

Les liens entre la science des polymères et les autres domaines de la science

Comment les renforcer ?

Norbert M. Bikales* professeur

Summary : *The emerging connections between macromolecular science and other areas of science. How to optimize them*

The workshop on interdisciplinary macromolecular science and engineering (MMSE) was proposed by a polymers working group formed at NSF in 1996 and chaired by Andrew Lovinger. A major objective of the workshop was to examine the emerging connections between macromolecular science and other areas of science and engineering, and identify exciting areas of opportunity in this context for the next decade. A second objective was to consider what approaches NSF could use to optimize, through research and education, the development of interdisciplinary MMSE. In the fall of 1996, Andrew Lovinger approached Prof. S.I. Stupp to chair the workshop and form an organizing committee. The first step was to solicit opinions from the community at large on what directions were perceived to be important and exciting. Based on input from the community, five discussion groups for the workshop covering the following themes : novel macromolecular structures : synthesis and function ; control of properties through innovative processing ; solving environmental problems with macromolecular science and engineering ; macromolecular science connections between the physical and biological sciences ; and translating macromolecular discoveries into technologies. The selection of these particular topics for the workshop was not meant to exclude the vast number of other areas in macromolecular science and engineering that are scientifically and technically important. The topics of the workshop were selected because they were identified as exciting areas of opportunity with a high interdisciplinary content. The content of recommendations made by each discussion group varies ; some emphasized research directions and others educational issues or funding procedures. These differences reflect the nature of each topic and also the specific concerns of individuals in the discussion group.

Mots clés : *Composés macromoléculaires, biomatériaux, biologie, ingénierie macromoléculaire, environnement.*

Key-words : *Macromolecular products, biomaterials, biology, macromolecular engineering, environment.*

Nous savons que la science des polymères est tout, sauf immobile : elle est devenue une des composantes les plus dynamiques de la science des matériaux, qui constitue elle-même une passerelle importante entre la science fondamentale et la technologie avancée. La « National Science Foundation (NSF) » procède à l'examen périodique de l'état de la science et de l'ingénierie des polymères pour s'assurer que cet important domaine continue à se développer d'une manière adéquate. C'est ainsi qu'à deux reprises, en 1981 et en

1994, elle a demandé à la National Academy of Sciences américaine d'évaluer les progrès réalisés dans la science des polymères et de faire des propositions pour l'avenir. Les comptes rendus effectués par cette Académie [1, 2] ont été largement diffusés, y compris dans « *Actualités GFP* » [3]. Ils ont également eu un impact significatif dans la communauté scientifique et les agences gouvernementales de divers pays.

Une autre réunion a été organisée par la NSF en mai 1997, mais cette fois-ci sous forme d'un « workshop » de deux jours. Cet atelier, intitulé « Science et ingénierie macromoléculaires interdisciplinaires » et présidé par le professeur Samuel I. Stupp de l'université de l'Illinois, a été organisé par le directeur

du programme pour les polymères de la NSF, le Dr. Andrew Lovinger, de concert avec l'US Department of Energy. La première partie a été consacrée à une série de conférences portant sur les frontières de la science et de l'ingénierie macromoléculaire ; elles ont été données par des scientifiques à la pointe du progrès venant des universités et de l'industrie américaines, ainsi que par d'éminents scientifiques européens, tels P.-G. de Gennes et G. Wegner. Ces exposés ont été suivis de discussions intenses, à l'intérieur de petits groupes, sur les nouveaux développements potentiels, plus particulièrement dans les domaines qui sont aux frontières de ce qu'on a considéré jusqu'ici comme étant la science des polymères. Il s'agissait de mettre l'accent sur les liens importants,

Traduit de l'anglais par L. Reibel, et publié avec l'autorisation de *Actualités GFP* (bulletin n° 81, octobre 1998, p. 3-5).

* National Science Foundation, Arlington, Virginia, États-Unis.

et qui se développent de plus en plus rapidement, entre la science des polymères et les autres domaines de la science et de l'ingénierie. Ce thème de l'interdisciplinarité est bien mis en évidence par le titre même du « workshop ». Il fut demandé également à des scientifiques qui ne participaient pas à cet atelier de donner leur opinion. La rédaction du compte rendu, intégrant toutes ces données, vient juste d'être achevée et contient un certain nombre de conclusions importantes et de propositions pour une action future, résumées ci-dessous.

Structures macromoléculaires nouvelles

Il existe maintenant des possibilités révolutionnaires de créer de nouveaux polymères à partir de monomères connus grâce à l'utilisation de nouvelles générations de catalyseurs, tels les métallo-cènes. De nouvelles classes de plastiques techniques apparaîtront grâce au contrôle, sans précédent jusqu'ici, de l'architecture macromoléculaire.

La chimie supramoléculaire, qui relie la chimie traditionnelle, la biologie, la science des matériaux et l'ingénierie, laisse entrevoir de nouvelles possibilités, remarquables. Des nanosystèmes biotechnologiques possédant une plus grande variété de fonctions seront développés. Plus spécialement prometteuse est l'étude d'agrégats macromoléculaires formant des nanostructures, qui pourraient être recyclées indéfiniment parce que leur désagrégation ne requiert pas la rupture de liaisons covalentes.

Méthodes de pointe dans la fabrication des composés macromoléculaires

Il existe un besoin critique de nouvelles méthodologies de transformation des polymères, aussi bien dans les domaines émergents des techniques d'auto-assemblage et de la chimie supramoléculaire que pour les nouveaux biomatériaux. Les méthodes de synthèse et de transformation respectueuses de l'environnement prendront une importance de plus en plus grande. La mise au point rationnelle de nou-

velles architectures pour de nouveaux polymères sera nécessaire, de même que la prévision de leur comportement rhéologique afin d'exploiter au mieux leur structure.

