

## Physique de la Matière Condensée

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

Cours : *Les surfaces molles*

Nous avons pris l'habitude de définir la « matière molle » par la présence de fortes réponses pour des perturbations faibles. Il en va de même pour les surfaces molles. En fait, au cours des premiers exposés sur le sondage des surfaces, nous avons rencontré dans cette direction une problématique nouvelle : le couplage entre une *particule chargée* et une surface fluide. La particule développe une « bosse » dans le fluide, plus (à certaines vitesses), un sillage. E. Raphaël explore actuellement ces effets et il s'avérera peut-être possible d'en tirer une nouvelle méthode de sondage.

La suite du cours visait à donner un panorama actuel de l'*adhésion*, recouvrant la chimie, la mécanique et la physique. Une attention particulière a été donnée aux systèmes pourvus de « connecteurs » souples (molécules greffées) étudiés récemment au plan théorique ; puis aux effets viscoélastiques et à la « pégosité » déjà décrite il y a deux ans. L'apport le plus nouveau concernait les phénomènes de *glissement* : polymère fondu, contre-surfaces greffées et autres cas analogues. Nous avons depuis peu au laboratoire une technique expérimentale sophistiquée (due à H. Hervet et L. Léger) qui permet d'étudier les champs de vitesse tout près d'une paroi. En parallèle, s'est développée toute une analyse théorique assez riche, qui nous montre une transition remarquable entre friction linéaire et frottement solide (à contrainte de cisaillement constante). Selon les systèmes, la vitesse de transition entre ces deux régimes peut varier considérablement. Il y a ici visiblement un secteur important de recherche, qui croîtra beaucoup dans les prochaines années et qui devra être amplifié dans des enseignements à venir.

## I. COLLOÏDES

1) *Vésicules géantes*a) *Modification de morphologie de vésicules polymérisables*

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

Nous avons poursuivi l'étude de la polymérisation de vésicules géantes par irradiation U.V., à différentes longueurs d'onde, en utilisant la spectrographie R.M.N. pour suivre les cinétiques de rétrécissement des vésicules et de froissage de la membrane.

b) *Modification de la perméabilité de la membrane de vésicules non polymérisables*

[M. DVOLAITZKY, P.G. de GENNES, M.A. GUEDEAU-BOUDEVILLE, en collaboration avec L. JULLIEN (Chimie des Interactions Moléculaires, Collège de France)]

Nous cherchons actuellement à mettre au point une méthode utilisant des marqueurs fluorescents pour vérifier s'il y a augmentation de la perméabilité de la membrane d'une vésicule lorsqu'elle est adsorbée sur un support poreux. L'augmentation de la perméation serait due à l'apparition de défauts dans la membrane tendue sur les pores : idée de la « perceuse moléculaire » proposée par de Gennes.

2) *Amphicolloïdes*

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

Nous avons établi que des liquides organisés, du type lyotrope, pouvaient incorporer des nano-particules solides ; on obtient ainsi des phases stables, à caractère hybride, que nous avons appelé « amphicolloïdes » dans la mesure où ils font apparaître à la fois des interfaces solides et des interfaces liquides. Par exemple, on obtient des phases lamellaires, hexagonales, éponge et microémulsions, dopées avec des oxydes de fer ou de la silice.

3) *Structure et propriétés élastiques des phases ferrosmectiques*

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

L'analyse des spectres de diffusion des rayons X et des neutrons aux petits angles confirme la structure lamellaire de ces phases, où sont incluses de fines particules magnétiques. Une étude détaillée de l'évolution de ces spectres avec la concentration en particules montre que les propriétés élastiques de ces systèmes sont radicalement modifiées par rapport aux phases non dopées. Ces résultats ont été confirmés par une expérience dite « coin de Cano », où les constantes élastiques du système sont déduites de la structure du réseau de dislocations observées dans une cellule prismatique.

#### 4) *Caractérisation de suspensions colloïdales*

[R. OBER, en collaboration avec C. DEPEGE et D. ESPINAT (I.F.P., Rueil-Malmaison)]

Nous avons étudié, par la diffusion des rayons X aux petits angles, des particules colloïdales de nickel dont nous avons déterminé la taille moyenne, la distribution en tailles et les paramètres d'interactions entre particules.

[R. OBER, en collaboration avec H. MATTOUSSI (Université de Floride, U.S.A.)]

Nous étudions actuellement l'évolution de la distribution en tailles et la nature des interactions de solutions de particules de CdSe selon les solvants et surfactants utilisés.

#### 5) *Phases lamellaires gonflées par des polymères*

[R. OBER, en collaboration avec M. SINGH et M. KLÉMAN (Université de Paris-Sud, Orsay)]

Nous avons examiné l'influence de polymères neutres en solution dans la phase aqueuse d'une phase lamellaire  $L_{\alpha}$ . Le diagramme de phase n'est pas modifié par l'addition du polymère, mais sa présence diminue la distance entre les lamelles.

#### 6) *Films et mousses de savon*

[S. COHEN-ADDAD, J.-M. DI MÉGLIO, J. LAL, R. OBER, D. QUÉRÉ, en collaboration avec P. BAGLIONI (département de Chimie de l'Université de Florence)]

L'étude des films de savon se poursuit. Il a ainsi été montré que la perméabilité des films au gaz d'un alcane insoluble dans l'eau était assurée par l'encapsulation de l'alcane par les micelles de tensioactifs. L'utilisation de la technique de marquage de spin nous a permis de montrer l'effet de la stratification du film sur les mouvements moléculaires et aussi de démontrer que l'ajout d'un polymère hydrosoluble favorise la formation d'agrégats de molécules tensioactives.

## II. POLYMÈRES

### 1) *Rhéologie interfaciale de surfaces greffées en présence de polymères fondus ou réticulés ; et aussi l'interface polymère A/polymère B*

[P.G. de GENNES, en collaboration avec F. BROCHARD-WYART (Institut Curie, Paris), A. AJDARI, L. LEIBLER, J.-L. VIOVY (E.S.P.C.I., Paris) et M. RUBINSTEIN (Kodak, U.S.A.)]

