

## Physique de la matière condensée

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

Cours : *Matériaux granulaires deuxième partie*

La matière en grains existe sous des états fluides et des états solides. La distinction entre les deux est non-triviale, mais assez franche, comme elle l'est pour une transition liquide/gaz. Parmi les situations de fluidisation, l'une des plus importantes (par ses aspects fondamentaux et par ses applications) est celle des dunes exposées au vent. Le grand pionnier de ce secteur fut R. Bagnold, observant d'abord le désert de Libye, puis construisant de ses mains une soufflerie rustique sur laquelle il pouvait tester ses idées. Le livre canonique de Bagnold date de plus de cinquante ans. Nous avons entrepris, ici, d'en donner une lecture commentée, simplifiée, et parfois modifiée. Puis, nous sommes rentrés dans les problèmes d'écoulements de surface et d'avalanches. Au départ, la meilleure approche était due à Bouchaud *et al.*, et je l'avais présentée l'année précédente. Mais après divers tâtonnements, plusieurs modifications sont apparues à la fin de ce cours :

a) pour le démarrage des avalanches, j'ai renoncé aux mécanismes d'amplification, ou de nucléation auxquels j'avais cru ; le point de vue adopté ici a été plus proche de celui de notre grand pionnier C.A. Coulomb. Celui-ci, après avoir été ingénieur militaire, a jadis relié l'angle critique de démarrage des avalanches à un critère de friction interne.

Le point de vue de Coulomb laisse planer certaines incertitudes, notamment sur l'épaisseur initiale de la couche glissante. Progressivement, il a été possible de faire ici une proposition, fondée sur l'existence d'une longueur de corrélation  $\xi$  finie. La longueur  $\xi$  apparaît dans divers phénomènes : maillage du « réseau de forces » dans un tas pesant ; épaisseur minimum des bandes de cisaillement, etc. J'ai proposé que l'épaisseur de glissement initial soit  $\xi$  (typiquement dix diamètres de grain).

c) Pour la dynamique des avalanches, les équations de Bouchaud *et al.* souffrent d'une limitation : elles supposent que la densité locale d'espèces rou-

lantes est très faible. Or, en pratique, pour des avalanches macroscopiques, on s'attend à des épaisseurs plus grandes. Avec Elie Raphaël et Thomas Boutreux, nous avons construit tout récemment une description plus adaptée de ce domaine. Il faudra peut-être l'analyser en détail dans un cours à venir.

Mais l'activité la plus originale a sans doute été celle des séminaires : en particulier, des aspects très riches de la physique des dunes ont été décrits ; et avec eux, les problèmes contemporains de la lutte contre la désertification.

#### ACTIVITÉS DU LABORATOIRE EN 1997-1998

### I. COLLOÏDES ET INTERFACES

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

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

La perméabilité de vésicules soumises à un stress mécanique a été étudiée par deux techniques complémentaires : 1) par microscopie en onde évanescente d'une vésicule géante en interaction électrostatique avec une surface traitée ; 2) par cisaillement, dans un Couette, de solutions concentrées de petites vésicules. Le cisaillement déforme les objets et favorise leur perméabilité que l'on suit par la variation de la densité optique dans le visible.

#### *2) Réorganisation de phospholipides diacétyléniques dans une membrane vésiculaire*

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

L'observation en microscopie optique de vésicules géantes unilamellaires constituées de lipides diacétyléniques a montré, au refroidissement, 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, pour des vésicules non acétyléniques, DSPC de même température de transition, la même décroissance de température ne provoque qu'une gélification du milieu.

#### *3) Synthèses de polymères hydrophiles/hydrophobes et introduction dans une membrane vésiculaire*

(M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE en collaboration avec L. JULLIEN, ENS, Paris et J. STAVANS, Institut Weizmann, Rehovot, Israël)

L'introduction de palmitoyl dextran dans des vésicules de SOPC provoque des changements de conformation spectaculaires tels que le bourgeonnement en collier

de perles de vésicules sphériques ou l'enroulement des vésicules tubulaires en double-hélice. Nous greffons actuellement des chaînes hydrophobes sur des dextrans de différentes masses en vue d'étudier l'effet du taux de greffage et de la taille du polymère sur ces changements de morphologie. L'utilisation de polymère fluorescent permettra de localiser sa position dans la membrane.

4) *Étude de l'interaction d'un polymère avec une phase lamellaire et une phase éponge*

(A. MALDONADO, R. OBER et C. WILLIAMS en collaboration avec W. URBACH du CNRS — URA 1306, T. GULIK du CNRS — UPR 2420 et P. LESIEUR DE LURE)

La solubilisation d'un polymère hydrosoluble dans une phase lamellaire provoque un changement de structure : au-dessus d'une concentration en polymère de  $10^{-5}$  M il y a progressivement formation d'une phase de vésicules multilamelaires diffusant très fortement la lumière. L'adsorption du polymère sur la bicouche du système contribue à la diminution du module de courbure gaussienne des bicouches et favorise la formation des vésicules multilamelaires.

5) *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 1306)

La protéine lipidique de la myéline est solubilisée dans une solution micellaire inverse composée de dodécane, d'eau et d'un tensioactif non ionique à température proche de la transition de phase micellaire/lamellaire. La diffusion des rayons X montre que la forme prolata des micelles reste inchangée après incorporation de la protéine qui crée des ponts intermicellaires. Les mesures de diffusion de la lumière indiquent que le nouvel arrangement peut être considéré comme le précurseur d'une phase lamellaire.

6) *Étude du système hybride : particules solides magnétiques — phases lyotropes*  
(L. RAMOS, P. FABRE et R. OBER)

Le système hybride étudié consiste en une phase hexagonale d'huile dans l'eau, avec un ordre à deux dimensions, et de particules magnétiques en suspension dans l'huile. La diffusion des rayons X de ces systèmes, orientés par un champ magnétique, a montré que les grains confinés dans les cylindres ne s'agrègent pas et qu'il n'y a pas d'ordre suivant l'axe des cylindres. Il y a une couche de déplétion des grains à la surface des cylindres avec une densité plus forte selon leur axe.

