

## Physique de la matière condensée

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

Cours année 1991 : *Etablissement et rupture de contacts*

1) *L'établissement* de contacts entre deux objets physiques peut prendre des formes très variées : depuis la reconnaissance de deux chaînes d'acide nucléique jusqu'à la soudure des métaux, on rencontre une palette très vaste de problèmes, qui gagnent à être comparés. Ici l'accent a été surtout mis sur l'interpénétration de polymères, qui est un sujet que nous comprenons progressivement. En particulier, dans l'état initial, on trouve souvent que les extrémités de chaînes sont attirées vers la surface ; ceci modifie profondément l'évolution ultérieure du contact.

2) On a discuté différentes méthodes de *sondage* des contacts — en particulier la réflectance des neutrons, qui devient un outil majeur mais où l'effort français n'a pas été tout à fait au niveau de nos espoirs, malgré une instrumentation excellente. On a insisté sur les mesures mécaniques, et en particulier sur les effets de *glissement* d'un polymère sur un autre.

3) Sur les phénomènes de *fracture* dans l'état vitreux on a étendu un modèle nouveau de H. Brown, et essayé d'interpréter ainsi, l'énergie de fracture de diverses jonctions faibles : entre polymères identiques (après une cicatrisation partielle) ou entre polymères différents.

4) Pour les systèmes en phase fluide (élastomères non réticulés) on trouve souvent des « pégosités » remarquables en régime rapide (en anglais « tack »). Nous avons essayé de les interpréter par une extension d'un modèle viscoélastique utilisé jadis à propos de caoutchoucs faiblement réticulés. Mais il reste beaucoup à faire pour démontrer, ou infirmer, ce mécanisme.

Au total cette année a été stimulante. Nos idées sur l'adhésion et la fracture ont évolué, en particulier sous l'influence de A. Gent et H. Brown. Le présent cours contenait encore beaucoup de conjectures, mais il se rapprochait du réel.

## ACTIVITÉS DU LABORATOIRE EN 1990-1991

## I. COLLOÏDES ET INTERFACES

## A. Colloïdes :

## 1) Incorporation de polymères hydrosolubles dans des mousses

[S. LIONTI-ADDAD et J.M. DI MÉGLIO en collaboration avec S. TROIAN (EXXON) et R. BRUINSMA (UCLA)]

L'étude des déviations à la loi de Landau-Levich qui décrit l'épaisseur d'un film de savon entraîné par un cadre dans des solutions de sodium dodécyl sulfate et polyoxyéthylène, a été réalisée. Les résultats ne peuvent être simplement décrits par des phénomènes de glissement ou de contraintes normales.

Un début de réflexion théorique sur l'adsorption de polymères contre une monocouche a été entrepris (P.G. de GENNES).

## 2) Ferrosmectiques

(P. FABRE, C. QUILLIET, V. PONSINET, M. VEYSSIE)

L'étude des phases lamellaires dopées par des particules magnétiques (phases ferrosmectiques) s'est poursuivie :

— Mesure de l'anisotropie de susceptibilité magnétique  $\chi_a$  par un montage Fouer en fonction de la concentration en particules et relation avec la mesure du champ magnétique seuil d'orientation des lamelles.

— Détermination de la structure et des interactions dans les phases ferrosmectiques par diffusion des rayons X et des neutrons (en collaboration avec L. AUVRAY, C.E.A. Saclay), qui a mis en évidence une dépendance de la périodicité des lamelles avec la concentration en particules.

— Des expériences de diffusion de lumière (en collaboration avec F. NALLET et D. ROUX de Bordeaux) ont permis de mesurer le coefficient de diffusion des particules qui se révèle être très anisotrope :

- a) les particules ne diffusent pas d'une lamelle à l'autre ;
- b) elles diffusent dans le plan des lamelles, mais moins vite qu'à trois dimensions.

## 3) Colloïdes et liquides organisés

(P. FABRE, C. QUILLIET, V. PONSINET, M. VEYSSIE)

L'étude de phases lamellaires dopées par des particules non magnétiques a montré qu'il était possible d'obtenir des phases lamellaires stables.

#### 4) *Polymères en solution*

(E. RAPHAËL, P.G. de GENNES)

— Comportement de copolymères F.R.F. (F : flexible ; R : rigide) en solvant sélectif : importance de l'effet « Skoulios » dû à la différence de taille entre « bouée » et « ancre ».

#### 5) *Nouveaux transporteurs biologiques : contrôle de la composition et de la morphologie des vésicules*

(M. DVOLAITZKY, M.A. GUEDEAU)

Des liposomes constitués d'une membrane bicouche polymérique ont été obtenus à partir d'un lipide monomère synthétique portant un groupe butadiénique polymérisable dans chaque chaîne. La polymérisation se produit spontanément lors de la fabrication de ces vésicules « géantes » (plusieurs dizaines de microns). Par microscopie optique à contraste de phase, on n'observe pas alors de fluctuations de forme et ces vésicules ne peuvent être dégonflées par osmométrie. Des tensioactifs portant des groupements polymérisables (méthacrylates) sur la tête polaire sont en cours de synthèse.