2) *Mécanisme osmotique pour la « natation » d'une cellule*

(P.-G. de GENNES)

Un gel subit des contractions et des dilatations périodiques et il a une perméabilité un peu plus élevée dans l'état dilaté.

3) *Greffage et adsorption de chaînes de polymère sur surface solide plane*

(C. MARZOLIN, Y. MARCIANO, M. DERUELLE, M. BADÉYAN, R. OBER, L. LÉGER)

L'étude des « pseudo-brosses » obtenue par greffage chimique en extrémité de chaîne et adsorption simultanée a été poursuivie pour le système polydiméthylsiloxane-silice. Les épaisseurs à sec de ces couches, mesurées par ellipsométrie, suivent des lois d'échelle en fonction de la concentration en polymère dans le bain de réaction et de la longueur des chaînes greffées. En présence d'une vapeur de bon solvant, ces couches gonflent. Leur épaisseur d'équilibre ainsi que les cinétiques de gonflement, suivies par réflectivité des rayons X, mettent en évidence des réorganisations internes difficilement réversibles.

4) *Interpénétration pseudo-brosse/solution*

(C. MARZOLIN, H. HERVET, L. LÉGER)

L'envahissement progressif d'une pseudo-brosse par une solution du même polymère de concentration croissante a été suivi par excitation de fluorescence par onde évanescente. Le comportement observé est en bon accord qualitatif avec les profils de concentration des pseudo-brosses prévus théoriquement.

5) *Glissement d'un polymère fondu sur une paroi solide*

(G. MASSEY, K. MIGLER, H. HERVET, L. LÉGER)

La vitesse locale, dans une tranche de  $700 \text{ \AA}$  au-dessus du solide, d'un polymère fondu (PDMS,  $M_w = 900\,000$ ) soumis à un cisaillement, a été mesurée directement.

Dans le cas où les interactions polymères-surfaces sont faibles (quelques chaînes de PDMS adsorbées à la surface), on a ainsi observé :

1) l'existence d'un seuil en taux de cisaillement au-dessous duquel le glissement à la paroi est important ;

2) au-dessus de ce seuil, la longueur d'extrapolation à zéro du profil de vitesse suit une loi de puissance en fonction de la vitesse de glissement.

Lorsqu'il y a une couche dense de chaînes adsorbées en surface, on observe l'apparition d'instabilités de type « stick slip ».

6) *Etudes théoriques des polymères près d'une surface solide*

a) *Etude de l'adsorption irréversible d'un fondu de chaînes sur des particules solides sphériques. Application à la stabilisation colloïdale*

(E. RAPHAËL, M. AUBOUY)

b) *Etude de la montée d'un solvant de haut poids moléculaire le long d'une surface solide verticale sur laquelle des chaînes ont préalablement été greffées*

[E. RAPHAËL, M. AUBOUY, en collaboration avec F. BROCHARD (Université de Paris VI)]

c) *Etude d'une brosse en solvant polymère*

(E. RAPHAËL, M. AUBOUY)

7) *Etude théorique de polymères fondus et en solution*

a) *Etude de la conformation d'un polymère en étoile dans un solvant de haut poids moléculaire*

[E. RAPHAËL, en collaboration avec G. FREDRICKSON et P. PINCUS (Université de Santa Barbara, U.S.A.)]

b) *Etude de la conformation d'une longue chaîne dans un fondu de chaînes plus courtes chimiquement identiques*

[E. RAPHAËL, en collaboration avec G. FREDRICKSON et P. PINCUS (Université de Santa Barbara, U.S.A.)]

### III. MOUILLAGE

1) *Déformation d'une surface fluide en présence d'une particule chargée*

(P.G. de GENNES, E. RAPHAËL)

2) *Instabilités de mélange de deux liquides miscibles*

[P.G. de GENNES, en collaboration avec B. CABANE et J.R. AUTHELIN]

3) *Étalement de microgouttes*

(M.P. VALIGNAT, A.M. CAZABAT, P. LEVINSON, J. MARSH)

Nous avons poursuivi l'analyse ellipsométrique des profils de microgouttes en étalement. L'interprétation de la partie moléculaire de ces profils utilise aux temps courts un modèle diffusif et aux temps longs, lorsque les gouttes sont totalement structurées le modèle de goutte stratifiée proposé par de Gennes. Pour réduire le nombre de paramètres dans l'analyse, des expériences

d'étalement sur des couches préexistantes sont réalisées. La partie mésoscopique des profils permet de déterminer la constante de Hamaker effective du système air-liquide-substrat.

#### 4) *Transition de mouillage*

(M.P. VALIGNAT, F. TIBERG, A.M. CAZABAT)

Les crêpes prévues par de Gennes au voisinage de la transition de mouillage ont été mises en évidence sur différents substrats, notamment sur des wafers portant une couche pré-adsorbée de PDMS à terminaison hydroxyle.

#### 5) *Etude de surfactants silicones*

(F. TIBERG, M.P. VALIGNAT, A.M. CAZABAT)

Les solutions aqueuses diluées de certains surfactants silicones s'étalent sur des substrats hydrophobes à des vitesses de l'ordre du m/s. On a étudié des microgouttes du surfactant pur, liquide autophobe qui s'organise en bicouches bien définies sur substrat hydrophobe. La dynamique de croissance de ces bicouches est extrêmement sensible à l'humidité atmosphérique.

#### 6) *Défauts non mouillants en montée capillaire*

(J. MARSH, A.M. CAZABAT)

On a étudié la forme de la ligne de contact au voisinage d'un défaut non mouillant en géométrie de montée capillaire. Les résultats montrent la nécessité d'introduire dans la théorie une longueur caractéristique liée à la taille du défaut. La dynamique de décrochement de la ligne de contact sur ces défauts a également été étudiée. Les résultats sont en accord avec les prévisions théoriques.

