

## Physique de la matière condensée

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

Cours : *Muscles artificiels*

L'idée de transformer une énergie chimique en une énergie mécanique grâce à un matériau polymère est venue très tôt aux pionniers des macromolécules : ici Katchalsky et Kuhn dès 1948. Katchalsky a construit des systèmes ingénieux, basés sur le gonflement d'un gel ; on peut, par changement de pH (ou mieux, par échange d'ions) modifier considérablement le volume d'un réseau flexible immergé dans un solvant. Mais cette approche souffre de plusieurs défauts graves : 1) la lenteur des transformations : il faut pour gonfler, faire entrer du solvant, ce qui se réalise par un processus diffusif peu rapide, 2) le dommage mécanique subi par le gel : par exemple, en début de gonflement, le matériau est encore dense près du cœur ; il subit des tensions mécaniques fortes et inhomogènes qui peuvent engendrer tout un système de fractures.

Dans une première étape, nous avons proposé en 1995 une structure différente : un gel nématogène gonflé par un solvant nématique. Cet objet est délicat à réaliser : la moindre différence entre gel et solvant induit un effondrement du gel en phase nématique, comme l'a prédit jadis F. Brochard. Mais si, par un choix optimisé de la longueur des « espaceurs » on arrive à le réaliser, on doit avoir un système qui change de forme par un très léger déplacement en température : passant de  $T_-$  (en dessous du point d'ordre nématique  $T_N$ ) à  $T_+ > T_N$  on doit avoir une contraction du spécimen.

Par la suite, nous avons concentré notre attention sur un cas un peu différent, où il n'y a plus de solvant. Il s'agit ici d'un *caoutchouc nématique* : objet qui a été réalisé dans de très belles expériences du groupe de H. Finkelmann.

On a discuté dans le cours les différentes constantes de temps qui interviennent avec un tel caoutchouc : la relaxation de longueur (qui se fait le long du spécimen à une vitesse égale à deux fois la vitesse des ondes transverses) ; la relaxation de l'ordre nématique (qui devrait être rapide) ; le transport de chaleur (qui est plus rapide qu'une diffusion de solvant, mais encore trop lent).

Ces considérations qui ont été développées notamment avec M. Hébert et F. Brochard nous ont conduit à proposer en fin de programme une recherche sur ce que nous appelons les muscles artificiels semi-rapides. Ici on provoque encore la contraction par montée en température (de  $T_-$  à  $T_+$ ) mais ceci est assuré en irradiant le spécimen (qui est rendu convenablement absorbant par incorporation d'un peu de colorant) avec un pulse laser de durée  $\sim$  une milliseconde. Ainsi la contraction doit se faire vite. Le retour à la forme allongée, lui, exige un refroidissement contrôlé par le transport thermique, et reste lent.

Nous avons aussi réfléchi aux problèmes de robustesse : une amélioration possible, impliquant des copolymères séquencés, a été étudiée avec P. Auroy et P. Keller, et devrait déboucher sur un effort de synthèse chimique.

Au total, il est clair que les « activateurs mous » fondés sur les polymères sont bien moins avancés que les « activateurs durs » (piézo-électriques, ferroélectriques, magnétiques) mis au point par les physiciens du solide. Mais il y a peut-être là un champ d'avenir : l'intérêt étant d'avoir des amplitudes de déplacement bien plus grandes.

#### ACTIVITÉS DU LABORATOIRE EN 1996-1997

### I. COLLOÏDES ET INTERFACES

#### 1) *Étude des interactions entre nanocristaux en solution*

(R. OBER, en collaboration avec H. MATTOUSSI du MIT, Cambridge, Massachusetts, USA)

Les interactions entre nanocristaux de CdSe en solution ont été étudiées par la diffusion des rayons X. Pour obtenir des solutions stables, ces particules sont recouvertes de tensioactifs. L'influence de la longueur des molécules tensioactives et du solvant a été examinée : plus la longueur des tensioactifs est grande, plus les interactions sont répulsives.

#### 2) *Étude de la topologie locale d'une phase éponge*

(R. OBER, A. MALDONADO, en collaboration avec W. URBACH et D. LANGEVIN du CNRS - URA 1306)

La dépendance du pic de corrélation, dans une phase éponge de tensioactif, en fonction de la concentration du tensioactif a été suivie par diffusion des rayons X. Il apparaît que le gonflement de cette phase est bien décrit par la loi trouvée pour le gonflement de surfaces minimales.

### 3) *Étude de l'interaction entre une protéine et des micelles inverses*

(R. OBER, en collaboration avec C. NICOT, M. WAKS et W. URBACH du CNRS - URA 1458)

La perturbation induite par une protéine transmembranaire (protéine lipidique de la myéline) dans la taille, la forme et l'organisation de micelles inverses a été étudiée. La protéine est solubilisée dans une solution micellaire composée de dodécane, d'eau et d'un tensioactif non ionique, à la température de 31 °C, proche de la transition de phase micellaire/phase lamellaire. La diffusion des rayons X montre que la forme prolata des micelles reste inchangée et l'apparition de ponts intermicellaires après incorporation de la protéine dans le système.

### 4) *Perceuse moléculaire : modification de la perméabilité membranaire de vésicules géantes*

(A.-L. BERNARD, P.-G. DE GENNES, M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE et J.-M. DI MEGLIO, en collaboration avec S. PALACIN du Service de Chimie Moléculaire, Drecam, CEA-Saclay et L. JULLIEN du Département de Chimie, URA 1679 du CNRS, ENS, Paris)

Deux techniques complémentaires ont été utilisées pour étudier la perméabilité de vésicules soumises à un stress mécanique : i) la première consiste en l'étude locale par microscopie sous onde évanescente de l'interaction électrostatique d'une vésicule géante (GUV  $\sim 20 \mu\text{m}$ ) avec une surface traitée ; ii) la seconde utilise le cisaillement ( $1\ 000\text{-}20\ 000 \text{ s}^{-1}$ ), dans un Couette, de solutions concentrées de petites vésicules (LUV  $\sim 100 \text{ nm}$ ), la variation de perméabilité est suivie par spectroscopie UV-Visible.

### 5) *Application de la perceuse moléculaire au système vivant*

(C. SAUTEREY et M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE, en collaboration avec G. DAGHER de l'École de Médecine, Paris)

L'utilisation d'un marqueur fluorescent très sensible aux ions calcium, le FURA, permet de quantifier le phénomène d'échange du milieu vésiculaire dans une préparation de cellules cardiomyocytes de rat. Les résultats observés en fluorescence par l'apport calcique des vésicules sont compliqués par le relargage de calcium du réticulum endoplasmique de la cellule elle-même en état de stress.

### 6) *Assemblages vésiculaires*

(J.-C. BRADLEY, G. JANDEAU et M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE)

L'utilisation d'un champ électrique asymétrique sur des systèmes vésiculaires polymérisables permet d'obtenir des auto-assemblages programmables en modi-

fiant la direction du champ électrique. Des vésicules géantes, obtenues par gonflement d'un lipide butadiénique, soumises à un champ créé entre deux électrodes de platine puis polymérisées par irradiation UV ont montré des phénomènes d'endocytose par fusion de deux vésicules, d'expulsion de vésicules internes et d'échanges de milieux intra-inter vésiculaires.

7) *Réorganisation de phospholipides diacétyléniques dans une membrane vésiculaire*

(A. SINGH et M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE)

L'observation sous microscope de vésicules géantes unilamellaires (GUV  $\sim 100 \mu\text{m}$ ) a montré, lors du refroidissement au-dessous de la température de transition des chaînes, un changement de structure inattendu : à partir d'un point de la membrane, elles se frippent et se désintègrent en donnant naissance à un agrégat moléculaire d'où émergent des aiguilles. Par contre, la même décroissance de température, observée sur des vésicules non acétyléniques (de même température de transition) ne montre qu'une gélification du milieu.

8) *Étude de la structure de phases lyotropes hexagonales dopées par rayons X*  
(L. RAMOS et P. FABRE)

Des systèmes mixtes obtenus par incorporation de nanoparticules magnétiques dans les cylindres d'une phase hexagonale lyotrope gonflée ont été étudiés par diffusion des rayons X aux petits angles. Il apparaît d'une part que la présence du colloïde ne perturbe pas l'ordre cristallin du réseau bi-dimensionnel de cylindres, d'autre part qu'il y a un couplage entre la particule solide et la matrice lyotrope. Ceci peut être interprété par un phénomène de déplétion des particules dans les parois internes des cylindres.

