

Physique de la matière condensée

M. Pierre-Gilles DE GENNES, membre de l'Institut
(Académie des Sciences), professeur

Cours « *Principes physiques de l'adhésion* »

Le collage est un art ancien. Mais au vingtième siècle, grâce à l'apparition des grandes familles de polymères synthétiques, on résout des problèmes d'adhésion de plus en plus difficiles. L'essor actuel des matériaux composites dépend aussi largement de notre compréhension de l'adhésion.

Toutefois nous comprenons encore mal les mécanismes intimes de l'adhésion, et comment ils se relient aux règles empiriques accumulées par les ingénieurs. L'enseignement de cette année était un début de réflexion interdisciplinaire sur ces questions ; il s'efforçait d'associer des savoirs très distincts : chimie, physicochimie, capillarité mécanique, science des polymères (*tous les adhésifs sont des polymères*).

On a introduit en particulier la notion (semble-t-il nouvelle) de *jonction faible* : région où la contrainte est proportionnelle à la vitesse d'élargissement. Le « coefficient de friction » Q de la jonction (rapport contrainte/vitesse) devrait être un paramètre important des études futures. Pour certains systèmes de polymères enchevêtrés, nous avons pu le calculer, ou, du moins, l'estimer par des lois d'échelle. Il faut ensuite faire une étude mécanique détaillée de la rupture de l'adhésif, à des échelles spatiales plus grandes (dix microns). Ici encore, nous n'avons produit jusqu'à présent que des conjectures sous forme de lois d'échelle. Mais le résultat final fait apparaître toute une série de prédictions nouvelles, et d'expériences nécessaires, qui arriveront peut-être à se réaliser dans les prochaines années.

Le cours a été enrichi par d'excellents séminaires sur les mécanismes de transition vitreuse et sur les mesures mécaniques d'adhésion. Il a rassemblé un auditoire très varié, recouvrant à peu près l'ensemble des disciplines concernées.

ACTIVITÉ DU LABORATOIRE EN 1988-1989

I. POLYMÈRES

A. Polymères aux interfaces

1) *Transitions de phase d'un mélange de polymères confiné dans un capillaire*
(E. RAPHAEL)

2) *Statistique d'une chaîne longue dans un fondu de chaînes plus courtes, enfermée dans un capillaire*
(F. BROCHARD, E. RAPHAEL)

3) *Interfaces AB entre deux polymères*
(P.G. DE GENNES)

- a) *Lois cinétiques de formation*
- b) *Efficacité pour l'adhésion*
- c) *Cas des copolymères séquencés*

4) *Surface libre d'un polymère : ségrégation des extrémités de chaîne*
(P.G. DE GENNES)

5) *Adsorption et greffage de polymères sur billes de silice*
(P. AUROY, L. LEGER)

L'étude de l'adsorption de polydiméthylsiloxane (PDMS) sur grains colloïdaux de silice a été poursuivie, et on a clairement établi que les modifications de surfaces, nécessaires pour obtenir une bonne dispersabilité des billes en milieu organique, empêchaient l'adsorption ultérieure du PDMS.

Des couches de PDMS greffé en extrémité sur silices poreuses ont été élaborées et étudiées par diffusion de neutrons aux petits angles (collaboration L. AUVRAY, Laboratoire Léon Brillouin, Saclay). Sur silices non modifiées, adsorption et greffage se produisent simultanément, donnant une couche de concentration non homogène. Sur des silices modifiées, on peut supprimer l'adsorption. Les chaînes s'étirent perpendiculairement à la surface, pour former une « brosse » se comportant localement comme une solution semi-diluée. La technique de variation de contraste permet de mettre clairement en évidence les fluctuations de concentration dans la couche de polymère greffé.

6) *Etude expérimentale de l'adsorption de polymères sur des parois solides*
(I. CAUCHETEUX, H. HERVET, F. RONDELEZ)

L'étude de l'adsorption de polyméthylméthacrylate, en solution dans du toluène, sur une surface de saphir a montré :

a) qu'il est difficile d'avoir une détermination précise du profil de la concentration en monomères près de l'interface ;

b) que la variation du premier moment de la distribution avec la masse moléculaire est en accord avec les prédictions des lois d'échelle.

7) *Etude de la dynamique des chaînes de polymère dans une couche adsorbée*
(D. FROT, H. HERVET, L. LEGER)

Les premiers résultats sur la diffusion de chaînes de polydiméthylsiloxane adsorbées sur de la silice en présence d'hexane ont montré qu'il y avait effectivement diffusion des chaînes dans la couche adsorbée. Le coefficient d'autodiffusion dépend de la masse moléculaire des molécules adsorbées.