### B. *Monocouches :*

#### 1) *Monocouches de polymères flexibles*

(R. VILANOVE, en collaboration avec D. POUPINET, Institut de Mécanique des Fluides de Marseille et F. RONDELEZ, Laboratoire Structure et Réactivité aux Interfaces, Paris VI)

La mesure systématique de la tension superficielle de monocouches de polyméthylméthacrylate étalées à l'interface eau-air a été poursuivie afin de comprendre les corrélations qui apparaissent à très faible concentration entre la tacticité du polymère et la qualité du solvant que représente l'interface.

### C. *Polymères aux interfaces :*

#### 1) *Mobilité de chaînes de polymère dans une couche adsorbée*

(D. FROT, H. HERVET, L. LÉGER)

La mobilité latérale de chaînes de polydiméthylsiloxane dans une couche adsorbée sur une surface de silice a été déterminée par la technique de recouvrement de fluorescence après photoblanchiment. Pour une couche adsorbée en présence de solution, on observe :

- une grande distribution de mobilité (deux décades) ;
- les chaînes les plus mobiles diffusent beaucoup plus lentement qu'en volume ;

— cette distribution de mobilité est extrêmement sensible à la nature des interactions chaînes-parois ainsi qu'à la structure de la couche.

### 2) *Etude des interfaces polymère/polymère fondus*

(C. BEUZELIN, R. OBER)

L'étude de la cinétique d'adsorption de copolymères en solution dans des polymères de différentes masses moléculaires s'est poursuivie.

La détermination de la tension interfaciale entre deux polymères fondus, par la technique de la goutte pendante, a permis d'étudier l'influence de la masse respective des deux polymères et de la température. A partir des résultats obtenus, le paramètre d'interaction,  $\chi$ , a été calculé et comparé aux prévisions théoriques.

### 3) *Greffage de chaînes de polymère sur surface solide*

(P. AUROY, L. LÉGER)

En étendant au cas de surfaces planes les techniques de greffage de chaînes de PDMS fonctionnalisées en extrémité sur billes poreuses de silice, on a fabriqué des surfaces décorées (silice revêtue d'une « brosse » de PDMS) qui sont des substrats modèles pour l'étalement et l'adhésion.

## D. *Polymères fondus :*

### 1) *Dynamique de polydiméthylsiloxane (PDMS)*

(G. MASSEY, H. HERVET, L. LÉGER, P. AUROY)

Par recouvrement de fluorescence après photolyse, on a mesuré les dépendances en masse moléculaire du coefficient d'autodiffusion de polydiméthylsiloxane en phase fondue :

- lorsque les chaînes marquées et non marquées ont même longueur ;
- lorsque les chaînes non marquées sont beaucoup plus longues que celles dont on suit le mouvement.

La loi en  $M^{-2}$  de pure reptation est bien observée dans le second cas tandis que le renouvellement du tube accélère notablement la diffusion dans le premier cas pour des chaînes peu enchevêtrées.

### 2) *Réflexions sur les phénomènes de « rétraction » en cisaillement fort*

(P.G. de GENNES)

Contrairement à la doctrine classique, il n'y a peut-être pas rétraction dans les fondus, où les tubes sont amincis par le cisaillement. Mais il peut y avoir rétraction dans les solutions.

3) *Réflexions sur la construction progressive d'un gel olympique*  
(E. RAPHAËL, P.G. de GENNES)

E. *Adhésion* :

*Adhésion caoutchouc-caoutchouc avec promoteurs*  
(E. RAPHAËL, P.G. de GENNES)

*Energie de fracturation des polymères vitreux : extensions d'une idée de H. Brown à la cicatrisation des polymères*

*Pégosite (« tack ») : essai d'un modèle viscoélastique*  
(P.G. de GENNES)

*Fracture « lenticulaire » des smectiques et des stratifiés vitreux/fondu*  
(P.G. de GENNES)

## II. MOUILLAGE

### A. *Mouillage de surfaces planes* :

1) *Etude du mouillage total par un liquide non volatil*  
(P. SILBERZAN, L. LÉGER)

a) Paramètre d'étalement petit ou très petit

Par greffage chimique de monocouches mixtes de chaînes carbonées vinyl ou méthyl terminées, nous avons obtenu des substrats de paramètre d'étalement  $S$  continûment variable et pouvant traverser la valeur zéro pour le polydiméthylsiloxane (PDMS). Les caractéristiques de ces couches ont été déterminées par des techniques complémentaires (spectroscopie I.R., réflectivité des rayons X, mesure d'angle de contact de liquides de référence).

Sur ces substrats, plusieurs régimes de mouillage différents ont été identifiés avec l'aide d'une théorie récente de F. BROCHARD :

— mouillage partiel : la goutte macroscopique coexiste à l'équilibre avec du solide sec ( $S < 0$ ) ;

— mouillage pseudo-partiel : une grosse goutte coexiste avec un film mouillant fin tandis qu'une petite goutte s'étale complètement ( $S > 0$  très proche de zéro) ;

— mouillage total, avec ou sans apparition de films épais transitoires ( $S > 0$ ).

b) Comportement spécifique des polymères

Sur substrat de haute énergie, les PDMS de masse moléculaire supérieure à la masse moléculaire entre points d'enchevêtrement s'étalent en faisant apparaître un épaulement dans le film précurseur à des épaisseurs comparables au rayon de giration des chaînes.

