

Fédération Française de Chimie

Union des Industries Chimiques

Contribution de l'U.I.C. au Colloque national sur la recherche et la technologie

Les grands équilibres et les domaines clés *.

Les grands thèmes de la recherche proposés par l'industrie chimique

Introduction

La présente contribution s'inscrit dans le cadre du Thème II (groupe 3) du Colloque : « Les grands équilibres et les domaines clés, les grands thèmes de la recherche, les thèmes mobilisateurs, les éléments d'une stratégie ».

Notre propos est d'intéresser toujours plus les chercheurs de l'Université et des grands organismes publics aux problèmes de notre industrie chimique française qui est bien la nôtre à nous tous.

Il est aussi de leur donner toujours plus d'idées de recherches. Il y a dans les problèmes de l'industrie en général une mine de sujets de recherche fondamentale, non seulement utiles mais intéressants ; il reste dans ces problèmes beaucoup de choses à trouver ; nous voudrions donner aux chercheurs l'envie d'explorer cette mine et de l'exploiter.

Nous sommes convaincus qu'il y a quelque part, dans l'industrie chimique d'aujourd'hui, des sujets de recherche de nature à faire surgir un nouveau Pasteur : ce modèle avait bien été chercher ses sujets dans les activités appliquées de son époque.

Parmi nos suggestions, certaines sont présentées de manière large et générale, d'autres correspondent à des sujets dont nous savons que l'étude est déjà commencée ; nous pensons qu'il s'agit, dans tous les cas, de domaines où « beaucoup de choses restent à trouver ».

Une stratégie

Nos propositions s'organisent autour de grands thèmes qualifiés à juste titre de mobilisateurs pour la collectivité : santé, agriculture et élevage, environnement, énergie, communication (télécommunications, électronique, photographie, etc.), matériaux spécifiques (par exemple pour les transports : automobile, avion, chemin de fer). Ces thèmes sont mobilisateurs non seulement pour la collectivité mais aussi spécialement vis-à-vis de la stratégie des industries chimiques elles-mêmes.

Les économies et substitutions d'énergies correspondent à des faiblesses dans les ressources de l'industrie chimique française, qui requièrent des procédés ultra-performants, économes en énergie, en matières premières et aussi en capital pour rester compétitifs. Un premier vœu est que les chercheurs universitaires s'intéressent aux

procédés de l'industrie chimique, à leurs théories et à leurs progrès, comme objets de science. Il y a deux ans, une vaste enquête a été lancée par l'Agence pour les économies d'énergie pour connaître l'opinion d'experts qualifiés sur la consommation spécifique minimale à espérer dans les principales fabrications de l'industrie chimique de base, par progrès ou changements de procédés, à partir de considérations soit théoriques, soit pratiques, soit couplées. Les réponses en provenance des industriels ont été nombreuses. Aucune réponse n'a été reçue des universitaires interrogés.

L'agriculture (engrais, phytosanitaires, produits vétérinaires, plasticulture) est le premier marché national de l'industrie chimique française (35 % de ses livraisons aux marchés agro-industriels français et 20 % de ses livraisons totales à l'ensemble des marchés français). Pour la pharmacie humaine, le marché français est le quatrième marché mondial : il en représente 10 %. Ces marchés nationaux, comme beaucoup d'autres, sont encore et toujours à conquérir et à reconquérir.

Nous avons dit plus haut : compétitifs. En effet, les progrès à faire dans l'industrie chimique sont fortement exigés par la concurrence internationale. Celle-ci s'exerce dans un contexte de crise de l'énergie et des matières premières, et de transfert de technologie vers les pays en voie de développement. En plus des transferts actuels, vers ces pays, de productions de nombreux produits finis, on assistera très probablement dans les années 90 à des transferts, vers les pays du Moyen-Orient, de fabrications de produits chimiques y compris les grandes matières plastiques.

Les grandes sociétés chimiques, qui avaient jusqu'à présent une structure et une stratégie axées sur des investissements industriels lourds en gros appareillages, vont avoir progressivement une structure et une stratégie différentes avec des budgets de recherche et de développement importants voire prédominants, ainsi que des budgets de développement commercial considérables, ce développement utilisant des cadres multilingues et pourvus d'une solide formation scientifique.

