INDUSTRIE

Le Centenaire de « Chimie Paris » (ENSCP)

Notes prises par Gérard Montel*

uvert le 3 novembre 1896 sous la direction de Charles Friedel, le « Laboratoire de chimie pratique et industrielle de la Faculté des sciences de Paris » qui devait devenir, à la suite de plusieurs changements de nom, l'actuelle ENSCP, « Chimie Paris », a 100 ans.

Un tel anniversaire se devait d'être fêté dignement. Il le fut, grâce au dynamisme et à l'enthousiasme de Claude Quivoron, professeur à l'université Pierre et Marie Curie, ancien directeur de l'ENSCP, président de l'Association du Centenaire, et de tous ceux qui se sont dépensés pour que les différentes manifestations organisées à cette occasion soient des réussites, qu'il s'agisse de l'administrateur de l'École, Bernard Trémillon, ou de sa nouvelle directrice Danièle Olivier, des personnels de l'École, de ses élèves ou de ses anciens élèves.

Il le fut aussi grâce à la participa-

tion de nombreuses personnalités françaises de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'industrie chimique, et même de représentants de grande qualité venus de différents pays européens.

Plusieurs manifestations ont marqué ce centenaire, notamment :

- Une exposition.
- Une journée de rencontres et de détente organisée par les élèves et les anciens élèves.
 - Un colloque du centenaire.

L'exposition, présentée dans le hall de l'École du 11 octobre au 13 décembre 1996, a été une exposition de

qualité : le souvenir des hautes personnalités qui ont marqué l'histoire de l'École**, la recherche et l'industrie y était conjugué à l'évocation de l'École actuelle et de ses ambitions, et une présentation originale de la classification périodique y a mis en relief les multiples applications pratiques de chaque élément (notamment du carbone et du silicium qui avaient droit à deux colonnades fort réussies) (photo 1). Mais nous nous attacherons plus particulièrement au colloque du centenaire, dont l'intérêt et la haute tenue ont justifié la participation de plus de 500 personnes.

Le colloque du centenaire de Chimie Paris

La chimie au service des hommes et de la planète. Quelles ambitions pour la science et l'industrie chimique européenne ?

Le colloque s'est tenu à la Maison de la Chimie, à Paris, les 25 et 26 novembre 1996. De nombreuses personnalités de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'industrie y ont participé de façon très active, ainsi qu'un grand nombre de jeunes, élèves d'écoles de chimie, étudiants, doctorants... Tous ont contribué à la qualité des échanges qui ont marqué les différentes tables rondes centrées

sur les domaines où la chimie joue un rôle important (pas toujours perçu ou reconnu), montrant ainsi tout l'intérêt qu'ils attachent à l'École.

Les séances plénières

Quatre séances plénières, marquées par l'intervention de hautes personnalités de la science ou du gouvernement, ont encadré les travaux du colloque.

Cérémonie d'ouverture

Elle a débuté par un déjeûner, pré-

sidé par M. Pierre Potier, membre de l'Institut, représentant officiel du ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, président du comité de parrainage du centenaire de « Chimie Paris », président de la Fondation de la Maison de la Chimie, directeur de l'Institut de Recherche sur les Substances Naturelles-CNRS. P. Potier a souligné, à cette occasion, l'intérêt primordial d'un rapprochement entre chimie et biologie, thème qu'il a eu l'occasion de développer dans le cadre des tables rondes.

Les documents distribués aux participants ont été aussi largement utilisés.

^{**} voir article de B. Trémillon, L'Actualité Chimique, août-septembre, 1996.

La conférence d'ouverture a été présentée par Jean-Marie Lehn, membre de l'Institut, prix Nobel de chimie, sur le thème de la chimie supramoléculaire et de ses retombées dans différents domaines.

Trois savants ont, d'après J.-M. Lehn, introduit les bases de la chimie supramoléculaire : P. Herlisch, biologiste, à qui l'on doit le concept de récepteur ; A. Werner, chimiste, qui a introduit la dimension énergétique ; E. Fischer, chimiste, qui a introduit la sélectivité, la relation « clé-serrure ».

La supramolécule se construit à partir d'un récepteur qui fixe des substrats à la faveur d'une reconnaissance moléculaire, qui le transforme après fixation, et qui peut alors le transporter, au travers par exemple de membranes.

Ainsi se construisent les polymères supramoléculaires (chaînes linéaires, ramifiées, à séquences contrôlées...), les matériaux supramoléculaires (cristaux liquides, mésophases, couches moléculaires, membranes, aggrégats organisés en solution, solides ordonnés), la catalyse supramoléculaire (comparable à la catalyse enzymatique), les processus d'adhésion, de transport (passage sélectif à travers des membranes - thérapie génique), les composants moléculaires (conversion de la lumière, transferts d'énergie, nouvelles techniques de diagnostic médical), l'ionique moléculaire (stockage d'informations), la sémiochimie (par fermeture et ouverture de molécules), la chimionique (traitement du signal, autoorganisation de la matière), la nanochimie, etc. On passe dans tous les cas, de la matière condensée à une matière organisée dont on contrôle l'organisation.

Jusqu'à présent, la chimie était caractérisée par une grande diversité et une faible complexité, la biologie par une grande complexité et une faible diversité. Un domaine plein de richesses s'ouvre à nous, où la complexité et la diversité iront simultanément en croissant.

La séance plénière sur la formation, la recherche, la coopération européenne et internationale dans le secteur de la chimie

Animée par François Rocquet, directeur des relations humaines d'Elf



Photo 1 - L'exposition du centenaire : les colonnades dédiées au silicium et au carbone et à leurs applications.