L'extension latérale de cet épaulement suit une loi diffusive en temps. Cet épaulement apparaît directement lié à la force des interactions polymère-surface : il n'existe pas sur substrats de haute énergie ne pouvant pas donner naissance à des interactions par pont hydrogène avec le polymère.

c) Etalement sur une brosse

(N. SALEHI, L. LÉGER)

Il s'agit de comprendre comment l'interpénétration liquide mouillant - brosse affecte les cinétiques d'étalement.

2) *Modes de relaxation d'une ligne de contact*

(T. ONDARCUHU, M. VEYSSIE)

L'étude de la dynamique de relaxation d'une ligne de contact déformée, en situation de mouillage partielle, a été effectuée en la perturbant de manière périodique avec une longueur d'onde ajustable entre 50  $\mu\text{m}$  et 1 cm. Les résultats obtenus ont permis de déterminer la courbe de dispersion du temps caractéristique en fonction de la longueur d'onde. Les résultats obtenus sont en bon accord avec la théorie (F. BROCHARD) et confirment la forme très particulière de l'énergie élastique de la ligne de contact, aussi bien en régime capillaire qu'en régime de gravité.

3) *Relation entre hystérèse du mouillage et défauts de surface*

(J.M. DI MÉGLIO)

Cette étude s'est poursuivie sur des surfaces mouillantes parsemées aléatoirement de défauts non mouillants, en s'intéressant plus particulièrement à la statistique de la force due aux défauts : analyse de Fourier des fluctuations.

4) *Elasticité de la ligne triple pour de faibles angles de contact (théorie)*

(E. RAPHAËL en collaboration avec J.F. JOANNY de l'Institut Charles Sadron à Strasbourg)

5) *Films moléculaires*

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

L'étude ellipsométrique des films moléculaires a été étendue aux liquides volatils, sur lesquels des isothermes d'adsorption sont mesurés. La combinaison des résultats statiques (isothermes) et dynamiques (profils de films en étalement) et la confrontation avec divers modèles théoriques est en cours.

6) *Défauts et contamination*

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

Des études en géométrie de montée capillaire avec un liquide mouillant ont été effectuées et analysées.

7) *Instabilité des films hydrodynamiques : digitations*

(P. CARLES, F. HESLOT, A.M. CAZABAT)

L'étude de l'effet d'un gradient thermique sur l'étalement a été poursuivie avec des conditions d'injection différentes. La tendance déjà observée des films minces à s'écarter du comportement prévu par la théorie a été confirmée par une étude systématique.

Une analyse du problème des « larmes de vin », c'est-à-dire des instabilités induites par les gradients de concentration dans un mélange, est en cours.

8) *Réfectométrie X*

(R. OBER, S. LIONTI-ADDAD, J.M. DI MÉGLIO, L. LÉGER)

Un banc de réflectivité X a été installé, qui a permis d'étudier :

— l'épaisseur de films d'épaisseur moléculaire (20 - 50 Å) déposés sur des pastilles de silicium ;

— la structure de films de savon dont l'épaisseur est de l'ordre de 100 - 200 Å.

B. *Mouillage de fibres :*1) *Films sur des fibres verticales*

(D. QUÉRÉ)

L'étude de la saturation de l'instabilité de Rayleigh d'un film annulaire sur une fibre verticale a montré que lorsque le film liquide est mince, l'écoulement gravitationnel fabrique localement des zones de forte courbure. Ceci empêche l'instabilité de se développer, la tension superficielle retrouvant son rôle stabilisant habituel.

Les cinétiques d'amincissement des films sur des fibres fines verticales ont aussi été étudiées, montrant que la loi classique de Reynolds en  $t^{-1/2}$  est remplacée par une loi en  $t^{-1/3}$ .

2) *Mouillage d'une fibre s'enfonçant dans un bain de liquide*

(F. BROCHARD, J.M. DI MÉGLIO, D. QUÉRÉ)

L'étude expérimentale et théorique de la formation de films microscopiques sur des fibres que l'on enfonce à vitesse constante dans des bains de liquide mouillant est en cours.

3) *Étalement forcé en mouillage partiel*

(D. QUÉRÉ)

Le comportement d'une goutte, déplacée à vitesse constante dans un capillaire qu'elle ne mouille que partiellement, a été étudié :

— à faible vitesse, le ménisque arrière fait un angle bien défini avec la paroi du tube ;

— à plus grande vitesse, la goutte abandonne derrière elle un film dont l'épaisseur augmente avec la vitesse.

L'influence des divers paramètres du système (angles de contact liquide/solide et viscosité du liquide) sur le seuil entre ces deux régimes a été déterminée.

4) *Particules aux interfaces*

(E. RAPHAËL, J.M. DI MÉGLIO en collaboration avec M. BERGER de l'Institut des Hautes Etudes Scientifiques de Bures-sur-Yvette)

L'analyse théorique du comportement d'une particule solide cylindrique de section convexe quelconque à une interface liquide/liquide a été réalisée.