Le contenu du rapport

Nous allons successivement présenter les thèmes :

- I. Catalyse et catalyseurs.
- II. Santé humaine. Il s'agit d'un bref aperçu, laissant aux spécialistes des propositions plus détaillées.
- III. Biotechnologies, agriculture et élevage.
- IV. Environnement.

* Rapporteur : Michel Mariée.

- V. Énergie : économies, substitutions, stockages.
- VI. Communication.
- VII. Matériaux.
- Nous terminerons par deux observations ponctuelles :
- VIII. Chimie de synthèse.
- IX. Automatisation.

L'exception intentionnelle à la présentation par thèmes mobilisateurs, qui concerne la catalyse, mérite une explication : l'importance primordiale des progrès en catalyse pour l'industrie chimique. Nous rappelons que le potentiel de recherche publique en catalyse est considérable en France : il y a dans notre pays autant de chercheurs sur ce domaine qu'aux États-Unis. Nous avons donc placé ce thème en premier en y incluant au besoin des propositions qui auraient pu prendre place sous d'autres titres. Plusieurs suggestions concernant l'énergie y figurent, ce qui est naturel. En effet, l'une des idées directrices est la découverte de catalyseurs permettant l'utilisation le plus souvent possible, dans les procédés, de températures et de pressions de plus en plus basses avec des vitesses de réaction acceptables, donc permettant des économies d'énergie. L'idéal serait de parvenir à des procédés fonctionnant à la température et à la pression ambiantes, comme les « procédés » dans les organismes vivants.

I. Catalyse et catalyseurs

Le premier progrès à faire est justement d'ordre théorique et il est considérable : il s'agit de construire un **édifice théorique** de la catalyse hétérogène qui permette de développer des catalyseurs sur des bases rationnelles. Beaucoup de progrès ont été faits dans le domaine des zéolithes, mais il en reste à accomplir. Le deuxième, lié au premier, est la découverte de catalyseurs de moins en moins sensibles aux impuretés, de plus en plus durables, de plus en plus sélectifs.

Le premier sujet spécifique est la **chimie du monoxyde de carbone** avec production de composés en C_2 et C_3 par catalyse hétérogène ou homogène. Une partie de cette chimie est celle du gaz de synthèse $CO + H_2$ qui devrait devenir une base de la fabrication des oléfines, permettant ainsi une substitution partielle du charbon au pétrole comme matière première. Il est à prévoir qu'au-delà de 1990, une partie de l'éthylène sera produit à partir du gaz de synthèse. Par ailleurs, l'emploi de celui-ci comme agent réducteur devrait se développer. Une autre partie de cette chimie du monoxyde de carbone est celle du méthanol qui est appelé à devenir un grand intermédiaire chimique. Une suggestion concerne les réactions de formation d'homologues supérieurs du méthanol. A ce propos, il faut recommander aux laboratoires publics de travailler de préférence dans les domaines techniques ouverts, c'est-à-dire non verrouillés par des brevets. Par exemple, la fabrication d'hydrocarbures à partir du méthanol par catalyse sur zéolithes semble largement couverte par les brevets de Mobil. Les travaux scientifiques faits en France sur les points brevetés profiteraient à Mobil et non à la France. Cette observation n'exclut pas les recherches dans les domaines périphériques non couverts.

Un autre sujet, dont l'intérêt théorique et pratique est loin d'être épuisé, est la **catalyse Ziegler** de fabrication du polyéthylène haute densité (PEhd) et du polypropylène. Un progrès récent est la fabrication de PEhd ramifié, grâce à un co-monomère tel que le butène-1 et, ainsi, devenu transparent.

Les progrès en catalyse hétérogène sont inséparables des progrès des **réacteurs catalytiques** (réacteurs à lits fluidisés, à lits circulants) qui posent des problèmes de mécanique des fluides et de diffusion de produits étroitement liés.

Du côté de la **catalyse homogène par les complexes et clusters des métaux de transition**, on retrouve la requête d'une théorie structurée pour rationaliser l'emploi de ces complexes en synthèse organique : pourquoi tel métal, pourquoi tel ligand provoque-t-il une activité donneuse d'électrons plus forte que tels autres ? Comment construire rationnellement des liaisons carbone-carbone ?

