

Polymères stimulables

Compte rendu du workshop CERMAV

Grenoble, 12-13 novembre 2001

Ces journées ont rassemblé 77 inscrits, dont 50 % environ d'origine industrielle, autour d'une thématique en plein essor dans des laboratoires de toutes disciplines.

Elles ont été introduites par une conférence d'Y. Osada (Hokkaido University, Sapporo, Japon), spécialement invité, et dont les travaux dans le domaine des hydrogels stimulables font actuellement autorité. Le professeur Osada a entre autres développé un grand nombre de systèmes originaux susceptibles de répondre de façon spectaculaire à des stimuli variés : chimiques, magnétiques, thermiques ou électriques.

Plusieurs conférences didactiques ont permis de faire un état des lieux dans des secteurs aussi différents que le muscle artificiel, les applications biomédicales, l'impact des architectures macromoléculaires, les polymères à mémoire de forme, les matériaux électro- et magnétorhéologiques, les polymères thermo-optiques et les polymères conducteurs. D'autres présentations étaient dédiées à des systèmes plus spécifiques, souvent susceptibles de répondre à un ou plusieurs types de sollicitations, que ce soit en masse ou en présence de solvant. L'ensemble, d'une grande qualité scientifique, laisse à penser que ce domaine de recherche a acquis un bon degré de maturité : il semble désormais possible d'élaborer des systèmes capables de répondre à des cahiers des charges très exigeants.

Ainsi, les systèmes actuellement développés, qu'ils soient à proprement parler stimulables ou adaptatifs, font appel à des déclencheurs impliquant des sources énergétiques variées : lumineuse, mécanique, chimique, thermique, électrique ou magnétique. Leur action sur la macromolécule provoque une transition conformationnelle soit directement, soit via un médiateur (solvant) ; il en résulte des effets collectifs dont la conséquence est une modification spectaculaire du comportement macroscopique (propriétés mécaniques ou de transfert). Le rôle de l'architecture macromoléculaire est,

entre autres, déterminant et la fonction recherchée peut être une réponse temporaire, permanente ou encore réversible. Une question récurrente concerne la maîtrise des temps de réponse, de l'évolution temporelle, et en particulier du vieillissement.

Par exemple, la recherche dans le domaine du « muscle artificiel » est essentiellement motivée par les possibilités de miniaturisation qu'offrirait de tels dispositifs ; les matériaux polymères semblent *a priori* très prometteurs de ce point de vue, mais les contraintes (amplitude, rapidité, robustesse, adaptabilité...) sont telles que l'on en est encore au stade de quelques démonstrateurs, et ce bien que plusieurs voies aient été explorées. Pour le secteur biomédical, les critères sont bien évidemment différents et les applications sont variées tant en solution qu'à l'état d'hydrogel ou de colloïde : purification, diagnostic, encapsulation/relargage ; de nombreux systèmes stimulables, voire multi-stimulables ont été développés, mais il reste beaucoup de travail à effectuer en aval en ce qui concerne les tests *in vitro* et *a fortiori in vivo*. Les polymères thermosensibles qui apparaissent particulièrement intéressants dans ce domaine ont par ailleurs beaucoup été étudiés sur le plan de la physico-chimie, et leur comportement rhéologique s'avère fortement dépendant de la nature du monomère impliqué. La sollicitation thermique est également exploitée dans le domaine des polymères en masse :

- Pour obtenir des effets de mémoire de forme ; dans ce domaine, les polymères ont l'avantage par rapport aux alliages d'admettre de grandes déformations, mais la contrainte emmagasinée est beaucoup plus faible et le seul effet thermique ne permet pas de « réarmer » le système.

- Dans la fabrication de composants photoniques basés sur des effets thermo-optiques où certains composés fluorés sont compétitifs.

Il existe d'autres applications envisageables dans le domaine de l'optique : photochromisme, effets photoréfractifs, chiro-optiques, non linéaires, comme

l'attestent les exemples de gels photosensibles ou de films photo-électriques présentés.

Les polymères peuvent aussi entrer dans la formulation de fluides électro- ou magnétorhéologiques, comme composants soit de la phase continue, soit de la phase dispersée, bien que peu d'applications aient émergé jusqu'ici ; ce concept a d'ailleurs été récemment élargi à des phases continues de type élastomère. Enfin, les contraintes mécaniques sont aussi utilisées pour stimuler des gels physiques : aux applications classiques liées à la thixotropie, il faut désormais ajouter des comportements rhéo-épaississants spectaculaires observés dans des conditions physico-chimiques bien définies.

Bien plus, des modes de sollicitation plus complexes sont envisageables, tels le couplage de polymères conducteurs avec des récepteurs chimiques ou biochimiques qui est à la base de la réalisation de capteurs, ou encore les effets mécano-chimiques induits dans les systèmes de réaction-diffusion en présence d'un gel stimulant.

L'ensemble de ces présentations, qui n'était probablement pas exhaustif, a permis de souligner non seulement la richesse, le dynamisme et les potentialités non explorées de cette recherche, mais aussi un certain nombre de faiblesses que les participants ont tenté de mettre en évidence au cours des deux tables rondes d'environ 2 heures qui ont clôturé chacune des journées, dont l'objectif initial était un débat entre universitaires et industriels, relatif à la pertinence des systèmes développés au niveau académique, leur degré d'innovation, la demande de l'aval, les verrous technologiques, les problèmes de vieillissement, etc.