Atochem, président du conseil d'administration de Chimie Paris, assisté de Claude Quivoron et de Pierre Mangin, président du conseil d'administration de l'ENSSPICAM, cette séance a permis d'entendre les interventions de Hubert Curien, membre de l'Institut, ancien ministre, Julian Darley, chef du groupe Recherche et Engineering du groupe British Petroleum, du professeur Heindirk tom Dieck, secrétaire général de la GDCh, et François L'Eplattenier, membre de la direction du groupe Ciba-Geigy, responsable R et D.

De ce très intéressant ensemble d'exposés peuvent être dégagées plusieurs informations et plusieurs conceptions fondamentales :

1) La formation des ingénieurs chimistes est très diverse en Europe, suivant les traditions académiques des différents pays, des relations plus ou moins étroites entre les écoles et l'industrie, et l'attitude des opinions publiques. Les efforts récents d'évaluation de la chimie dans plusieurs pays, y compris la France et l'Allemagne, ont permis de dégager les points forts nationaux ainsi que les faiblesses.

La globalisation des grandes entreprises, l'exportation de la production et du R et D, la réalité du marché intérieur européen constituent les éléments d'un défi auquel vont devoir faire face les écoles et les universités.

2) Les entreprises sont appelées à adopter de plus en plus des approches

« systémiques ». Cela implique la constitution d'équipes multidisciplinaires, où les chimistes devront travailler en relation de plus en plus étroite avec des spécialistes d'autres disciplines scientifiques, des différents « génies », des affaires... et avec les ordinateurs.

Ils devront, en outre, avoir un esprit ouvert, les rendant aptes à établir des relations fécondes à l'extérieur de leur entreprise, notamment avec les universités, les fournisseurs, les clients et les entreprises concurrentes.

Ce sont là surtout des challenges auxquels les jeunes ingénieurs devront être préparés.

3) Le travail de doctorat représente un élément très important de la formation d'un jeune scientifique. Le passage par la recherche, dans l'industrie, est toujours bénéfique.

Cette séance plénière s'est conclue par une allocution de François d'Aubert, secrétaire d'État à la Recherche, qui a fait part de l'excellente opinion des pouvoirs publics sur « Chimie Paris », et de l'attention qui est portée aux difficultés actuelles de l'École liées à la vétusté de ses locaux.

Conférence plénière de P.-G. de Gennes

Cette conférence du professeur Pierre-Gilles de Gennes, prix Nobel de physique, membre de l'Institut, directeur de l'ESPCI, professeur au Collège de France, a permis à l'assistance d'apprécier l'originalité de sa démarche à la faveur d'un exposé d'une grande clarté sur l'énergie, en particulier celle qui est localisée aux interfaces.

Séance plénière de clôture : Quelles ambitions pour la chimie et les chimistes européens dans la compétition mondiale ?

Animée par Dmitri Savostianoff, rédacteur en chef d'Informations Chimie, cette séance a permis d'entendre 5 hautes personnalités: Philippe Desmarescaux, directeur général, Rhône Poulenc; Dr Hermann Vodicka, président du comité de direction désigné des Spécialités Chimiques, Ciba-Geigy AG (Novartis); Simon de Bree, président du groupe DSM NV, président du Cefic; Jacques Puéchal, président-directeur général d'Elf Atochem; Georges Theys, directeur général, Solvay France.

On peut en dégager d'intéressantes informations :

En 1995, le chiffre d'affaires de la chimie mondiale a atteint 1 450 milliards de dollars (soit environ 7 250 milliards de francs). Sur ce total, les États-Unis représentent 26 %, l'Amérique latine 4 %, le Japon 18 %, le reste de l'Asie 11 %, l'Union européenne 29 %, les pays de l'EFTA (Suisse, Norvège) 3 %, et les pays de l'Europe de l'Est, Russie incluse, 5 %.

La chimie mondiale se divise aujourd'hui en trois blocs régionaux d'importance équivalente :

Amériques: 31 % - Asie: 29 % - Europe 37 %, mais dont les taux de croissance sont très différents, la palme revenant à l'Asie (hors Japon) dont la consommation *per capita* de produits issus de la chimie (médicaments, plastiques, etc.) est encore extrêmement faible.

Exemple: la Chine, qui annonce déjà un chiffre d'affaires de 85 milliards de dollars pour sa production chimique en 1995, prévoit une croissance de 9 %/an sur la période 1996-2000.

Deux secteurs méritent une attention particulière: l'industrie pharmaceutique, dont le chifre d'affaires a atteint 284 milliards de dollars en 1995 (environ 20 % de la chimie mondiale) et l'industrie cosmétique (chiffre d'affaires : 74 milliards de dollars en 1995), où l'Europe et les États-Unis détiennent des positions particulièrement fortes.

En Europe, l'industrie chimique représente environ 12 % du chiffre d'affaires de l'ensemble des industries, 11 % de la valeur ajoutée et 8 % des effectifs. L'examen de ses échanges extérieurs montre que le commerce extérieur de la chimie est aujourd'hui essentiellement intra-européen, et que l'Union européenne n'exporte que 14 % de son chiffre d'affaires et importe l'équivalent de 6 % de ce chiffre d'affaires.

A titre de comparaison, les chiffres correspondants sont de 11 % et 8 % pour les États-Unis. Autrement dit, contrairement à ce que l'on pense généralement, et si l'on s'en tient aux seuls échanges de produits, la chimie européenne comme l'américaine vivent en quasi-autarcie.