La catalyse glisse insensiblement vers l'imitation de la biologie. On

attend de grands progrès des enzymes synthétiques, simplifiées par rapport aux enzymes biologiques, ou de réactifs fixés sur des polymères pour des transformations chimiques successives. Les enzymes naturelles ne sont guère utilisées dans l'industrie que pour des destructions (désencollage des textiles par exemple). La catalyse enzymatique a peu d'usages nobles, faute de spécialistes formés assez nombreux.

La catalyse espère beaucoup du développement des **cryptates**, édifices moléculaires pourvus d'une cavité et capables d'« emboîter » un ion ou une molécule avec une très haute sélectivité et de procéder ainsi, par exemple, à des extractions sélectives. On peut espérer bientôt disposer de cryptates capables d'« emboîter » deux molécules pour les faire réagir, sortes d'étaux moléculaires.

II. Santé humaine

Nous limiterons l'exposé de ce thème à trois idées directrices générales et cinq exemples de sujets de recherches parmi les nombreux possibles.

Il faut d'abord mentionner le déplacement progressif des recherches en chimie pharmaceutique qui insistent moins sur les médicaments destinés à combattre les maladies infectieuses et plus sur les remèdes contre le vieillissement, les médicaments de prévention et les produits de diagnostic. Ensuite, une idée directrice de plus en plus féconde est la connaissance des mécanismes d'action des substances naturelles permettant de synthétiser des substances voisines capable de stimuler l'auto-défense de l'organisme.

Nous voudrions recommander de poursuivre activement les recherches dans un vaste domaine où l'on a jusqu'à présent enregistré des déboires : l'étude des **relations structure-activité** des substances chimiques. A vrai dire, aucun médicament n'en est encore sorti. Une méthode nouvelle, que nous croyons pleine de promesses, est mise à l'essai, avec des moyens informatiques, sur la base du codage des structures chimiques au moyen du système DARC et du codage des activités biologiques, difficile en soi, par application de la théorie des ensembles flous. Une telle recherche est le type même de la recherche universitaire à cause de la nécessité intrinsèque d'y mêler étroitement un nombre élevé de chercheurs de disciplines très variées et à cause de sa valeur hautement formatrice, y compris pour des chercheurs qui iront ensuite dans l'industrie.

Les cinq sujets de recherche que nous voudrions citer sont :

- les substances interférant avec la production d'ARN dans le cerveau pour une thérapie de la mémoire et contre le vieillissement ;
- les agents anticancéreux influant génétiquement sur la synthèse cellulaire ;
- les substances de régénération cellulaire pour soigner les maladies de la peau ;
- les antibiotiques modifiés par manipulation génétique de l'organisme qui les fabrique au lieu de l'être par transformation chimique après fabrication biologique ;
- les agents de contraste pour scanner.

III. Biotechnologies, agriculture et élevage

Un thème d'étude de nature à induire d'importants progrès en fertilisation est l'étude scientifique du **cycle de l'azote** dans le sol et du mécanisme de l'assimilation de l'azote par les plantes, cycle et mécanisme actuellement mal connus. Les méthodes d'étude par analyse isotopique sont au point. L'objectif est de rationaliser l'emploi des engrais azotés en l'adaptant au cycle de l'azote dans le sol et dans la plante, avec un impact certain sur la diminution de la pollution des nappes phréatiques. Proche de ce thème est celui du mode d'action des phosphates comme engrais.

Si le mécanisme d'action des protéines et des acides aminés dans l'alimentation animale est bien connu, celui des **vitamines et des facteurs de croissance** l'est beaucoup moins. C'est d'autant plus regrettable que l'industrie chimique française occupe une place importante au niveau mondial dans la production de trois vitamines A, E et B 12 (un nouveau procédé de production de la

vitamine A est en démarrage; il a été mis au point grâce à la collaboration avec un laboratoire universitaire).

La pharmacie vétérinaire a encore des progrès à faire et de nouvelles molécules sont à trouver. Une partie des idées générales développées à propos de la pharmacie humaine est ici valable.