8) *Tensions interfaciales de polymères fondus*
(R. OBER, C. BEUZELIN)

Nous poursuivons l'étude des tensions superficielles et interfaciales de polymères, en présence de copolymères tensioactifs. Nous étudions plus précisément l'influence de la masse moléculaire des divers composants du mélange sur la valeur du coefficient de diffusion du copolymère, migrant à l'interface.

Pour le système binaire suivant : matrice polyéthylèneglycol copolymère peigne polydiméthylsiloxane/polyoxyéthylène - oxypropylène, les résultats montrent que :

- a) le copolymère se comporte globalement comme un tensioactif classique ;
- b) la cinétique de migration du copolymère vers la surface suit une loi de diffusion.

B - Adhésion

1) *Modèles de jonction faible*
(P.G. DE GENNES)

2) *Effets viscoélastiques lointains*
(P.G. DE GENNES)

3) *Extension à la rupture d'un polymère massif*
(P.G. DE GENNES)

II. PHÉNOMÈNES DE MOUILLAGE

1) *Étalement des silicones sur une surface de silice*

(P. SILBERZAN, L. LEGER)

Les études entreprises ont été poursuivies dans trois voies :

— Profils et cinétiques d'étalement de microgouttes n'ayant plus de partie macroscopique, par réflectivité de rayons X sous incidence rasante (collaboration avec J.J. BENATTAR et J. DAILLANT à Saclay). Pour S grand, le film précurseur formé a une épaisseur moléculaire, et sa dynamique ne peut être décrite par une approche hydrodynamique. Un modèle a été élaboré pour décrire comment la goutte réservoir se vide progressivement dans le film.

— Etude du raccord film précurseur/goutte macroscopique par ellipsométrie résolue spatialement (collaboration M. ERMAN au L.E.P.A.) afin de comprendre comment les chaînes de polymère enchevêtrées dans le liquide massique changeaient de conformation pour former le film précurseur d'épaisseur monomérique.

— Modification de surface par greffage de monocouches, pour réaliser des pouvoirs d'étalement continûment variables, dans la gamme $0 \leq S \leq 1$ dyne/cm.

2) *Hystérésis et dynamique de la ligne triple en mouillage partiel*

(J. SADER, L. LEGER)

L'étude de l'accrochage de la ligne triple sur un défaut isolé a été poursuivie. Nous nous sommes plus particulièrement attachés à caractériser la dynamique de relaxation de la ligne lorsqu'elle décroche du défaut.

3) *Mouillage des fibres*

a) *Etude de l'hystérésis de mouillage des fibres*

(J.M. DI MEGLIO)

A l'aide d'une microbalance, nous avons mesuré la force exercée sur une fibre par une interface liquide/air, en avancée et en reculée. Nous avons pu corrélérer le « bruit » de cette force à l'hystérésis de l'angle de contact.

b) *Saturation de l'instabilité de Rayleigh par un écoulement*

(D. QUERE)

Nous avons montré que des films liquides macroscopiques pouvaient être « stabilisés » sur des fibres verticales par l'écoulement de drainage gravifique : celui-ci, relayé par la tension superficielle du liquide, provoque la saturation de l'instabilité de Rayleigh. Nous avons calculé un « critère de saturation » en épaisseur du film qui a été vérifié par l'étude expérimentale des cinétiques d'amincissement des films sur les fibres.

c) Figures de souffle sur les fibres

(P. GANDEBŒUF, J.M. DI MEGLIO)

En envoyant sur une fibre la vapeur d'un liquide, mouillant ou non mouillant, nous avons réalisé des figures de souffle « unidimensionnelles ». La cinétique de croissance a été déterminée dans les deux cas. Une étude de l'apparition d'un « ordre unidimensionnel » des gouttes dans le cas non mouillant est en cours.

4) Mouillage des capillaires

a) Films microscopiques

(J.M. DI MEGLIO, D. QUERE, F. BROCHARD-WYART)

Nous avons établi les caractéristiques des films mouillants microscopiques dans les capillaires (liquides volatils ou pas).

b) Vidange d'un capillaire

(D. QUERE, J.M. DI MEGLIO)

Nous avons calculé et mesuré l'épaisseur du film laissé par une grosse goutte qui tombe dans un capillaire. Nous nous sommes intéressés aux cinétiques d'amincissement de ce film.

5) Étalement liquide/liquide

(A.M. CAZABAT, H. FRAAYE)

Les théories récentes de dynamique du mouillage traitent séparément le mouvement du front macroscopique et celui du film précurseur microscopique. L'évolution du profil du front liquide a été suivie au cours de l'étalement de gouttes de polydiméthylsiloxane (PDMS) sur un mélange eau/glycérine. Il apparaît effectivement qu'un découplage macroscopique/microscopique n'est pas valable dans ce cas.