### III. CRISTAUX LIQUIDES

*Influence des chaînes latérales sur les mésophases discotiques*

[J. BILLARD en collaboration avec le Max Planck Institut de Heidelberg (Allemagne) et l'Institut Weizmann de Rehovot (Israël)]

Cinquante-quatre dérivés de la benzopyranobenzopyrane-dione comportant quatre, cinq ou six chaînes latérales ont été étudiées. Il apparaît :

— que la plupart de ces substances ont au moins une phase colonnaire et certaines possèdent aussi une mésophase thermotrope cubique achirale ;

— que, toutes choses identiques par ailleurs, les mésophases columnaires ont une symétrie d'autant plus grande que le nombre de chaînes latérales est élevé.

*Fracture lenticulaire des smectiques*  
(voir I.E. Adhésion)

#### MISSIONS ET CONFÉRENCES 1990-1991

P.G. de GENNES

— « Flexible structures at interfaces », Colloque International sur les Colloïdes, Lehigh, juillet 1990.

— « Dynamics of wetting », Colloque « Angle de Contact », Toronto, juillet 1990.

— « Weak junctions and adhesion », Gordon Conference on the Chemistry of Interfaces, Colby, N.H., juillet 1990.

— « Polymer-polymer interdiffusion », Symposium R. Stein, Amherst, N.H., juillet 1990.

— « Interactions polymer/surfactant », Colloque Int. Polymères, Montréal, juillet 1990.

— « Semi-smectics », Gordon Conf. Polymer Physics, Newport, R.I., juillet 1990.

— « Viscoelastic effects in adhesion », San Felix de Guixols, septembre 1990.

— « Rhéologie des polymères fondus », Conférence Européenne sur les Polymères, Sorrente, septembre 1990.

— « Polymères aux interfaces », Montpellier, septembre 1990.

— « Adhesion », M.R.S., Boston, octobre 1990.

— « Interfacial properties of polymers », Société Allemande de Chimie, Darmstadt, décembre 1990.

— « Rhéologie des polymères », Bayreuth, janvier 1991.

— « Adhésion et viscoélasticité », Symposium Paul Martin, Harvard, janvier 1991.

— « Interfaces fluides », Workshop Biologie-Physique, Les Houches, février 1991.

— « Wetting and drying », Discours de réception de la médaille Lorentz, Académie Néerlandaise des Sciences, février 1991.

— « Interfaces de polymères », A.P.S. March Meeting, Cincinnati, mars 1991.

— « Dynamics of wetting and drying », Procter and Gamble, mars 1991.

— « Polymer interfaces », A. Keller Symposium, Bristol, avril 1991.

— « Semi-smectics », F.C. Frank Symposium, Bristol, avril 1991.

— « Bubbles, foams and other fragile objects », Simon-Cherwell Lecture, Oxford, mai 1991.

— « Principles of adhesion », Leeds, mai 1991.

— « Introduction à la physique des molécules en longue chaîne », Palais de la Découverte, mai 1991.

— « Principles of adhesion », Minneapolis, mai 1991.

— « The various roles of surfactants », Symposium Franco-Israélien (Chantilly), mai 1991.

— Symposium « Tethered Chains » : discours de clôture, Minneapolis, juin 1991.

#### P. AUROY, L. AUVRAY, L. LÉGER

— « Grafted polymers : a small angle neutrons scattering study », 33<sup>rd</sup> I.U.P.A.C. Conference, Montréal, Canada, juillet 1990.

— « Grafted polymer chains. Role in colloidal stabilization », Gordon Conference « Complex Fluids », un poster, Volterra, Italie, septembre 1990.

#### J. BILLARD

« Novel thermotropic discotics derived from benzopyranobenzopyran-dione », Thirteenth International Liquid Crystal Conference, Vancouver, Canada, juillet 1990.

#### P. CARLES

— « Droplet spreading in presence of contamination », First Liquid Matter Conference, affiche, Lyon, juillet 1990.

— « Instabilités de films de mouillage en présence de gradients thermiques », Journées de la Matière Condensée de la S.F.P., Montpellier, septembre 1990.

## A.M. CAZABAT

— « Instabilities of the contact line in presence of surface tension gradients », International Symposium on Contact Angles and Wetting Phenomena, conférence invitée et deux affiches, Toronto, juin 1990.

— « Fingering instabilities in thermally driven wetting films », E.P.S. « First Liquid Matter Conference », conférence invitée, Lyon, juillet 1990.

— « Wetting at the molecular scale », International Conference of Surfaces Forces, conférence invitée et une affiche, Moscou, novembre 1990.

— « Le mouillage », Carry-le-Rouet, mai 1991.

— « Terraced droplets », séminaire, Mons, Belgique, 21 mai 1991.

— « Diffusive ultrathin films », séminaire, Schlumberger, Ridgefield, U.S.A., 18 juin 1990.

— « Wetting films », séminaire, Exxon, Annandale, U.S.A., 19 juin 1990.

J.C. DABADIE, P. FABRE, M. VEYSSIE, « Magnetic Lyotropic Phases », 1<sup>st</sup> Liquid Matter Conference, Lyon, 7 juillet 1990.