Parmi les nombreuses voies de la biotechnologie, il en est une qui gagnerait à être explorée : **la culture des cellules végétales** pour la fabrication de produits à haute valeur ajoutée, parfums et alcaloïdes par exemple.

Des progrès sont à faire en biotechnologie dans le domaine des **réacteurs enzymatiques** (à enzymes fixées; on n'en fabrique pas en France; ceux qui existent, japonais en tête, sont bien entendu brevetés) ainsi que dans celui des procédés d'extraction et de purification des produits obtenus (par membranes, par résines échangeuses performantes).

La France doit faire un effort persévérant de recherche et de formation des chercheurs en biotechnologie pour rattraper un retard non irrémédiable vis-à-vis des Américains et des Japonais, sachant que les réels débouchés industriels n'apparaîtront pas avant 7 à 10 ans. Si cet effort n'est pas entrepris dès maintenant, la France sera hors de course.

Mais il faudrait aussi hâter le **passage à la bio-industrie** des travaux déjà avancés en se souvenant que celle-ci posera, outre des problèmes économiques liés à l'importance des investissements, des problèmes sérieux de pollution par les effluents et de consommation d'énergie.

IV. Environnement

Les procédés de **traitement des eaux** requièrent encore des progrès en matière de traitement biologique, d'emploi des polyélectrolytes (polyacrylamides et autres), de séparation par membranes.

Les progrès de la protection de l'environnement passent aussi par la découverte de nouveaux produits chimiques ne portant pas atteinte au milieu naturel.

De nombreux travaux sont nécessaires pour aboutir à la **désulfuration des fumées** des centrales thermiques. Le problème va devenir aigu avec le développement des centrales à charbon et l'obligation d'utiliser des charbons riches en soufre.

Il y a un thème d'investigation à développer : celui de la **photodégradation** et des composants photodégradables pour produits de consommation ainsi que pour emballages. Cette dernière application est très souhaitable pour les pays subtropicaux très secs où la biodégradation est peu efficace.

Enfin, une meilleure connaissance de la propagation des ondes de choc dans le sol, des vibrations qui en résultent et de leurs effets sur l'environnement physique et biologique apparaît nécessaire pour diminuer les nuisances dues à l'utilisation des **explosifs** industriels, notamment pour les travaux souterrains en milieu urbain.

V. Énergie : économies, substitutions, stockages

Il arrive que l'économie d'énergie aille de pair avec la diminution de la pollution comme le montre la mise au point du procédé récent de fabrication de l'hydrazine où le remplacement, comme oxydant, de l'hypochlorite de sodium par l'eau oxygénée a permis une économie d'énergie de plus de 50% et la suppression de tout effluent polluant; il ne sort même pas d'eau. La mise au point d'autres utilisations des **oxydants non polluants**, tels l'ozone et l'eau oxygénée, devrait entraîner, en plus d'économies d'énergie et de diminution de pollution, des économies de matière première (abandon des bichromates par exemple).

Les **substitutions du charbon et de combustibles peu nobles au pétrole** vont poser de nombreux problèmes. La pyrolyse du charbon va poser celui de la corrosion par les cendres fondues et celui des sas à

charbon qui se grippent et ne tiennent pas à la pression. La combustion des déchets (brais, asphaltènes) ou leur transformation en gaz de synthèse exigera parfois des dispositifs de préchauffage économes en énergie par récupération-stockage-échange en présence de matières complexes et polluantes.

Mais c'est surtout le développement des **emplois de l'électricité**, inéluctable dans l'industrie chimique comme dans les autres, qui va exiger de nombreux travaux. L'électrolyse de l'eau pour la production d'hydrogène et d'oxygène a un mauvais rendement énergétique à température et pression ambiantes. On peut élever ce rendement en élevant la pression et la température. D'importants progrès restent alors à accomplir quant aux membranes, au transport de l'énergie dans les cellules, etc. Un sujet de recherche de tout premier intérêt serait une modélisation mathématique d'une étude technico-économique où les données seraient d'une part le prix du kWh en fonction de l'heure, du jour, du mois (disponibles à EdF) et, d'autre part, le rendement énergétique en fonction (croissante) du degré de perfectionnement de la cellule d'électrolyse, donc du montant de l'investissement à consentir. L'objectif serait la détermination de ce montant d'investissement et des périodes (heures, jours, mois) de fonctionnement.