#### 7) *Isothermes d'adsorption*

(P. LEVINSON, M.P. VALIGNAT, F. TIBERG, A.M. CAZABAT)

L'étude des isothermes d'adsorption de gaz sur des surfaces solides, portant éventuellement une couche greffée ou adsorbée, se poursuit. L'interaction de van der Waals explique bien les résultats obtenus, si l'on tient compte du caractère complexe de la surface solide : couche, silice, silicium et, éventuellement, de l'eau adsorbée.

#### 8) *Hystérésis de l'angle de contact*

[J.M. DI MEGLIO, en collaboration avec M. SHANAHAN (Centre des Matériaux de l'Ecole des Mines)]

Nous avons étudié l'interaction des déformations de la ligne de contact avançant sur une surface parsemée de défauts et montré qu'un modèle simple

de capillarité décrivait bien certaines de nos expériences. Nous étudions actuellement le décrochement d'un défaut de la ligne de contact induit par des ondes de surface.

9) *Mouillage forcé*

(A. de RYCK, D. QUÉRÉ)

En mesurant l'épaisseur des films entraînés par un fil métallique sorti d'un bain de liquide, nous avons montré :

— (i) que pour un liquide pur et visqueux, la quantité entraînée suit bien la loi de Landau-Levich ;

— (ii) que pour un liquide peu visqueux, l'épaisseur diverge à grande vitesse (effet inertiel) et décroît si l'on tire plus vite encore (entraînement de couche limite) ;

— (iii) que pour une solution aqueuse de tensioactif, on observe un épaissement du film, d'un facteur 1 à 2,5 qui dépend de la vitesse et de la concentration en tensioactif.

10) *Traitements de surface de fibres naturelles*

(P. RIGORD, D. QUÉRÉ et J.M. DI MEGLIO)

Nous avons étudié la modification de la mouillabilité de fibres naturelles par l'adsorption de polymères ou de molécules tensioactives. Nous nous sommes également intéressés au démouillage d'un film d'huile silicone par une solution de détergent ou par l'eau pure.

11) *Étalement de polymère fondu sur pseudo-brosses*

(J.F. ALLEMAND, L. LÉGER)

L'étalement de gouttes de PDMS fondu sur des pseudo-brosses de PDMS formées à la surface de la silice a été étudié. Des écarts systématiques aux lois de Tanner pour l'étalement macroscopique sont observés soit sous forme d'accélération de l'étalement, soit sous forme de blocage.

12) *Étude théorique du mouillage*

a) *Étude théorique de l'élasticité de la ligne de contact d'un liquide mouillant en montée capillaire sur un mur vertical*

[E. RAPHAËL, en collaboration avec J.-F. JOANNY (Institut Charles Sadron, Strasbourg)]

b) *Étude théorique des positions d'équilibre d'une particule convexe tri-dimensionnelle à une interface liquide-liquide*

(E. RAPHAËL, D. WILLIAMS)

## IV. ADHÉSION

*1) Force de pelage de rubans d'élastomères PDMS sur silice et silice modifiée*  
(Y. MARCIANO, R. VILANOVE, H. HERVET, L. LÉGER)

Au moyen de tests de pelage à 90°, à des vitesses comprises entre 100 Å/sec. et 100 µm/sec., on a cherché à caractériser l'adhésion élastomère/pseudo-brosses de PDMS en fonction du degré d'interpénétration chaînes de la couche/ruban d'élastomère. On observe :

a) lorsque les pseudo-brosses ont été formées à partir de polymère fondu :

1) une montée logarithmique de l'adhésion en fonction du temps de mise en contact brosse-ruban ;

2) une assez faible valeur des énergies d'adhésion à faible vitesse et une faible dépendance en vitesse ;

b) lorsque la brosse a été formée en solution, une augmentation notable de l'adhésion.

*2) Adhésion entre deux polymères A et B incompatibles, en présence de promoteur d'adhésion*

(E. BOUCHER, L. LÉGER)

L'effet d'un promoteur d'adhésion obtenu par copolymérisation in situ d'une faible fraction de chaînes activées B\* et susceptibles de réagir sur A à l'interface AB a été étudié au moyen de tests de pelage et de clivage.

On obtient :

(i) une énergie de clivage qui croît lorsque la densité de connecteurs croît ;

(ii) une énergie de pelage cent fois plus forte que l'énergie de clivage, effet que nous avons pu attribuer à une forte dissipation dans les zones fortement déformées du ruban pelé de B et associé à l'apparition périodique de zones plastiquement déformées.

*3) Etude théorique de l'adhésion*

*a) Effets combinés des forces intermoléculaires et de l'extraction de chaînes sur l'adhésion des élastomères*

[E. RAPHAËL, P.G. de GENNES, en collaboration avec H. BROWN (I.B.M. San Jose, U.S.A.) et H. HUI (Université de Cornell, U.S.A.)]

*b) Le problème de la zone cohésive : comparaison entre la formulation de de Gennes et la dérivation de Rice et Bueckner*

[E. RAPHAËL, en collaboration avec H. HUI (Université de Cornell, U.S.A.)]

## V. CRISTAUX LIQUIDES

*Cristaux liquides*  
(J. BILLARD)

La recherche des relations entre structure moléculaire et aptitude à former des mésophases discotiques a été poursuivie. Il a été montré que l'augmentation du nombre de chaînes latérales favorise les mésophases les plus symétriques. La sensibilité de la détection des transitions de phase par méthode photothermique a été évaluée. Les mésophases de molécules pyramidiques étalées sur une surface d'eau ont été étudiées.

## PUBLICATIONS DU LABORATOIRE EN 1992-1993

## I. COLLOÏDES

P.G. de GENNES, « Soft matter », Les Prix Nobel 1991, *Angewandte Chemie* 31, n° 7, 842-845 (1992).

P.G. de GENNES, « Soft Matter », Les Prix Nobel 1991, *Reviews of Modern Physics* 64, n° 3, 645-648 (1992).

