

## Chimie physique : quelques frontières nouvelles

par P. G. de Gennes

(Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France).

Partons d'un exemple : les mécanismes de lubrification et d'usure sont importants et mal connus. Il y a eu une longue étape de recherche empirique ; puis des efforts fondamentaux menés par les mécaniciens.

Mais ce n'est que très récemment que se développent des actions utilisant tout l'arsenal contemporain : sonde de Castaing, effet Auger, analyse chimique locale, mais aussi observation optique, détection de textures de cristaux liquides, relation avec l'usure du substrat, etc (1).

On devine tout de suite qu'un tel programme exige une collaboration profonde entre physiciens et chimistes : je voudrais citer ici quelques autres exemples d'actions aux frontières qui me paraissent importants pour les prochaines années. Certaines sont en route. D'autres sont à créer à partir de zéro : elles sont souvent plus intéressantes, même au plan de la science pure, que leur homologues reconnus (en physique des solides, physique atomique, mécanique, chimie de synthèse...). Ces exemples sont extraits de discussions tenues récemment par les groupes d'animation de la Société de Chimie Physique : le rapport correspondant sera publié séparément, et la sélection qui est faite ici n'engage que la responsabilité de l'auteur ! En particulier, je ne parlerai guère de tous les phénomènes au niveau des *électrons* dans les atomes ou les molécules : chimie quantique, collisions, photochimie, mécanismes catalytiques et enzymatiques, ... Sur certains de ces aspects électromagnétiques, il existe d'ailleurs de bons éléments de perspectives (2).

### I. L'invention moléculaire

Un progrès majeur de notre époque est qu'il est devenu possible de construire une molécule nouvelle *en vue d'une fonction*. Ainsi des « *cryptates* » peuvent être préparés pour coordonner sélectivement tel ou tel ion et même, pour promouvoir certaines activités catalytiques (3). Dans une autre direction, les cristaux liquides (organiques), utilisés en affichage, sont préparés par une stratégie assez précise. Il faut savoir que les smectiques C ferroélectriques (4) d'une part, et les nouvelles phases « *discoïques* » (5) d'autre part, ont été non pas découverts, mais inventés, et synthétisés ensuite, par une collaboration remarquable entre physiciens et chimistes.

Le même genre de collaboration devrait se développer en France sur les conducteurs

organiques. Après de nombreux avatars, la recherche sur ces matériaux entre dans une phase d'expansion, avec divers types d'arrangements en *chaînes* conductrices.

L'analogie sélénié du TTF-TCNQ (\*) montre par exemple, sous pression, un état fortement métallique et même supraconducteur (6). Les polyacétylènes dopés à l'iode ont aussi une conductivité remarquable. Il y a bien d'autres composés conducteurs à inventer. Mais le domaine est encore trop cloisonné : les physiciens mesurent les propriétés d'un produit, sans toujours proposer les modifications chimiques favorables. Les chimistes fabriquent des matériaux nouveaux de façon trop empirique : on manque encore de la double culture.

### II. Les systèmes à grands interfaces

Je pense ici aux milieux poreux, aux poudres, aux suspensions de grains dans un fluide, aux aérosols, aux émulsions, etc. Tous ces systèmes à grands interfaces peuvent être rassemblés sous le vocable général de colloïdes. Ce mot est un peu trop évocateur d'une science ancienne ! En réalité, la physico-chimie des colloïdes devrait évoluer vite dans les prochaines années. Elle se relie, par ailleurs, à des industries importantes : corps gras, agro-alimentaire, détergents, cosmétiques, extraction et récupération assistée du pétrole, flottation, génie chimique, génie nucléaire...

Si nous voulons progresser dans ces directions, il faudra des équipes polyvalentes : ayant, au-delà de la mécanique traditionnelle, une culture physico-chimique large pour contrôler les interactions entre particules, pour inventer des interactions nouvelles, et pour *prévoir* ensuite comment ces interactions réagissent sur le comportement macroscopique. Il faut aussi, dans ces milieux aléatoires, injecter les concepts et les méthodes de la mécanique statistique contemporaine, qui sont puissants mais mal connus des physico-chimistes et des mécaniciens (7). Dans ces domaines, la France a enregistré quelques succès (comme la détermination de la structure des *micro-émulsions*) mais on manque encore d'une action coordonnée et fondamentale : il faudrait créer, dans les cinq ans à venir, une

(\*) Tétrathiofulvalène-tétracyanoquinodiméthane.