6) Dynamique de la ligne de contact

(A.M. CAZABAT, H. FRAAYE)

L'étude de la forme et de la vitesse de propagation des instabilités qui apparaissent sur la ligne de contact en présence d'une barrière, artificielle ou due à l'adsorption progressive de molécules tensioactives sur le solide, a été poursuivie. L'analyse des phénomènes observés dans ces conditions a permis de dégager les contributions de type purement hydrodynamique.

7) Étude ellipsométrique de films de mouillage

(F. HESLOT, N. FRAYSSE, P. LEVINSON, A.M. CAZABAT)

Une étude systématique des films de mouillage a été entreprise sur des microgouttes ou des films en ascension capillaire. Ces films présentent une

zone étendue (plusieurs mm) d'épaisseur moléculaire, dans laquelle la structure est profondément influencée par le voisinage du solide. Ainsi les molécules de PDMS se disposent à plat sur la surface, formant un tapis monomoléculaire compact dont les bords se désagrègent lentement par diffusion des molécules individuelles sur le solide. Une structuration en couches moléculaires peut également être induite dans certains cas.

8) *Effet Marangoni*

(P. CARLES, A.M. CAZABAT)

L'étude expérimentale de l'étalement de gouttes de PDMS en présence de contaminants volatils se poursuit. Une approche théorique utilisant les modèles des processus de diffusion-convection devrait permettre de décrire la situation où le contaminant, présent dans l'atmosphère, pénètre dans la goutte en cours d'étalement. Qualitativement, les phénomènes sont bien compris. Quantitativement, le problème comporte de multiples paramètres qui doivent être identifiés et déterminés par des expériences complémentaires.

9) *Dynamique du mouillage sur une surface hétérogène : le problème à un défaut*

(P.G. DE GENNES, E. RAPHAEL)

III. COLLOÏDES

A. *Systèmes dispersés*

1) *Extraction liquide-liquide en présence d'une microémulsion*

(R. OBER en collaboration avec I. BEN AZOUZ et E. NAKACHE, laboratoire de Structure et Réactivité aux Interfaces, Université Pierre et Marie Curie)

Une microémulsion eau/xylène utilisée pour l'extraction liquide-liquide a été étudiée par diffusion des rayons X aux petits angles afin d'en déterminer la structure de la microémulsion. L'influence du rapport eau/tensioactif et de la température sur la taille des micelles et les interactions entre micelles ont été examinées. Ces informations permettent de fixer les conditions optimales pour obtenir une microémulsion la mieux adaptée à une expérience d'extraction.

2) *Etude de phases lamellaires hypergonflées*

(J.M. DI MEGLIO, P. BASSEREAU (G.D.P.C., Montpellier)

Nous avons étudié, par la méthode du marquage de spin, les fluctuations d'orientation de phases lamellaires lyotropes dont la distance réticulaire peut atteindre 1 μm . La stabilité de ces phases a été ainsi attribuée aux répulsions stériques entre lamelles. Les phases les plus gonflées semblent être percées de trous.

3) *Grains Janus*

(C. CASAGRANDE, P. FABRE, T. ONDARCUHU, E. RAPHAEL, M. VEYSSIE)

Réalisation et caractérisation de particules solides amphiphiles, c'est-à-dire dont la surface est partiellement hydrophile et partiellement hydrophobe ; on peut prédire deux régions pour le comportement de tels grains à des interfaces liquides, qui dépendent du taux d'asymétrie et des tensions interfaciales des milieux en présence. Ces propriétés ont été vérifiées expérimentalement, dans le cas de grains Janus symétriques et asymétriques.

4) *Ferrofluides smectiques*

(P. FABRE, A.M. GUEDEAU, R. OBER et M. VEYSSIE)

Mise en évidence de phases lamellaires stables incorporant des particules magnétiques ; étude des effets de concentration et de variation d'épaisseur. Observations de comportement anisotrope en champs magnétiques et d'instabilités à faibles champs. Etude des structures par diffusion X aux petits angles pour les phases dopées et non dopées. Etude des temps caractéristiques par mesure de relaxation de biréfringence magnétique.

5) *Equilibre de fines particules solides à une interface fluide/fluide courbe*

(J.M. DI MEGLIO, E. RAPHAEL)

B. *Monocouches*

1) *Effet de la chiralité dans les monocouches à l'interface eau-air*

(M. DVOLAITZKY, M.A. GUEDEAU-BOUDEVILLE)

L'étude des propriétés interfaciales de tensioactifs chiraux ayant deux centres asymétriques dans la tête polaire, un carbone et un phosphore, a été complétée ; la limite de stabilité de ces films a été déterminée, ainsi que la variation de la pression de transition du film racémique RR/SS en fonction de la température. L'origine des interactions hétérochirales dans le film RR/SS a été attribuée principalement au carbone asymétrique.