9) *Propriétés magnétiques des phases ferro-hexagonales*

(L. RAMOS et P. FABRE)

La répartition spatiale fortement anisotrope des grains magnétiques crée une grande anisotropie de la susceptibilité magnétique des phases hexagonales. La variation de cette anisotropie en fonction du taux de particules peut être décrite par un modèle de type champ moyen. L'étude par microscopie optique polarisante des phases hexagonales sous champ magnétique de faible intensité, montre une riche variété de comportements.

10) *Dynamique des fluctuations thermiques dans les phases lyotropes hexagonales*

(L. RAMOS et P. FABRE, en collaboration avec F. NALLET du Centre de Recherche Paul Pascal, Bordeaux et D. LU du Cavendish Laboratory, Cambridge, Grande-Bretagne)

Les calculs des modes hydrodynamiques d'une phase hexagonale dopée montrent qu'il existe un couplage entre la diffusion brownienne des particules colloïdales et les fluctuations de concentration en cylindres lyotropes, ce dernier mode n'étant observé que lorsque les cylindres sont gonflés. Les expériences de diffusion de lumière montrent un effet important de la taille du colloïde sur les temps de relaxation de ces deux modes ainsi qu'un effet de confinement.

11) *Transition d'orientation sous champ magnétique dans les ferrosmectiques*

(V. PONSINET et D. SPOLIANSKY)

La cinétique de réorientation de ces structures lamellaires lorsqu'elles sont soumises à un champ magnétique supérieur à un champ seuil a été étudiée en fonction de l'écart au seuil. Le mécanisme de cette transition a été interprété dans le cadre d'un modèle en termes de transition de phases dans un système binaire où la cinétique pourrait être limitée par la diffusion des particules solides.

12) *Étude magnéto-optique des ferrosmectiques*

(D. SPOLIANSKY et V. PONSINET, en collaboration avec J.-P. JAMET du Laboratoire de Physique des Solides d'Orsay)

Les propriétés de biréfringence sous champ magnétique des ferrosmectiques ont permis de caractériser dans quelles conditions un champ extérieur peut aligner un échantillon macroscopique de ferrosmectique de façon homogène. En l'absence de champ magnétique extérieur, les mesures indiquent qu'il existe une orientation des particules dans la phase lamellaire due à un effet de confinement par les membranes de tensio-actifs.

13) *Propriétés optiques non-linéaires des ferrosmectiques*

(D. SPOLIANSKY et V. PONSINET, en collaboration avec P. BROCHARD et V. GROLIER de Thomson-CSF Optronique)

Un échantillon de ferrosmectique se comporte comme une lentille divergente et défocalise le faisceau laser puissant qui le traverse. La dépendance de cette propriété optique en fonction notamment de l'orientation de la structure smectique, de la fraction volumique en particules magnétiques et de la présence d'un champ magnétique extérieur est en cours d'étude.

*14) Observation de l'influence d'antibiotiques sur la morphologie de bicouches lipidiques*

(V. PONSINET, en collaboration avec J. MILHAUD du Laboratoire de Physico-Chimie Biomoléculaire et Cellulaire, Université de Paris VI)

L'étude par microscopie à force atomique des modifications de structure induites dans un film phospholipidique par la présence d'un antibiotique a montré l'existence de défauts dans la bicouche avec une rugosité inférieure au nanomètre. En présence d'antibiotique (amphotéricine B), la surface de la bicouche est décorée d'objets granuleux de taille submicronique qui pourraient être des complexes antibiotique-phospholipides.

## II. POLYMÈRES

*1) Polyélectrolytes en solution et aux interfaces*

(O. THÉODOLY, C. WILLIAMS)

L'étude de l'adsorption de chaînes de polyélectrolyte sur des surfaces hydrophobes (interface eau/air ; surfaces modèles greffées) est en cours avec comme principales techniques de caractérisation : mesure de tension superficielle, AFM, ellipsométrie et réflectivité des rayons-X et des neutrons.

*2) Greffage et adsorption de polymères sur surfaces solides planes*

(E. DURLIAT, N. AMOUROUX, R. OBER, L. LÉGER)

L'étude des conditions de greffage de chaînes de polymères sur une surface solide non adsorbante (greffage en extrémité de chaîne, produisant une structure de « brosse ») a été poursuivie. La synthèse de chaînes de PDMS portant un groupement Si-vinyl terminal a été mise au point, permettant de construire des couches de type « brosse » de densité de surface et de longueur contrôlées.

*3) Interpénétration pseudo-brosse/solution et pseudo-brosse/fondu et pseudo-brosse/élastomère*

(H. HERVET, L. LÉGER, en collaboration avec P. AUROY de l'Institut Curie)

L'interpénétration entre une couche de PDMS deutéré, ancrée en surface, et du PDMS hydrogéné (liquide fondu ou élastomère) a été étudiée par réflectivité des neutrons. Les échantillons sont les mêmes que ceux utilisés en glissement et en adhésion.

*4) Glissement d'un polymère fondu sur de la silice traitée*

(E. DURLIAT, H. HERVET, L. LÉGER)

Les mesures de glissement du PDMS fondu sur des surfaces planes de silice ont mis en évidence deux régimes très différents de réponse des chaînes de

surface : à basse densité de greffage, les chaînes de surface contribuent de façon individuelle à la friction tandis qu'à plus forte densité de greffage, elles répondent de façon collective. La comparaison entre les données de vélocimétrie en champ proche et les mesures directes de contrainte montre que les chaînes ancrées à la paroi sont plus étirées près de la surface qu'en extrémité de chaîne greffée.

5) *Structures de couches adsorbées de polyoxyéthylène sur une surface solide*

(V. PONSINET)

Le polyoxyéthylène présente en solution aqueuse (bon solvant) une séparation de phase anormale qui se manifeste par la présence d'agrégats denses en équilibre avec des chaînes libres. Afin d'étudier si cette situation se retrouve à une interface solide, l'étude par microscopie à force atomique de l'homogénéité de couches adsorbées est en cours.

6) *Chaînes aux interfaces*

(E. RAPHAËL, en collaboration avec M. AUBOUY du CEA de Grenoble et M. DAOUD du CEA de Saclay)

L'approche (de type loi d'échelle) pour décrire une interface liquide-solide couverte de chaînes polymères a été étendue aux phénomènes d'adsorption préférentielle.

7) *Construction progressive d'un gel olympique*

(C. GAY, P.-G. DE GENNES et E. RAPHAËL)

Des polymères en anneau peuvent être dans une conformation enchevêtrée de manière permanente. Il est donc envisageable de construire un gel à l'aide de tels anneaux ; les enchevêtrements permanents tiennent lieu de réticulation. Nous avons étudié de manière théorique à quelles conditions cela était possible.

8) *Seuil d'injection d'un polymère branché statistique dans un nanopore*

(C. GAY, P.-G. DE GENNES et E. RAPHAËL)

Les chaînes de polymère ne passent pas spontanément à travers une membrane dont les pores sont de taille inférieure à leur rayon de giration. Mais une différence de pression de part et d'autre de la membrane donne lieu à un flux de solvant à travers les pores, qui peut aider les chaînes à traverser. Cette perméation s'avère être sélective quant au branchement des molécules. Nous avons étudié de manière théorique la sélectivité concernant les polymères branchés statistiques. Une telle méthode de caractérisation ou de séparation pourrait être utile notamment pour les produits de synthèse mettant en œuvre les métalloènes.

9) *Chaîne immergée dans un fondu de chaînes différentes*

(C. GAY et E. RAPHAËL)

L'étude théorique de la configuration statique d'une chaîne N plongée dans un fondu de chaînes P chimiquement différentes suggère l'existence d'un nouveau régime dit d'incompatibilité marginale.

