qu'il est long d'acquérir cette habitude. Aussi y a-t-il intérêt à étaler largement sur la durée des études les divers enseignements de la Thermodynamique et de ses applications.

Enfin, et en réservant ceci pour le spécialiste de la physico-chimie, je tiens à dire qu'il est grand temps d'introduire dans les enseignements une initiation au calcul statistique des équilibres. Cette dernière conquête, qui éteint la querelle historique des atomistes et des énergétistes et jette un pont entre la physique de l'infiniment petit et les propriétés macroscopiques de la matière, est maintenant bien élaborée. Elle constitue une excellente occasion de former l'élève à l'idée statistique, concept fondamental avec l'idée quantique autour desquelles toute la chimie-physique est en train de se regrouper pour former une doctrine cohérente dont on ne sait plus dire si elle est chimique ou physique, car ces deux disciplines longtemps distinctes s'y marient indissolublement. Des exposés d'ensemble très remarquables ont déjà été tentés ; il n'est pas difficile de prédire qu'ils sont précurseurs de la physico-chimie de demain. En tous les cas, la thermodynamique statistique est la meilleure manière de donner tout son sens à la notion fondamentale d'entropie et, outre que le calcul statistique commence d'avoir de très intéressantes applications industrielles, nous le trouverons d'une inéluctable nécessité à propos de la cinétique chimique qu'il convient maintenant d'examiner.

\* \* \*

La solution thermodynamique du problème de la prévision des réactions n'est pas parfaite, contrairement à ce qu'on dit parfois. Ses calculs sont absolument exacts, mais une réaction thermodynamiquement possible n'est pas effective pour autant à notre échelle d'observation dans le temps. Le système peut rester indéfiniment en état de faux équilibre et rien ne permet de prévoir quand il en sera ainsi. *A fortiori*, rien ne permet théoriquement de dire si la réaction sera lente ou rapide, ni quels sont les facteurs dont il faudra jouer, soit pour l'accélérer, soit pour la retarder. Le facteur temps échappe à la thermodynamique.

C'est une grave lacune que la **cinétique chimique**, science des vitesses de réaction, se propose de combler.

L'état actuel de cette discipline nouvelle contraste avec la haute perfection à laquelle la statique chimique est parvenue. On ne doit pas s'en étonner ; les difficultés sont considérables.

Il n'est pas possible d'espérer pour la cinétique chimique l'heureux privilège dont jouit l'énergétique de n'avoir à connaître, grâce à la notion de transformation réversible associée, que l'état initial et l'état final d'un phénomène, sans qu'il soit nécessaire de comprendre le mécanisme réel. L'élaboration d'une doctrine générale des vitesses de réaction est, au contraire, indissolublement liée à l'analyse du mécanisme intime des trans-



formations. Elle est, de ce fait, étroitement tributaire de nos connaissances encore imparfaites, car très récentes, concernant la mécanique de la molécule. On conçoit dès lors que, bien que la voie paraisse désormais ouverte, la cinétique chimique en soit encore à rechercher ses bases fondamentales, alors que les principes de la thermodynamique datent de 1824 et de 1845.

De plus, on le sait maintenant, le mécanisme réactionnel est le plus souvent très compliqué. Il aura fallu, par exemple, vingt-cinq ans de travaux issus de plusieurs laboratoires pour comprendre comment la molécule pourtant bien simple d'acétaldéhyde se transforme par pyrolyse en méthane et oxyde de carbone. Sans doute le mécanisme de la réaction chimique ne met-il en œuvre, en définitive, que deux ou trois actes élémentaires typiques (processus dimoléculaire, monomoléculaire et éventuellement trimoléculaire); mais, dans l'immense majorité des cas, un grand nombre de ces processus se combinent et s'enchevêtrent sans qu'on sache encore les isoler. La seule vitesse du processus global mesurée dans des conditions diverses doit permettre de débrouiller cet écheveau compliqué.