M. DVOLAITZKY, P.G. de GENNES, M.A. GUEDEAU-BOUDEVILLE et L. JULLIEN, « Une perceuse moléculaire ? », *C.R.A.S.* 316, 1687-1690 (1993).

M.A. GUEDEAU-BOUDEVILLE, « Synthèse d'un lipide diénique à deux chaînes en vue de l'obtention de vésicules géantes polymérisables à température ambiante. Observation des changements de formes des vésicules », *C.R.A.S.* 315, 541-544 (1992).

M. DVOLAITZKY, M.A. GUEDEAU-BOUDEVILLE, L. LÉGER, « Polymerization induced shrinkage in giant butadienic lipid vesicles », *Langmuir* 8, 2595 (1992).

S. COHEN-ADDAD, J.M. DI MEGLIO et R. OBER, « Epaisseur d'un film noir de savon contenant un polymère hydrosoluble », *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 315, 39 (1992).

S. GIASSON, D. ESPINAT, T. PALERMO, R. OBER, M. PESSAH et M.F. MORIZUR, « Small-angle X-Ray scattering (SAXS) on calcium sulfonate dispersions : effects of friction on microstructure », *Journal of Colloid and Interface Science* 153, 355 (1992).

I. BEN AZOUZ, R. OBER, E. NAKACHE et C.E. WILLIAMS, « A small angle X-ray scattering investigation of the structure of a ternary water-in-oil microemulsion », *Colloids and Surfaces* 69, 87 (1992).

C. DEPEGE, D. ESPINAT, Y. CHAUVIN, H. OLIVIER et R. OBER, « Small-angle X-ray scattering study of nickel colloids stabilized by long chain carboxylic anions », *Journal of Colloid and Interface Science* 158, 105 (1993).

P. FABRE, C. QUILLIET, M. VEYSSIÉ, F. NALLET, D. ROUX, V. CABUIL and R. MASSART, « Anisotropy of the diffusion coefficients of submicronic particles embedded in lamellar phases », *Europhysics Lett.* 20, 229 (1992).

P. FABRE, « Structure and dynamic of the ferrosmectic phase », *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 248, 55 (1992).

C. QUILLIET, P. FABRE et V. CABUIL, « Doping of lyotropic smectics with non-magnetic particles : comparison with ferrosmectics », *J. Phys. Chem.* 97, 287 (1993).

S. COHEN-ADDAD, J.M. DI MEGLIO et R. OBER, « Epaisseur d'un film de savon contenant un polymère », *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 315, 39 (1992).

R. BRUINSMA, J.M. DI MEGLIO, S. COHEN-ADDAD et D. QUÉRÉ, « Formation of soap films from polymer solutions », *Langmuir* 8, 3161 (1992).

## II. POLYMÈRES

P.G. de GENNES, « Special features of water soluble polymers », *Pure & Appl. Chem.* 64, n° 11, 1585-1588 (1992).

P.G. de GENNES, E. RAPHAËL, « Aggregation of flexible-rigid-flexible triblock copolymers », *Makromol. Chem., Macromol. Symp.* 62, 1-17 (1992).

P.G. de GENNES, E. RAPHAËL, « Energie de bord d'une brosse en solvant polymère », *C.R.A.S.* 315, 937-939 (1992).

P.G. de GENNES, F. BROCHARD-WYART, « Nanorhéologie de polymères fondus entre deux surfaces greffées », *C.R.A.S.* 316, 449-453 (1993).

P.G. de GENNES, M. RUBINSTEIN, A. AJDARI, L. LEIBLER, F. BROCHARD-WYART, « Glissement d'un caoutchouc sur un solide greffé », *C.R.A.S.* 316, 317-320 (1993).

K. MIGLER, H. HERVET, L. LÉGER, « Slip transition of a polymer melt under shear stress », *Phys. Rev. Lett.* 70, 287 (1993).

K. MIGLER, H. HERVET, L. LÉGER, « Slipping transition at a polymer/solid interface », *Material Research Society Symposium Proceedings 290*, 13 (1993).

E. RAPHAËL, P. PINCUS, « Scaling theory of polymer solutions trapped in small pores : the  $\theta$ -solvent case », *J. Phys. II France 2*, 1341 (1992).

E. RAPHAËL, G. FREDRICKSON, P. PINCUS, « One long chain among shorter chains : the Flory approach revisited », *J. Phys. II France 2*, 1811 (1992).

E. RAPHAËL, M. AUBOUY, « Surface tethered polymers in polymeric matrices », *J. Phys. II France 3*, 443 (1993).

E. RAPHAËL, G. FREDRICKSON, P. PINCUS, « Conformation of star polymers in high molecular weight solvents », *Macromolecules 26*, 1996 (1993).

### III. MOUILLAGE

A.M. CAZABAT, « Wetting : from macroscopic to microscopic scale », *Adv. Coll. Int. Sci. 42*, 65 (1992).

J.B. FOURNIER, A.M. CAZABAT, « Tears of wine », *Europhysics Letters 20*, 517 (1990).

M.P. VALIGNAT, N. FRAYSSE, A.M. CAZABAT, F. HESLOT « Molecular nets in the spreading of microdroplets », *Langmuir 9*, 601 (1993).

A.M. CAZABAT, N. FRAYSSE, F. HESLOT, P. LEVINSON, « Wettability : the role of thin films » dans « *Physical Chemistry of Colloids and Interfaces in Oil Production* », Editions Technip, page 53 (1992).

P. CARLES, A.M. CAZABAT, « On the origin of the bump in the profile of surface-tension-gradient-driven spreading films » dans « *Materials Research Society Symposium* ». *Proceedings Series 248*, page 519 (1992).

N. FRAYSSE, M.P. VALIGNAT, A.M. CAZABAT, F. HESLOT, P. LEVINSON, « The spreading of layered microdroplets », *Journal of Colloid Int. Sci. 158*, 27 (1993).