P. FABRE, M. VEYSSIE, V. CABUIL, R. MASSART, « Phases ferrosmeectiques : fabrication et premières propriétés », Journées de la Matière Condensée, Montpellier, 4 septembre 1990.

## P. FABRE

— « Phases lamellaires magnétiques : les ferrosmeectiques », E.S.P.C.I., octobre 1990.

— « Le millefeuille magnétique », G.P.S., Université Paris VI, 16 novembre 1990.

— « Ferrosmeectiques », Journées de Physique Statistique, Paris, 24-25 janvier 1991.

## N. FRAYSSE

— « Wetting at the nanoscopic scale », E.P.S. « First Liquid Matter Conference », affiche, Lyon, 7 juillet 1990.

— « Ellipsometric study of ultra-thin films in static and dynamic situations », « First British Colloid and Surface Science Student Meeting », Nottingham, mars 1991.

H. HERVET, P.A. SUCI, I. CAUCHETEUX, D. FROT, « Investigation by optical evanescent waves of adsorbed polymer layers in good solvent », conférence invitée, 200th A.C.S. Meeting, Symposium on Light, X-Ray and Neutron Scattering and Reflectivity from Polymers, Washington, D.C., U.S.A., août 1990.

H. HERVET, D. FROT, L. LÉGER, P. AUROY, « Lateral diffusion of long polymer chains confined in an adsorbed layer », conférence invitée, M.R.S. Fall Meeting, Boston, U.S.A., novembre 1990.

L. LÉGER, « Spreading of drops on solids », 1<sup>st</sup> Liquid Matter Conference European Physical Society, conférence invitée, Lyon, juillet 1990.

L. LÉGER, P. SILBERZAN, M. ERMAN, J. DAILLANT, J.J. BENATTAR, « Spreading of polymer liquids on solid surfaces : light and X-rays reflectivity investigations », A.C.S. Meeting, conférence invitée, Washington, D.C., U.S.A., août 1990.

L. LÉGER, H. HERVET, D. FROT, P. AUROY, « Propriétés dynamiques de polydiméthylsiloxane à l'état fondu », Colloque G.D.R. 901, Sophia Antipolis, septembre 1990.

L. LÉGER, « Polymer interfacial layers formed by end grafted chains : structure and role in colloids stabilization », 24<sup>ème</sup> Congrès de la Société de Chimie Physique Italienne, conférence invitée, Maratea, Italie, octobre 1990.

L. LÉGER

— « Dynamics of polymer molecules close to a solid surface : role of polymer surface interactions and consequences on spreading », Winter School on Dynamical Phenomena at Interfaces, Surfaces and Membranes, conférence invitée, Les Houches, février 1991.

— « Interfacial polymer layers : structure of grafted brushes and dynamics of adsorbed chains », séminaire, Max Planck Institute für Polymerforschung, Mainz, Allemagne, avril 1991.

— « Pseudo-partial wetting », Symposium « Forces between Surfaces », in the honour of J.T.G. Overbeek, une affiche, Utrecht, Pays-Bas, juin 1991.

S. LIONTI-ADDAD

« Soap films containing polymers », Congrès de la Material Research Society, Boston, U.S.A., novembre 1990.

J.M. DI MÉGLIO

— « Hystérésis de l'angle de contact : expériences analogiques », Congrès S.F.P. Physique de la Matière Condensée, Montpellier (Hérault), 3 septembre 1990.

— « Figures de souffle sur des fibres », Congrès S.F.P. Physique de la Matière Condensée, une affiche (avec P. GANDEBŒUF), Montpellier (Hérault), 3 septembre 1990.

— « Films de savon contenant des polymères », Congrès S.F.P. Physique de la Matière Condensée, une affiche (avec S. LIONTI-ADDAD), Montpellier (Hérault), 3 septembre 1990.

— « Adsorption des polymères : un point de vue de physicien. Tension de surface », I.N.R.A., séminaire, Nantes, 23 octobre 1990.

— « Simulations expérimentales de l'hystérésis de l'angle de contact », Rencontre de Physique Statistique, Paris, 24 janvier 1991.

— « Hystérésis de l'angle de contact et défauts de surface », Journées « Interfaces », Carry-le-Rouet, 27 mai 1991.

#### T. ONDARCUHU, M. VEYSSIE

— « Phénomènes de mouillage sur surfaces mixtes », Physique en Herbe, une affiche, Aussois, 25 juin 1990.

— « Phénomènes de mouillage sur surfaces mixtes », Journées de la Matière Condensée, Montpellier, 4 septembre 1990.

— « Dynamique de la ligne de contact », Journées de Physique Statistique, Paris, 24 janvier 1991.

— « Dynamics of relaxation of the contact line », 11<sup>th</sup> General Conference of the Condensed Matter Division of the E.P.S., une affiche, Exeter, 8-11 avril 1991.

— « Modes de relaxation d'une ligne de contact », Rencontre « Interfaces », Carry-le-Rouet, 27 mai 1991.

#### D. QUÉRÉ

— « Fabrication éventuelle de films liquides dans les capillaires », Journées de la Matière Condensée, Montpellier, septembre 1990.