Enfin, à l'inverse de la thermodynamique qui ne s'occupe que des états stables de la matière qu'on peut produire et étudier à loisir, la cinétique chimique, soucieuse de ce qui se passe précisément *entre* l'état initial et l'état final, a nécessairement pour objet les états intermédiaires extrêmement fugitifs (atomes, radicaux libres, molécules activées), dont l'instabilité constitue la cause même des transformations. Il n'est guère facile de saisir expérimentalement ces formes éphémères dont la durée de vie moyenne est le plus souvent de l'ordre de quelques millièmes de seconde.

Malgré cette abondance de difficultés, après une longue et décevante période où d'innombrables mesures et observations s'accumulèrent sans qu'on ait su en extraire rien de général, la cinétique chimique est entrée vers 1922 (n'est-il pas remarquable de retrouver toujours cette époque?) dans une ère d'intense activité et de prospérité. Comme c'est toujours le cas dans les sciences, cette éclosion date du moment où une conception théorique (maintenant dépassée: celle qu'on appelle de l'activation par collisions) permettait pour la première fois de relier rationnellement entre elles des connaissances d'origine très diverse. Un fil était jeté entre deux continents et le dialogue pouvait enfin s'établir entre l'expérimentateur et le théoricien.

A l'heure actuelle, étant donné l'ampleur de l'objectif proposé (en fait, la dernière grande lacune de la chimie), la cinétique chimique devrait retenir très vivement la curiosité des chercheurs...

\* \* \*

Nous avons successivement analysé à larges traits les trois parties entre lesquelles on peut sans trop d'arbitraire diviser la chimie. Ici, s'arrêterait la formation de l'ingénieur chimiste qui se destinerait exclusivement au laboratoire.

Par contre, pour celui qui aura charge de fabrications, soit pour les conduire, soit pour les élaborer à l'échelle industrielle, la tâche n'est pas achevée.

Bien des facteurs sont en effet d'influence négligeable au laboratoire<sup>1</sup> qui, à grande échelle, prennent une

importance *déterminante*. Ainsi, dans la catalyse de contact on sait que la vitesse de réaction peut être régie non par l'acte chimique lui-même ou par les processus qui lui sont liés d'absorption ou de désorption, mais par la vitesse d'arrivée des réactifs sur la masse catalytique ou inversement par la vitesse d'élimination des produits de la réaction. Au laboratoire, il n'y aurait aucun intérêt à étudier ces processus auxiliaires; on ne ferait que mesurer les caractéristiques d'un appareil lui-même occasionnel. Aussi se contente-t-on par quelque artifice de rendre ces vitesses extrêmement grandes, afin d'en éliminer l'influence sur la vitesse du phénomène global. Mais ceci n'est plus possible à l'échelle industrielle. De telle sorte que l'ingénieur de fabrication devra le plus souvent s'inquiéter *avant tout* des phénomènes de diffusion ou de circulation des fluides, qui n'intéressent pas son camarade du laboratoire.

Dans un autre ordre d'idées, on sait quels soins le chimiste de laboratoire accorde au rendement de ses préparations ou de ses séparations. Mais, il ne s'intéresse qu'au bilan de matière. Le bilan d'énergie n'a pour lui guère d'importance; sur de faibles masses il serait d'ailleurs mal placé pour le déterminer. Or, il est bien évident que, dans l'industrie dont toute la tendance est d'exploiter des réactifs de très bas prix comme le charbon, le coke, le pétrole, le gaz à l'eau, le sel, le calcaire, le coût des réactifs est le plus souvent négligeable devant celui de l'énergie. Le bilan d'énergie prend donc une importance *primordiale*; c'est lui qu'il conviendra de rendre le plus favorable par un aménagement judicieux des échanges thermiques.

Ces deux exemples montrent clairement la nécessité pour l'ingénieur chimiste du bureau d'études ou de la fabrication, d'être formé à cette discipline nouvelle qu'on convient d'appeler le **génie chimique**.