P. CARLES, A.M. CAZABAT, « The thickness of the surface-tension-gradient-driven spreading films », *Journal of Colloid Int. Sci. 157*, 196 (1993).

A.M. CAZABAT, « Le mouillage : du macroscopique au microscopique », *Images de la Physique* (1992).

V.I. IAVANOV, D. QUÉRÉ, J.M. DI MEGLIO, V.M. STAROV, « Application of a liquid film on a thin cylindrical filament », *Colloid Journal of the Russian Academy of Sciences* 54, 346 (1992).

A. de RYCK, D. QUÉRÉ, « Fibres tirées d'un bain », *C.R.A.S., Paris, Série II* 316, 1045 (1993).

J.M. DI MEGLIO, P. GANDEBŒUF, « Influence of wetting conditions on breath figures », *Journal de Chimie Physique* 89, 1357 (1992).

E. RAPHAËL, J.F. JOANNY, « Contact line elasticity of a completely wetting liquid rising on a wall », *Europhysics Lett.* 21, 483 (1993).

E. RAPHAËL, D. WILLIAMS, « Three-dimensional convex particles at interfaces », *J. Colloid Interface Sci.* 155, 509 (1993).

T. ONDARCUHU, « Relaxation modes of the contact line in situation of partial wetting », *Mod. Phys. Lett. B* 6, 901-916 (1992).

L. LÉGER, J.F. JOANNY, « Liquid spreading », *Rep. Prog. Phys.* 55, 431-486 (1992).

#### IV. ADHÉSION

P.G. de GENNES, E. RAPHAËL, « Rubber-rubber adhesion with connector molecules », *The Journal of Physical Chemistry* 96, 4002-4007 (1992).

P.G. de GENNES, F. BROCHARD, P. PINCUS, « Suppression du glissement à l'interface de deux polymères fondus incompatibles », *C.R.A.S.* 314, 873-878 (1992).

P.G. de GENNES, H. JI, « Adhesion via connector molecules : the many-stitch problem », *Macromolecules* 26, n° 3, 520-525 (1993).

P.G. de GENNES, F. BROCHARD, « Shear dependent slippage at a polymer/solid interface », *Langmuir* 8, 3033-3037 (1992).

L. LÉGER, « Assemblages et colles », *Encyclopédie Hachette Jeunesse Tout l'Univers. Vulgarisation. Actualisation* (1992-1993).

#### V. CRISTAUX LIQUIDES

A. EL ABED, A. HOCHAPFEL, H. HASMONAY, J. BILLARD, H. ZIMMERMANN, Z. LUZ, P. PERETTI, « Some pyramidal liquid crystal Langmuir films at the air-water interface », *Thin Solid Films* 211, 93-95 (1992).

H. ZIMMERMANN, J. BILLARD, M. GUTMAN, E.J. WACHTEL, R. POUPKO, Z. LUZ, « Thermotropic liquid crystals derived from benzopyranobenzopyran-dione. Preparation and physical characterization », *Liq. Cryst.* 12, 245-262 (1992).

A. HADJ-SAHRAOUI, G. LOUIS, P. PERETTI, J. BILLARD, « Analysis of photothermal sensitivity in the detection of phase transitions », *Springer Series in Optical Sciences* 69, 628-630 (1992).

A. EL ABED, P. MULLER, P. PERETTI, F. GALLET, J. BILLARD, « Columnar phases of pyramidic amphiphiles spread at the air-water interface », *J. de Phys. II France* 3, 851-864 (1993).

#### MISSIONS ET CONFÉRENCES 1992-1993

P.G. de GENNES

« Glissement d'un liquide polymère sur une paroi greffée », Colloque Franco-Israélien, Haifa, Israël, mai 1992.

« Principes de l'adhésion », Colloque OTAN sur les Composites, Antalya, juin 1992.

« Principes de l'adhésion », Exposé aux Associations Françaises de Peinture, juin 1992.

« Glissement d'un liquide polymère sur une paroi greffée », Colloque F.E.S. sur le Mouillage, Arnhem, Pays-Bas, septembre 1992.

« Principes de l'adhésion », Exposé au Groupe 3M, La Villette, Paris, novembre 1992.

« Principes de l'adhésion », Colloque ACIS sur les Matériaux Polymères, Palm Springs, décembre 1992.

« Principes de l'adhésion », Colloque National de la Société de Physique Japonaise, Sendai, Japon, mars 1993.

« Glissement d'un liquide polymère sur une paroi greffée », Colloque « Fluides Complexes », Nagoya, Japon, mars 1993.

« Glissement d'un liquide polymère sur une paroi greffée », Colloque « Hydrodynamique » de la Montagne-Sainte-Genève, Paris, avril 1993.

« Principes de l'adhésion », Colloque EUROMAT, Maison de la Chimie, Paris, juin 1993.

« La matière molle », Exposés dans une cinquantaine de lycées en France, en Grande-Bretagne, au Japon, à la Martinique ; réunions pédagogiques également (Union des Physiciens, Institutions, Professeurs de Spéciales, etc...).

E. ARCHER

« Mouillage dynamique d'un capillaire en téflon », Affiche, Physique en Herbe, Marseille, juillet 1992.

L. BARRE, F. DAL MASO, D. ESPINAT, R. OBER, « Small and wide angle X-ray scattering study of crystalline poly(vinylidene fluoride) : simulation of the spherulite structure in relation with SAXS spectra », Affiche, IX International Conference on Small Angle Scattering, Saclay, 27 avril 1993.

J. BILLARD

« Les laboratoires des Ponts et Chaussées », Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Vaulx-en-Velin, 13 octobre 1992.

« Les bitumes routiers », Symposium « La Matière Condensée : Science et Industrie », Lviv, Ukraine, 24 février 1993.

« Le réseau des laboratoires des Ponts et Chaussées », Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Vaulx-en-Velin, 5 mars 1993.