2) *Filets polymériques monomoléculaires*

(M. DVOLAITZKY, en collaboration avec A. RASSAT (E.N.S.) et D. CHATENAY (Institut Curie), Paris)

Des tensioactifs « tripodes » ont été synthétisés (tête polaire trialkools, triamines, chaîne hydrocarbonée ou fluorée) en vue de les polycondenser en monocouche à l'interface eau-air, avec un réactif bi- ou trifonctionnel soluble dans la sous-couche aqueuse

3) *Monocouches de polymères flexibles*

(R. VILANOVE, D. POUPINET, F. RONDELEZ)

Nous avons effectué des mesures de pressions superficielles dans le régime dilué pour des monocouches de polyméthacrylate de méthyle atactique étalées à l'interface air-eau. Le second coefficient du viriel est négatif et varie avec la masse moléculaire de la chaîne suivant la relation $A_{22} \propto M^{2\nu} \cdot \nu$, l'exposant de Flory qui décrit la conformation de la chaîne unique ($R_F \propto N^\nu$), est trouvé égal à $0,57 \pm 0,03$.

IV. CRISTAUX LIQUIDES

(J. BILLARD)

La synthèse de molécules de la famille des tétrabenzocyclodécatétraènes à huit chaînes latérales a été réalisée. Contrairement aux tribenzocyclononatriènes qui présentent des mésophases pyramidiques, ces nouvelles molécules donnent des mésophases colonnaires.

Par ailleurs, l'étude des dérivés de l'acide ellagique a permis de mettre en évidence l'existence d'une nouvelle mésophase thermotrope métastable cubique et achirale.

Le développement de nouvelles méthodes d'étude des transitions de phase a été poursuivi, en particulier la technique de déflexion thermique.

PUBLICATIONS 1988-1989

I. *Polymères*

P.G. DE GENNES, *Some dynamical features of adsorbed polymers (Molecular Conformation and Dynamics of Macromolecules in Condensed Systems, Lectures presented at the 1st Toyota Conference, Inuyama City, Japan, 28 September - 1 October 1987, M. Nagasawa (Ed.), Studies in Polymer Science 2, 315-331, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1988).*

P.G. DE GENNES, *Freinage diélectrique d'un porteur le long d'une chaîne conductrice immergée dans un solvant polaire (C.R.A.S. 307, 1607, 1988).*

P.G. DE GENNES, *Formation d'une interface diffus entre deux polymères (C.R.A.S. 308, 13, 1989).*

H. REHAGE et M. VEYSSIE, *Rheological properties of two-dimensional model networks (Makromol. Chem. 184, 2395, 1988).*

H. MATTOUSSI, R. OBER et M. VEYSSIE, *Frank elastic constants and rotational viscosity for nematic solutions of main-chain polymer* (*J. phys.* 50, 90, 1989).

E. RAPHAEL, *Demixing of a molten polymer blend in a confined geometry* (*J. Phys. France* 50, 803-808, 1989).

R. VILANOVE, D. POUPINET, F. RONDELEZ, *A critical look at measurements of the ν exponent for polymer chain in two dimensions* (*Macromolecules* 21, 2880, 1988).

J.M. DI MEGLIO et C. TAUPIN, *Seeking the special transition in polymer solutions : surface tension measurements* (*Macromolecules* 22, 2388, 1989).

J. EDWARDS, D. AUSSERRE, H. HERVET et F. RONDELEZ, *Quantitative studies of evanescent wave intensity profiles using optical fluorescence* (*Applied Optics*, mai 1989).

L. LEGER, J.L. VIOVY, *Entangled polymers* (*Contemp. Phys.* 29, 579-595, 1988).

J.M. WIDMAIER, T. EL OURIAGHLI, L. LEGER, M.F. MARMONIER, *Synthesis and characterization of polystyrene networks containing unattached photochromic polystyrene : preliminary results of self-diffusion measurements* (*Polymers* 30, 549-552, 1989).

II. Phénomènes de mouillage

P.G. DE GENNES, *Tension superficielle des polymères fondus* (*C.R.A.S.* 307, 1841, 1988).

P.G. DE GENNES, *Dynamic capillary pressure in porous media* (*Europhys. Lett.* 5 (8), 689-691, 1988).