— « Wetting of fibers », 8<sup>th</sup> Conference on Liquid Properties in Thin Layers », conférence invitée, Kiev, octobre 1990.

— « Le mouillage des fibres », GANIL, séminaire, Caen, novembre 1990.

— « Gouttes lentement déplacées dans un capillaire », Onzièmes Journées de Physique Statistique, E.S.P.C.I., Paris, janvier 1991.

— « Le mouillage dynamique des fibres », séminaire, Saint-Gobain Recherches, Aubervilliers, janvier 1991.

— « L'étalement forcé, sur les plans, sur les fibres et dans les capillaires », séminaire, laboratoire de Physique Statistique, E.N.S., Paris, février 1991.

— « Forced spreading », Dynamical Phenomena at Interfaces, Les Houches, février 1991.

— « L'étalement forcé en mouillage partiel », Journées Interfaces, Carry-le-Rouet, mai 1991.

#### E. RAPHAËL

— « Polyélectrolytes en mauvais solvant », laboratoire de Physico-Chimie Théorique, Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielle de Paris, 11 décembre 1990.

— « Changements de conformation d'une chaîne polyélectrolyte », Faculté des Sciences et des Techniques, Rouen, janvier 1991.

— « Annealed and quenched polyelectrolytes », 1<sup>st</sup> Liquid Matter Conference, une affiche, Lyon, juillet 1990.

— « Scaling theory of molten polymers in small pores », 33<sup>rd</sup> I.U.P.A.C. International Symposium on Macromolecules, une affiche, Montréal, Canada, juillet 1990.

— « Polyélectrolytes à charges fixes ou mobiles », Journées de la Matière Condensée, Société Française de Physique, Montpellier, septembre 1990.

— « Atténuation ultrasonore dans les suspensions et les émulsions », Journées de la Matière Condensée, une affiche, Société Française de Physique, Montpellier, septembre 1990.

— « Equilibre d'une particule solide à une interface liquide-fluide », Rencontre « Interfaces », Carry-le-Rouet, 27 mai 1991.

#### PUBLICATIONS DU LABORATOIRE EN 1990-1991

##### I. COLLOÏDES ET INTERFACES

P.G. de GENNES, « Interactions between polymers and surfactants », *The Journal of Physical Chemistry* *94*, 8407-8413 (1990).

P.G. de GENNES, S.I. JEON, J.H. LEE, J.D. ANDRADE, « Protein-surface interactions in the presence of polyethylene oxide. I. Simplified theory », *Journal of Colloid and Interface Science* *142*, 149-158 (1991).

P.G. de GENNES, « Introduction to polymer dynamics », *Lezioni Lincee, Accademia Nazionale dei Lincei*, pages 1 à 57, Cambridge University Press (1990).

P.G. de GENNES, « Molten polymers in strong flows : a nonclassical proposal », *M.R.S. Bulletin* (Janvier 1991).

P.G. de GENNES, F. BROCHARD-WYART, « Hindered interdiffusion in asymmetric polymer-polymer junctions », *Makromol. Chem. Macromol. Symp.* 40, 167-177 (1990).

P. FABRE, R. OBER, M. VEYSSIE, V. CABUIL, « Smectic ferrofluids », *J. Mag. Mag. Mat.* 85, 77 (1990).

J.C. DABADIE, P. FABRE, M. VEYSSIE, V. CABUIL, R. MASSART, « Magnetic lyotropic phases », *J. Phys. Cond. Matter* 2, SA 291 (1990).

P. FABRE, « Le millefeuille magnétique », *La Recherche* 226, 1424 (1990).

J.M. DI MÉGLIO, S. LIONTI-ADDAD, « Soap films containing polymers », in « Dynamics in Small Confining Systems », *M.R.S. Extended Abstracts*, édités par J.M. Drake, J. Klafter et R. Kopelman, p. 155 (1990).

A. OTT, W. URBACH, D. LANGEVIN, R. OBER et M. WAKS, « Light scattering study of surfactant multilayers elasticity. Role of incorporated proteins », *Europhysics Letters* 12, 389 (1990).

D. AUSSERRE, J. EDWARDS, J. LECOURTIER, H. HERVET, F. RONDELEZ, « Hydrodynamic thickening of depletion layers in colloidal solutions », *Europhysics Lett.* 14, 33 (1991).

E. RAPHAËL, F. BROCHARD-WYART, « Scaling theory of molten polymers in small pores », *Macromolecules* 23, 2276 (1990).

E. RAPHAËL, J.F. JOANNY, « Annealed and quenched polyelectrolytes », *Europhys. Lett.* 13, 623 (1990).

E. RAPHAËL, P. HIGGS, « Conformation changes of a polyelectrolyte chain in a poor solvent », *J. Phys. I*, 1, 1 (1991).

P. AUROY, L. AUVRAY, L. LÉGER, « Study of grafted polymer layers by neutrons scattering », *Physics Condens. Matter* 2, SA 317 (1990).