Il faudra développer des techniques de transformation originales pour les films minces, les fibres, les mousses et pour l'application de champs électriques et magnétiques. Des produits plus performants seront obtenus grâce au contrôle précis de la réalisation d'objets macromoléculaires à l'échelle micro- et nanoscopique. Enfin, la conception assistée par ordinateur de matériaux macromoléculaires se généralisera.

Biomatériaux et biologie macromoléculaire

Basés sur les enseignements de la biologie, les progrès de la technologie macromoléculaire offrent la perspective de préparer de nouveaux catalyseurs pour la synthèse de matériaux et la restauration de l'environnement, des membranes très sélectives, de nouveaux capteurs et milieux pour la chromatographie. Les macromolécules constituent la clé des interconnexions entre cellules vivantes et « hardware » des ordinateurs : ceci devrait permettre de créer de nouveaux types de capteurs pour l'environnement, de matériels de diagnostic médical et de détecteurs d'objets biologiques, tels que virus et bactéries. Les matériaux de choix capables de réparer les tissus humains auront une structure macromoléculaire ; leur développement demandera une collaboration étroite entre chimistes, biologistes, scientifiques de la matière et ingénieurs. De grandes découvertes pourraient résulter de la recherche sur le contrôle biologique de la distribution des unités monomères dans les macromolécules et de l'auto-assemblage moléculaire. Cette recherche sera amenée à s'étendre au-delà des protéines à d'autres macromolécules biologiques, voire synthétiques.

Science et ingénierie macromoléculaires de l'environnement

La science et l'ingénierie macromoléculaires auront un impact crucial sur

l'environnement terrestre dans des domaines tels que :

- la possibilité de se servir de plantes ou de microbes pour synthétiser des macromolécules utiles d'un point de vue technologique,
- la restauration de l'environnement grâce à l'utilisation de matériaux hautement actifs et sélectifs permettant d'extraire de l'eau les métaux toxiques,
- les polymères biodégradables, basés sur de nouvelles architectures,
- les nouveaux procédés et matériaux rendant possible plusieurs recyclages sans perte des propriétés essentielles.

Il conviendra d'étudier l'interaction des polymères avec les écosystèmes, par exemple, leur toxicité, leur activité hormonale et leurs autres effets potentiels sur la santé.

Recommandations

Le rapport recommande que le financement apporté par les organismes fédéraux soutienne les projets dont il a tracé les grandes lignes, à la fois dans le domaine de la science et dans celui de l'enseignement. Il souligne particulièrement la nécessité pour les organismes fédéraux de travailler de concert et d'établir des programmes communs dans le domaine de la science et de l'ingénierie macromoléculaires. C'est ainsi que la NSF et le National Institute of Health (NIH) pourraient collaborer pour établir des programmes de recherche et de tests pour de nouveaux biomatériaux permettant la réparation des tissus humains. Même à l'intérieur d'un organisme gouvernemental, tel que la NSF, les différentes disciplines devraient travailler de façon plus concertée pour établir leurs programmes, et ce pour le bénéfice de tous.

Les activités d'enseignement devraient être davantage intégrées dans la recherche, notamment pour former une nouvelle génération de scientifiques et d'ingénieurs, qui posséderont des connaissances élargies et seront ainsi plus à l'aise pour travailler dans un environnement interdisciplinaire.

Ce qui précède n'est qu'un aperçu des nombreux exemples, cités dans ce rapport, des progrès potentiels de la

science et de l'ingénierie macromoléculaires et des recommandations faites pour que ceux-ci puissent se réaliser. On peut déjà consulter un premier texte du rapport complet sur la page Web du professeur Stupp (<http://stupp-group.mrl.uiuc.edu/papers.html>). Sa lecture présentera un intérêt certain pour tous, mais plus particulièrement pour les jeunes scientifiques et ingé-

nieurs qui auront la charge du développement futur de notre domaine.

Remerciements

Le professeur N.M. Bikales remercie le Dr L. Reibel pour la traduction de son texte.

Références

[1] *Polymer science and engineering : challenges, needs, and opportunities*, National

Academy Press, Washington, DC, **1981**, 219 p.

[2] *Polymer science and engineering : the shifting research frontiers*, National Academy Press, Washington, DC, **1994**, 180 p.

[3] Science et ingénierie des polymères : les frontières de la recherche se déplacent, traduction du rapport de R. S. Stein, *Actualités GFP*, mars **1996**, n° 73.

UNIVERSITE DE LA REUNION

Faculté des Sciences et Technologies

DEPARTEMENT DE CHIMIE

Enseignements

- Chimie Physique
- Chimie Quantique
- Chimie Organique
- Chimie Minérale
- Chimie Végétale Appliquée
- Chimie Alimentaire
- Chimie Analytique

(Travaux dirigés et travaux pratiques assistés par ordinateur)

Effectifs : 13 enseignants-chercheurs

Sections

Premier cycle, Deug

- Sciences de la Matière
- Sciences de la Vie
- Sciences et Technologies pour l'Ingénieur
- Sciences de la Terre
- Biotechnologies et Bioindustries

Second cycle, Licence

- Licence de Sciences Physiques
- Licence de Biochimie

Maîtrise de Sciences et Techniques

mention «Valorisation chimique et biologique du végétal»

Troisième cycle

- D.E.A. (partie pratique)
- DOCTORAT EN SCIENCES : *mention «Chimie»*

Adresse : 15, avenue René Cassin - B.P. 7151 - 97715 Saint-Denis Messag. Cedex 9 - La Réunion-DOM-FRANCE
e-mail : smadja@iremia.univ-reunion.fr - Téléphone : 0 (262) 93 81 83 - Télécopie : 0 (262) 93 81 83