A.M. CAZABAT, M.A. COHEN-STUART, *The dynamics of wetting* (*NATO Adv. Inst. Physico Chemical Hydrodynamics* 174, Plenum NY, 1988).

P. LEVINSON, A.M. CAZABAT, M.A. COHEN-STUART, F. HESLOT, S. NICOLET, *The spreading of macroscopic droplets* (*Revue de Physique Appliquée* 23, 1009, 1988).

H. PRINCEN, A.M. CAZABAT, M.A. COHEN-STUART, F. HESLOT, S. NICOLET, *Instabilities during wetting processes : wetting by tensioactive liquids* (*J. Coll. Int. Sci.* 126, 84, 1988).

F. HESLOT, A.M. CAZABAT, P. LEVINSON, *Dynamics of spreading of tiny drops* (*Phys. Rev. Lett.* 62, 1289, 1989).

P. CARLES, A.M. CAZABAT, N. FRAYSSE, F. HESLOT, P. LEVINSON, *Etalement macroscopique et microscopique d'huiles silicones* (*Actes d'Adhocom 1989*, Bordeaux, p. 27, 20-23 mars 1989).

F. HESLOT, N. FRAYSSE, A.M. CAZABAT, *Spreading of tiny drops : molecular layering of the liquid* (*Nature* 338, 1289, 1989).

E. RAPHAEL, *Capillary rise of a wetting fluid in a semi-circular groove* (*J. Phys. France* 50, 485-491, 1989).

D. QUERE et J.M. DI MEGLIO, *Vidange d'un capillaire : étude du film résiduel* (*C.R.A.S.* 308, 147, 1989).

L. LEGER, M. ERMAN, A.M. GUINET-PICARD, D. AUSSERRE, C. STRAZIELLE, *Precursor film profiles of spreading liquid drops* (*Phys. Rev. Lett.* 60, 23, 1988)

L. LEGER, M. ERMAN, A.M. GUINET-PICARD, D. AUSSERRE, C. STRAZIELLE, J.J. BENATTAR, F. RIEUTORD, J. DAILLANT, L. BOSIO, *Spreading of non volatile liquids on smooth solid surfaces : role of long range forces* (*Revue de Physique Appliquée* 23, 1047-1054, 1988).

J. DAILLANT, J.J. BENATTAR, L. BOSIO, L. LEGER, *Final stages of spreading of polymer droplets on smooth solid surfaces* (*Europhysics Letters* 6, 431-436, 1988).

III. Colloïdes

P.G. DE GENNES et F. BROCHARD, *Electrophorèse d'un objet fractal* (*C.R.A.S.* 307, 1497, 1988).

P.G. DE GENNES et D. ANDELMAN, *Discrimination chirale dans une monocouche de Langmuir* (*C.R.A.S.* 307, 233, 1988).

C.M.C. GAMBÌ, L. LEGER, C. TAUPIN, *O/W microemulsions at low surfactant content* (*Prog. Colloid Polym. Sci.* 76, 119-122, 1988).

C. CASAGRANDE, P. FABRE, E. RAPHAEL et M. VEYSSIE, « *Janus beads* » : *special interfacial properties* (*Europhysics Lett.* 9, 191, 1989).

E. RAPHAEL, *Equilibre d'un « grain Janus » à une interface eau/huile* (*C.R.A.S.* 307, 9-12, 1988).

C. CASAGRANDE, P. FABRE, E. RAPHAEL, M. VEYSSIE, « *Janus beads* » : *realization and behaviour at a water/oil interface* (*Europhys. Lett.* 9, 251-255, 1989).

O. ABILLON, B.P. BRINKS, C. OTERO, D. LANGEVIN et R. OBER, *Winsor microemulsions with cationic surfactants : structure* (*Journal of Physical Chemistry* 92, 4411, 1988).

IV. Cristaux liquides

J. BILLARD, H. ZIMMERMANN, R. POUPKO et Z. LUZ, *Tetrabenzocyclodecatetraene, a new core for mesogens exhibiting columnar mesophases* (*Liq. Crist.* 3, 759-770, 1988).

J. BILLARD, A. HADJ-SAHRAOUI, G. LOUIS et P. PERETTI, *Détection de transitions de phase de mésogènes thermotropes par déflexion photothermique* (C.R.A.S. 307, 695-698, 1988).

J. BILLARD, H. ZIMMERMANN, R. POUPKO et Z. LUZ, *Ellagic acid derivatives ; a new mesogenic series exhibiting a thermotropic cubic mesophase* (J. de Phys. 50, 539-547, 1989).

V. Adhésion

P.G. DE GENNES, *Fracture d'un adhésif faiblement réticulé* (C.R.A.S. 307, 1949, 1988).