P. AUROY, L. AUVRAY, L. LÉGER, « The scattering by grafted polymers », *Physica A* 172, 269 (1991).

P. AUROY, L. AUVRAY, L. LÉGER, « Structure of end grafted polymer layers », *Macromolecules* 24, 2523 (1991).

P. AUROY, L. AUVRAY, L. LÉGER, « Characterization of the brush regime for grafted polymer layers at the solid-liquid interface », *Phys. Rev. Lett.* 66, 719 (1991).

D. POUPINET, D. DETRY, R. VILANOVE, F. RONDELEZ, « An automated Langmuir trough for systematic low surface pressure measurements », *Rev. Sci. Instrum.* *61*, 2640 (1990).

## II. MOUILLAGE

P.G. de GENNES, F. BROCHARD, J.M. DI MÉGLIO et D. QUÉRÉ, « Spreading of nonvolatile liquids in a continuum picture », *Langmuir*, *7*, 335-338 (1991).

P.G. de GENNES, F. BROCHARD-WYART et H. HERVET, « Wetting of stratified solids », *Advances in Colloid and Interface Science* *34*, 561-582 (1991).

A.M. CAZABAT, N. FRAYSSE, F. HESLOT, P. CARLES, P. LEVINSON, « The dynamics of ultrathin films », *Progress in Colloid and Polymer Sci.* *82*, 82 (1990).

P. CARLES, A.M. CAZABAT, « Spreading in presence of surface tension gradients », *Progress in Colloid and Polymer Sci.* *82*, 76 (1990).

A.M. CAZABAT, F. HESLOT, N. FRAYSSE, « Molecular wetting films », *Progress in Coll. and Polymer Science* *83*, 52 (1990).

F. HESLOT, A.M. CAZABAT, P. LEVINSON, N. FRAYSSE, « Wetting at the microscopic scale ; influence of surface energy », *Phys. Rev. Lett.* *65*, 599 (1990).

A.M. CAZABAT, F. HESLOT, S. TROIAN, P. CARLES, « Fingering instabilities in temperature driven wetting films », *Nature* *346*, 824 (1990).

P.G. de GENNES, A.M. CAZABAT, « Spreading of terraced droplets », *C.R.A.S.* *310*, 1601 (1990).

A.M. CAZABAT, F. HESLOT, « Wetting in non homogeneous situations : capillary rise experiments », *Colloids and Surfaces* *51*, 309 (1990).

A.M. CAZABAT, « Wetting films », *Adv. Coll. Int. Sci.* *34*, 73 (1991).

P. CARLES, S.M. TROIAN, A.M. CAZABAT, F. HESLOT, « Hydrodynamic fingering instability of driven wetting films : hindrance by diffusion », *J. Phys. Cond. Matt.* *2*, 477 (1990).

A.M. CAZABAT, N. FRAYSSE, F. HESLOT, P. CARLES, « Spreading at microscopic scale », *J. Phys. Chem.* *94*, 7581 (1990).

F. HESLOT, N. FRAYSSE, A.M. CAZABAT, P. LEVINSON, P. CARLES, « Wetting at nanoscopic scales : some experiments », Lecture Notes in Physics n° 354 « Wetting Phenomena », Springer-Verlag (Ed. I. de Conink, F. Dunlop) p. 41 (1990).

A.M. CAZABAT, N. FRAYSSE, F. HESLOT, « Thin wetting films », Colloid and Surfaces 52, 1 (1991).

D. QUÉRÉ et J.M. DI MÉGLIO, « Sur un thème de Rayleigh », Rubrique « L'expérience du mois », Pour la Science 152, 116 (1990).

D. QUÉRÉ, J.M. DI MÉGLIO et F. BROCHARD, « Spreading of liquids on highly curved surfaces », Science 249, 1256 (1990).

D. QUÉRÉ, « Thin liquid films on vertical fibers », Europhysics Letters 13, 721 (1990).

F. BROCHARD, J.M. DI MÉGLIO et D. QUÉRÉ, « Mouillage d'une fibre s'enfonçant dans un bain de liquide », Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Série II 311, 1473 (1990).

D. QUÉRÉ, « Autour de l'instabilité de Rayleigh », Revue du Palais de la Découverte 38, 46 (1991).

F. BROCHARD, J.M. DI MÉGLIO, D. QUÉRÉ et P.G. de GENNES, « Spreading of non volatile liquids in a continuum picture », Langmuir 7, 335 (1991).

T. ONDARCUHU, P. FABRE, E. RAPHAËL, M. VEYSSIE, « Specific properties of amphiphilic particles at fluid interfaces », J. Phys. France 51, 1527-1536 (1990).

T. ONDARCUHU, M. VEYSSIE, « Dynamics of spreading of a liquid across a surface chemical discontinuity », J. Phys. II 1, 75-85 (1991).

F. BROCHARD-WYART, H. HERVET, C. REDON, F. RONDELEZ, « Spreading of heavy droplets », J. Colloid Interface Sci. 142, 527 (1991).

L. LÉGER, P. SILBERZAN, « Spreading of drops on solid surfaces », J. Physics Condens. Matter 2, SA 421 (1990).

P. SILBERZAN, L. LÉGER, « Evidences for a new spreading regime between partial and total wetting », Phys. Rev. Lett. 66, 185 (1991).