7) *Étude des interactions entre nanocristaux en solution*

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

Les nanocristaux de semi-conducteurs, CdSe, dont le rayon est plus petit que le rayon d'excitation de Bohr du solide macroscopique, présentent des propriétés

spectroscopiques différentes de celui-ci : les bandes d'absorption et d'émission optiques sont déplacées vers le bleu. Le recouvrement de ces nanocristaux par des matériaux inorganiques (ZnS) en améliore la photoluminescence. La diffusion des rayons X a montré que plus les répulsions entre particules étaient fortes, plus la luminescence était intense.

8) *Biréfringence statique des phases ferrosmeectiques et ferrohexagonales*

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

La biréfringence des ferrosmeectiques a été mesurée en fonction de l'intensité d'un champ magnétique appliqué, soit parallèle aux lamelles, soit perpendiculaire ou parallèle au faisceau laser. Ces expériences ont mis en évidence un effet d'orientation privilégiée des moments des particules dans le plan des lamelles, y compris en l'absence de champ extérieur. Des expériences similaires sont en cours avec des phases ferrohexagonales dans lesquelles les particules solides sont confinées dans des cylindres.

9) *Relaxation de la biréfringence dans les ferrosmeectiques*

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

L'évolution de la biréfringence des ferrosmeectiques sous champ magnétique pulsé a été étudiée. Il y a deux temps de relaxation : un court ( $\sim 3 \mu\text{s}$ ), correspond à la diffusion rotationnelle des particules libres ; un long ( $\sim 15 \mu\text{s}$ ), interprété par une interaction forte entre la structure lamellaire et une fraction des particules. L'importance relative de cette dernière population est étudiée en fonction de la dispersion en taille du ferrofluide utilisé.

10) *Propriétés optiques non-linéaires des ferrosmeectiques*

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

Les ferrosmeectiques présentent des propriétés optiques non-linéaires : leur indice optique est une fonction décroissante de l'intensité lumineuse incidente. L'étude de l'influence de l'orientation de la structure smectique, de la fraction volumique en particules magnétiques et de la présence d'un champ magnétique extérieur sur cette non-linéarité est en cours.

11) *Diffusion des rayons X aux petits angles sur les ferrosmeectiques sous champ magnétique*

(D. SPOLIANSKY, R. OBER et V. PONSINET)

Les modifications induites par un champ magnétique extérieur sur l'ordre smectique des ferrosmeectiques sont observées par diffusion des rayons X aux

petits angles. Afin d'étudier la forme des singularités de Bragg nous mettons au point un montage de meilleure résolution en diminuant les divergences angulaires des faisceaux incidents et diffractés au moyen de monochromateurs plans.

### *12) Polymères confinés dans des phases hexagonales*

(V. PONSINET et R. OBER)

Nous avons commencé l'étude d'une phase hexagonale dans les cylindres de laquelle est introduit un polymère en solution diluée. Les premières phases obtenues, caractérisées par diffusion des rayons X aux petits angles, montrent que la structure hexagonale n'est pas fortement modifiée par la présence du polymère même lorsque le rayon de giration des chaînes est supérieur à la dimension des cylindres.

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

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

L'étude par microscopie à force atomique des modifications de structure induites dans un film phospholipidique par la présence d'amphotéricine B a montré que dans ces conditions la surface de la bicouche est décorée d'objets granuleux de taille submicronique. L'introduction dans la cellule liquide de l'AFM d'un solvant spécifique, suggère que ces objets sont des agrégats de molécules d'antibiotique.

## II. POLYMÈRES

### *1) Rhéologie d'interfaces*

(C. GAY et P.-G. DE GENNES)

Le problème de base est celui d'un solide recouvert de polymère greffé et exposé à un fondu du même polymère. Une analyse des divers cas possibles a été réalisée qui donne maintenant une compréhension assez bonne de quelques régimes simples. L'impact industriel est important.

### *2) Propositions pour un muscle artificiel*

(P.-G. DE GENNES, M. HÉBERT et R. KANT en collaboration avec P. AUROY et P. KELLER de l'Institut Curie)

Les systèmes classiques avec un gel gonflé (dégonflé) par une action chimique sont trop lents et trop fragiles. Nous avons alors proposé des systèmes différents (semi-rapides) qui sont maintenant en cours de synthèse.

### 3) *ADN étiré*

(F. BROCHARD et P.-G. DE GENNES en collaboration avec A. BUGUIN de l'Institut Curie et S. CHU de l'Université de Stanford — USA)

Depuis plusieurs années une recherche théorique sur les conformations de chaînes en écoulement fort ou en traction forte s'est développée. Dans le cas des chaînes superétirées (où la torsion est supérieure à  $kT/l_p$ ,  $l_p$  étant la longueur de persistance) deux équations de Rouse différentes pour les modes longitudinaux et transverses sont attendues.

### 4) *Chaînes branchées dans des pores*

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

Il est difficile de caractériser des chaînes branchées. Nous avons proposé une méthode nouvelle, fondée sur l'aspiration hydrodynamique dans des nanopores. Il reste à voir si la méthode fonctionne bien en pratique.

### 5) *Caoutchoucs magnétiques*

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

Nous avons proposé une surface qui serait non mouillable en champ magnétique nul, et qui deviendrait mouillable sous champ magnétique. L'idée utilise les déformations de surface induites par le champ sur une structure en domaines alternés. Des expériences sont en cours.

### 6) *Greffage et adsorption de polymères sur surfaces solides planes*

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

La fabrication de couches bimodales constituées d'un tapis dense de chaînes courtes (masse molaire,  $M$ , inférieure à la masse entre points d'enchevêtrements,  $M_e$ ) et de quelques chaînes longues ( $M > M_e$ ), toutes greffées par une extrémité (« brosses »), a permis d'obtenir des systèmes modèles pour étudier l'adhésion et le glissement.