P.G. DE GENNES, *Adhésion de polymères légèrement incompatibles* (C.R.A.S. 308, 1401, 1989).

MISSIONS ET CONFÉRENCES 1988-1989

P.G. DE GENNES

« Dynamique du mouillage », exposé, Société Science de Chimie, Bâle, juin 1988.

« Polymères aux interfaces », cours, Université de l'Utah, Salt Lake City U.S.A., juillet 1988.

« Dynamique du mouillage », exposé, Colloque International de Mécanique, Grenoble, août 1988.

« Segregation of chain ends at the free surface of polymers », exposé, Cambridge, Grande-Bretagne, octobre 1988.

« Effets viscoélastiques à longue portée en pelage rapide », exposés à Exxon, Annandale, New Jersey, U.S.A., octobre 1988, à l'Institut Weizmann, Israël, novembre 1988.

« Monocouches chirales », exposé, Technion, Israël, novembre 1988.

« Physical principles of adhesion », cours au Midland Molecular Institute, U.S.A., mai 1989, plus séminaires à Dow Chemicals, Dow Corning, etc..., U.S.A.

« Weak junctions », Conférence IBM sur les polymères, Florence, Italie, mai 1989.

L. LEGER

« Diffusion in entangled polymer solutions », séminaire, I.B.M., Almaden Research Center, San José, Californie, U.S.A., 15 juillet 1988.

« Spreading of polymer liquids on smooth solid surfaces », séminaire, Kodak Company, Rochester, New York, U.S.A., 29 juillet 1988.

« Etalement d'un liquide sur un solide : rôle des forces cohésives, effets polymères, modification de surface », séminaire, Saint-Gobain, Centre de Recherche d'Aubervilliers, 20 octobre 1988.

« Transport de macromolécules flexibles à travers des membranes poreuses modèles », séminaire, E.S.P.C.I., laboratoire de Physicochimie Macromoléculaire, 9 février 1989.

L. LEGER, A.M. GUINET, D. AUSSERRE, « Spreading of a polymer liquid on solid surfaces : role of long range forces », Second European Colloid and Interface Society Conference, Arcachon, 19-22 septembre 1988.

L. LEGER, « Spreading of polymer liquids on solid model surfaces », Meeting of the Belgian Contact Group : Convection, Surface Tension, Microgravity, Bruxelles, Belgique, 25-26 octobre 1988.

L. LEGER, P. SILBERZAN, M. ERMAN, « Spreading of polymer liquids on solid surfaces : effect of chain confinement on the kinetics and the precursor film profiles », A.C.S. Meeting, Dallas, U.S.A., 9-14 avril 1989.

L. LEGER, « Spreading of polymer liquids on solid surfaces », Meeting of the European Macromolecular Club, Leiden, Pays-Bas, 28-31 mai 1989.

E. RAPHAEL

« "Janus beads" : special interfacial properties », communication affichée, NATO ASI « Random Fluctuations and Pattern Growth, Experiment and Theory », Cargèse, juillet 1988.

« Démixtion d'un mélange de polymères fondus en géométrie confinée », communication orale, Neuvième Rencontre de Physique Statistique, Paris, janvier 1989.

« Demixing of a molten polymer blend in a confined geometry », communication affichée, NATO ASI « Phase Transitions in Soft Condensed Matter », Geilo, Norvège, avril 1989.

F. BROCHARD-WYART, E. RAPHAEL, « Scaling theory of molten polymers in small pores », communication affichée, I.B.M. Polymer Symposium, Florence, Italie, 10-13 mai 1989.

P. FABRE

« Solid particles with remarkable surface properties », 6^e Conférence Internationale des Surfaces et des Colloïdes, Halxon, Japon, juin 1988.

« Colloïdes solides à caractère amphiphile », séminaire, Centre de Recherche Paul Pascal, Bordeaux, juin 1989.

A.M. CAZABAT

« Statics and dynamics of wetting », conférence plénière, Paper Chemistry Symposium 1988, Stockholm, Suède, septembre 1988.

« Le mouillage », cours, 2nd International Topical Meeting on Optics of Liquid Crystals, Turin, Italie, octobre 1988.

« Dynamique des films de mouillage », séminaire, Université de Paris VI, Physique des Liquides, Paris, 11 janvier 1989.

« Le mouillage », séminaire, Magistère E.N.S., Paris, 23 janvier 1989.

« Le mouillage », séminaire, E.N.S.-G.P.S., Université Paris VII, Paris, 18 mai 1989.

P. CARLES, « Etalement macroscopique et microscopique d'huiles silicone », communication orale, Adhécom 1989, Bordeaux, 20-23 mars 1989.