L'électrochimie des sels fondus (entre 700° et 1 700 °C) mériterait un renouveau d'attention.

La **chimie des plasmas** (en équilibre 3 000 à 5 000 K, hors équilibre en-dessous de 3 000 K), déjà beaucoup étudiée, devrait être reprise avec l'objectif prioritaire de pallier le mauvais rendement énergétique des systèmes. Il y a tout un programme de recherches théoriques (thermodynamique du refroidissement des gaz) et techniques (échangeurs-récupérateurs de chaleur) à entreprendre.

A des températures inférieures à 3 000 K, on rencontre un domaine assez neuf à explorer, celui de la fluidisation à haute température sous décharges électriques.

Un autre domaine d'étude serait celui des transformations physico-chimiques produites par des effluves ou décharges électriques au dessus de solides ou liquides ou gaz liquéfiés avec piégeage à basse température des composés dégagés ou collecte des poudres obtenues à partir des solides.

Enfin, l'électrodialyse, l'électrophorèse et l'électro-osmose ont encore des progrès à faire dans les applications au fractionnement et à l'extraction à partir de solutions très diluées.

La chimie devrait apporter une utile contribution au **stockage** de l'énergie thermique en cherchant à multiplier les systèmes salins réversibles tels que les hydrates, les ammoniacates (voir des complexes avec d'autres molécules). La gamme des fluides d'échanges thermiques pour hautes et basses températures aurait intérêt à être étendue au delà des fluides organiques classiques, des sels fondus et des métaux alcalins fondus (dangereux).

Une utilisation contrôlée de la décomposition des substances explosives pourrait aussi être envisagée afin d'utiliser le stockage d'énergie chimique de ces produits.

Si bizarre que cela paraisse, la chimie aiderait à perfectionner le stockage de l'énergie mécanique. Pour apporter la force motrice à des machines à charge fortement et brutalement variable, on a avantage à les équiper de moteurs hydrauliques alimentés en fluide pompé en permanence et stocké dans de grands cylindres verticaux sous pression d'un lourd piston. Un fluide hydraulique compressible rendrait le stockage moins encombrant et moins coûteux*.

VI. Communication

L'industrie chimique est un des principaux fournisseurs des activités de la communication : bandes magnétiques, disques magnétiques ou à tracés, matières plastiques pour l'électronique comme isolants,

* *Un autre domaine aurait pu être également cité : celui très vaste lié à la mécanique et en particulier celui des lubrifiants et des additifs pour lubrifiants susceptibles d'entraîner d'importantes économies d'énergie dans les moteurs à explosion et à combustion interne.*

comme supports, produits chimiques pour l'électronique, supports et produits pour la photographie et le cinéma, etc.

C'est aux derniers matériaux cités que se rattache un thème qui ne fait l'objet d'aucune recherche dans les laboratoires universitaires français : la **photochimie des solides orientée vers la photographie**. L'industrie doit faire elle-même sa propre recherche fondamentale, ce qui est anormal.

Citons, par ailleurs, deux voies d'avenir dont l'exploration doit continuer : les polymères semi-conducteurs et photo-conducteurs, et les plastiques pour fibres optiques.

VII. Matériaux

Nos propositions pour ce thème se subdivisent en deux groupes : les matériaux eux-mêmes, essentiellement les polymères et matières plastiques, considérés « en masse », d'une part, et les phénomènes physico-chimiques de surfaces et d'interfaces (dont le principal est l'adhésion ou collage) d'autre part.