### 7) *Interpénétration pseudo-brosse/solution, pseudo-brosse/fondu et pseudo-brosse/élastomère*

(H. HERVET et L. LÉGER en collaboration avec A. MENELLE du Laboratoire Léon BRILLOUIN à Saclay et P. AUROY de l'Institut Curie)

L'étude, par réflectivité des neutrons, de l'interpénétration entre une couche de PDMS deutéré ancrée en surface et du PDMS hydrogéné (fondu ou élastomère) s'est poursuivie sur des échantillons analogues à ceux étudiés en glissement et en adhésion.

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

(E. DURLIAT, T. CHARITAT, H. HERVET et L. LÉGER)

L'étude du glissement d'un copolymère de styrène-butadiène PDMS sur des surfaces de silice portant soit des chaînes de PDMS greffées (pseudo-brosse) ou greffées (brosses) est en cours. Ce polymère ayant une distance entre enchevêtrements beaucoup plus courte que le PDMS permettra de voir si les résultats obtenus avec le PDMS sont généralisables.

9) *Diffusion de la fluorescéine dans des solutions concentrées de sucrose*

(H. HERVET en collaboration avec E. CONTRERAS LOPEZ de l'ENSBANA, Dijon)

Des mesures du coefficient de diffusion de translation des molécules de fluorescéine ont été effectuées dans des solutions aqueuses de sucrose, contenant de l'agarose ( $C_{\text{agarose}} < 15\%$  en masse) à  $-10^\circ\text{C}$ . Ces expériences devraient permettre de voir comment l'existence du gel d'agarose modifie la dynamique moléculaire.

10) *Réalisation d'un système élastique et magnétiquement anisotrope à mouillabilité variable*

(V. PONSINET, M. MAMAN en collaboration avec G. MOSSER de l'Institut Curie)

Un film de caoutchouc comportant des grains magnétiques, avec des régions alternées de l'aimantation et soumis à un champ magnétique extérieur, devrait présenter une déformation de surface et devenir plus mouillable. Deux types d'élastomères sont étudiés : un réseau silicone chimiquement réticulé et un réseau de polymères triblocks obtenu par microséparation de phase, et deux types de particules magnétiques : un ferrofluide ( $\sim\text{nm}$ ), et des particules allongées d'oxyde de chrome ( $\sim\mu\text{m}$ ). La structure de ces systèmes et l'orientation des particules sont caractérisées par microscopie électronique de films minces.

11) *Couches de Gibbs à l'interface solution/air*

(O. THÉODOLY, N. BIAIS, T. WAIGH, C. WILLIAMS)

Nous avons caractérisé par ellipsométrie et mesures de tension superficielle la formation et la dynamique d'adsorption/désorption de couches de polyélectrolytes ayant un caractère hydrophobe. D'une part l'adsorption est très lente, d'autre part il existe un taux de charge optimum et une forte hystérésis lors d'un cycle de compression/décompression, en accord quantitatif avec les théories de Fleers et Cohen Stuart.

12) *Films de polyélectrolytes adsorbés sur surfaces solides*

(O. THÉODOLY, T. WAIGH, R. OBER, C. WILLIAMS en collaboration avec J. DAILLANT, C.E.-Saclay et F. RIEUTORD, C.E.-Grenoble)

Pour étudier in situ la structure dans l'eau de films de polyélectrolytes adsorbés sur des surfaces planes modèle, nous avons utilisé la technique de réflectivité des

rayons-X de haute énergie ESRF) qui nous a permis de mettre en évidence, pour la première fois, une structuration *dans le plan des couches* qui dépend du taux de charge dans le cas du poly(styrènesulfonate) adsorbé sur des surfaces hydrophobes.

### III. MOUILLAGE

#### 1) Ondes capillaires

(P.-G. DE GENNES, E. RAPHAËL et D. RICHARD)

Nous avons poursuivi notre étude de la résistance de vagues en incluant les effets dus à la viscosité du liquide.

#### 2) Mouillage, démouillage

a) (P.-G. DE GENNES et F. BROCHARD en collaboration avec A. BUGUIN de l'Institut Curie)

En démouillage de films liquides épais, on peut rencontrer des régimes inertiels : une théorie élémentaire de choc a été développée et des expériences fines ont été réalisées.

b) (C. GAY, P.-G. DE GENNES, M. HÉBERT et R. KANT)

Une action ponctuelle a été menée sur le démouillage et le mouillage par des fluides quantiques (« mouillage Josephson ») pour des systèmes à terrasse. Ceci n'a pas encore débouché sur un programme expérimental.

c) (E. RAPHAËL et P.-G. DE GENNES)

Nous avons en cours une étude théorique sur le démouillage en face d'une surface porreuse pompée, les expériences sont assez loin des prévisions théoriques.

d) (P.-G. DE GENNES et F. BROCHARD en collaboration avec M. SHANAHAN de l'École des Mines de Paris)

Une théorie de la propagation des gouttes filantes en situation de mouillage réactif en milieu aléatoire a été développée.

#### 3) Étalement de microgouttes

(M.-P. VALIGNAT, A.-M. CAZABAT en collaboration avec M. MOREAU, G. OSHANIN du Laboratoire de Physique théorique des liquides de l'Université de Paris VI, et J. DE CONINCK de l'Université de Mons, Belgique).

Les processus dissipatifs intervenant dans l'étalement des liquides simples ou polymères sont encore l'objet de controverses. Nous avons progressé significativement dans leur compréhension.

#### 4) *Ancrage des cristaux liquides*

(S. BARDON, F. VANDENBROUCK, R. OBER, M.-P. VALIGNAT en collaboration avec J. RABE de l'Université Humboldt de Berlin, Allemagne).

L'étude ellipsométrique de microgouttes de cristaux liquides fait apparaître des profils caractéristiques reflétant l'organisation et l'inclinaison des molécules à la surface et dans les couches successives. L'interprétation des résultats s'appuie également sur les résultats de diffusion des RX et sur des observations par AFM.

#### 5) *Étalement des cristaux liquides*

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

L'étalement de microgouttes de cristaux liquides dépend de la phase considérée. Il apparaît que la transition nématique-isotrope est associée à une transition de mouillage, elle-même accompagnée d'effets prétransitionnels.