F. HESLOT

« Precursor film in wetting », E.C.I.S., Arcachon, 19-22 septembre 1988.

« Ellipsometric measurements of drop profiles », Workshop on Wetting Phenomena, Mons, 17-19 octobre 1988.

« Microscopic studies of spreading : some experimental results », Wetting and Spreading Meeting, Bruxelles, Belgique, 25-26 octobre 1988.

« Thin wetting films », séminaire, E.N.S., Groupe de Physique Statistique, Paris, 6 décembre 1988.

A.M. CAZABAT, P. CARLES, séminaire, « Etalement en présence de gradients de tension superficielle : effet Marangoni », Université d'Orsay, Groupe de Physique du Solide, Orsay, 6 janvier 1989.

N. FRAYSSE, « pression de disjonction et isothermes d'adsorption », séminaire, I.F.P., Rueil-Malmaison, 1^{er} mars 1989.

J. BILLARD, A. HADJ-SAHRAOUI, G. LOUIS, B. MANGEOT et P. PERETTI, « Analysis of phase transitions by photothermal probe beam deflection », communication par affiche, The Twelfth International Liquid Crystal Conference, Freiburg, R.F.A., 15-19 août 1988.

J. BILLARD, H. ZIMMERMANN, R. POUPKO et Z. LUZ, « An ionic amphiphile which exhibits thermotropic and aqueous lyotropic mesophases, a study by NMR and optical microscopy », communication par affiche, The Twelfth International Liquid Crystal Conference, Freiburg, R.F.A., 15-19 août 1988.

I. BEN AOUI, E. NAKACHE, R. OBER, « Small angle X-ray scattering of swollen micelles used for liquid-liquid extraction », communication affichée, Second European Colloid and Interface Society Conference, Arcachon, septembre 1988.

R. OBER, C. BIVER, P. NOEL, « Etude de la polydispersité de suspensions de particules minérales par diffusion des rayons X aux petits angles », communication affichée, Quatrième Colloque Diffraction X, Meudon, 19 octobre 1988.

E. GRANET, R. OBER, D. ESPINAT, B. REBOURS, « Etude de systèmes colloïdaux par diffusion centrale des rayons X. Application aux supports catalyseurs », communication affichée, Quatrième Colloque Diffraction X, Meudon, 19 octobre 1988.

M. DVOLAITZKY, D. CHATENAY, « Polymérisation bidimensionnelle », Groupe de Recherche « Films Moléculaires Flexibles », Valence, 8-12 mai 1989 et Collège de France, Paris, 2 juin 1989.

D. QUERE

« Spreading of van der Waals liquids on fibers », Ecole d'Eté des Houches « Liquids at Interfaces », Les Houches, juin 1988.

« Le mouillage des fibres polymériques », conférence, Atochem, Levallois-Perret, septembre 1988.

« Mouillage des fibres et des capillaires », conférence, I.F.P., Rueil-Malmaison, octobre 1988.

« Etalement de liquides en milieu confiné », conférence, L.E.P.T., Bordeaux, janvier 1989 .

J.M. DI MEGLIO, « Le mouillage des fibres », conférence, U.S.T.L., Montpellier, novembre 1988.

H. HERVET

« Polymers at interfaces », exposé au 2nd International Topical Meeting on « Optics of Liquid Crystals : Optics and Interfacial Phenomena in Liquid Crystals and Polymers », Turin, Italie, octobre 1988.

« Experimental study by optical evanescent waves of the structure of adsorbed polymer layers in the good solvent case », séminaire à I.B.M. Research Laboratories, San José, U.S.A., avril 1989.

« Characterization of adsorbed polymer layers by evanescent wave induced fluorescence », exposé à l'European Molecular Club, Leiden, Pays-Bas, mai 1989.

SÉMINAIRES

P.G. DE GENNES (Collège de France, Paris), *Polymères fortement étirés : compte rendu de visites et réflexions* (6 octobre 1988).

I. RABIN (Weizmann Institute, Rehovot, Israël), *Macroscopic hydrodynamics of dilute polymer solutions* (7 octobre 1988).

H. ARRIBAR (Saint-Gobain Recherches), *Surface du verre et interface verre-polymère : quelques problèmes industriels* (14 octobre 1988).

P. AUROY (Collège de France, Paris), *Adsorption de polymères sur des suspensions colloïdales de silice en milieu organique* (28 octobre 1988).

F. HESLOT (Collège de France, Paris), *Étalement de petites gouttes : quelques études ellipsométriques* (3 novembre 1988).

H. BENOIT (Institut Charles Sadron, Strasbourg), *Transestérification dans les polymères denses : effets statistiques et expériences de diffusion de neutrons* (17 novembre 1988).