A. Matériaux « en masse »

Ici encore, la première demande est relative à un édifice théorique : les relations entre **structure et propriétés** des polymères. Dans la structure sont inclus, non seulement la structure moléculaire, mais aussi la forme cristalline, l'état d'orientation, etc. Les propriétés comprennent, au premier chef, les paramètres de transformation : viscosité, rigidité, résistance au cisaillement, paramètres thermiques. Une théorie, avec modélisation mathématique, du comportement des polymères à la transformation (malaxage, extrusion, injection, etc.) serait très souhaitable*. Viennent ensuite les propriétés mécaniques (y compris les réactions au choc), les propriétés électriques (y compris la piézoélectricité) et la perméabilité. L'étude de cette dernière propriété est un sujet de recherche très important ; la théorie et la modélisation sont à faire : elles reposeront sur des faits élémentaires morphologiques et chimiques ; les applications concernent principalement l'emballage alimentaire imperméable à l'oxygène qui n'existe pas : l'aluminium se perce de petits trous à la manipulation ; certaines résines acryliques sont soupçonnées de toxicité ; les alcools polyvinyliques sont perméables à l'oxygène en présence d'humidité.

La **fabrication des polymères** appelle des suggestions :

- développer l'étude des substances auxiliaires de polymérisation sous rayonnement U.V. et des photo-initiateurs qui prennent le relais du rayonnement U.V. pour poursuivre la polymérisation (ces procédés sont économes en énergie et rapides) ;
- étendre le procédé RIM (moulage avec réaction entre deux constituants dans la chambre d'injection ; l'objet moulé est obtenu tout réticulé) à d'autres systèmes que les polyuréthanes : systèmes à deux constituants ou à un constituant et un oligo-réactif ;
- perfectionner les générateurs de faisceaux d'électrons, actuellement encore dangereux, qui servent à la réticulation par irradiation de l'objet fini ;
- chercher comment modifier un polymère fondu, lors de sa transformation, par addition d'un monomère réactif et d'un catalyseur.

La technique des **alliages plastiques** réclame aussi des études fondamentales : comment se font les liaisons ? quelles sont les relations entre structure (moléculaire, microscopique, macroscopique) et propriétés ?

Les **additifs** pour matières plastiques (antioxygènes, anti-U.V., ignifugeants, etc.) sont des produits à haute valeur ajoutée peu fabriqués en France. Une société suisse et une société américaine en fabriquent depuis 25 ans. Les additifs ont une importance technique et économique décisive qui ira en croissant lorsque les grandes matières plastiques seront fabriquées au Moyen-Orient : la mise en œuvre de ces matières, avec des exigences de plus en plus sévères, reposera sur eux. Or leurs mécanismes d'action posent des problè-

mes théoriques fort intéressants. Une mention spéciale est à faire pour les ignifugeants : chaque polymère a son mécanisme propre de combustion à étudier, donc son procédé spécifique d'ignifugation à trouver.

Les **plastiques à hautes performances** thermiques et mécaniques requièrent des études de liaisons structure-propriétés particulières ; les propriétés comprennent en priorité les paramètres de transformation ; parmi ces plastiques à hautes performances, il faut mentionner les polymères séquencés avec noyaux aromatiques et motifs aliphatiques alternés où les premiers confèrent les performances thermo-mécaniques et les seconds permettent la mise en œuvre.

Cette revue des matériaux polymères s'achève par les **polymères spéciaux** : conducteurs (les Japonais se sont fixés comme objectif une conductivité supérieure à $10^5 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ pour obtenir des conducteurs légers et non corrodables), conducteurs modifiables par réactions chimiques, supports de catalyseurs, milieux réactionnels, matériaux biocompatibles, etc. Ils constituent un vaste champ d'études théoriques et d'applications.

B. Physicochimie des surfaces et interfaces

Les problèmes posés sont ceux de l'adhérence et de la non-adhérence, de l'adhésion ou collage et de la non-adhérence (en particulier sur les métaux), de la corrosion et des traitements de surface. Les théories sont encore à perfectionner. On dispose heureusement maintenant de nombreuses bonnes méthodes physiques d'études des surfaces. Très peu de laboratoires universitaires travaillent sur ces sujets en France. Les applications sont encore très empiriques.

Le **collage** mérite une attention particulière. Les colles sont des mélanges très complexes. Les études de relations structure-propriétés les plus efficaces vont au-delà des phénomènes élémentaires. Elles concernent des phénomènes très complexes ; leur modélisation mathématique, utilisant éventuellement des moyens informatiques nouveaux en logiciel et en matériel, serait très intéressante.