école française des colloïdes, comparable à celles qui existent aux Pays-Bas, en Australie et en Grande-Bretagne.

### III. Métallurgie et chimie physique

Nous avons en France une recherche métallurgique de pointe (au C.N.R.S. et dans certains grands centres). Cette recherche devrait développer des actions interdisciplinaires importantes.

a. Par exemple, un rapprochement entre métallurgistes, géophysiciens, et physico-chimistes minéraux pourrait porter des fruits à la fois en géophysique fondamentale, et pour une meilleure compréhension de la formation des minerais.

b. Dans une autre direction, la recherche physique sur les alliages de polymères, sur la précipitation, et sur l'élaboration de nouveaux composites, devrait se développer considérablement. On rejoint ici certains aspects de la physico-chimie des colloïdes, car l'utilisation de copolymères séquencés comme analogues de détergents pour émulsionner des polymères, etc, peut devenir essentielle.

c. La physico-chimie des gels a beaucoup progressé grâce à une action fondamentale du Centre de Recherches sur les Macromolécules à Strasbourg (8). Mais il reste de grands secteurs à éclaircir : par exemple la

compétition entre gélification et précipitation commence seulement à être comprise, et débouche sur plusieurs problèmes industriels d'avenir. La transition sol-gel est aussi importante et mal élucidée.

d. La physico-chimie des poudres devrait progresser considérablement : comportement rhéologique et comportement microscopique sous contrainte, mécanismes de l'abrasion, rôle des traitements de surface, etc. On retrouve aussi ici certains aspects des milieux aléatoires macroscopiques mentionnés plus haut ; des liens seraient à créer avec la mécanique des sols et avec la géomorphologie.

### IV. Quelques remarques générales

Dans les exemples pris plus haut, on voit souvent des situations de *blocage* : ainsi nous n'avons pas en France les équipes, et les programmes, souhaitables sur les milieux aléatoires macroscopiques, ou sur les interactions entre grains colloïdaux. Pourquoi ?

a) On manque de chercheurs avec une réelle double culture chimie et physique ;  
b) les centres de décision (C.N.R.S., etc.) sont cloisonnés et donc mal armés pour les actions interdisciplinaires ;

c) même remarque pour les U.E.R. des universités ;

d) aux yeux des étudiants (à la vision déformée par les mathématiques modernes)

les disciplines que j'ai citées ici paraissent peu glorieuses par rapport aux études quantiques sur les propriétés au niveau des électrons. Ils ne réalisent pas que, actuellement, les problèmes théoriques les plus fins se trouvent souvent plus dans les systèmes mal reconnus, que j'ai cités ici, que dans les branches classiques : structures électroniques, transitions de phases, etc.

J'espère que ce court manifeste, volontairement provocant, pourra ébranler quelques convictions de ce genre.

### Bibliographie

(1) En particulier à l'École Centrale de Lyon.

(2) J. C. Lehmann, « Dynamique réactionnelle des états excités », C.N.R.S., 1979.

(3) J. M. Lehn, Leçon inaugurale, Collège de France, 1980.

(4) R. B. Meyer, *Molecular Crystals*, 1977, 40, 747.

(5) Voir la revue par J. Billard, à paraître dans les Comptes rendus de la Conférence de Garnisch sur les cristaux liquides, Springer, 1980.

(6) D. Jérôme, Comptes rendus, à paraître.

(7) Sur l'exemple des suspensions : voir P. G. de Gennes, *J. de Phys.*, 1979, 40, 783.

(8) G. Beinert, A. Belkebir Mrani, J. Herz, G. Hild, P. Rempp, *Disc. Faraday Soc.*, 1974, 57, 27. H. Benoit et al., *J. Polymer Sci. A2*, 1976, 14, 2119. J. P. Munch et al., *J. de Phys.* 1977, 38, 971.

*Vient de paraître*



### L'ANNUAIRE 1980 DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE (4 600 citations)

Cet ouvrage indique de façon précise les références personnelles et professionnelles de chaque adhérent : diplômes, adresses, n° de téléphones, fonctions, domaine d'activités personnelles, activité de l'organisme employeur.

C'est un document des plus utile pour tous ceux qui souhaitent informer et documenter les scientifiques de la recherche chimique en France :

Prix pour les adhérents  
(exemplaire supplémentaire)

60 F. T.T.C.

Prix public  
(taux T.V.A. 17,60 %)

150 F. T.T.C.

Pour toutes commandes s'adresser :

Société Chimique de France

250, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.