M. FERMIGIER (E.S.P.C.I., Paris), *Dynamique d'une interface liquide-liquide dans un capillaire* (18 novembre 1988).

F. OOSAWA (Université d'Osaka, Japon), *Motility of actin polymers and the loose mechanism of sliding* (24 novembre 1988).

F. CANDAU (Institut Charles Sadron, Strasbourg), *Polymérisation en microémulsion* (1^{er} décembre 1988).

G. PORTE (U.S.T.L., Montpellier), *Phases diluées de membranes infinies* (8 décembre 1988).

M.A.V. AXELOS (I.N.R.A., Nantes), *Polymères naturels : mécanismes de gélification, propriétés rhéologiques et applications* (18 décembre 1988).

J.M. DI MEGLIO (Collège de France, Paris), *Hystérésis du mouillage des fibres : mesure de forces* (16 décembre 1988).

L. LEIBLER (E.S.P.C.I., Paris), *Gélification de polymères* (22 décembre 1988).

J. CHARVOLIN (Physique des Solides, Orsay), *Polymorphisme des systèmes d'amphiphiles : films fluides frustrés et structures des disinclinaisons* (5 janvier 1989).

J. RAULT (Physique des Solides, Orsay), *Hystérèse du mouillage des polymères traités par décharge couronne* (12 janvier 1989).

B. DUPLANTIER (Physique Théorique, C.E.N. Saclay, Gif-sur-Yvette), *Polymères à 2 D* (19 janvier 1989).

M. ROBBINS (Baltimore, U.S.A.), *Critical phenomena in fluid invasion of porous media* (20 janvier 1989).

J.Th.G. OVERBEEK (Van't Hoff Laboratorium, Utrecht, Pays-Bas), *On birth, life and death of colloids* (26 janvier 1989).

P. CARLES (Collège de France, Paris), *Etalement de gouttes et effet Marangoni* (27 janvier 1989).

D. MAUGIS (Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées, Paris), *Adhésion des solides viscoélastiques : aspects thermodynamiques* (16 février 1989).

M. BARQUINS (Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées, Paris), *Adhésion des solides viscoélastiques : résultats expérimentaux* (23 février 1989).

G. COULON (Institut Curie, Paris), *Orientation des copolymères bloc* (2 mars 1989).

E. RAPHAEL (Collège de France, Paris), *Démixtion de polymères fondus en géométrie confinée* (3 mars 1989).

L. MONNERIE (E.S.P.C.I., Paris), *Influence des mouvements moléculaires sur les propriétés mécaniques des polymères* (9 mars 1989).

C. BEUZELIN (Atochem, Levallois-Perret), *Tensions interfaciales dans les alliages de polymères* (10 mars 1989).

H.D. WAGNER (Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israël), *Microdamage analysis of fibers composite monolayers under tensile stress* (23 mars 1989).

R. ROSENSWEIG (Exxon Research and Engineering Company, U.S.A.), *Spin diffusion mechanism in ferrohydrodynamics* (20 avril 1989).

D. QUERE (Collège de France, Paris), *Films courbes* (21 avril 1989).

M.A. WINNIK (University of Toronto, Canada), *New approaches to the study of polymer surfaces and interfaces* (24 avril 1989).

T. RUSSELL (I.B.M., San Jose, U.S.A.), *Neutron reflectivity studies on oriented diblock copolymers* (18 mai 1989).

N. FRAYSSE (Collège de France, Paris), *Quelques expériences récentes de mouillage ou « de l'influence des Mayas sur la pensée moderne »* (19 mai 1989).

D. FROT (Collège de France, Paris), *Dynamique de polymères dans une couche adsorbée* (26 mai 1989).

P. FABRE (Collège de France, Paris), *Ferrofluides et Phases lamellaires* (9 juin 1989).

P. SILBERZAN (Collège de France, Paris), *Etalement de polymères liquides sur des surfaces solides* (16 juin 1989).

P. AUROY (Collège de France, Paris), *Polymères greffés : étude par diffusion des neutrons aux petits angles* (23 mai 1989).

F. HESLOT (Collège de France, Paris), *Quelques expériences récentes de mouillage* (30 juin 1989).

DISTINCTIONS

- Médaille MATTEUCCI (Rome, Italie).
- Chevalier de la Légion d'Honneur.
- Docteur Honoris Causa (Institut Weizmann, Israël).
- Prix « Art et Science » (Louis Vuitton Moët Hennessy).

BREVET

- Brevet ANVAR : Produit dont la surface des particules est partiellement hydrophile et partiellement hydrophobe (1988).