Mais l'influence de la chimie européenne sur les marchés mondiaux est en réalité beaucoup plus importante, en raison des implantations industrielles et commerciales très nombreuses de ses entreprises dans la plupart des pays.

Cette influence s'exerce aussi dans le domaine des technologies : c'est sur ce point que la chimie européenne concentre aujourd'hui ses efforts.

Enfin, l'une des forces de la chimie européenne réside dans la puissance de ses entreprises : sur les 30 chimistes mondiaux, l'Europe en compte 18, dont les 3 premiers, les États-Unis 10 et le Japon 2. Elle compte aussi quelques leaders mondiaux: Glaxo Wellcome pour la pharmacie, Novartis (Ciba-Sandoz) pour l'agrochimie (n° 2 en pharmacie), Norsk Hydro pour les engrais, L'Oréal pour les cosmétiques, L'Air Liquide pour les gaz industriels, Michelin pour les pneumatiques (qui ne sont pas comptés dans la chimie), Lonza pour la chimie fine, etc.

On peut cependant prévoir que la croissance de la chimie européenne dans un monde plus compétitif ne dépassera pas de façon aussi substantielle qu'auparavant celle de son produit intérieur brut, avec tout de même des perspectives de croissance très positives dans les pays d'Europe centrale et de l'Est, qui pourraient devenir le prochain eldorado pour les chimistes européens!

Les tables rondes

De nombreuses séances en parallèle, réparties sur les deux journées, ont permis de traiter dans sa diversité le thème : « Acquis et prospective de l'apport de la chimie ».

Ce thème a été, en effet, traité en considérant les domaines suivants : les technologies de l'information, le patrimoine, la santé, l'agriculture et le l'industrie agro-alimentaire, le bien-être et le confort de la vie quotidienne, l'énergie et les transports, l'environnement, le bâtiment et les travaux publics.



Photo 2 - Détail de la présentation du silicium et de ses applications.

Il serait présomptueux de vouloir rendre compte ici de la multitude d'informations, de conceptions, de perspectives d'un grand intérêt qui ont été présentées et débattues au cours de ces séances. Nous nous limiterons donc à quelques éclairages.

Dans le domaine des technologies de l'information

Trois aspects importants de l'inter-vention de la chimie ont été présentés :

- Celui des ions des terres rares qui, obtenus aujourd'hui au plan industriel, à des niveaux de pureté supérieurs à 99,99 %, jouent un rôle majeur dans l'obtention des luminophores utilisés dans les dispositifs de visualisation (tubes cathodiques, écrans plats de demain à excitation plasma ou micropointes). P. Maestro (Rhône-Poulenc Recherches, Aubervilliers) a montré comment la chimie des solutions, la chimie du solide et les nouvelles méthodes de synthèse minérale se conjuguent pour obtenir des produits de mieux en mieux contrôlés.

Le cas du gallium, qu'on obtient aujourd'hui à un degré de pureté remarquable (99,99999 %), et qui offre ainsi de nouvelles perspectives aux applications électroniques de l'AsGa et du GaN, a été également évoqué.

- Celui des dispositifs semi-conducteurs à base de polymères, que R. Friend (Cavendish Laboratory, Cambridge, Royaume-Uni) a étudié en vue de mieux comprendre le comportement semi-conducteur inhabituel de ces composés, et d'en dégager les multiples possibilités d'applications [FETs (field effect transitions), LEDs (light emitting diodes), diodes photo-conductrices, laser à microcavité...].

- Celui des matériaux à transition de spin, qui représentent la forme la plus spectaculaire de bistabilité en chimie moléculaire. Le professeur O. Kahn (Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux, Pessac) a montré l'origine de la « nervosité électronique » de ces molécules, et exploré leurs possibilités d'utilisation dans le traitement de l'information.

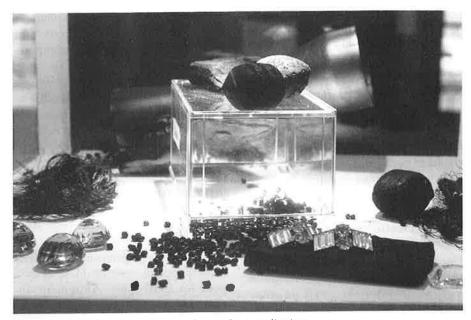


Photo 3 - Détail de la présentation du carbone et de ses applications.

Dans le domaine du patrimoine

Une belle diversité des approches a été exprimée à la faveur de la participation de chimistes de divers horizons, et d'une éminente personnalité du ministère de la Culture.

Au nom de l'industrie chimique, qui exerce un véritable mécénat en faveur de la protection du patrimoine, A. de Marco, de Rhône-Poulenc, a montré, par plusieurs exemples, comment les compétences scientifiques et technologiques des grandes entreprises chimiques, peuvent contribuer à sauver le patrimoine artistique, culturel et naturel de l'humanité. C'est ainsi que, sous l'égide de l'Institut de France, la Fondation Rhône-Poulenc est intervenue en Italie (colonnes de San Lorenzo à Milan, statue de Donatello à Florence, crypte de la Basilique San Marco à Venise, palais Senatorio à Rome) et au Viet-Nam (Cité impériale de Hué).

L'apport de la physique et de la chimie à l'authentification et à la datation des œuvres d'art, à leur restauration, à l'identification des originaux par rapport aux copies, à l'élaboration des techniques de sauvegarde du patrimoine a fait l'objet de l'exposé de J.-P. Mohen, directeur du Laboratoire de recherche des Musées de France (Palais du Louvre). Sur des exemples issus des collections égyptiennes et médiévales, ou des collections de peintures, il a montré toute la richesse des résultats que permettent d'atteindre les méthodes

d'analyse physico-chmique (spectrométries, chromatographie et méthodes analytiques...), et notamment l'accélérateur de particules qui fonctionne depuis quelques années au Laboratoire du Palais du Louvre. Le vieillissement des matériaux peut être ainsi étudié avec une grande efficacité.