P. SILBERZAN, L. LÉGER, « Etalement de microgouttes de polymères sur surfaces solides de haute énergie », C.R. Acad. Sci., Paris, Série II 312, 1089 (1991).

## III. ADHÉSION

P.G. de GENNES, « Toughness of glassy polymers : a tentative scheme », *Europhysics Letters* 15, 191-196 (1991).

P.G. de GENNES, « Pégosité » : adhésion transitoire d'un polymère fondu sur un solide passif », *C.R.A.S.* 312, 1415-1418 (1991).

P.G. de GENNES, S. TROIAN, « Sur la fracture des adhésifs caoutchoutiques », *C.R.A.S.* 311, 389 (1990).

## IV. CRISTAUX LIQUIDES

P.G. de GENNES, « Lenticular fracture of a smectic liquid crystal », *Europhys. Lett.* 13 (8), 709-714 (1990).

J.M. DI MÉGLIO, P. BASSEREAU, « A spin labeling study of swollen lyotropic lamellar phases », *J. Physique II* 1, 247 (1991).

## SÉMINAIRES

R. BRUINSMA (Physics Department, U.C.L.A., U.S.A.), *Shear flow and the nematic-smectic. A phase transition* (24 septembre 1990).

P.G. de GENNES (Collège de France, Paris), *Comportement des polymères fondus enchevêtrés en cisaillement fort* (18 octobre 1990).

E. RAPHAËL (Collège de France, Paris), *Polyélectrolytes en mauvais solvant* (26 octobre 1990).

Y. POMEAU (Laboratoire de Physique Statistique, E.N.S., Paris), *Chiralité : du microscopique au macroscopique* (8 novembre 1990).

P. CARLES (Collège de France, Paris), *Montée capillaire en gradient thermique* (9 novembre 1990).

D. BENSIMON (Laboratoire de Physique Statistique, E.N.S., Paris), *Observation d'une transition de plissage dans les membranes partiellement polymérisées* (15 novembre 1990).

S. LIONTI-ADDAD (Collège de France, Paris), *Fabrication de films de savon, avec ou sans polymère* (16 novembre 1990).

F. BROCHARD (Université Pierre et Marie Curie, Paris), *Commentaires sur l'existence d'une vitesse-limite en mouillage dynamique* (23 novembre 1990).

P. LINDNER (I.L.L., Grenoble), *Flowing polymeric and colloidal systems as studied by S.A.N.S. experiments* (13 décembre 1990).

J. SAGIV (Weizmann Institute of Science, Israël), *Chemically controlled self-assembly : a general approach to surface engineering ; from organic monolayers in the 10 Angström thickness range to hybrid organic-inorganic multilayer superlattices* (20 décembre 1990).

J. CANDAU (Université Louis Pasteur, Strasbourg), *Propriétés dynamiques et rhéologiques des micelles géantes* (20 décembre 1990).

M. FROMENT (Université Pierre et Marie Curie, Paris), *Développements récents en électrocristallisation* (7 mars 1991).

A. SILBERBERG (Weizmann Institute of Science, Israël), *Vacancies and the polymer melt* (14 mars 1991).

F. RONDELEZ (Université Pierre et Marie Curie, Paris), *Ordre et désordre dans les couches monomoléculaires d'acides gras* (28 mars 1991).

C. EXTRAND (Collège de France, Paris), *Surface studies of polymers* (29 mars 1991).

T. ONDARCUHU et D. QUÉRÉ (Collège de France, Paris), *Dynamique de la ligne triple en mouillage partiel* (5 avril 1991).

P. STEPANEK (Institute of Macromolecular Chemistry, Prague, Tchécoslovaquie), *Critical dynamics of polymer blends* (11 avril 1991).

C. BEUZELIN (Collège de France, Paris), *Alliages de polymères* (12 avril 1991).

S. ROUX (E.S.P.C.I., Paris), *Modèles statistiques de rupture fragile dans les milieux hétérogènes* (18 avril 1991).

J.B. FOURNIER (Collège de France, Paris), *Facettage volumique dans les smectiques A* (17 mai 1991).

R. WOOL (Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique, Palaiseau), *Diffusion in polymer melt* (23 mai 1991).

J.M. PIAU (Institut de Mécanique de Grenoble), *Rhéologie des fluides à seuil et des fluides thixotropes* (27 juin 1991).

#### THÈSES DE DOCTORAT 1990-1991

P. AUROY, « Polymères greffés à l'interface solide liquide », Université de Paris-Sud, soutenue le 13 juin 1990.

P. SILBERZAN, « Etalement de polymères liquides : une étude expérimentale sur surfaces solides de haute énergie et sur surfaces chimiquement modifiées », Université de Paris VI, soutenue le 21 décembre 1990.

D. FROT, « Etude expérimentale de la dynamique de polymères au voisinage d'une surface solide par recouvrement de fluorescence après photolyse en onde évanescente », Université de Paris VI, soutenue le 27 mars 1991.

#### DISTINCTIONS

P.G. de GENNES a reçu la médaille Lorentz de l'Académie Néerlandaise des Sciences en janvier 1991 et a été fait Docteur honoris causa de l'Université de Cambridge (Grande-Bretagne) en juin 1991.