### III. MOUILLAGE

1) *Étalement de microgouttes*

(S. VILLETTE, M.-P. VALIGNAT, A.-M. CAZABAT, J. DE CONINCK, M. MOREAU et G. OSHANIN, en collaboration avec l'Université de Mons, Belgique et l'Université de Paris VI)

L'analyse ellipsométrique des profils de microgouttes en étalement, et plus spécifiquement l'étude de l'influence de la température et de l'hygrométrie s'est poursuivie. Les simulations numériques permettant l'interprétation des résultats expérimentaux sont en cours.

2) *Ancrage des cristaux liquides*

(S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, F. VANDENBROUCK, R. BARTOLINO, en collaboration avec l'Université de Cosenza, Italie et Thomson-CSF)

L'étude ellipsométrique de microgouttes de cristaux liquides posées sur des surfaces lisses ou à rugosité contrôlée fait apparaître des profils caractéristiques reflétant l'organisation et l'inclinaison des molécules à la surface et dans les couches successives.

3) *Étalement des cristaux liquides*

(F. VANDENBROUCK, S. BARDON, M.-P. VALIGNAT)

L'étalement de microgouttes de cristaux liquides s'effectue par l'avancée d'un front d'épaisseur généralement mésoscopique sur une tricouche elle-même précédée par une monocouche non dense. L'épaisseur du front et sa dynamique dépendent fortement de la température. L'élasticité du cristal liquide et les processus de perméation entre couches jouent un rôle primordial.

4) *Techniques d'étude des cristaux liquides*

(S. BARDON, R. OBER, J. RABE, H. DUMOULIN et P. PIERANSKI, en collaboration avec l'Université Humboldt à Berlin, Allemagne et l'Université d'Orsay)

L'étude de films minces de cristaux liquides par différentes techniques, AFM, rayons X, ellipsométrie, ne donne pas toujours des résultats compatibles. Une analyse fine des spécificités et artefacts liés à chacune de ces techniques est en cours.

5) *Effet Marangoni : gradients thermiques et « larmes »*

(X. FANTON, A.-M. CAZABAT, J.-M. FLESSELLES et L. LIMAT, en collaboration avec l'ESPCI, Paris)

Les expériences de « larmes de vin » ont été reprises avec des mélanges d'alcanes, qui sont des mélanges idéaux insensibles à l'hygrométrie. Le bon contrôle des paramètres et la comparaison de systèmes différents a permis de rendre compte quantitativement de la dynamique de développement des films, de l'établissement de l'instabilité du ménisque, ainsi que de sa longueur d'onde.

6) *Instabilités hydrodynamiques*

(M. CACHILE, A.-M. CAZABAT, en collaboration avec l'Université de Buenos Aires, Argentine)

L'étude de l'étalement de solutions aqueuses de surfactants (« superspreaders ») et de mélanges éthylèneglycol- $C_{12}E_{10}$  ou dérivés, ainsi que les instabilités associées est reprise de façon systématique. L'hygrométrie et le rapport concentration/cmc sont les paramètres contrôlant la dynamique de l'étalement et la structure des instabilités.

7) *Mouillage macroscopique*

(A.-M. CAZABAT, S. GERDES, en collaboration avec l'Université de Stockholm, Suède)

La dynamique d'étalement d'un liquide totalement mouillant sur des surfaces présentant des canaux triangulaires parallèles de densité et de dimensions variées a été analysée aux temps courts et aux temps longs. Un modèle semi-empirique permet d'établir une relation entre la dynamique d'étalement et la surface couverte par les canaux. Une analyse plus fine des théories hydrodynamiques du mouillage a été développée.

8) *Contrôle magnétique de la mouillabilité*

(P.-G. DE GENNES, V. PONSINET et E. RAPHAËL)

Si un film de caoutchouc comportant des grains ferromagnétiques durs (avec un axe d'aimantation privilégié) et préparé avec des régions en ruban alternées en aimantation, est fixé sur un support solide et soumis à un champ magnétique tangentiel, il doit déformer la surface libre en crêtes et vallées et devenir de ce fait plus mouillable. Une étude expérimentale d'un tel système est en cours actuellement.

9) *Capillarité inertielle*

(D. QUÉRÉ)

Pendant les premières étapes de la montée capillaire, il faut prendre en compte l'inertie du fluide. En égalant la force (constante) qui aspire le liquide à la

variation de la quantité de mouvement de la colonne fluide, il apparaît que la hauteur du liquide augmente linéairement avec le temps. Ceci a été confirmé expérimentalement. Dans le cas de fluides très peu visqueux, ce régime inertiel permet de dépasser la hauteur de Jurin, donnant lieu à des oscillations non linéaires, à cause de la masse variable de l'oscillateur.

*10) Montée capillaire dans un tube bouché*

(D. QUÉRÉ et D. RICHARD)

La montée capillaire dans un tube bouché est limitée bien en deçà de la hauteur de Jurin par la compression du gaz contenu dans le tube. Cette hauteur limite a été évaluée dans le cas où la compression est isotherme et celui où elle est adiabatique. Une étude expérimentale de la dynamique de la montée a permis d'illustrer ce travail.

*11) Ensimage des fibres*

(D. QUÉRÉ et A.-S. HUGUET)

L'étude de la lubrification des fibres à grande vitesse, qui correspond à la réalité industrielle, a montré que la quantité de liquide lubrifiant entraîné est donnée par une loi de couche-limite établie au laboratoire dans des régimes de vitesses plus faibles. L'aspect multifilamentaire du problème a été pris en compte en étudiant d'une part l'influence de la distance entre mèches sur la prise d'ensimage et d'autre part l'absorption du liquide par la mèche en même temps qu'il est emporté.

*12) Accrochage d'une goutte sur un plan incliné*

(D. QUÉRÉ, L. DELATTRE et M.-J. AZZOPARDI, en collaboration avec Saint-Gobain Recherche)

Le décrochement d'une gouttelette posée sur un substrat en pente a été étudié en fonction de l'angle de contact (à hystérésis donnée). L'existence d'un maximum pour le volume est observé pour un angle d'environ  $65^\circ$  (cette valeur dépendant faiblement de l'hystérésis).

*13) Nucléation de bulles dans une boisson pétillante*

(D. QUÉRÉ)

L'étude de la loi de croissance des bulles de gaz carbonique à l'interface verre-liquide a montré que cette croissance dépend du mode d'alimentation des bulles en gaz. En particulier, si la convection domine, il peut y avoir formation de trains de bulles, comme ceux que l'on a coutume d'observer avec le champagne.

*14) Surfaces à mouillabilité variable*

(M. MAMAN et V. PONSINET)

Il existe dans des systèmes composites de particules solides magnétiques ancrées à la surface d'un film de polymère une corrélation entre la structure de la surface et les propriétés de mouillage. Les expériences ont montré que la structure et la mouillabilité des surfaces composites sont modifiées par l'action d'un gradient de champ magnétique, dont l'effet dominant est un déplacement des particules tangentiellement à la surface qui dépend de l'intensité du gradient appliqué.

## IV. ADHÉSION ET TRIBOLOGIE

*1) Adhésion élastomère/solide par des chaînes connectrices*

(C. TARDIVAT, H. HERVET, L. LÉGER)

L'étude du rôle promoteur d'adhésion de pseudo-brosses et de brosses de polydiméthylsiloxane (PDMS) vis-à-vis d'élastomères de PDMS a permis de caractériser comment les paramètres moléculaires du système (masse molaire, densité de surface des chaînes de surface et masse molaire entre point de réticulation dans l'élastomère) pilotent l'optimum de l'énergie d'adhérence.

*2) Adhésion entre deux polymères incompatibles en présence de promoteurs d'adhésion*

(F. KALB, H. HERVET, L. LÉGER, en collaboration avec C. CRETON de l'ESPCI)

La relation entre l'énergie d'adhésion, mesurée par un test de clivage et la structure (densité de surface et longueur) de copolymères formés in situ à l'interface durant la phase de collage, pour le couple polypropylène/polyamide 6 (PP/PA6), a été étudiée afin de cerner le rôle de la structure cristalline interfaciale. Des tests d'adhésion par clivage sur des échantillons sandwich PA6/élastomère/PA6 ont aussi été mis au point.