Très généralement, la formation des chercheurs universitaires à l'étude informatique des phénomènes extrêmement complexes (et non pas seulement à celle des phénomènes unitaires) serait très utile en vue d'une future carrière éventuelle dans la recherche industrielle.

Parmi les travaux relatifs au collage, suggérons l'étude thermo-mécanique du joint collé, constitué du film de colle et des deux surfaces, de sa résistance au cisaillement, de sa réticulation, etc. Rappelons l'importance primordiale de l'adhésion matrice-fibre dans les matériaux composites.

Une mention particulière doit concerner le domaine très mal connu théoriquement des **mélanges multiphasés complexes** solide-solide, solide-liquide, solide-phase « pâteuse » et de leurs propriétés de cohésion et de non-cohésion. La technique est totalement empirique. Or elle a des applications industrielles très notables : la formulation des médicaments, c'est-à-dire la préparation du remède à partir des matières actives (problèmes d'agglomération ainsi que d'éclatement du médicament) ; la formulation des produits phytosanitaires, c'est-à-dire la préparation du mélange à appliquer à la plante ; les ciments pour dentistes ; les peintures, etc.

VIII. Observations sur la chimie de synthèse

Nous proposons deux types de recherche à encourager. En premier, de manière très générale, il importe que se développe, dans les laboratoires universitaires, la synthèse de **molécules très complexes**. D'abord, un certain nombre d'entre celles-ci trouveront des applications ; pour cette raison, d'ailleurs, il faut que le chercheur, avant de publier, consulte un service de brevets (CNRS, ANVAR) pour voir s'il n'y a pas intérêt à protection industrielle. Ensuite, la synthèse complexe est une excellente école de formation et un creuset d'élaboration des techniques.

En second, on peut appeler l'attention sur les lignes de synthèse associées : les sous-produits de l'une des lignes servent de matières premières à l'autre. L'intérêt industriel est aujourd'hui évident.

* Le domaine semble actuellement beaucoup plus étudié à l'étranger qu'en France.

IX. Observations sur l'automatisation

Les microprocesseurs et les ordinateurs ont fait de tels progrès que l'automatisation ne devrait pas poser de problèmes. Néanmoins, en chimie plus que dans les autres industries, son développement est freiné par les insuffisances en matière de **capteurs**.

Pour les procédés biochimiques continus, on ne dispose pas de capteurs fiables permettant de mesurer à 1° près la température, éventuellement variable rapidement, d'un fluide circulant ; il n'existe pas non plus de capteurs capables de déterminer le débit massique d'un fluide circulant en continu, y compris en régimes variables et transitoires ; actuellement, on en est réduit à déduire la masse de la vitesse.

Pour les procédés chimiques et biochimiques discontinus, on manque également des capteurs nécessaires. Par exemple, on ne peut pas toujours trouver un capteur pour mesurer en permanence le pH dans un réacteur pour certaines fermentations ; avec le développement des biotechnologies, il faudra bientôt disposer d'électrodes spécifiques capables de mesurer la concentration en telle ou telle substance particulière en cours de formation (acide aminé par exemple).

Une mention doit être faite de l'automatisation des synthèses organiques au laboratoire pour recommander, en particulier, que les dispositifs utilisés dans les laboratoires industriels se répandent aussi dans les laboratoires des écoles et des universités aux fins de formation.

Conclusion

Nous pensons que le lecteur aura lui-même formulé la conclusion qui tombe comme un verdict : la recherche en chimie sera pluridisciplinaire ou elle ne sera pas. Les mathématiques et l'informatique interviennent dans les édifices théoriques et les modèles dont nous avons, en plusieurs endroits, recommandé l'édification. La mécanique et la physique du solide sont présentes dans la science des matériaux. L'hydrodynamique et l'électronique ont leur place dans l'automatisation. La biologie, la physiologie animale et végétale font partie des biotechnologies.