#### 6) *Effet Marangoni solutal*

(X. FANTON, A.-M. CAZABAT)

Les expériences d'effet Marangoni solutal dans les mélanges d'alcanes, les mélanges eau-éthanol et eau-isopropanol ont conduit à une bonne description de la dynamique de développement des films, de l'établissement de l'instabilité du ménisque, ainsi que de sa longueur d'onde.

#### 7) *Effet Marangoni thermique*

(X. FANTON, A.-M. CAZABAT en collaboration avec A. BERTOZZI, Duke University, USA).

De nouvelles expériences en gradient thermique permettent de réaliser des films relativement épais pour lesquels les théories existantes sont à reconsidérer.

#### 8) *Instabilités hydrodynamiques*

(A.-M. CAZABAT en collaboration avec M. CACHILE, thèse en cotutelle 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 des instabilités associées se poursuit. L'hygrométrie et le rapport concentration/CMC contrôlent la dynamique de l'étalement et la structure des instabilités. Les premières interprétations quantitatives viennent d'être obtenues.

#### 9) *Mouillage macroscopique*

(S. GERDES, A.-M. CAZABAT)

La dynamique d'étalement d'un liquide totalement mouillant sur des surfaces présentant des canaux triangulaires, de densité et de dimensions variées est en

cours. Un modèle semi-empirique a permis d'établir une relation entre la dynamique d'étalement et la nature de la surface dans le cas : a) de canaux parallèles ; b) d'un réseau carré de canaux.

#### *10) Mouillage dynamique avec effet Weissenberg*

(A. DE RYCK et D. QUÉRÉ)

Lors de l'entraînement d'un solide hors d'une solution semi-diluée de polymère, deux effets non-newtoniens peuvent *a priori* influencer sur la quantité de liquide emportée par le solide : (i) le caractère rhéoamincissant de ces solutions ; (ii) l'effet des contraintes normales ou effet Weissenberg. Seul ce deuxième effet est observé expérimentalement : les films sont entre trois et dix fois plus épais que dans le cas du liquide pur. L'épaisseur entraînée, dans ces régimes, est proportionnelle à la vitesse du solide.

#### *11) Mouillage presque nul*

(J. BICO et D. QUÉRÉ)

La mouillabilité presque nulle de surfaces non-mouillantes rugueuses ne peut s'interpréter qu'en considérant la fraction d'air piégée par le substrat rugueux. Nous nous sommes aussi penchés sur la façon dont la forme de la rugosité influence le mouillage.

#### *12) Imprégnation*

(J. BICO et D. QUÉRÉ)

L'imprégnation d'un poreux mis en contact avec un liquide mouillant ne peut être simplement décrite par l'approche de Washburn qui consiste à assimiler le poreux à un réseau de capillaires identiques. En fait il faut spécifier pour un poreux donné au moins deux longueurs : une longueur de Laplace, qui définit le moteur de l'imprégnation, une autre de Darcy, qui spécifie la friction. Nous avons mis au point des expériences qui permettent de mesurer séparément ces deux longueurs.

#### *13) Rebonds capillaires*

(D. RICHARD et D. QUÉRÉ)

Si on laisse tomber des gouttes d'eau sur des surfaces super-hydrophobes, elles rebondissent de manière intègre, à la façon de balles de caoutchouc. Les limites de ce comportement ont été étudiées à la fois en terme d'hydrophobie et de vitesse d'impact. Les rebonds n'ont lieu que pour des vitesses d'impact comprises entre 1 et 10 cm/s. Le coefficient de restitution de ces chocs est principalement fixé par la vibration des gouttes quand elles repartent.

*14) Mouillage dynamique par une émulsion*

(S. LE ROUX et D. QUÉRÉ)

Nous avons étudié les films qui se forment quand on retire un objet solide hors d'une émulsion. Le cas intéressant est celui où l'on entraîne un film plus mince que la taille des gouttes d'huile constituant l'émulsion. Dans ce cas le film est en général enrichi en huile. Cet effet qui disparaît pour des films très minces (très basse vitesse) s'explique par l'hydrodynamique de l'écoulement à l'endroit, semblable à un petit entonnoir, où le film se forme.

## IV. ADHÉSION ET TRIBOLOGIE

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

(C. TARDIVAT, H. HERVET et L. LÉGER)

L'étude de l'adhésion de brosses de PDMS avec des élastomères de PDMS se poursuit afin de caractériser comment la masse molaire, la densité de surface des chaînes greffées et la masse molaire entre points de réticulation de l'élastomère pilotent l'optimum de l'énergie d'adhérence. Ces expériences ont mis en évidence des temps caractéristiques de montée en adhésion extrêmement longs dont l'origine n'est pas encore clairement établie.

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

(F. KALB, H. HERVET et L. LÉGER, collaboration C. CRETON, ESPCI, C. PLUMMER à L'EPFL Lausanne — Suisse et O. LYON à LURE)

La relation entre l'énergie d'adhésion et la structure de copolymère formé in situ à l'interface du couple polypropylène/polyamide 6 (PP/PA6) a été étudiée. La microscopie électronique en transmission a montré que l'augmentation d'efficacité de l'effet promoteur d'adhésion des chaînes connectrices, obtenue dans certaines conditions de recuit, n'était pas liée à l'apparition à l'interface de la phase cristalline  $\beta$  du PP mais plutôt à un changement d'organisation cristalline au voisinage de l'interface. Une étude par diffraction des rayons X en incidence rasante au LURE est en cours.

*3) Adhésion dans un sandwich de polymères incompatibles en présence de promoteurs d'adhésion*

(F. KALB, H. HERVET et L. LÉGER, collaboration C. CRETON, ESPCI, C. PLUMMER à L'EPFL Lausanne — Suisse)

Des tests d'adhésion par clivage en coin sur des sandwichs PA6/élastomère/PA6 où l'élastomère est un alliage fait de nodules de copolymère souple enrobés de PP ont été mis au point. Le comportement global en adhésion est très analogue

à celui du PP pur. Cependant la micromécanique de l'assemblage est différente, nous avons entrepris de la caractériser par microscopie optique et électronique de coupes fines d'échantillons sous contrainte.