Maryvonne de Saint-Pulgent, directeur du Patrimoine au ministère de la Culture et président de la Caisse nationale des Monuments historiques et des sites s'est également attachée à mettre en évidence le rôle joué par la chimie, notamment à partir du XIXe siècle, dans la connaissance des œuvres d'art, leur conservation et leur restauration. Après l'adoption de la Charte de Venise (1966), de nombreux laboratoires publics et privés se sont mis à l'œuvre, tels que l'IRPA, en Belgique, et le Laboratoire de recherches des Monuments historiques à Champs-sur-Marne, qui consacrent leurs recherches à la lutte contre la détérioration de la pierre, des vitraux, des peintures, du bois, des fonds photographiques. Parallèlement, des laboratoires des universités, du CNRS, de l'Institut Pasteur s'intéressent à la « maladie de la pierre », contribuent au développement des sciences archéologiques - notamment aux méthodes de datation - et, en liaison avec les laboratoires du ministère de la Culture, participent à la connaissance des techniques picturales, à l'identification des restaurations successives des peintures originales, à la connaissance des grands portails médiévaux et de leur polychromie, des vitraux anciens, des colorants employés dans le textile. De même, les recherches sur les produits et les techniques de conservation sont actuellement en pleine expansion.

Dans le domaine de la santé

L'importance du rôle de la chimie est tel que deux sessions lui ont été consacrées.

Il est important de souligner, comme l'a fait Pierre Potier, que les deux mots chimie et santé ne sont pas antinomiques, comme le pensent « les gens ». La chimie apporte énormément au maintien des hommes, des animaux et des plantes en bonne santé, non seulement par les médicaments et les produits phytosanitaires, mais aussi dans le domaine de la prévention des maladies, notamment par les substances qui, introduites dans la nutrition, permettent d'empêcher la survenue de déséquilibres métaboliques. Et il faut ajouter à cela l'apport de la chimie à l'hygiène, à la production agro-alimentaire, etc. Il s'agit là d'un domaine de recherche et d'applications d'une très grande richesse pour la chimie, tant pour le présent que pour l'avenir.

Il a été illustré par de nombreux exposés de grande qualité, issus de la recherche publique et de la recherche privée.

C'est ainsi que le professeur Alexander T. Florence (École de pharmacie de l'université de Londres) a présenté les immenses perspectives offertes, pour les 100 prochaines années, par les systèmes autorégulés qui permettent la délivrance programmée dans le temps, de doses correctes de médicament dans des sites spécifiques du corps. Ces systèmes font intervenir des microparticules « intelligentes » formées de supramolécules (dendrimères, hydrogels...) constituant des nanomoteurs, et capables de selfassemblage, de self-organisation et de self-réplication.

Le professeur Claude Hélène, membre de l'Institut, directeur scientifique du groupe Rhône-Poulenc, a montré quel rôle primordial est appelée à jouer la chimie, à l'avenir encore plus que par le passé, dans le développement d'une nouvelle ère de la médecine qui est en train de naître, où les substances chimiques agiront sur les causes, et pas seulement sur les symptômes des maladies. Le séquençage du génome humain a en effet permis d'identifier 100 000 gènes, de repérer des causes de maladies, et de déterminer ainsi les cibles des nouveaux médicaments.

La connaissance de la structure tridimensionnelle des cibles permet de concevoir rationnellement le médicament. Ainsi se trouve considérablement accrue la pertinence des cribles biologiques utilisés pour sélectionner les molécules actives, que l'on utilise les molécules naturelles ou celles qui proviennent de la synthèse combinatoire.

Daniel Mansuy, directeur de recherche au CNRS, a de son côté mis en évidence le rôle du chimiste dans le choix de la meilleure molécule en fonction de sa biodisponibilité et de sa toxicité. Cela conduit à suivre le métabolisme du médicament, et notamment à identifier les cytochromes P 450 qui interviennent dans le mécanisme d'action du médicament et dans son élimination : ainsi peut-on prévoir relativement tôt le comportement immunologique et toxicologique d'un médicament nouveau.

Le professeur Gérard Siest, du Centre du Médicament, a apporté pour sa part des éclairages intéressants sur la chimie clinique, notamment sur les laboratoires d'analyse médicale qui sont, à l'étranger, sous la responsabilité de chimistes, alors qu'ils sont en France sous la responsabilité de médecins et de pharmaciens. La chimie clinique (intervenant dans le diagnostic, le dépistage, la prévision des risques et le suivi thérapeutique) évolue vers les concepts moléculaires et cellulaires. Pour l'avenir, on s'oriente vers une chimie non invasive faisant intervenir des analyses sur la peau.

Enfin, s'agissant toujours des médicaments, le Dr R. Spagnoli (Roussel-Uclaf, Romainville), a illustré, dans le cas de la production d'hydrocortisone à grande échelle, l'intérêt de la substitution de la synthèse chimique à multiples étapes combinée à une étape unique de bioconversion, par la reconstitution dans un microorganisme (Saccharomyces cerevisiae) du processus bio-

synthétique qui conduit à la production d'hydrocortisone dans l'adrenocortex des mammelles.