*3) Modulation de l'adhésion d'élastomères silicones par des résines*

(N. AMOUROUX, G. JANDEAU, H. HERVET, L. LÉGER)

L'étude des mécanismes par lesquels l'incorporation de résines (petits agrégats de type silice) dans un réseau élastomère silicone permet d'en moduler l'adhésion vis-à-vis de couches adhésives a été poursuivie. Le test JKR utilisé donne accès indépendamment au travail thermodynamique d'adhésion et à l'énergie d'adhérence. Pour des taux de résines supérieurs à 20 %, ces deux grandeurs varient en sens contraire, ces résines formant alors un réseau interconnecté.

4) *Étude de l'adhésion fibre de verre-élastomère*

(C. TARDIVAT, H. HERVET, L. LÉGER)

Un mode opératoire permettant d'obtenir sur une surface plane de verre des films d'adhésat, matériau intermédiaire compatible à la fois avec le verre et l'élastomère, a été mis au point. Des mesures systématiques d'énergie d'adhérence en pelage ont été conduites, mettant en évidence la grande sensibilité de ces systèmes à l'histoire hygrométrique de l'échantillon.

5) *Étude de l'adhésion verre-résine époxyde*

(D. WOERDEMAN, G. JANDEAU, H. HERVET, L. LÉGER)

La faisabilité de tests d'adhérence par la méthode JKR pour des assemblages résine époxyde-verre a été étudiée. Le rôle des interactions entre la résine et la surface a été testé en utilisant diverses modifications de surface par greffage de silanes fonctionnalisés.

6) *Étude des mécanismes de la lubrification*

(R. PIT, G. JANDEAU, H. HERVET, L. LÉGER)

La technique de mesure locale des vitesses à l'interface liquide-solide par vélocimétrie laser en champ proche a été modifiée afin de permettre l'étude des conditions aux limites de la vitesse d'écoulement à la paroi solide pour des liquides simples (alcanes).

## V. HYDRODYNAMIQUE PHYSIQUE ET MILIEUX GRANULAIRES

1) *Propagation of a pressure step in a granular material : the role of wall friction*

(T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES et E. RAPHAËL)

2) *Surface flows of granular mixtures : I. General principles and minimal model*

(T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES)

## VI. CRISTAUX LIQUIDES

Une réflexion a été menée sur les processus qui se sont progressivement élaborés pour obtenir de nouvelles mésophases en choisissant des structures moléculaires convenables (J. BILLARD).

## PUBLICATIONS DU LABORATOIRE EN 1996-1997

## I. COLLOÏDES ET INTERFACES

E.Z. RADLINSKA, T. GULIK-KRZYWICKI, F. LAFUMA, D. LANGEVIN, W. URBACH, C.E. WILLIAMS, « Modification of the lamellar phase in  $C_{12}E_5$ /water system by a random hydrophilic/hydrophobic polyelectrolyte », *J. de Phys. II* 7 (1997).

J.-C. BRADLEY, M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE, G. JANDEAU et J.-M. LEHN, « Toposomes bearing stable perforations by the action of an electric field on partially polymerized giant vesicles », *Langmuir* 13, 2457-2462 (1997).

A. MALDONADO, W. URBACH, R. OBER et D. LANGEVIN, « Swelling behavior and local topology of an  $L_3$  (sponge) phase », *Physical Review E* 54, 1774 (1996).

A. MERDAS, M. GINDRE, R. OBER, C. NICOT, W. URBACH et M. WAKS, « Nonionic surfactant reverse micelles of  $C_{12}E_4$  in dodecane : temperature dependence of size and shape », *Journal of Physical Chemistry* 100, 15180 (1996).

C. NICOT, M. WAKS, R. OBER, T. GULIK-KRZYWICKI et W. URBACH, « Squeezing of oil-swollen surfactant bilayers by a membrane protein », *Physical Review Letters* 77, 3485 (1996).

H. MATTOUSSI, A.W. CUMMING, C.B. MURRAY, M.G. BAWENDI et R. OBER, « Characterization of CdSe nanocrystalite dispersions by small angle x-ray scattering », *Journal of Chemical Physics* 105, 9890 (1996).

L. RAMOS et P. FABRE, « Swelling of a lyotropic hexagonal phase by monitoring the radius of the cylinders », *Langmuir* 13, 682 (1997).

## II. POLYMÈRES

F. BROCHARD-WYART, P.-G. DE GENNES, « Injection threshold for a star polymer inside a nanopore », *CRAS* 323, 473-479 (1996).

C. CAY, P.-G. DE GENNES, E. RAPHAËL, F. BROCHARD-WYART, « Injection threshold for a statistically branched polymer inside a nanopore », *Macromolecules* 29, 8379-8382 (1996).

P.-G. DE GENNES, M. HÉBERT, R. KANT, « Artificial muscles based on nematic gels », *Macromolecular Symposia* 113, 39-49 (1997).

P.-G. DE GENNES, « Un muscle artificiel semi-rapide », *CRAS* 324, 343-348 (1997).

B. LOPPINET, G. GEBEL, C.E. WILLIAMS, « Small angle scattering study of perfluorosulfonated ionomer solutions », *J. Phys. Chem. B* 101, 1884-1892 (1997).

L. LÉGER, H. HERVET, P. AUROY, E. BOUCHER, G. MASSEY, « The reptation model : tests through diffusion measurements in linear polymer melts », *Rheology*

for Polymer Melt Processing, J.-M. Piau et J.-F. Agassant Eds., Elsevier Science B.V., p. 1-16 (1996).

L. LÉGER, H. HERVET, G. MASSEY, « Slip at the wall », Rheology for Polymer Melt Processing, J.-M. Piau et J.-F. Agassant Eds., Elsevier Science B.V., p. 337-355 (1996).

L. LÉGER, H. HERVET, G. MASSEY, « The role of attached polymer molecules in wall slip », Trends in Polymer Science 5, 40-45 (1997).

E. DURLIAT, H. HERVET, L. LÉGER, « Influence of grafting density on wall slip of a polymer melt on a polymer brush », Europhysics Letters 38, 383 (1997).

E. RAPHAËL, M. AUBOUY et O. GUISELIN, « Scaling description of polymer interfaces : flat layers », Macromolecules 29, 7261 (1996).

### III. MOUILLAGE

P.-G. DE GENNES, « Éponges filantes », CRAS 323, 663-667 (1996).

P.-G. DE GENNES, « Mechanics of soft interfaces » (Introductory Lecture), Faraday Discuss. 104, 1-8 (1996).

M.É.R. SHANAHAN, P.-G. DE GENNES, « Start-up of a reactive droplet », CRAS 324, 262-268 (1997).

M.-P. VALIGNAT, S. VILLETTE, L. JUN, R. BARBERI, R. BARTOLINO, E. DUBOIS-VIOLETTE, A.-M. CAZABAT, « Wetting and anchoring of a nematic on a rough surface », Phys. Rev. Letters 77, 1994 (1996).

S. BURLATSKY, G. OSHANIN, A.-M. CAZABAT, M. MOREAU, W.P. REINHARDT, « Spreading of a thin wet film : microscopic approach », Phys. Rev. E 54, 3832 (1996).

X. FANTON, A.-M. CAZABAT, D. QUÉRÉ, « Thickness and shape of films driven by a Marangoni flow », Langmuir 12, 5875 (1996).

M. CACHILE, R. CHERTCOFF, A. CALVO, M. ROSEN, J.-P. HULIN, A.-M. CAZABAT, « Residual film dynamics in glass capillaries », Journal of Colloid Int. Sci. 182, 483 (1996).

S. VILLETTE, M.-P. VALIGNAT, A.-M. CAZABAT, F.A. SCHABERT, A. KALACHEV, « Ultrathin liquid films : ellipsometric study and AFM preliminary investigations », Physica A 236, 123 (1997).

S. BURLATSKY, A.-M. CAZABAT, M. MOREAU, G. OSHANIN, S. VILLETTE, « Spreading of molecularly thin wetting films on solid surfaces » in Instabilities and Non-Linear Equilibrium Structures VI, Ed. E. Tirapegui (Kluwer Academic Publ. Dordrecht) (1996).

D. QUÉRÉ, A. DE RYCK et O. OU RAMDANE, « Liquid coating from a surfactant solution », *Europhysics Letters* 37, 305 (1997).