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

(N. AMOUROUX, G. JANDEAU et L. LÉGER)

Il est possible de moduler l'adhésion d'un élastomère silicone sur des couches adhésives en y incluant de la résine. La présence de résine affecte très peu le travail thermodynamique d'adhésion, tandis que l'énergie d'adhérence augmente notablement lorsque le taux de résine dépasse 30 %. La variation de l'énergie d'adhérence avec la vitesse de propagation de la fracture est corrélée au module de perte de l'élastomère.

#### 5) *Adhésion et glissement*

(N. AMOUROUX et L. LÉGER)

L'incorporation de microbilles fluorescentes dans un adhésif a permis de visualiser les déformations au voisinage de l'interface et dans la masse de l'adhésif lors d'un test de pelage. Ces expériences ont mis en évidence l'importance du cisaillement au niveau de l'interface dans les tests d'adhérence, et en particulier comment le glissement interfacial peut conduire à de faibles valeurs d'adhérence.

#### 6) *Étude de l'adhésion fibre de verre — élastomère*

(C. TARDIVAT, H. HERVET et L. LÉGER)

Des mesures systématiques de l'énergie d'adhérence de films d'adhésif, matériau compatible à la fois avec le verre et l'élastomère, sur du verre ont montré la grande sensibilité de ce système à l'histoire hygrométrique de l'échantillon. L'interface adhésif/élastomère a été étudiée par le test JKR réalisé avec de petites lentilles d'élastomère comprimées sur des surfaces de verre portant un film d'adhésif. L'épaisseur finie du film rend l'analyse des tests délicate.

#### 7) *Étude de l'adhésion verre — résine époxy*

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

La faisabilité de tests d'adhérence par la méthode JKR sur des assemblages résine époxy/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 et des analyses complémentaires en AFM et spectroscopie infrarouge.

#### 8) *Étude de l'adhésion de films de latex utilisés comme adhésifs sensibles à la pression*

(M. PORTIGLIATTI, G. JANDEAU, H. HERVET et L. LÉGER)

Il est intéressant de comprendre comment l'organisation à des échelles spatiales supérieures aux dimensions moléculaires pour un matériau complexe comme un

film de latex influe sur ses propriétés d'adhérence. La réalisation de films pour les expériences de pelage, ainsi que de microlentilles pour le test JKR a été mise au point. La température de transition vitreuse de ces latex étant proche de l'ambiante, des mesures en fonction de la température vont être réalisées.

#### 9) *Étude des mécanismes de la lubrification*

(R. PIT, H. HERVET et L. LÉGER)

La technique de Vélocimétrie Laser en Champ Proche a été modifiée afin d'étudier l'écoulement de liquides simples. L'étude des conditions aux limites de la vitesse d'écoulement de l'hexadécane sur des parois solides traitées de façon variable, (adsorption de molécules tensioactives, ...) pour moduler les interactions entre le liquide et la paroi, est en cours.

### V. *HYDRODYNAMIQUE PHYSIQUE ET MILIEUX GRANULAIRES*

#### 1) *Avalanches*

(P.-G. DE GENNES, T. BOUTREUX et E. RAPHAËL en collaboration avec J.-P. BOUCHAUD du CEA Saclay et J. DURAN de l'ECP)

La description théorique proposée par Bouchaud *et al.* (« équations BCRE ») a été appliquée à divers problèmes pratiques : arrêt au pied d'un mur, systèmes en rotation, écoulements de mélange. Dans une deuxième étape, nous avons remis en cause les équations BCRE et proposé une formulation un peu différente, valable pour les écoulements « épais ». Les prédictions de ce modèle devraient ouvrir la voie à tout un programme expérimental.

#### 2) *Problèmes statiques*

(P.-G. DE GENNES, T. BOUTREUX et E. RAPHAËL en collaboration avec J.-P. BOUCHAUD du CEA et P. EVESQUE de l'ECP)

Nous sommes partis de questions sur les constantes dans un silo avec un système assez délicat : la propagation d'un choc de compression. Nous avons ensuite essayé une réflexion sur la définition des déplacements dans un système comme un tas de sable, où beaucoup de physiciens pensent qu'il est impossible de définir un champ de déplacements. La vision que nous proposons repose sur la distinction franche entre une phase fluide et une phase solide. Le déplacement est mesuré pour chaque grain à partir du point de solidification, et varie au cours de l'évolution du tas.

## PUBLICATIONS DU LABORATOIRE EN 1997-1998

## I. COLLOÏDES ET INTERFACES

V. PONSINET and P. FABRE, « Modification of the interactions in a lamellar phase by the presence of nanoparticles », *J. de Phys. II* 6, 955-960 (1996).

V. PONSINET and Y. TALMON, « Direct imaging of lamellar phases by cryo-transmission electron microscopy », *Langmuir* 13, 7287-7292 (1997).

L. RAMOS, P. FABRE and R. OBER, « Existence, stability and structure of a hexagonal phase doped with nanoparticles », *The European Physical Journal B* 1, 319-326 (1998).

B.O. DABBOUSI, J. RODRIGUEZ-VIEJO, F.V. MIKULEC, J.R. HEINE, H. MATTOUSSI, R. OBER, K.F. JENSEN, and M.G. BAWENDI, « (CdSe)ZnS core-shell quantum dots : synthesis and characterization of a size series of highly luminescent nanocrystallites », *Journal of Physical Chemistry* 101, 9463-9475 (1997).

C. COHEN-ADDAD, M. FAURE, M. NEUBURGER, R. OBER, L. SIEKER, J. BOURGUIGNON, D. MACHEREL, and R. DOUCE, « Structural studies of the glycine decarboxylase complex from pea leaf mitochondria », *Biochimie* 79, 637-644 (1997).