En France, avec le système universitaire et le système des grands organismes de recherche, on a figé la recherche dans le cloisonnement des disciplines traditionnelles. Des exceptions remarquables apparaissent avec les programmes interdisciplinaires du CNRS. Des évolutions sont encore nécessaires : dans le financement de la recherche publique où une part croissante devrait concerner des programmes, au lieu d'aller à des organismes, comme c'est le cas de la part des grandes agences américaines ; dans l'enseignement, et la recherche associée, où des disciplines à cheval sur plusieurs sciences traditionnelles devraient être retenues comme autonomes : par exemple, l'agrochimie (science de la protection des plantes et des récoltes) n'est encore intégrée dans aucun laboratoire universitaire structuré et la toxicologie est enseignée par une juxtaposition de disciplines.

Et nous comptons bien que des contributions analogues à la nôtre concluront aussi à la pluridisciplinarité avec une part importante pour la chimie, bien entendu.

Mesures salariales dans l'industrie chimique en 1982

Au cours de la réunion paritaire tenue le 3 mars, l'Union des Industries Chimiques a fait connaître ses propositions :

- augmentation des salaires minimaux, en trois étapes de 3 % chacune, aux 1^{er} mars, 1^{er} juin et 1^{er} septembre,
- une clause de rencontre, au mois de novembre, pour examiner l'évolution comparée des prix et des salaires depuis le début de l'année ainsi que l'évolution de la structure économique de la profession,
- un engagement sur la rémunération minimale annuelle garantie de manière à ce que les plus bas salaires soient protégés contre l'érosion monétaire.

L'accord n'a pu se faire en raison des problèmes posés par la réduction de la durée hebdomadaire légale du travail ramenée de 40 à 39 heures ; faute d'un accord professionnel réglant la nouvelle durée du travail affichée, les discussions sont en effet ouvertes dans les entreprises sur ces horaires et sur les taux de compensation salariale.

La convention collective fixant jusqu'ici les minimums et la rémunération minimale annuelle garantie selon un horaire de 40 heures, l'U.I.C. ne pouvait que tirer les conséquences du passage à 39 heures et appliquer le rapport 39/40 aux garan-

ties de cette convention. C'est ainsi que la première hausse de 3 % ne peut s'appliquer qu'à un montant préalablement ajusté dans cette proportion.

Donc, en l'absence d'accord, l'U.I.C. a décidé une hausse des minimums de 3 % au 1^{er} mars, sur la base de 39 heures, 3 % au 1^{er} juin et 3 % au 1^{er} septembre.

Des recommandations de même montant ont été adressées aux entreprises à l'égard des salaires réels. Dans ce dernier cas l'assiette de la première augmentation dépendra des niveaux de compensation arrêtés par les négociations d'entreprises.

Inventaire européen des substances chimiques

La Commission des Communautés Européennes procède à l'établissement de l'inventaire des substances chimiques commercialisées sur le marché communautaire entre le 1^{er} janvier 1971 et le 18 septembre 1981.

Cet inventaire est établi par la Commission avec la participation des États membres, dans lesquels les producteurs et les importateurs pourront déclarer les substances chimiques mises sur le marché, soit en tant que telles, soit au sein de mélanges ou de préparations. En France, conformément aux avis du Ministère de l'Industrie parus au *Journal Officiel*, le 29 août 1981 et le

7 janvier 1982, c'est l'Union des Industries Chimiques qui centralisera les déclarations et les transmettra à la Commission. La période de déclaration ouvrira le 31 mars 1982 et se terminera le 31 décembre 1982.

Il est de la plus haute importance pour les producteurs et les importateurs d'effectuer le recensement des substances qu'ils commercialisent dans la Communauté et de les déclarer, car toute substance qui ne figurerait pas à l'inventaire serait considérée comme nouvelle et devrait faire l'objet d'un dossier de notification dans un État membre de la Communauté, ce qui est

une procédure longue et coûteuse (1 à 2 millions de francs par substance).

- Pour toute information complémentaire,
- pour la consultation des documents et, en particulier de l'inventaire de base ECOIN, liste de 34 000 substances qui seront systématiquement reprises dans l'inventaire final et qu'il est donc inutile de déclarer,
- pour la demande de formulaires de déclaration, s'adresser à l'Union des Industries Chimiques, Département Techniques, 64 avenue Marceau, 75008 Paris. Tél. : (1) 720.56.03.