O. OU RAMDANE et D. QUÉRÉ, « The thickening factor in Marangoni coating », *Langmuir* 13, 2911 (1997).

#### IV. ADHÉSION ET TRIBOLOGIE

P.-G. DE GENNES, « Soft adhesives », *Langmuir* 12, 4497-4500 (1996).

L. LÉGER, H. HERVET, M. DERUELLE, E. BOUCHER, R. PIT, « Role of connector molecules in polymer adhesion », *Proceedings of EURADH'96*, p. 191 (1996).

L. LÉGER, N. AMOUROUX, « Antiadhesive behaviour of silicone elastomers », *Proceedings of EURADH'96*, p. 567 (1996).

E. BOUCHER, J.P. FOLKERS, C. CRETON, H. HERVET, L. LÉGER, « Enhanced adhesion between polypropylene and polyamide 6 : role of interfacial nucleation of the  $\beta$  crystalline form of polypropylene », *Macromolecules* 30, 2102 (1997).

#### V. HYDRODYNAMIQUE PHYSIQUE ET MILIEUX GRANULAIRES

P.-G. DE GENNES, « Static compression of a granular medium : the " soft shell " model », *Europhysics Letters* 35, 145-149 (1996).

T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES, « Surface flows of granular mixtures : I. General principles and minimal model », *J. Phys. I France* 6, 1295-1304 (1996).

T. BOUTREUX, E. RAPHAËL, P.-G. DE GENNES, « Propagation of a pressure step in a granular material : the role of wall friction », *Physical Review E* 55, 5759-5773 (1997).

T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES, « Étalement d'une marche de sable : le problème du Sinaï », *CRAS* 324 (1997).

#### PARTICIPATION A DES COLLOQUES 1996-1997

##### *Conférences et communications orales*

N. AMOUROUX, L. LÉGER

— « Anti-adhésion des élastomères silicone », Colloque « Graines d'Adhésion », Mulhouse, 23-26 juin 1996.

— « Anti-adhésion des élastomères silicone », École Pré-Doctorale de Physique des Houches, Session IX « Matière Molle : Systèmes Complexes et Interfaces », Les Houches, 1-13 septembre 1996.

S. BARDON, H. DUMOULIN, M.-P. VALIGNAT, P. PIERANSKI, A.-M. CAZABAT

— « Étude de films de pré-mouillage de cristaux liquides par microscopie à force atomique », « Journées Utilisateurs Nanoscope », Lyon, 16-18 octobre 1996.

S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, F. VANDENBROUCK, A.-M. CAZABAT

— « Experimental study of liquid crystals pre-wetting films », Réunion Réseaux CEE « Cristaux Liquides aux Interfaces », Brite Project Meeting, Moena (Italie), 22 février-1<sup>er</sup> mars 1997.

A.-L. BERNARD

— « Adhésion de vésicules géantes sur surfaces poreuses et étude de leur fabrication sous champ électrique », École Pré-Doctorale de Physique des Houches, Session IX « Matière Molle : Systèmes Complexes et Interfaces », Les Houches, 1-13 septembre 1996.

J. BILLARD

— « Some remarks on the evolution of researches for structures of mesogens and mesophases », conférence invitée, Liquid Crystals, Present, Past and Future, Capri (Italie), le 12 septembre 1996.

— « Some historical pictures relating to mesomorphy », conférence invitée, Liquid Crystals, Present, Past and Future, Capri (Italie), le 13 septembre 1996.

T. BOUTREUX, E. RAPHAËL, P.-G. DE GENNES

— « Propagation of a pressure step in a granular material : the role of wall friction », Conférence « Cooperative Phenomena in Complex Media », Cambridge (Grande-Bretagne), 4-6 septembre 1996.

T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES

— « Surface flows of granular mixtures : I. General principles and minimal model », Congrès de Physique « Powders and Grains 97 », Durham, Duke, N.C. (USA), 18-23 mai 1997.

— « Surface flows of granular mixtures : I. General principles and minimal model », Journées de Physique Statistiques, ESPCI, Paris, 30-31 janvier 1997.

M. CACHILE, A.-M. CAZABAT

— « Instabilities in spreading of surfactant solutions drops », Participation au Workshop : « Instabilities and Dewetting of thin Films », Mulhouse, 11-12 décembre 1996.

A.-M. CAZABAT, S. BARDON, M. CACHILE, X. FANTON, M.-P. VALIGNAT, S. VILLETTE

— « The dynamics of ultrathin films : confinement effects and 2D volatility », conférence invitée, Meeting of the Faraday Society, Cambridge (Grande-Bretagne), 18-20 septembre 1996.

A.-M. CAZABAT, M.-P. VALIGNAT, S. VILLETTE

— « Wetting : from theory to experiment », conférence invitée, The XIV European Chemistry at Interfaces Conference, Anvers (Belgique), 22-24 octobre 1996.

A.-M. CAZABAT, M. CACHILE

— « Spreading of surfactant solutions », conférence invitée, Réunion Réseaux CEE, HCM Research Network, 5th Workshop Meeting on « Structure and Dynamics of Solid/Liquid Interfaces », Kleine Zaal, WICC — IAC, Wageningen (Pays-Bas), 11-13 janvier 1997.

A.-M. CAZABAT, M.-P. VALIGNAT, S. VILLETTE, S. BARDON, X. FANTON, F. VANDENBROUCK

— « Recent results in spreading dynamics », conférence invitée, International Workshop « Wetting and Spreading : from Experiment to Theory », Mons (Belgique), 14-15 janvier 1997.

P. DAVIDSON, C. BOURGAUX, C. WILLIAMS, P. SERGOT, J. LIVAGE

— « A SAXS study of the lyotropic nematic phase of  $V_2O_5$  gels », conférence invitée, Xth Conférence Internationale « Small Angle Scattering » SAS 96, Campinas (Brésil), 21-25 juillet 1996.

E. DURLIAT, H. HERVET et L. LÉGER

— « Wall slip of a polymer melt on a polymer brush », Participation au Fall Meeting of Materials Research Society, Boston (USA), 2-6 décembre 1996.

X. FANTON

— « Instabilités ou pas instabilités, telle est la question », École Pré-Doctorale de Physique des Houches, Session IX « Matière Molle : Systèmes Complexes et Interfaces », Les Houches, 1-13 septembre 1996.

— « Mélanges binaires : étalement induit par évaporation », 17<sup>e</sup> Rencontre de Physique Statistique de Paris, ESPCI, 30-31 janvier 1997.

X. FANTON, A.-M. CAZABAT

— « Driven spreading films : how and why instabilities », Réunion Réseaux CEE, 4th Workshop Meeting on « Structure and Dynamics of Solid-Liquid Interfaces », Rueil-Malmaison, 4-5 juillet 1996.

— « Dynamics of spreading in a self-adjusting gradient system », Participation au Workshop : « Instabilities and Dewetting of thin Films », Mulhouse, 11-12 décembre 1996.

— « Dynamics of spreading in a self-adjusting gradient system », conférence invitée, Réunion Réseaux CEE, HCM Research Network, 5th Workshop Meeting on « Structure and Dynamics of Solid/Liquid Interfaces », Kleine Zaal, WICC — IAC, Wageningen (Pays-Bas), 11-13 janvier 1997.

C. GAY

— « Modèles moléculaires de glissement à la paroi », Colloque Final du GDR 901 : « Rhéologie pour la Transformation des Polymères Fondus », ESPCI, Paris, 24-25 mars 1997.

P.-G. DE GENNES

— « Granular matter », conférence invitée, Trondheim (Norvège), 10 mars 1997.

— « Dewetting », conférence invitée, Trondheim (Norvège), 10 mars 1997.

— « Reactive wetting », Frontiers in Condensed Matter Physics, conférence invitée, Bar-Ilan (Israël), 28 mars-3 avril 1997.

— « Dewetting : from helium drops to the hydroplaning of cars », conférence invitée, Run Run Shaw Distinguished Lecture, Stony Brook, New York (USA), 6 mai 1997.

— « Principles of adhesion », conférence invitée, Frank Cotton Symposium, College Station, Texas (USA), 7 mai 1997.

— « Challenges for chemists », conférence invitée, Frank Cotton Symposium, College Station, Texas (USA), 8 mai 1997.

— « Bubbles, foams and other fragile objects », conférence invitée, Frank Cotton Symposium, College Station, Texas (USA), 9 mai 1997.