Dans le domaine de l'agriculture et de l'industrie agro-alimentaire

Dans ce domaine, qui est essentiel à la survie de l'humanité et à la préservation de l'environnement, la chimie joue, aux côtés de la biologie et de la physique, un rôle très important.

Ce rôle a été décrit par G. Paillotin, président de l'Inra, qui a distingué : les industries de l'agrofourniture, qui fournissent les « intrants » dont les agriculteurs ont besoin ; les industries des produits phytosanitaires et vétérinaires, des additifs alimentaires, des méthodes de conservation, des emballages ; le génie des procédés alimentaires ; le traitement des effluents ; les débouchés non alimentaires (filière bois, amidonnerie, fibres textiles, énergie), où de sérieux espoirs existent pour les matériaux, huiles, détergents, produits à haute valeur ajoutée.

S'agissant de l'utilisation des agroressources comme matières premières pour la chimie, R. de Baynast, directeur général Agro-Industrie et Recherche et Développement, a observé qu'il s'est produit, au cours du XXe siècle, une décroissance importante des utilisations de la biomasse pour tout ce qui concerne les applications non alimentaires, du fait de son remplacement par les produits dérivés du pétrole.

Toutefois, il semble que le XXIe siècle verra de nouveau croître les applications non alimentaires de la biomasse, par suite de son caractère renouvelable, et d'autres atouts caractéristiques des molécules végétales : biodégradabilité, faible agressivité (en général) vis-à-vis de l'environnement. Cette utilisation de la biomasse présente toutefois des inconvénients, du fait notamment de la concurrence avec l'alimentaire et de la faible représentation des lipides (les chimistes devront s'attacher à rendre lipophiles les molécules végétales, en raison de la large utilisation de produits lipophiles en chimie).

On devrait donc arriver à un concept global de fractionnement des plantes de grande culture permettant de satisfaire à la fois les besoins alimentaires (amidon, protéines, lipides) et les besoins en autres matières premières pour le nonalimentaire basées sur la cellulose, sur les sucres en C_5 en provenance des hémicelluloses, et sur des lipides spécifiques.

L'apport du génie chimique à l'industrie alimentaire a fait l'objet de l'exposé de P. Robichon, président d'UNIR, directeur conditionnement et études industrielles (Pernod-Ricard).

L'extension du domaine d'application du génie chimique au-delà de l'industrie chimique a conduit à le désigner par le terme « génie des procédés », dont le génie des procédés alimentaires est un sous-ensemble où sont traitées, outre les opérations unitaires propres au génie chimique, les opérations unitaires propres aux industries alimentaires et biologiques (pasteurisation, appertisation, biotransformations). Mais, sous la pression du besoin de produits nouveaux, des opérations moins classiques ont été développées (filtration tangentielle, électrodialyse, échange d'ions sur résine, cuisson extrusion). Par ailleurs, l'exigence des consommateurs pour des produits frais et naturels, sans conservateurs ni arômes artificiels, a conduit les industriels à rechercher des technologies douces de transformation, préservant la flaveur, la saveur, la texture des matières premières (utilisation des très hautes pressions, des champs électriques pulsés, des fluides supercritiques, des techniques aseptiques, voire ultra-propres).

Les apports de la microbiologie sont également très importants : microbiologie rapide (permettant de connaître, si possible en temps réel, la composition de la microflore), microbiologie prédictive et, prochainement, écologie microbienne dirigée.

L'intervention des agrochimistes et des sélectionneurs (qui modifient les caractéristiques des principales productions végétales par hybridation et croisements traditionnels) a été décrite par J.-P. Decor, directeur général adjoint, directeur R et D, Rhône-Poulenc Agrochimie. Ces deux métiers sont appelés à révolutionner la protection et la finalité de la production végétale.

En effet, le génie génétique et la biologie moléculaire permettent désormais d'adapter la production à la demande. Ils permettent, en outre, d'obtenir une protection plus spécifique et beaucoup plus ciblée des végétaux contre les diverses agressions. La mise en œuvre de cette protection nécessite une connaissance approfondie de la physico-chimie des polymères.

Les défis présentés aux chimistes pour assurer la protection des plantes sont notamment :

- la possibilité d'examiner le plus grand nombre possible de molécules diverses sur des cribles appropriés,
- la synthèse économique de molécules complexes,
- la mise en œuvre de synthèses stéréosélectives.

Enfin, les efforts engagés depuis les dernières décennies par les chimistes analystes en vue d'identifier les molécules responsables du goût et de l'odeur des aliments ont été évoqués, avec un lyrisme gourmand, par Y. Flament, directeur du département Analyse, Firmenich SA (Suisse). Les techniques analytiques permettent de mieux comprendre, contrôler, et donc d'améliorer la qualité de notre alimentation.

Dans le domaine du bien-être et du confort de la vie quotidienne

Ce domaine a été bien illustré par plusieurs exposés. C. Mancel, vice-président R et D de Procter & Gamble, a mis en évidence, sur plusieurs exemples, l'intervention de la chimie dans l'industrie de grande consommation qui est omniprésente dans la vie de tous les jours. Cette industrie, très dynamique, doit faire face à une gestion de l'innovation liée à l'obsolescence rapide des technologies utilisées, et à un souci permanent d'amélioration de notre environnement.

L'intervention de la chimie dans le domaine des prothèses a été illustrée par l'exposé de P. Monteil (Société Essilor) sur les biomatériaux d'avenir pour les lentilles de contact. Les inconvénients des lentilles actuelles, apparemment bien caractérisés aux plans physico-chimique et biologique, conduisent à rechercher des biomatériaux plus « biocompatibles » avec l'œil, et plus perméables à l'oxygène pour permettre une meilleure oxygénation de la cornée, parmi les copolymères hydrophiles à base de polysiloxanes.