A. MERDAS, M. GINDRE, J.-Y. LE HUÉROU, C. NICOT, R. OBER, W. URBACH, and M. WAKS, « Bridging of nonionic reverse micelles by a myeline transmembrane protein », *Journal of Physical Chemistry* 102, 528-533 (1998).

## II. POLYMÈRES

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, 1393-1416 (1997).

D.R.S. BITTENCOURT, P. CHARLIER, R. JÉRÔME, C.E. WILLIAMS, « Structural characterization of a telechelic ionomer at various degrees of neutralization », *J. Appl. Cryst.* 30, 717-721 (1997).

S. MANI, R.A. WEISS, S.F. HAHN, C.E. WILLIAMS, M.E. CANTINO and L.H. KHAIRALLAH, « Microstructure of block copolymers of polystyrene and poly(ethylene-alt-propylene) », *Polymer* 39, 2023-2033 (1998).

E. RAPHAËL, C. GAY, P.-G. DE GENNES, « Progressive construction of an "Olympic" gel », *J. STAT. Phys.* 89, 1/2, 111-118 (1997).

M. HÉBERT, R. KANT, P.-G. DE GENNES, « Dynamics and thermodynamics of artificial muscles based on nematic gels », *J. Phys. I France* 7, 909-919 (1997).

L. LÉGER, H. HERVET, G. MASSEY and E. DURLIAT, « Wall slip in polymer melts », *J. Phys. Condens. Matter* 9, 7719-7740 (1997).

E. DURLIAT, H. HERVET, L. LÉGER, « Wall slip of a polymer melt on a polymer brush », *MRS Bulletin : 1996 Fall Meeting Symposium Proceedings « Dynamics in Small Confining Systems III »* (1997).

D. CHAMPION, H. HERVET, G. BLOND, M. LE MESTE, D. SIMATOS, « Translational diffusion in sucrose solutions in the vicinity of their glass transition temperature », *J. Phys. Chem.* 101, 10674-79 (1997).

### III. MOUILLAGE

A.-M. CAZABAT, M.-P. VALIGNAT, S. VILLETTE, J. DE CONINCK, F. LOUCHE, « The mechanism of spreading : a microscopic description », *Langmuir* 13, 4754 (1997).

A.-M. CAZABAT, S. GERDES, M.-P. VALIGNAT, S. VILLETTE, « Dynamics of wetting : from theory to experiment », *Interface Science* 5, 129 (1997).

S. GERDES, A.-M. CAZABAT, G. STRÖM, « The spreading of silicone oil droplets on a surface with parallel grooves », *Langmuir* 13, 7258 (1997).

S. VILLETTE, M.-P. VALIGNAT, A.-M. CAZABAT, « Layered spreading microdroplets », *Molecular Liquids* 71, 129 (1997).

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) (1998).

M.H. ADAO, A.C. FERNANDES, B. SARAMAGO, A.-M. CAZABAT, « Influence of the surface topography on the wetting properties of polystyrene films », *Colloids and Surfaces* 132, 181 (1998).

X. FANTON, A.-M. CAZABAT, « Spreading and instabilities induced by a solutal Marangoni effect », *Langmuir* 14, 2554 (1998).

D. QUÉRÉ, « Inertial capillarity », *Europhysics Letters* 39, 533 (1997).

D. QUÉRÉ, « Mouillage dynamique par des liquides complexes », *Actes du Colloque CME 97*, p. 271-283, EDS Editions, Paris (1998).

A. DE RYCK et D. QUÉRÉ, « Fluid coating from a polymer solution », *Langmuir* 14, 1911 (1998).

D. QUÉRÉ, M.-J. AZZOPARDI et L. DELATTRE, « Drops at rest on a tilted plate », *Langmuir* 14, 2213 (1998).

E. RAPHAËL, P.-G. DE GENNES, « Contrôle magnétique de la mouillabilité », *C. R. Acad. Sci. Paris II*, 325, 537-543 (1997).

P.-G. DE GENNES, « Forced wetting by a reactive fluid », *Europhys. Lett.* 39, 407-412 (1997) & *Physica A : Statistical and Theoretical Physics*, Kessler Ed., Elsevier Science (1997).

P.-G. DE GENNES, « The dynamics of reactive wetting on solid surfaces », *Physica A* 249, pp. 196-205 (1998).

#### IV. ADHÉSION ET TRIBOLOGIE

L. LÉGER, « Surface anchored polymers : role in adhesion and friction », *Macromol. Symp.* 121, 263-267 (1997).

M. DERUELLE, H. HERVET, G. JANDEAU, L. LÉGER, « Some remarks on JKR experiments », *J. Adhesion Sci. Technol.* 12, 225-247 (1998).

N. AMOUROUX, L. LÉGER, « Adhésion d'un élastomère silicone sur un adhésif acrylique », *Proceedings, JADH'97*, Ed. SFV, p. 39-41 (1997).

C. TARDIVAT, H. HERVET, L. LÉGER, « Caractérisation des mécanismes d'adhésion verre-élastomère », *Proceedings, JADH'97*, Ed. SFV, p. 131-132 (1997).

F. KALB, H. HERVET, L. LÉGER, C. CRETON, C. PLUMMER, « Adhésion entre polymères semi-cristallins », *Proceedings, JADH'97*, Ed. SFV, p. 133-134 (1997).

D.L. WOERDEMAN, N. AMOUROUX, V. PONSINET, G. JANDEAU, H. HERVET, L. LÉGER, « The study of glass-epoxy adhesion mechanisms using the JKR technique and atomic force microscopy », *Proceedings of the 21st Meeting of the Adhesion Society*, p. 168-170 (1998).

F. KALB, H. HERVET, L. LÉGER, C. CRETON, P. MARCUS, « Adhesion between semi-crystalline polymers : soft/hard interfaces », *Proceedings of the 21st Meeting of the Adhesion Society*, p. 156-158 (1998).

N. AMOUROUX, L. LÉGER, « Antiadhesive behaviour of silicone elastomers », *Proceedings of the 21st Meeting of the Adhesion Society*, p. 232-234 (1998).