— « Polymers : magicians, witches, and illusions in the Quest for the Grail », conférence invitée, NSF Symposium on the Future of Polymers, Washington, DC (USA), 16 mai 1997.

— « Multicontact friction », conférence invitée, Congrès de Physique « Powders and Grains 97 », Durham, Duke, NC (USA) 18-23 mai 1997, 19 mai 1997.

H. HERVET, L. LÉGER

— « Effets de glissement à la paroi sur la rhéologie de fluides de polymères chargés », Colloque Final du GDR 901 : « Rhéologie pour la Transformation des Polymères Fondus », ESPCI, Paris, 24-25 mars 1997.

L. LÉGER

— « Interfaces et Adhésion », Animation de la Table Ronde, Rencontre Jeunes Chercheurs « Graine d'Adhésion », Mulhouse, 25-26 juin 1996.

— « Adhésion des polymères », Entretiens de la Physique, SFP et CNISF, Paris, 2-3 octobre 1996.

— « Surface anchored polymer layers : role in adhesion and friction », conférence invitée, 6th European Polymer Federation Symposium on Polymeric Materials, Aghia Pelaghia, Crète (Grèce), 7-11 octobre 1996.

— « Couches de polymères ancrées en surface : structure et rôle en adhésion et en friction », conférence invitée, Colloque National Annuel du Groupe Français des Polymères, Mulhouse, 19-21 novembre 1996.

L. LÉGER, G. MASSEY, H. HERVET

— « Slip transition at the polymer-solid interface », Third Liquid Matter Conference European Physical Society, Norwich (Grande-Bretagne), 6-10 juillet 1996.

L. LÉGER, H. HERVET, E. DURLIAT

— « Étude expérimentale des différents régimes de glissement à la paroi : rôle des chaînes ancrées en surface », Colloque Final du GDR 901 : « Rhéologie pour la Transformation des Polymères Fondus », ESPCI, Paris, 24-25 mars 1997.

V. PONSINET

— « Transition d'orientation sous champ de phases ferrosmectiques », 17<sup>es</sup> Rencontres de Physique Statistique de Paris, ESPCI, 30-31 janvier 1997.

V. PONSINET, P. FABRE, L. RAMOS

— « Dynamique de nanoparticules stabilisées dans des phases lyotropes gonflées », Réunion Plénière du GDR 1 082, Biarritz-Anglet, 23-27 mars 1997.

D. QUÉRÉ

— « From thick to really very thin films (two lectures) », conférence invitée, Conference Drops, Bubbles & Films, UIMP, Santander (Espagne), septembre 1996.

— « The early stages of capillary rise », Participation au Workshop : « Instabilities and Dewetting of thin Films », ICSI, Mulhouse, 11-12 décembre 1996.

— « Inertial capillarity », conférence invitée, Colloque International European Low-Gravity Association Meeting (ELGRA), Paris, 17-19 mars 1997.

L. RAMOS

— « Phases hexagonales gonflées et dopées par des particules magnétiques : étude par diffusion quasi-élastique de la lumière », 17<sup>e</sup> Rencontre de Physique Statistique de Paris, ESPCI, 30-31 janvier 1997.

L. RAMOS, P. FABRE et F. NALLET

— « Phases hexagonales dopées : élaboration et propriétés élastiques », Réunion Plénière Annuelle du GDR 1 082 « Systèmes Colloïdaux Mixtes », La Londe lès Maures, 17-21 juin 1996.

L. RAMOS et P. FABRE

— « Phases hexagonales dopées : élaboration et propriétés magnétiques », Congrès de la SFP, 5<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, Orléans, 28-30 août 1996.

E. RAPHAËL

— « Polymer adhesion », conférence invitée, International Conference « Problems of Condensed Matter Theory », Moscou (Russie), 31 mai-4 juin 1997.

D. SPOLIANSKY

— « Biréfringence des ferrosmectiques sous champ magnétique », 17<sup>es</sup> Rencontres de Physique Statistique de Paris, ESPCI, 30-31 janvier 1997.

M.-P. VALIGNAT, S. BARDON, F. VANDENBROUCK, A.-M. CAZABAT

— « Wetting of alkyl-lyanobiphenyls », Réunion Réseaux CEE « Cristaux Liquides aux Interfaces », Moena (Italie), 22 février-1<sup>er</sup> mars 1997.

C. WILLIAMS

— « Structure and charge modifications with hydrophobicity of highly charged polyelectrolytes », conférence invitée, Gordon Research Conference « Polymers » (West), Ventura, California (USA), 5-10 janvier 1997.

C. WILLIAMS, W. ESSAFI, F. LAFUMA

— « Structure of semi-dilute polyelectrolyte solutions by SAXS and SANS », conférence invitée, Xth Conférence Internationale « Small Angle Scattering » SAS 96, Campinas (Brésil), 21-25 juillet 1996.

C. WILLIAMS, F. LAFUMA et W. ESSAFI

— « How coiled can a polyelectrolyte be ? », 6th European Polymer Federation Symposium on Polymeric Materials, Heraklion, Crète (Grèce), 7-11 octobre 1996.

*Affiches*N. AMOUROUX, H. HERVET, L. LÉGER

— « Adhésion d'un élastomère silicone sur un adhésif acrylique », Rencontre Jeunes Chercheurs « Graine d'Adhésion », Mulhouse, 25-26 juin 1996.

N. AMOUROUX, L. LÉGER, H. HERVET

— « Adhesive and anti-adhesive behaviour of silicone elastomers », 3rd European Conference on Adhesives et 6th International Conference on Adhesion and Adhesives, EURADH'96, Cambridge (Grande-Bretagne), 3-6 septembre 1996.

S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, D. DUCA, R. OBER, R. BARTOLINO, A.-M. CAZABAT

— « Structure et dynamique d'étalement de micro-gouttes de cristaux liquides », Congrès de la SFP, 5<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, Orléans, 28-30 août 1996.

S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, R. OBER, H. DUMOULIN, P. PIERANSKI, A.-M. CAZABAT

— « Structure of a smectic liquid crystal in the vicinity of a solid surface », Seconde Conférence Franco-Israélienne sur les Fluides Complexes, Saint-Malo, 6-11 octobre 1996.

A.-L. BERNARD, M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE, P.-G. DE GENNES,  
J.-M. DI MEGLIO, L. JULLIEN

— « Towards a new way of drug delivery : the molecular drill », Seconde Conférence Franco-Israélienne sur les Fluides Complexes, Saint-Malo, 6-11 octobre 1996.

J. BICO, D. QUÉRÉ

— « Imprégnation de membranes poreuses », Physique en Herbe (PeH96), Talence, 1-5 juillet 1996.

D. BITTENCOURT, C. WILLIAMS, P. CHARTIER, R. JÉROME

— « Aggregate sizes of a telechelic ionomer at various degrees of neutralization », Xth Conférence Internationale « Small Angle Scattering » SAS 96, Campinas (Brésil), 21-25 juillet 1996.

T. BOUTREUX, E. RAPHAËL, P.-G. DE GENNES

— « Propagation of a pressure step in a granular material : the role of wall friction », Congrès « Friction, Arching, Contact Dynamics », Jülich (Allemagne), 28-30 octobre 1996.

H. DUMOULIN, P. PIERANSKI, S. BARDON, A.-M. CAZABAT, C. BAHR

— « Étude par microscopie à force atomique des films de pré-mouillage de gouttelettes de cristal liquide smectique », Congrès de la SFP, 5<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, Orléans, 28-30 août 1996.

E. DURLIAT, H. HERVET et L. LÉGER

— « Wall slip of a melt on a grafted layer », Seconde Conférence Franco-Israélienne sur les Fluides Complexes, Saint-Malo, 6-11 octobre 1996.

C. GAY, P.-G. DE GENNES, E. RAPHAËL, F. BROCHARD

— « Injection threshold for a statistically branched polymer inside a nanopore », Workshop on « Fluctuation Mediated Interactions in Soft Matter », International Workshop in Honour of Professor P. Pincus on the Occasion of his 60th Birthday, Centre de Physique — Les Houches, 14-18 octobre 1996.