NDLR: De nombreuses autres prothèses auraient pu être présentées, qu'il s'agisse du « sang artificiel » ou des prothèses osseuses, où la chimie a apporté récemment des progrès spectaculaires.

Par ailleurs, le rôle joué par la chimie dans l'élaboration de produits d'hygiène, de soin ou de parure a été analysé par G. Vanlerberghe, directeur du département de chimie et de physicochimie (L'Oréal Recherche). Sur plu-(identification exemples du précurseur de la mélamine, protection de la peau contre les rayons UV, étude des céramides qui forment des assemblages supramoléculaires constitutifs de la barrière cutanée...), il a montré combien le chimiste cosméticien doit être attentif aux innovations de la chimie de la matière inanimée et de celle du vivant, et informé sur les progrès récents de la chimie analytique.

Dans le domaine de l'énergie et les transports

Ce vaste thème, introduit par Y. Jacquin, directeur des ressources humaines à l'Institut Français du Pétrole, a été centré sur le transport terrestre par la route, qui est en relation étroite avec l'accroissement prévu de la population mondiale, avec le développement des grandes concentrations urbaines, et avec les besoins croissants d'échanges et de mobilité dans les sociétés modernes et les pays en voie de développement.

Ces différents aspects du transport terrestre par la route ont été développés par plusieurs exposés :

- P. Canton-Lauça, président de la commission Environnement de l'Union Française des Industries Pétrolières, a présenté les défis auxquels ont eu à faire face les industries liées aux transports en ce qui concerne l'environnement : avant les crises pétrolières de 1970 et 1973, il s'agissait de produire beaucoup (défi quantitatif) sans se soucier de la consommation d'énergie. Après la crise, les défis portèrent sur l'économie d'énergie, puis sur la protection de l'environnement et les risques de changement de climat, la santé humaine (un défi qui n'a pas de prix), la qualité de la vie (climatisation et silence dans les automobiles).

Le bilan est appréciable :

. La qualité de l'air en ville s'améliore en Europe, malgré l'accroissement du parc et du trafic.

. Une concertation a été établie entre les industries automobile et pétrolière en vue d'atteindre en 2010 les normes de qualité de l'air fixées par l'OMS, et un projet de directive a été élaboré par l'Union Européenne (coût : 500 milliards de FF pour l'Europe sur 15 ans).

Mais il reste à prendre des mesures non techniques après 2005 en vue de valider les modèles actuels, d'étudier l'effet des polluants sur la santé... Le champs des progrès est considérable.

- J.-J. Payan, directeur de la recherche (Renault) a également traité des problèmes d'élimination des nuisances dues aux automobiles et aux poids lourds, en soulignant que, dans les pays du Nord (industrialisés), le parc doublera d'ici 2010. Ces problèmes se traduisent par la mise au point de catalyseurs, par la recherche d'une réduction de l'émission de CO₂, par la recherche de sources d'énergie non pétrolières (gaz naturel, véhicules à propulsion électrique, mise en œuvre des piles à combustible), par la mise en œuvre de matériaux plus légers et d'un meilleur recyclage des véhicules, autant de sujets qui nécessitent l'intervention des chimistes.

Le traitement catalytique des gaz d'échappement des moteurs a été particulièrement traité par E. Lox, senior manager research and development, Degussa, qui a distingué les catalyseurs de post-combustion (en vue de l'épuration des gaz d'échappement), de la combustion catalytique associée à la mise en œuvre des turbines.

Le traitement des gaz d'échappement varie en fonction de la nature des moteurs (moteurs à essence, diesel, moteurs « maigres » à faible consommation de carburant). Il s'agit, dans tous les cas, d'élimier CO, les hydrocarbures et NO_x.

Les techniques sont bien établies pour les moteurs à essence (rendement : 95 %) et les diesel (rendement : 90 %). En ce qui concerne les moteurs « maigres », les techniques, en cours de développement, permettent d'atteindre un rendement de 80-90 % pour NO_x, et supérieur à 95 % pour CO et les hydrocarbures. Chaque type de traitement

nécessite la mise en œuvre de catalyseurs spécifiques.

Les problèmes liés aux carburants ont été traités par J.-C. Charlot, directeur de recherche raffinage Elf Aquitaine DRTE. Ils sont multiples.

Le plus actuel concerne la surconsommation de gazol, du fait de sa faible taxation, qui se traduit par un excédent considérable d'essence dans les raffineries et une perte de 1 milliard de F/an pour Elf et Total.

Il s'agit donc de lancer de nouveaux carburants, comme le GPL, de réaliser des mélanges (qui produisent de plus en plus de CO₂).

Par ailleurs interviennent les lubrifiants, qui provoquent une pollution croissante quand la pollution par les carburants diminue.

Enfin, de gros progrès sont attendus du fait de l'intervention croissante de l'électronique.

L'évolution des matériaux mis en œuvre dans l'industrie automobile a été présentée par P. Avenas, directeur recherche et développement, Elf Atochem, qui a souligné la place croissante des polymères qui représentent actuellement 14 % du poids des véhicules (le polypropylène prend de plus en plus d'importance). Les adhésifs, par ailleurs, sont en progrès constant.

Mais les matériaux de structure sont encore essentiellement les aciers, alors qu'on envisage d'utiliser la tôle d'aluminium revêtue d'une peau en plastique.

Les habitacles font intervenir beaucoup de polymères, parfois très évolués (polyoléfines obtenues par catalyse métallocène dans les mousses).