« Organization of the fundamental research in France », Réception de « International Task Force of the Civil Engineering Research Foundation » au Conseil National des Ingénieurs et des Scientifiques de France, Paris, 7 juin 1993.

A.M. CAZABAT

« Surface induced layering in wetting films », Conférence invitée, « Chemistry at Interfaces », XII European Conference, Lund, Suède, juin 1992.

« Stratified droplets », Affiche, « Chemistry at Interfaces », XII European Conference, Lund, Suède, juin 1992.

« Wetting films », Conférence invitée, « International Conference on Surface Forces », Moscou, Russie, août 1992.

« Stratified droplets », Affiche, « International Conference on Surface Forces », Moscou, Russie, août 1992.

« Wetting films driven by surface tension gradients », Affiche, « International Conference on Surface Forces », Moscou, Russie, août 1992.

« The spreading of stratified droplets », Conférence invitée, E.S.F. Conference « Wetting and Capillarity », Arnhem, Pays-Bas, 2-6 septembre 1992.

« Wetting films driven by surface tension gradients », Affiche, E.S.F. Conference « Wetting and Capillarity », Arnhem, Pays-Bas, 2-6 septembre 1992.

« Wetting : the role of thin films », Conférence invitée, 2nd International Symposium on Evaluation of Reservoir Wettability, Edimbourg, Grande-Bretagne, 21-23 septembre 1992.

« Le mouillage à l'échelle moléculaire », Séminaire, E.N.S., Groupe de Spectroscopie Hertzienne, Paris, 3 novembre 1992.

« Films minces de mouillage », Journée Rhône-Poulenc/Collège de France, décembre 1992.

« Layered droplets », Affiche, 1st Symposium on Spectroscopic Ellipsometry, Paris, 11-14 janvier 1993.

« Films de mouillage, structuration et instabilités », E.N.S., Paris, 21 janvier 1993.

« Films driven by surface tension gradients : tears of wine », Conférence invitée, International Symposium on Interfacial Phenomena, Madrid, Espagne, 10-12 février 1993.

« Wetting », Conférence invitée, Symposium Franco-Ukrainien, « Matière Condensée, Science et Industrie », Lviv, Ukraine, 20-27 février 1993.

« Instabilités des films de mouillage », Séminaire, Journées de l'Hydrodynamique, mai 1993.

#### S. COHEN-ADDAD

« Modifications of soap film properties by addition of hydrosoluble polymers », Colloid and Surface Science Symposium, Morgantown, West Virginia, U.S.A., juin 1992.

« Properties of soap films containing hydrosoluble polymers », Exxon Research and Engineering Company, Annandale, New Jersey, U.S.A., juin 1992.

« Films noirs de savon et de polymère », Journées de Physique Statistique, Paris, 28-29 janvier 1993.

« Experimental study of two properties of a soap film containing polymers », affiche, Workshop « Soft Order in Physical Systems », Les Houches, février 1993.

#### J.M. DI MEGLIO

« Spin labeling of lyotropic liquid crystals », VI International Symposium on Magnetic Resonance in Colloid and Interface Science, Florence, Italie, 22-26 juin 1993.

« Evolution of the local dynamics of the surfactant film of an aqueous foam during drainage », affiche, VI International Symposium on Magnetic Resonance in Colloid and Interface Science, Florence, Italie, 22-26 juin 1993.

« Marquage de spin dans les systèmes lyotropes », Université du Maine, Laboratoire de Physique, Le Mans, 6 juillet 1992.

« Simple models for contact angle hysteresis », Conférence invitée, E.S.F. Conference « Wetting and Adhesion », Arnhem, Pays-Bas, 1-6 septembre 1992.

« Présentation du métier de chercheur », Lycée Saint-Louis, Paris, 10 octobre 1992.

« Evolution of the local dynamics of an aqueous foam during drainage », Affiche, Journées du GARPE, Lyon, 5-6 novembre 1992.

« Stabilization of an aqueous foam by an hydrosoluble polymer », Università di Firenze, Dipartimento di Chimica, Italie, 25 novembre 1992.

« Faut-il ajouter un polymère pour stabiliser une mousse aqueuse ? », Institut Charles-Sadron, Strasbourg, 15 décembre 1992.

« Contact line motion on non ideal surfaces », Conférence invitée, Aspen Winter Conference on Condensed Matter Physics « Collective Dynamics in Disordered Systems », Aspen, Colorado, U.S.A., 3-9 janvier 1993.

« Flottation de corps convexes », Journées de Physique Statistique, Paris, 28-29 janvier 1993.

« Dynamique locale dans les mousses de savon », Laboratoire de Physico-Chimie Théorique, E.S.P.C.I., Paris, 25 mai 1993.

#### P. FABRE

« Ferrosmectic : an hybrid liquid crystal », Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, U.S.A., 15 avril 1993.

H. HERVET, K. MIGLER, L. LÉGER, « Slip transition at a polymer solid interface », Material Research Society, Fall Meeting, Boston, U.S.A., novembre 1992.

H. HERVET, K. MIGLER, L. LÉGER, « Slip transition at a polymer solid interface », International Conference on Rheometry of Polymers, from the Solution to the Melt, Fontevault, mai 1993.

#### L. LÉGER

« Spreading of polymers : specific effects of polymer-surface interactions », Conférence invitée, E.S.F. Conference on Capillarity and Wetting, Arnhem, Pays-Bas, 1<sup>er</sup>-6 septembre 1992.

« Statics and dynamics at soft interfaces made of adsorbed polymer chains », Conférence invitée, Meeting « Structure, Dynamics and Interactions at Soft Interfaces », Ringberg, Bavière, Allemagne, 13-19 septembre 1992.

« Etallement sur couches de polymères greffés », Journée Mouillage : Rhône-Poulenc/Collège de France, 7 décembre 1992.

« Polymères aux interfaces : nanorhéologie et adhésion », Réunion de Prospective Ultimatch : « Applications Physiques des Systèmes Moléculaires », Gif-sur-Yvette, 19 janvier 1993.