M. HÉBERT

— « Conjecture on the nature of ordered phases of columnar liquid crystals », Seconde Conférence Franco-Israélienne sur les Fluides Complexes, Saint-Malo, 6-11 octobre 1996.

L. LÉGER, H. HERVET, M. DERUELLE, E. BOUCHER, R. PIT

— « Role of connector molecules in polymer adhesion », 3rd European Conference on Adhesives et 6th International Conference on Adhesion and Adhesives, EURADH'96, Cambridge (Grande-Bretagne), 3-6 septembre 1996.

V. PONSINET

— « Ferrosmeectics : structure and interactions », Seconde Conférence Franco-Israélienne sur les Fluides Complexes, Saint-Malo, 6-11 octobre 1996.

V. PONSINET et O. THÉODOLY

— « Layer of microparticles on a liquid polymer », International Conference on Polymer-Solid Interfaces-2, Namur (Belgique), 11-16 août 1996.

V. PONSINET et P. FABRE

— « Modification des interactions dans une phase lamellaire par la présence de nanoparticules », Congrès de la SFP, 5<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, Orléans, 28-30 août 1996.

L. RAMOS et P. FABRE

— « Magnetically doped swollen hexagonal phase », Third Liquid Matter Conference, University of East anglia, Norwich (Grande-Bretagne), 6-10 juillet 1996.

L. RAMOS, P. FABRE et F. NALLET

— « Propriétés élastiques de phases hexagonales dopées », Congrès de la SFP, 5<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, Orléans, 28-30 août 1996.

— « Magnetically doped lyotropic hexagonal phases », Seconde Conférence Franco-Israélienne sur les Fluides Complexes, Saint-Malo, 6-11 octobre 1996.

— « Magnetically doped lyotropic hexagonal phases », Workshop on « Fluctuation Mediated Interactions in Soft Matter », International Workshop in Honour of Professor P. Pincus on the Occasion of his 60th Birthday, Centre de Physique - Les Houches, 14-18 octobre 1996.

E. RAPHAËL, T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES

— « Propagation of a pressure step in a granular material : the role of wall friction », Seconde Conférence Franco-Israélienne sur les Fluides Complexes, Saint-Malo, 6-11 octobre 1996.

D. SPOLIANSKY, V. PONSINET, V. GROLIER, P. BROCHARD

— « Optique non-linéaire dans les ferrofluides et les ferrosmeectiques », Congrès de la SFP, 5<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, Orléans, 28-30 août 1996.

O. THÉODOLY, V. PONSINET

— « Monocouche de particules magnétiques sur un polymère liquide », Congrès de la SFP, 5<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, Orléans, 28-30 août 1996.

M.-P. VALIGNAT, E. DUBOIS-VIOLETTE, R. BARTOLINO, A.-M. CAZABAT

— « Surface effects in liquid crystals : a microscopic study », 16th International Liquid Crystals Conference, Kent (USA), 24-28 juin 1996.

M.-P. VALIGNAT, S. BARDON, R. BARTOLINO, A.-M. CAZABAT

— « Ellipsometric study of liquid crystal micro-droplets », Seconde Conférence Franco-Israélienne sur les Fluides Complexes, Saint-Malo, 6-11 octobre 1996.

S. VILLETTE, M.-P. VALIGNAT, A.-M. CAZABAT

— « Adsorption of hydroxylated PDMS on hydrophilic surfaces : the role of water », 4<sup>e</sup> Symposium International sur la Mouillabilité, Montpellier, 11-13 septembre 1996.

C. WILLIAMS, J.-P. GASPARD, J.-Y. RATY, A. EISENBERG, D. NGUYEN

— « Ellipticity and spatial organization of diblock ionomer micelles », Xth Conférence Internationale « Small Angle Scattering » SAS 96, Campinas (Brésil), 21-25 juillet 1996.

#### SÉMINAIRES, COURS ET CONFÉRENCES 1996-1997

N. AMOUROUX, L. LÉGER

— « Anti-adhésion des élastomères silicone », séminaire au Centre de Recherche Rhône-Poulenc, Saint-Fons, CRIT Carrières, 4 novembre 1996.

S. BARDON

— « Organisation des cristaux liquides smectiques au voisinage d'une surface solide », École Pré-Doctorale de Physique des Houches, Session IX « Matière Molle : Systèmes Complexes et Interfaces », Les Houches, 1-13 septembre 1996.

S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, A.-M. CAZABAT

— « Organisation des cristaux liquides au voisinage d'une surface solide », séminaire, Thomson-CSF, LCR, novembre 1996.

S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, H. DUMOULIN, R. OBER, A.-M. CAZABAT

— « Prewetting films of liquid crystal drops », séminaire, Humboldt University, Berlin (Allemagne), 18 décembre 1996.

S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, A.-M. CAZABAT

— « Mouillage des cristaux liquides à l'échelle moléculaire », séminaire, CEA-Saclay, avril 1997.

S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, F. VANDENBROUCK, H. DUMOULIN, W. STOCKER, J. RABE, A.-M. CAZABAT

— « Mouillage et ancrage des cristaux liquides à l'échelle moléculaire », séminaire, LTDS - École Centrale de Lyon, 30 avril 1997.

S. BARDON, M.-P. VALIGNAT, F. VANDENBROUCK, A.-M. CAZABAT

— « New experimental results around the Valignat/Dubois-Violette model », séminaire, Université de Calabre, Cosenza (Italie), 15 mai 1997.

S. BARDON, W. STOCKER, M.-P. VALIGNAT, H. DUMOULIN, J. RABE, A.-M. CAZABAT

— « Study of very thin liquid films by AFM », séminaire, Humboldt University, Berlin (Allemagne), 28 mai 1997.

T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES

— « Modèle canonique des écoulements de surface », séminaire, Laboratoire d'Application du Calcul Numérique, Stuttgart (Allemagne), 9 juin 1997.

— « Surface flows of granular mixtures : I. General principles and minimal model », séminaire, laboratoires LMDH-LMCP-LPCI, Université de Paris VI, Paris, 21 mars 1997.

— « Surface flows of granular mixtures : I. General principles and minimal model », séminaire, laboratoires LHMP, ESPCI, Paris, 11 avril 1997.

A.-M. CAZABAT, S. GERDES, M.-P. VALIGNAT, S. VILLETTE

— « Ultrathin wetting films : new results and remaining questions », séminaire, Wuppertal (Allemagne), 13 mars 1997.

E. DURLIAT

— « How to chemically modify a surface to enhance wall slip ? », séminaire à Harvard (USA), 6 décembre 1996.

X. FANTON, A.-M. CAZABAT

— « Dynamics of spreading in a self-adjusting gradient system », séminaire, Humboldt University, Berlin (Allemagne), 27 novembre 1996.

P.-G. DE GENNES

— « Artificial muscle », séminaire, Université Ben Gurion, Beer-Sheva (Israël), 30 mars 1997.

— « Reflections on artificial muscles », séminaire, Cornell University, Syracuse, New York (USA), 5 mai 1997.

H. HERVET

— « Glissement sur une surface solide d'un polymère fondu soumis à un cisaillement », séminaire, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse), 28 avril 1997.

R. KANT

— « Diffusion to rough interfaces », séminaire, Leeds (Grande-Bretagne), 27 septembre 1996.

L. LÉGER

— « Chaînes de polymères ancrées en surface : rôle en adhésion et en friction », séminaire à l'Institut Curie, Paris, 27 novembre 1996.

— « Adhésion des polymères », Formation Continue Physico-Chimie des Interfaces, Institut Charles Sadron, Strasbourg, 27-29 janvier 1997.

— « Chaînes de polymères ancrées en surface : rôle en adhésion et en friction », séminaire au CEA-Grenoble, DRF MC, 17 février 1997.

— « Interfacial friction in flowing polymer melts : the onset of wall slip : experiments and models », séminaire, DSM, Geleen (Pays-Bas), 27 février 1997.

— « Adhésion des polymères », cours à l'École « Physique des Polymères », 39<sup>e</sup> Cours de Perfectionnement, Grimentz (Suisse), 2-8 mars 1997.

D. QUÉRÉ

— « Wetting phenomena », Université de Calabre, Cosenza (Italie), juin 1996.

— « L'ensimage des fibres », séminaire, Vetrotex, Chambéry, juillet 1996.