Mis à part quelques exceptions ponctuelles, les discussions se sont plus particulièrement orientées vers un certain nombre de considérations générales qui sont apparues cruciales, à savoir :

1. Les raisons pour lesquelles, en dépit de leurs applications potentielles et d'une recherche de base active et de qualité, ces systèmes n'ont trouvé

jusqu'ici que relativement peu de développements pratiques concrets (même au Japon, il semble qu'on en soit encore au stade de quelques démonstrateurs) ;

2. Le fait que malgré ce handicap, la recherche académique correspondante soit bien financée aux États-Unis, au Japon ou en Allemagne par exemple, et beaucoup moins en France ;

3. Les problèmes d'ordre structurel posés par ce genre de recherche.

Les réponses à la première question sont peut-être à trouver du côté de la spécificité et de la complexité des systèmes. En effet, les plus accessibles ne sont pas susceptibles de répondre à un large champ d'applications, mais uniquement à quelques situations bien déterminées au départ dans un environnement restreint. Inversement, pour les systèmes les plus innovants, lorsque le degré de sophistication devient trop élevé, le coût devient important et le champ des applications devient limité à celles pour lesquelles il n'est pas un facteur déterminant (biomédical par exemple) ; mais même dans ce dernier cas, il existe des lacunes notoires au niveau du transfert de technologie.

Il est clair d'autre part que les incitations financières institutionnelles comme industrielles sont plus fortes à l'étranger. En ce qui concerne le Japon, le professeur Osada souligne en particulier la pression de la société savante dédiée à la science des polymères

(13 000 membres dont 7 000 industriels, et parmi eux, un groupe très actif dédié aux gels), la forte compétition entre les scientifiques tant par rapport aux thématiques propres qu'à l'obtention de financements, le lancement d'un nombre limité de grands programmes (cofinancés académie/industrie) à relativement long terme (de 5 à 9 ans), et enfin le fait que la mentalité japonaise s'adapte facilement à de nouveaux contextes, dont elle est par ailleurs friande. Actuellement, en France, la collaboration académie/industrie ne se bâtit qu'exceptionnellement sur le long terme pour des raisons économiques, et les programmes publics n'excèdent effectivement pas 3 ans. Du point de vue de leurs relations, les deux parties ont encore pas mal d'efforts à faire pour aller au-devant l'une de l'autre : les chercheurs académiques doivent apprendre à mieux afficher leurs compétences, à ne pas ignorer les problèmes pratiques et à écouter les requêtes exactes des partenaires industriels, quitte à aller jusqu'à une certaine vulgarisation lorsque cela est nécessaire ; inversement, les chercheurs industriels doivent être capables de repérer les laboratoires susceptibles de les aider, et jusqu'ici, seuls les grands groupes font cette démarche, les petites sociétés n'ayant ni la culture, ni des moyens suffisants. Les agences peuvent jouer ce rôle d'interface, mais il reste néanmoins indispensable pour tous de faire des efforts au niveau de la communication. En

dernier lieu, il ne faut peut-être pas non plus trop sacrifier aux modes du moment : on oublie souvent un peu trop qu'il existe des domaines où beaucoup de problèmes fondamentaux restent posés.

Le dernier point concerne l'élaboration de structures bien adaptées à ce type de recherches qui exigent de la part des universitaires le maintien d'un effort pluridisciplinaire sur de longues années, et un partenariat industriel fort. Or, il est souvent difficile de faire travailler ensemble, au sein d'un même laboratoire, des personnalités issues de disciplines différentes, d'autant que dans nos instances actuelles, l'évaluation des carrières est fondée sur l'apport personnel, ce qui tue l'esprit d'équipe. Le mode idéal de partenariat reste lui aussi à définir ; les UMR CNRS/entreprise et les ERT des universités sont des expériences intéressantes et relativement positives. A plus large échelle, les réseaux peuvent présenter une bonne alternative, avec deux inconvénients principaux, la délocalisation des différents acteurs et un tissu inextricable d'accords de secret.

S'il est certain que bon nombre des considérations ci-dessus ne sont pas propres à la recherche dans le domaine des polymères stimulables, elles n'en représentent pas moins les principales préoccupations de la communauté scientifique concernée.

Françoise Lafuma

NOUVEAUX

STRATOSPHERES™



Polymer Laboratories

Polymer Laboratories SARL
Centre Silic Marseille Sud, Impasse du Paradou
Bâtiment A4, 13009 Marseille
Tel: 04 91 17 64 00 Fax: 04 91 17 64 01

www.polymerlabs.fr

Resines Scavenger

A Forte Capacité Pour La Synthèse En Solution

Polymer Laboratories vient de mettre sur le marché une gamme de résines microporeuses « scavenger » à forte capacité pour la synthèse en solution dans la série des résines StratoSpheres™ développées pour la chimie combinatoire et la synthèse peptidique.

Un nouveau kit de démarrage comprenant 10 résines différentes est disponible pour faciliter le choix du support et disposer d'un grand champ d'application. Pour obtenir des renseignements sur notre gamme de produits, visitez notre site internet www.polymerlabs.com/stratospheres, envoyez un message à Support@polymerlabs.fr ou téléphonez nous.

Polymer Laboratories réalise des résines qui possèdent de grandes performances et un excellent rapport qualité-prix pour la synthèse en solution, la chimie combinatoire et la synthèse peptidique.