#### V. HYDRODYNAMIQUE PHYSIQUE ET MILIEUX GRANULAIRES

D. QUÉRÉ, « Inertial capillarity », *Europhys. Lett.* 39, 533 (1997).

P.-G. DE GENNES, « Granular matter », in « The Physics of Complex Systems », (F. Mallamace and H.E. Stanley editors), volume 134 in *International School of Physics Enrico Fermi*, IOS Press, Amsterdam (1997).

T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES, « Compaction of granular mixtures : a free volume model », *Physica A* 244, 59-67 (1997).

T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES, « Étalement d'une marche de sable : le problème du Sinai », CRAS 324, 85-89 (1997).

T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES, « Arrêt d'un écoulement granulaire sur une pente faible », CRAS 326, 257-262 (1998).

P.-G. DE GENNES, « Répartition des frictions pour un solide soumis à plusieurs contacts », CRAS 325, 7-14 (1997).

P.-G. DE GENNES, « Avalanches of granular materials », *Powders & Grains* 97, Behringer & Jenkins Eds., Balkema, Rotterdam (1997), pp. 3-10.

F. BROCHARD-WYART, P.-G. DE GENNES, « Shocks in an inertial dewetting process », CRAS 324, 257-260 (1997).

## VI. CRISTAUX LIQUIDES

J. BILLARD, « Some remarks on the evolution of research into the structures of mesogens and mesophases », *Liquid Crystals* 24, n° 1, 99-103 (1998).

M.-P. VALIGNAT, D. DUCA, R. BARBERI, A.-M. CAZABAT, R. BARTOLINO, « Surface induced effects in liquid crystals : a microscopic study », *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 301, 151-156 (1997).

### PARTICIPATION A DES COLLOQUES 1997-1998

#### *Conférences et communications orales*

N. AMOUROUX, L. LÉGER

— « Comportement anti-adhésif/adhésif d'élastomère silicone sur adhésif acrylique », Participation aux 9<sup>es</sup> Journées d'Étude sur l'Adhésion — JADH'97, Saint-Lary, 28 septembre-3 octobre 1997.

— « Anti-adhesive behaviour of silicone elastomers », Adhesion Society : 21st Annual Meeting, Savannah, Georgia (USA), 22-25 février 1998.

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

— « Étude de film liquide très minces par réflectivité X et AFM », « École Réflectivité », Marseille, 9-13 juin 1997.

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

— « Study of liquid crystals pre-wetting films », Conférence, « 9th International Conference on Surface and Colloid Science », Sofia (Bulgarie), 6-12 juillet 1997.

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

— « Structure et dynamique d'étalement de micro-gouttes de cristaux liquides », « 8<sup>e</sup> Colloque d'Expression Française sur les Cristaux Liquides », Saint-Valéry-sur-Somme, 22-24 septembre 1997.

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

— « Étude de films de pré-mouillage de cristal liquide par AFM en mode tapping », « Matière Molle et Microscopie de Force » : Physique et Physico-Chimie à l'Échelle de la Nanopointe, Gujan-Mestras, bassin d'Arcachon, 5-8 octobre 1997.

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

— « Study of liquid crystals drops at molecular scale », Fall Meeting of the Material Research Society, Boston (USA), 1-5 décembre 1997.

T. BOUTREUX

— « Ségrégation dans les écoulements granulaires », 3rd International Conference on Micromechanics of Granular Media, Durham (USA), 18-22 mai 1997.

T. BOUTREUX, P.-G. DE GENNES

— « Écoulement de mélange de grains », École d'Été de Physique des Grains : NATO-Advanced Study Institute, « Physics of Dry Granular Media », Cargèse, Corse, 15-26 septembre 1997.

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

— « Tanner's law revisited », conférence invitée, Réunion Réseau CEE, Mons (Belgique), 6-9 juin 1997.

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

— « Structure and dynamics of ultrathin liquid films », conférence invitée, « Surface Characterization of Adsorption and Interfacial Reactions II », Kona, Hawaii (USA), 11-16 janvier 1998.

A.-M. CAZABAT

— « Dynamics of thin and ultrathin wetting films », conférence invitée, IS COP Meeting, Rio de Janeiro (Brésil), 30 août-5 septembre 1997.

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

— « Structure and dynamics of thin liquid films », conférence invitée, 215th ACS National Meeting, Dallas, Texas (USA), 29 mars-2 avril 1998.

E. DURLIAT, H. HERVET, L. LÉGER

— « Wall slip of a polymer melt on a solid surface : influence of grafted polymer chains », 8th Meeting « European Macromolecular Club » : Physical Aspects of Macromolecules : Polymers and Polyelectrolytes, Leiden (Pays-Bas), 15-18 juin 1997.

X. FANTON, A.-M. CAZABAT

— « Liquid binary mixtures : spreading induced by evaporation », Conférence : « 9th International Conference on Surface and Colloid Science », Sofia (Bulgarie), 6-12 juillet 1997.

— « Binary liquid mixtures : spreading induced by evaporation », Symposium « Euromech 367 ». Second European Coating Symposium, Strasbourg, 22-25 juillet 1997.

P.-G. DE GENNES

— « The statistics of flexible polymers », conférence invitée, Conférence Flory, Stanford University, San Francisco (USA), 23 janvier 1998.

— « Granular matter », conférence invitée, Texas University, Austin (USA), 26 janvier 1998.

— « Perspectives for artificial muscles », conférence invitée, Pennsylvania Station University (USA), 29 janvier 1998.

— « Emulsions and running droplets », conférence invitée, Kao (Japon), 30 mars 1998.

— « Introduction to complexity », conférence invitée, « Complexity », Okayama University (Japon), 13 avril 1998.

— « Electrotransfection of DNA », conférence invitée, « Complex Fluids », Barga (Italie), 3-7 mai 1998, 6 mai 1998.

— « Tribulations des inventeurs », conférence invitée, Florence (Italie), 7 mai 1998.

— « Branched polymers in small pores », conférence invitée, Université de Wroclaw, Wroclaw (Pologne), 25 mai 1998.

— « Artificial muscles », conférence invitée, Université de Varsovie, Varsovie (Pologne), 27 mai 1998.