— « Surfaces fluides », cinq cours, École Doctorale en Sciences des Matériaux, Lyon, janvier-février 1997.

— « Nucléation hétérogène dans une boisson pétillante », séminaire, Centre de Recherches Moët-et-Chandon, Épernay, février 1997.

L. RAMOS

— « Phases hexagonales gonflées et dopées par des particules magnétiques », séminaire de l'ENS, Paris, 15 novembre 1996.

— « Lyotropic hexagonal phases incorporating nanoparticles », séminaire, Department of Colloid Chemistry, Max-Planck Institute of Colloids and Interfaces, Teltow-Seehof, (Allemagne), 29 janvier 1997.

L. RAMOS et P. FABRE

— « Phases hexagonales gonflées et dopées par des particules magnétiques », séminaire au Centre de Recherche Paul Pascal, Pessac, 16 juillet 1996.

E. RAPHAËL

— « Introduction à l'adhésion », cours donné dans le cadre du stage « Physicochimie des Surfaces » organisé par le Département d'Éducation Permanente de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, janvier 1996.

— « Adhésion et connecteurs », séminaire, Laboratoire des Matériaux Macromoléculaires, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Villeurbanne, janvier 1996.

— « Quelques modèles récents pour l'adhésion des polymères », séminaire au Service de Physique Théorique, CEA-Saclay, février 1997.

— « Physique des polymères », cours donnés dans le cadre de l'École Doctorale de Physique de la Région Parisienne, 2<sup>e</sup> trimestre 1997.

D. SPOLIANSKY, V. PONSINET, V. GROLIER, P. BROCHARD

— « Optique non-linéaire dans les ferrofluides et les ferrosmections », séminaire, École Pré-Doctorale de Physique des Houches, Session IX « Matière Molle : Systèmes Complexes et Interfaces », Les Houches, 1-13 septembre 1996.

D. SPOLIANSKY, V. PONSINET, J. FERRÉ, J.-P. JAMET

— « Propriétés optiques et magnétiques des ferrosmections », séminaire général de la Direction Scientifique, Thomson-CSF Optronique, 26 mai 1997.

C. TARDIVAT, L. LÉGER, H. HERVET

— « Caractérisation des mécanismes d'adhésion entre un élastomère et des fibres de verre », École Pré-Doctorale de Physique des Houches, Session IX « Matière Molle : Systèmes Complexes et Interfaces », Les Houches, 1-13 septembre 1996, séminaire donné le 7 septembre 1996.

M.-P. VALIGNAT, S. BARDON

— « Mouillage de cristaux liquides, étude microscopique », séminaire, Université de Paris VI, 6 février 1997.

C. WILLIAMS

— « Unusual properties of polyelectrolytes with some hydrophobic character », séminaire, University of Wisconsin, Madison (USA), 14 janvier 1997.

— « Structural properties of polyelectrolyte solutions », séminaire, Argonne National Laboratory (USA), 15 janvier 1997.

#### DIFFUSION DES CONNAISSANCES 1996-1997

J. BILLARD

— « La découverte de la radioactivité par Henri Becquerel », Ann. Ponts Chaussées 82, 49-58 (1997).

D. QUÉRÉ

— « Statique des tas de sable », Archipel Sciences, France-Culture (octobre 1996).

— « Toiles, liquides & fils », Archimède, Arte (février 1997).

E. RAPHAËL

— Compte rendu de la Seconde Rencontre Franco-Israélienne (Saint-Malo), Archipel Sciences, France-Culture (octobre 1996).

E. RAPHAËL, D. QUÉRÉ

— « Dynamique d'une chaîne polymère unique », Encyclopédia Universalis, La Science au Présent 1997, p. 59 (1996).

SÉMINAIRES DONNÉS AU COLLÈGE DE FRANCE

D. DURIAN (UCLA, Los Angeles, Californie, USA), *How do soft solids flow ?* (20 juin 1996).

C. QUILLIET (LMCP, Université de Paris VI), *Épitaxie à l'interface lamellaire-éponge* (21 juin 1996).

C. GAY (Collège de France, Paris), *Des étoiles aux fractals, petites histoires de polymères branchés* (28 juin 1996).

J. ROSS (Stanford University, USA), *Chemical computations and a strategy toward determination of complex reaction mechanisms* (24 septembre 1996).

M. WARNER (Cambridge, Grande-Bretagne), *Softness, semi-softness and stripe instabilities in nematic elastomers* (27 septembre 1996).

Y. RABIN (Bar-Ilan, Israël), *Physics of polymer gels* (3 octobre 1996).

D. WOERDEMAN (Collège de France, Paris), *Characterization of the liquid molding process of composites manufacturing* (4 octobre 1996).

N. AMOUROUX (Collège de France, Paris), *Étude de l'adhésion silicone-acrylate (JKR)* (6 novembre 1996).

T. BOUTREUX (Collège de France, Paris), *Propagation d'une marche de pression dans un milieu granulaire* (13 novembre 1996).

E. DURLIAT (Collège de France, Paris), *Glissement d'un fondu sur une couche greffée* (22 novembre 1996).

M. ADAM (ILL, Grenoble), *Propriétés dynamiques des polymères : — branchés, au voisinage du point de gel ; — linéaires, au point theta* (28 novembre 1996).

C. GAY (Collège de France, Paris), *Pénétration partielle d'un fondu dans une brosse* (29 novembre 1996).

C. FLAMENT (AOMC, Jussieu, Paris), *Mousse bidimensionnelle de ferrofluide : étude expérimentale du « vieillissement » et aspects topologiques* (13 décembre 1996).

X. FANTON (Collège de France, Paris), *Des larmes de vin aux larmes d'alcanes : commentaires et questions* (20 décembre 1996).

S.-Q. WANG (Macromolecular Science, Case Western Reserve University, Cleveland, USA), *From melt flow instabilities to wall slip : forty years of predicament* (23 janvier 1997).

L. RAMOS (Collège de France, Paris), *Propriétés élastiques, structurales et magnétiques de phases hexagonales dopées par des nanoparticules* (7 février 1997).

A. KHOKHLOV (Polymer Physics Laboratory, Physics Department, Moscow State University, Russie), *Associating polymers : theory and computer simulations* (13 février 1997).

J.-L. BARRAT (Université Claude-Bernard — Lyon I, Villeurbanne), *Étude théorique de chaînes polymères chargées* (20 février 1997).

A. MEUNIER et L. SEDEL (Faculté de Médecine Lariboisière - Saint-Louis, Paris), « *Les implants orthopédiques* » — *Problèmes des interactions tissus biologiques/biomatériaux* — (27 février 1997).

M. ANGELOVA (Bulgarian Academy of Sciences), *Liposome electroformation. Recent applications. Local injection of active substances to giant unilamellar vesicles* (28 février 1997).

M.-P. VALIGNAT (Collège de France, Paris), *Mouillage de cristaux liquides : étude microscopique* (7 mars 1997).

V. MARCHI-ARTZNER (Collège de France, Paris), *Étude des interactions entre membranes complémentaires* (18 avril 1997).

M. AUBOUY (CEA, Grenoble), *Organisation de polymères aux interfaces* (30 mai 1997).

#### THÈSES DE DOCTORAT 1996-1997

S. VILLETTE-ASNACIOS, « *Étude ellipsométrique de films minces de mouillage (effets de l'hygrométrie et de la température)* », Université de Paris VI, soutenue le 18 novembre 1996.

#### DEA 1996-1997

M. MAMAN (sous la direction de V. Ponsinet), « *Surfaces à mouillabilité variable* », DEA de Physique des Liquides, Université de Paris VI, juin 1997.

D. RICHARD (sous la direction de D. Quéré), « *Imprégnation de membranes poreuses* », DEA « Matière Condensée », Université de Paris VI, juin 1997.

F. VANDENBROUCK (sous la direction de A.-M. Cazabat), « *Propriétés de mouillage par les cristaux liquides* », DEA de Physique des Liquides, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), juin 1997.

#### DISTINCTIONS

P.-G. DE GENNES a reçu la médaille Onsager à Trondheim (Norvège) le 10 mars 1997. Il a aussi reçu la médaille FA Cotton de ACS Texas A. & M. Section et de l'Université A. & M. du Texas (USA) le 7 mai 1997.