En règle générale, les plastiques interviennent de plus en plus dans les pièces moulables [carters d'huile, réservoirs (qui ne libèrent pas l'essence après un choc), canalisations].

Ils permettent une économie de 7 à 8 % du carburant, et sont valorisables en fin de vie du véhicule.

En ce qui concerne les pneumatiques, l'évolution a fait l'objet de l'exposé de P. Oliva, directeur de la communication du groupe Michelin. Elle porte essentiellement sur le coefficient de résistance au roulement, qui est passé de 30 kg/tour pour les bandages pleins à 2,5 kg, valeur proche du coefficient relatif au contact roue-rail. Ces progrès ont été acquis par étapes successives, jusqu'à la technologie du pneu vert qui fait intervenir de nouveaux élastomères chargés avec de la silice colloïdale (voir *L'Actualité Chimique* -1996, 1, p. 42), et qui associe une faible résistance au roulement à une bonne adhérence sur sols froids.

D'importants progrès ont aussi été effectués dans l'adhérence des élastomères à l'acier et au laiton.

Dans le domaine de l'environnement

Ce sujet particulièrement sensible pour l'industrie chimique et la chimie en général, présente, comme l'a souligné T. Chambolle, directeur général délégué, Lyonnaise des Eaux, deux aspects pour le chimiste.

- 1) La chimie vise à mieux comprendre notre environnement, par la connaissance des éléments et des molécules qui le composent, et par celle des réactions chimiques complexes qui s'y produisent.
- 2) La chimie intervient de façon prépondérante dans la protection de l'environnement, en associant les méthodes physiques, chimiques et biologiques, les procédés biologiques n'étant d'ailleurs le plus souvent que de la chimie mise en œuvre de façon naturelle par des microorganismes.

Par ces méthodes, la chimie intervient dans le traitement de l'air, de l'eau et des déchets.

Ces propos ont été illustrés par l'exposé de D. Bernard, délégué R et D, chimie de spécialité et formulation, Elf Atochem, qui a montré comment un produit fabriqué par Elf permet de réduire la pollution par les hydrocarbures des milieux aquatiques en utilisant les microorganismes responsables de leur biodégradation déjà présents dans le milieu, et en stimulant leur croissance par apport d'éléments nutritifs qui leur font défaut (azote et phosphore). En outre, le caractère oléophile de ce produit permet d'éviter la dispersion du nutriment dans le milieu naturel et de maintenir les éléments nutritifs à l'interface eau-hydrocarbure.

De même, P. Françoisse, chercheur principal, Solvay Research and Technology, a présenté un nouveau traitement par l'eau oxygénée en présence de Fe II, de certains effluents industriels contenant des polluants organiques non biodégradables (voire toxiques pour les microorganismes des stations d'épuration biologique). Cette dégradation des polluants par oxydation ne produit, de manière ultime, que du dioxyde de carbone et de l'eau.

Enfin, dans un registre différent, J.-L. Randaxhe, président directeur général d'Esso SAF, a montré, sur l'exemple de la fabrication des huiles blanches, qui sont des hydrocarbures de haute pureté extraits du pétrole en vue d'usages médicinaux, cosmétiques, vétérinaires, et alimentaires au sens large (lubrification de matériels pour l'industrie alimentaire), comment la mise en œuvre d'un nouveau procédé permet de supprimer les pollutions résultant de leur fabrication. Les huiles blanches constituent en effet un paradoxe dans la mesure où ces hydrocarbures, d'une très grande pureté et présentant une totale innocuité dans des usages particulièrement délicats, faisaient intervenir un procédé de fabrication à l'oléum très nuisible à l'environnement. Le remplacement du traitement à l'oléum du pétrole purifié et déparaffiné par un traitement catalytique à l'hydrogène (procédé Esso), a permis de réduire considérablement la pollution en supprimant la production de résidus tels que les goudrons acides, à éliminer l'hydrogène sulfuré transformé en soufre solide récupéré, et en assurant un très fort rendement de production (95 % au lieu de 70 %).

Dans le domaine du bâtiment et des travaux publics

Les exposés sur ce sujet ont été introduits par Mme R. Crepet, chef de service, Saint-Gobain, qui a fait une représentation d'ensemble des matériaux utilisés dans ce secteur, de leur fabrication et de leurs principales applications: comme on le sait, ces matériaux sont essentiellement les ciments, les verres, les polymères, colles et adhésifs, le bois, les métaux, les peintures et, pour ce qui concerne plus particulièrement les travaux publics, les bitumes, les enrobés bitumineux et les émulsions de bitume.

J.-P. Bonnin, directeur recherches et développement, Esso SAF, s'est attaché à montrer en quoi la chimie a permis d'améliorer les bitumes routiers.

Ces bitumes, qui sont essentiellement constitués d'hydrocarbures lourds obtenus par distillation du pétrole brut, ont comme principale fonction de stabiliser des granulats (cailloux de dimensions inférieures à 20 mm) grâce à leurs propriétés mécaniques, même sous trafic intense et sous conditions climatiques extrêmes, pendant plusieurs années.

Les fractions lourdes des pétroles bruts sont loin de répondre à ces attentes, et l'apport de la chimie est ici décisif. Celle-ci permet en effet :

- 1) d'analyser finement les bruts et mélanges de brut, de définir ainsi les sélections optimales de matières premières et d'assurer la qualité des bitumes,
- 2) d'améliorer les propriétés mécaniques des bitumes par adjonction de produits chimiques, tels que divers polymères grâce auxquels les bitumes conservent leurs propriétés dans une large gamme de température (- 40 °C/+70 °C) et présentent des durées de vie plus longues,
- 3) d'améliorer ces propriétés par oxydation des bitumes, ou par greffage de polymères (par vulcanisation ou sulfonation). Ces traitements conduisent à des bitumes extrêmement performants sous toutes conditions, grâce auxquels peuvent être notamment réalisées des chaussées à forte porosité éliminant les flaques dangereuses et absorbant le bruit.