« Pseudo-brosses de polymères : des couches à géométrie variable », Séminaire, E.S.P.C.I., Laboratoire de Physico-Chimie Théorique, Paris, 4 mars 1993.

« Rôle des brosses sur l'écoulement de polymères : expériences de mouillage », Conférence invitée, Réunion du G.D.R. « Force de Surface en Milieu Liquide », Lyon, 13 mai 1993.

L. LÉGER, H. HERVET, D. FROT, K. MIGLER « Lateral mobility of polymer molecules in contact with a solid wall : influence of the monomer-solid interactions, Workshop on Polymer Surfaces and Interfaces, Danvers, Massachusetts, U.S.A., 18-21 octobre 1992.

L. LÉGER, K. MIGLER, P. AUROY, H. HERVET, « Glissement à la paroi solide pour un polymère fondu soumis à un cisaillement », Colloque du G.D.R. 901, Biarritz, 29-30 octobre 1992.

P. LEVINSON

« The spreading of layered droplets », 6th Colloid and Surface Science Symposium, Morgantown, Virginia, U.S.A., 14-17 juin 1992.

« Ellipsometric study of adsorption isotherms », Affiche, 1st Symposium on Spectroscopic Ellipsometry, Paris, 11-14 janvier 1993.

G. MASSEY, H. HERVET, L. LÉGER, « Etude du glissement à la paroi d'un polymère fondu en écoulement », Journées de l'Hydrodynamique de la Montagne-Sainte-Geneviève, Paris, mai 1993.

M. MORVAN, D. ESPINAT, R. VASCON, T. ZEMB, L. BELLONI, R. OBER, « Structural description of polyelectrolyte clay suspensions using small and ultra-small angle X-ray scattering », Affiche, IX International Conference on Small Angle Scattering, Saclay, 27 avril 1993.

T. ONDARÇUHU

« Bénard-Marangoni convection in small containers », Séminaire, Universidad de Navarra, Pamplona, Espagne, 18 juin 1992.

« Convección de Bénard-Marangoni en celdas cilíndricas de pequeña relación de tamaño », Affiche, Física Estadística, El Escorial, Espagne, 5-7 mai 1993.

T. ONDARÇUHU, M. VEYSSIÉ, « Relaxation modes of the contact line », Research Conference on « Capillarity and Wetting, Dynamical Phenomena », Arnhem, Pays-Bas, 1-6 septembre 1992.

## V. PONSINET

« Magnetic and structural anisotropy of ferrosmeectics », Affiche, 6<sup>th</sup> International Conference on Magnetic Fluids, Paris, 20-24 juillet 1992.

« Structure et propriétés magnétiques de la phase ferrosmeectique », Affiche, 3<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, S.F.P., Lille, 2-4 septembre 1992.

« Magnetic instabilities in ferrosmeectics and other ferro-phases », Affiche, Materials Research Society Fall Meeting, Boston, U.S.A., 30 novembre 1992 - 4 décembre 1992.

« Processus spécifique de stabilisation des phases lamellaires », Journées de Physique Statistique, Paris, 28-29 janvier 1993.

« Structure and stability of non-conventional lamellar phases », Affiche, IX<sup>th</sup> International Conference on Small-Angle Scattering, Saclay, 27-30 avril 1993.

## D. QUÉRÉ

« Forced spreading with surfactants », E.S.F. Conference on « Solid/Fluid Interfaces », Arnhem, Pays-Bas, septembre 1992.

« Fibres tirées d'un bain », Saint-Gobain, Aubervilliers, septembre 1992.

« Le mouillage dynamique », Journée Rhône-Poulenc, Collège de France, décembre 1992.

« Fuites dans les bulles », Treizièmes Journées de Physique Statistique, E.S.P.C.I., Paris, janvier 1993.

« Ensimage rapide d'un fil », Saint-Gobain Recherches, Aubervilliers, février 1993.

« Le mouillage forcé : variations sur un thème russe », G.D.R. Forces de Surfaces en Milieu Liquide, E.N.S., Lyon, mai 1993.

« La traînée des gouttes », Université de Provence, Marseille, mai 1993.

## C. QUILLIET

« Structures and textures in ferro-phases », International Congress on Magnetic Fluids, Paris, 20-24 juillet 1992.

« Ferrosmeectiques : diffusivité de particules confinées », Affiche, 3<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, S.F.P., Lille, 2-4 septembre 1992.

« Propriétés élastiques de ferrosmeectiques », Affiche, 3<sup>es</sup> Journées de la Matière Condensée, S.F.P., Lille, 2-4 septembre 1992.

« Dislocations dans un ferrosmeectique à épaisseur variable », Journées de Physique Statistique, Paris, 28-29 janvier 1993.

« Amphicolloïdes et défauts dans des ferrosmeectiques », Centre de Recherche Paul-Pascal, Pessac, 13 mai 1993.

## E. RAPHAËL

« Annealed and quenched polyelectrolytes », Department of Chemistry, University of British Columbia, Vancouver, Canada, juin 1992.

« Rubber-rubber adhesion with connector molecules », Department of Physics, Simon Fraser University, Burnaby, Canada, juin 1992.

« Polyelectrolytes in a poor solvent », Department of Chemical Engineering and Material Science, University of Minnesota, Minneapolis, U.S.A., juin 1992.

« Rubber-rubber adhesion with connector molecules », Research Workshop on Spatially Extended Non-Equilibrium Systems, Institute for Theoretical Physics, Santa Barbara, U.S.A., juillet 1992.

« Contact line elasticity », Conférence invitée, European Research Conference on Capillarity and Wetting, Dynamical Phenomena, Arnhem, Pays-Bas, septembre 1992.

« Rubber-rubber adhesion with connector molecules » Materials Research Society Fall Meeting, Boston, U.S.A., novembre 1992.

« Rubber-rubber adhesion », Department of Materials Science and Engineering, Cornell University, Ithaca, New York, U.S.A., décembre 1992.