Sans doute, les cours traditionnels de chimie industrielle descriptive ont-ils gardé de leur utilité; une large documentation est en effet toujours source d'inspiration, tant il est vrai que dans toute découverte ou invention apparemment la plus nouvelle, il y a une part de copie, à l'origine au moins. La méthode américaine de formation de l'ingénieur-chimiste (ou plus exactement de « bachelor in Chemical Engineering », puisque le titre d'ingénieur lui-même n'est jamais délivré par un établissement d'enseignement), méthode qui néglige presque complètement la chimie industrielle descriptive en la réduisant à quelques schémas élémentaires, va-t-elle sans doute trop loin dans sa réaction contre la méthode allemande qui nous est familière. Mais il est clair que la description détaillée des industries, des procédés et des méthodes n'a plus guère d'utilité. On a dit avec raison que dans ce domaine l'industrie est toujours bien en avance sur l'école. Quels que soient la compétence et le zèle du professeur, le peu d'empressement, d'ailleurs souvent justifié, que mettent les industriels à faire connaître les détails de leurs procédés, l'explique

<sup>1</sup> En fait, la situation n'est pas si tranchée, car certains problèmes qui relèvent strictement de la table de laboratoire sont aussi fondamentalement tributaires de facteurs physiques que le chimiste a tendance à négliger *a priori*. Il me semble très probable, par exemple, que notre quasi-ignorance actuelle concernant le mécanisme de combustion du carbone et l'incohérence des résultats expérimentaux qui règne dans ce domaine tiennent surtout à ce que les auteurs se sont jusqu'ici refusés à considérer les phénomènes de diffusion des gaz dans le grain, qui est toujours poreux, de carbone.

suffisamment. Quelques visites d'usines intelligemment commentées et d'indispensables stages de grandes vacances suppléeront avantageusement à d'inutiles et fastidieuses descriptions.

Le but essentiel des cours descriptifs doit être de faire retrouver à l'élève dans les démarches apparemment mystérieuses des opérations industrielles, les phénomènes et les lois physiques que les cours purement scientifiques lui ont déjà appris à connaître...

...Le mérite de l'Ecole américaine est d'avoir montré que toute industrie aussi complexe qu'elle soit, peut se décomposer en définitive en un petit nombre d'éléments simples et fondamentaux, qui se partagent eux-mêmes entre *réactions chimiques* (unit chemical processes) comme l'oxydation, la réduction, la nitration, la sulfonation, et *opérations physiques* (unit physical operations) comme la distillation, la filtration, l'évaporation, la dessiccation. Chacun de ces éléments peut être traité comme un tout, comme une unité, à l'intérieur de laquelle s'appliquent, quelles que soient les conditions particulières, des lois générales et quantitatives. Cette analyse rationnelle, fruit de l'esprit systématique américain, qui ramène à des éléments communs les problèmes les plus divers, est une œuvre cartésienne. N'équivaut-elle pas à « diviser chacune des difficultés en autant de parcelles qu'il se peut et qu'il est requis pour les mieux résoudre »...

Les réactions chimiques « unitaires », « typiques » ou « fondamentales » (la terminologie française n'est pas, je crois, encore fixée) sont les méthodes générales de la chimie préparative dont l'organicien a fait depuis longtemps la systématique.

Par contre, les opérations physiques unitaires ont fait l'objet aux Etats-Unis d'études récentes et très remarquables. Elles restent un vaste champ de recherches extrêmement actives...

Le professeur Cathala, directeur de l'Institut du génie chimique de Toulouse, définit judicieusement celui-ci comme « l'art de concevoir, de calculer, dessiner, faire construire et faire fonctionner l'appareillage dans lequel s'effectue à l'échelle industrielle une réaction chimique quelconque », et j'ajouterais, « toute opération d'analyse immédiate », car il est bien évident que les opérations physiques fondamentales intéressent également les industries dites parachimiques, telles que la distillation des mélanges naturels, qui utilisent les méthodes des industries chimiques, sans qu'il y ait nécessairement transformation de la nature des corps.