A l'avenir, la chimie interviendra par les tensioactifs, qui devraient permettre la généralisation des applications à froid d'émulsions de bitume (économie d'énergie, élimination de fumées et odeurs), et par les agents chimiques de régénération grâce auxquels le recyclage des chaussées deviendra possible (économies d'énergie et de matières premières).

Les progrès spectaculaires réalisés récemment dans le domaine des ciments et des bétons, ont été exposés par A. Bucaille, directeur de la recherche, de la technologie et de l'innovation, Lafarge.

Le béton est constitué de cailloux et d'un ciment considéré comme une colle

à cailloux dont la prise résulte de la formation d'hydrates.

Les ciments peuvent être de composition très variable et présenter, en conséquence, de grandes variations dans leurs propriétés (durée de prise, porosité, propriétés mécaniques). Les changements parfois considérables de propriétés résultent de l'addition de produits multiples (ultrafines fumées de silice, solides ou liquides, polymères, fibres, charges): on met en œuvre une véritable chimie des matériaux de construction, qui permet par exemple de diviser par plus de 50 la perméabilité aux gaz ou à l'eau des bétons courants, ou de multiplier par un facteur de 5, voire de plus de 10, les principales propriétés mécaniques des bétons.

La recherche en ces domaines commence à peine et conduira demain à des bétons drainants, ou a des matériaux composites écrouissables, ductiles, qui constitueront des êtres hybrides entre les bétons traditionnels et les métaux tels que l'acier ou l'aluminium.

C. Chaix, directeur du développement du marché, président directeur général Industries France, a montré, par ailleurs, comment un traitement par rayonnement électronique, au niveau industriel, permet d'accroître la dureté superficielle des revêtements colorés appliqués sur les panneaux de polyester renforcé avec des fibres de verre, utilisés pour la décoration extérieure des bâtiments. Ce traitement permet d'accroître notablement la résistance des panneaux aux intempéries, en préservant le polissage de leur surface et leur coloration.

Enfin, J.-C. Lehmann, directeur de la recherche, Saint-Gobain, a souligné le caractère paradoxal du verre, ce matériau qui, grâce aux propriétés nouvelles qu'il a pu acquérir à la faveur des recherches qui lui ont été consacrées, occupe une place de plus en plus importante dans l'industrie du bâtiment.

Le verre est en effet;

- plusieurs fois millénaire... mais presque toujours le même,
 - transparent... mais trop !,
 - fragile... mais très résistant!,
 - non corrodable... mais pas inerte!,
- thermoplastique... mais dévitrifiable.

La chimie a permis de modifier ses propriétés en agissant sur sa composition, sur son traitement thermique, sur son association avec d'autres matériaux (greffage de fonctions sur le verre, adhésion des polymères, liants pour l'isolation...) et ceci bien qu'on ne connaisse pas véritablement sa structure.

Conclusion

Comme le montrent les différents éclairages sommairement décrits dans cet article, le Colloque du centenaire de Chimie Paris a fortement contribué à mettre en évidence les multiples applications de la chimie dans de nombreux domaines techniques essentiels à notre société et à notre économie, et à l'agrément de la vie de chacun.

Certes, cette analyse, aussi vaste soitelle, ne couvre pas tous les domaines d'intervention de la chimie : le rôle de la chimie dans la production d'énergie ou dans la fabrication des prothèses n'a pas été totalement évoqué, la fabrication du papier, des encres, vernis, colles, l'intervention de la chimie dans l'aérospatiale, etc. n'ont pas été traités. Ce n'était évidemment pas matériellement possible en deux journées.

Mais ce colloque a eu le grand mérite d'apporter des témoignages d'un grand intérêt présentés par des personnalités hautement qualifiées, et d'offrir ainsi aux jeunes, étudiants et doctorants, aux enseignants, aux directeurs de laboratoire, une matière susceptible de justifier des orientations de carrière ou de recherche, des collaborations, et d'inspirer des illustrations pour les cours, travaux pratiques et travaux dirigés. Bref, il constitue une très utile contribution au rapprochement tant souhaité de l'enseignement, de l'industrie et de la recherche et à l'adaptation des formations aux besoins du marché de l'emploi.



7, chemin du Tour des Haies - 60250 ESTREES/NOYE FRANCE Tél.: (33) 03 22 09 61 11 - Fax: (33) 22 09 60 25

e-mail: cirana burotec.fr

SPECIALISEE DANS LA VENTE DE MATERIELS DE SECONDE MAIN

- Ensemble de diffraction X comprenant :
- Générateur Gaines Tubes neufs (VARIAN) Câbles H.T.
- Compteur Monochromateurs, Baies de mesures et de pilotage Goniomètres Logiciels.
- Chambres : Laüe, De Bye, Scherrer, etc...
- Autres matériels :
- Fluorescence X I.C.P. A.A. U.V.V. I.R. Perleuses, etc...



Inventeur, avec Varilux, du concept même des verres progressifs, Essilor doit sa position à sa volonté permanente d'innovation.

Implanté en France et dans le monde, Essilor possède un savoir-faire unique, reconnu par l'ensemble des professionnels de l'optique.