« Rubber-rubber adhesion with connector molecules », Department of Materials Science and Engineering, S.U.N.Y. Stony Brook, New York, U.S.A., décembre 1992.

« Adhesion between two blocs of rubber », Exxon Research and Engineering Company, Annandale, New Jersey, U.S.A., décembre 1992.

« Convexes aux interfaces », Affiche, Nato Advanced Research Workshop « Soft Order in Physical Systems », Les Houches, février 1993.

« Conformation d'un polymère en étoile dans un solvant de haut poids moléculaire », Laboratoire Léon Brillouin, C.E. Saclay, Gif-sur-Yvette Cedex, mars 1993.

« Mouillage d'une surface solide : élasticité de la ligne de contact », Laboratoire de Physico-Chimie Théorique, Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de Paris, avril 1993.

## A. de RYCK

« Entraînement d'une fibre à travers une interface », Affiche, Physique en Herbe, Marseille, juillet 1992.

« Ensimage d'une fibre », Treizièmes Journées de Physique Statistique, E.S.P.C.I., Paris, janvier 1993.

« Mouillage dynamique d'une fibre », Collège de France, Paris, mars 1993.

« Entraînement visco-inertiel de liquide par une fibre », Journées de l'Hydrodynamique, E.N.S., Paris, mai 1993.

M.P. VALIGNAT

« Structural and long-range interactions : an ellipsometric study of ultra-thin film on solid substrates », « Physique en Herbe 92 », Marseille, 6-10 juillet 1992.

« Short-range interactions : an ellipsometric study », Affiche, E.S.F. Conference « Wetting and Capillarity », Arnhem, Pays-Bas, 2-6 septembre 1992.

« An ellipsometric study of layered droplets », « First International Conference on Spectroscopic Ellipsometry », Paris, 11-14 janvier 1993.

« Etalement d'une micro-goutte à l'échelle moléculaire », Réunion G.D.R. « Forces de Surface en Milieu Liquide », Lyon, 13 mai 1993.

« Comportement mécanique des interfaces », Carry-le-Rouet, 7-9 juin 1993.

#### SÉMINAIRES

P. PINCUS (Université de Californie, Santa Barbara, U.S.A.), *Interactions between colloidal particles and lamellar phases* (10 septembre 1992).

S. COHEN-ADDAD (Collège de France, Paris), *Quelques propriétés des films de savon contenant des polymères* (1<sup>er</sup> octobre 1992).

M. ROBERT (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse), *L'interface critique : théorie et expérience* (5 novembre 1992).

H. BROWN (I.B.M. Research, San Jose, U.S.A.), *Chain pull-out effects in adhesion of elastomers* (19 novembre 1992).

M. DAOUD (Laboratoire Léon Brillouin, C.E.N., Saclay), *Polymères branchés et gels* (26 novembre 1992).

T. MAGGS (Laboratoire de Physico-Chimie Théorique, E.S.P.C.I., Paris), *Dynamique des filaments d'actine* (17 décembre 1992).

L. LÉGER (Collège de France, Paris), *Pseudo-brosses de PDMS sur silice* (22 janvier 1993).

M. SHLIOMIS (Institute of Continuous Media Mechanics, Perm, Russie), *Ferrofluids in alternating magnetic field : susceptibility and negative viscosity* (4 février 1993).

V. PONSINET (Collège de France, Paris), *Etude par diffusion aux petits angles des ferrosmectiques* (5 février 1993).

F. TIBERG (Collège de France, Paris), *The nature of thin adsorbed surfactant films revealed by ellipsometry* (12 février 1993).

A. de RYCK (Collège de France, Paris), *Fibres tirées d'un bain* (5 mars 1993).

M.A. GUEDEAU-BOUDEVILLE (Collège de France, Paris), *Vésicules polymérisables : changements de morphologie ; vésicules chargées : modification de perméabilité* (11 mars 1993).

M. MORVAN (I.F.P., Rueil-Malmaison), *Macrostructure de suspensions de montmorillonite en présence de polyélectrolytes anioniques : interprétation en terme de pression osmotique* (12 mars 1993).

A.N. GENT (Surfaces Solides, Mulhouse), *Internal fractures in rubber* (17 mars 1993).

J.M. DI MEGLIO (Collège de France, Paris), *Drainage d'une mousse observé par marquage de spin* (19 mars 1993).

H. MATTOUSSI (Université de Floride, U.S.A.), *Polyélectrolytes en solution : effets électrostatiques et d'écrantage* (15 avril 1993).

U. SEIFERT (Institut für Festkörperforschung, Jülich, Allemagne), *Membranes are bi-layers : consequences for static and dynamical phenomena* (22 avril 1993).

D. WILLIAMS (Collège de France, Paris), *Flexible nematic polymers : hair-pins, confinement and brushes* (14 mai 1993).

F. MACKINTOCH (Michigan University, U.S.A.), *Theory of ripple phases of bilayer membranes* (21 mai 1993).

B. BERGÉ (Université Joseph-Fourier, Grenoble), « *Champs aux interfaces mous* » : *Electromouillage de films isolants par l'eau* (27 mai 1993).

J. BIBETTE (C.R.P.P., Bordeaux), « *Champs aux interfaces mous* » : *Structures d'émulsions adhésives* (27 mai 1993).

R. MEYRUEIX (FLAMEL, Vénissieux), « *Champs aux interfaces mous* » : *Déformation de bulle dans un champ intense* (27 mai 1993).

D. SALIN (Université de Paris VII), « *Champs aux interfaces mous* » : *Choix du vecteur d'onde dans l'instabilité d'un interface plan* (27 mai 1993).

J. MARSH (Collège de France, Paris), *Forme de l'interface au voisinage de la ligne de contact* (28 mai 1993).

THÈSE DE DOCTORAT 1992-1993

S. COHEN-ADDAD, « Films mixtes de savon et de polymère », Université de Paris VI, soutenue le 10 décembre 1992.