Le génie chimique contient une part importante de chimie-physique que nous retrouvons ici et dont le rôle est de fournir, par mesures ou le plus souvent par calculs, les données concernant les corps et leur comportement.

Pour le reste, le génie chimique est basé sur la physique industrielle, la mécanique des fluides, la thermique et ses lois des échanges, la thermodynamique et le dessin industriel...

... Mais, comme le montre ma rapide description, le génie chimique ne doit surtout pas être considéré comme l'addition pure et simple de la chimie et du génie mécanique. Sans doute, il est nécessaire que l'ingénieur de chimie industrielle soit bien informé de mécanique, de résistance des matériaux et d'électrotechnique, car il

n'est pas concevable qu'il ne sache pas utiliser ces moyens généraux de l'industrie (et nous voyons là encore la nécessité pour lui des bases mathématiques et physiques indispensables pour acquérir ces connaissances). Mais le rôle de l'ingénieur du génie chimique (cette dénomination n'est pas heureuse, mais elle est commode), n'est pas de construire lui-même des appareillages et de se substituer ainsi au mécanicien constructeur. Intermédiaire entre l'ingénieur de laboratoire et l'ingénieur constructeur, son rôle sera de transposer à grande échelle la réaction chimique, afin que celui-ci donne le meilleur rendement de matière et d'énergie. Son rôle spécifique sera de définir rationnellement le dessin et les conditions de fonctionnement des réacteurs qui étaient le plus souvent laissés à l'estime.

On a dit que le « génie chimique n'est pas de la chimie », ce qui est vain. La chimie est en effet la science de transformer la nature des corps et l'art d'opérer cette transformation avec le meilleur rendement. Si l'on reconnaît à l'ingénieur-chimiste le rôle d'exercer cet art, celui-ci ne ferait qu'incomplètement sa tâche en ignorant délibérément, sous le prétexte qu'ils ne sont pas chimiques, les facteurs déterminant des rendements à une échelle donnée. La réaction chimique ne s'embarrasse pas des cloisonnements où notre esprit simplificateur tente périodiquement de l'enfermer. Elle est ce qu'elle est. A nous de savoir la maîtriser entièrement.

On dit aussi que l'industrie chimique a existé sans les données actuelles du génie chimique. Ce qui est exact. Sans leur aide, l'industrie allemande fut et est encore très puissante et prospère. Mais a-t-on jamais fait le compte des économies de matière, de temps et d'argent que permet de faire la substitution de méthodes rationnelles à l'habitude et à l'empirisme ? Les Allemands l'ont bien compris qui, à ma connaissance, font actuellement un grand effort pour rattraper leur retard dans le domaine du génie chimique...

## DIVERS

### Bourses universitaires

*Le président du Conseil de l'Ecole polytechnique fédérale nous prie d'insérer dans nos colonnes les communications suivantes émanant du « Battelle Memorial Institute » :*

Le Conseil de l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich, et le « Battelle Memorial Institute », dont la division internationale a son siège à Genève, ont conclu il y a quelque temps un accord établissant des bourses universitaires pour permettre à de jeunes savants européens, ayant acquis leurs titres universitaires, d'entreprendre des travaux de recherche dans les laboratoires de l'Ecole polytechnique.

Par cet accord, l'Ecole polytechnique fédérale met ses laboratoires à la disposition des boursiers et leur assure le bénéfice de l'assistance des membres de son corps professoral. Le « Battelle Memorial Institute », de son côté, accorde aux boursiers une subvention les dégageant des soucis matériels, et fournit, s'il y a lieu, les fonds nécessaires à l'acquisition d'équipement et matériels spéciaux servant aux recherches.

Le but de ces bourses est de former des chercheurs de premier plan dont les travaux pourront contribuer directement au développement industriel et agricole.