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

— « Avalanches of sand », conférence invitée, « Max Born », Ladek Zdroj (Pologne), 24 mai 1998.

H. HERVET, E. DURLIAT, M. DERUELLE, L. LÉGER

— « Role of surface anchored polymer chains in friction and adhesion », conférence invitée, « 3rd International Discussion Meeting on Relaxations in Complex Systems », Vigo (Espagne), 30 juin-11 juillet 1997.

F. KALB, H. HERVET, L. LÉGER, C. CRETON et P. MARCUS

— « Adhesion between semi-crystalline polymers : soft/hard interfaces », Adhesion Society : 21st Annual Meeting, Savannah, Georgia (USA), 22-25 février 1998.

L. LÉGER

— « Controlled anchored polymer layers : a way to monitor adhesion and friction », conférence invitée, Gordon Conference « Polymers », Chantilly, 29 juin-4 juillet 1997.

— « Polymères aux interfaces, adhésion, friction : quelques exemples où fondamental et appliqué jouent en duo », conférence invitée, Congrès Général de la Société Française de Physique, Paris, 7-10 juillet 1997.

— « Organisation macromoléculaire à l'interface élastomère réticulé-solide et contrôle de l'adhésion », conférence invitée, International Rubber Conference — IRC 98, Paris-CNIT La Défense, 12-14 mai 1998.

— « Adhésion des polymères : mécanismes de l'adhésion à l'interface colle-substrat », conférence invitée, Colloque « Le Collage Souple », Sika Industrie, Paris, 28 mai 1998.

L. LÉGER, C. MARZOLIN, J.P. FOLKERS, H. HERVET, A. MENELLE

— « Surface anchored polymer layers », Europhysics Conference 1997 : « Surfaces and Interfaces in Polymers and Composites », Lausanne (Suisse), 1-6 juin 1997.

L. LÉGER, E. DURLIAT, H. HERVET

— « Adjusted friction at polymer/solid interface through controlled grafted layers », conférence invitée, Fall Meeting of the Material Research Society, Boston (USA), 1-5 décembre 1997.

V. PONSINET, P. FABRE, D. SPOLIANSKY

— « Orientational transition in a ferrosmectic phase under magnetic field », International Conference on the Morphology and Kinetics of Phase Separating Complex Fluids, Messina (Italie), 24-28 juin 1997.

V. PONSINET, J. MILHAUD

— « AFM imaging of an adsorbed lipid bilayer with contact mode », 5th European User's Meeting Park Scientific Instruments, Padova (Italie), 11-12 septembre 1997.

V. PONSINET, M. MAMAN

— « Wettability controlled by magnetic fields », Fall Meeting of the Material Research Society, Boston (USA), 1-5 décembre 1997.

V. PONSINET, J. MILHAUD

— « Étude par AFM de l'influence d'antibiotiques sur la morphologie de bicouches lipidiques », Journée Thématique de la Monocouche à la Vésicule : Interactions entre Molécules d'Intérêt Biologique, Paris, 27 mars 1998.

V. PONSINET, D. SPOLIANSKY, L. RAMOS, J. FERRÉ et J.-P. JAMET

— « Phases ferrosmeectiques et ferrohexagonales », GDR 690 FORMES, Réunion de Forges-les-Eaux, 17-20 mai 1998.

D. QUÉRÉ

— « The making of thin liquid films », conférence invitée, Henkel Symposium on Foams, Düsseldorf (Allemagne), juin 1997.

— « Dynamic wetting with complex fluids », conférence invitée, Congrès Mondial sur l'Émulsion, Bordeaux, 24-25 septembre 1997.

— « Mouillage des solides par de l'eau ou des solutions aqueuses », conférence invitée, GDR Systèmes Colloïdaux Mixtes, Tours-Le Ripault, novembre 1997.

L. RAMOS, P. FABRE

— « Some properties of lyotropic hexagonal phases incorporating particles of nanometric size », Conférence : « 9th International Conference on Surface and Colloid Science », Sofia (Bulgarie), 6-12 juillet 1997.

L. RAMOS, P. FABRE et F. NALLET

— « Lyotropic hexagonal phases incorporating ferrimagnetic particles of nanometric size », 11th Conference of the European Colloid and Interface Society (ECIS), Lunteren (Pays-Bas), 14-19 septembre 1997.

E. RAPHAËL

— « Elastomer adhesion », conférence invitée, International Conference « Problems of Condensed Matter Theory », Moscou (Russie), 1-4 juin 1997.

— « Injection threshold for a statistically branched polymer inside a nanopore », Materials Research Society Fall Meeting, Boston (USA), 1-5 décembre 1997.

— « Introduction à la statique des polymères en solution », conférence invitée, 4<sup>e</sup> École Thématique « Diffusion de Neutrons aux Petits Angles », Albé, 11-13 mai 1998.

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

— « Confinement de particules magnétiques dans un cristal liquide », Journées de Physique Statistique, ESPCI, Paris, 21-23 janvier 1998.

C. TARDIVAT, N. AMOUROUX, H. HERVET, L. LÉGER

— « Adhesion between an elastomer and a bimodal brush as measured by the JKR test », American Physical Society March Meeting, Division of High Polymer Physics, Los Angeles, California (USA), 16-20 mars 1998.

M.-P. VALIGNAT

— « Wetting transition and nematic-isotropic transition in liquid crystal », Réunion Réseaux CEE, L.C. Macronet, Moena (Italie), 12-21 février 1998.

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

— « Examples of wetting transitions : the effect of long and short range interaction », Conférence : « Thirteenth Symposium on Thermophysical Properties », Boulder, Colorado (USA), 22-27 juin 1997.

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

— « Spreading of liquid crystals », Conférence : « 9th International Conference on Surface and Colloid Science », Sofia (Bulgarie), 6-12 juillet 1997.

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

— « Ellipsometric study of the structure of liquid crystal microdroplets on solid surfaces », Fourth UK Colloid and Surface Science Student Meeting, Greenwich (Grande-Bretagne), 6-9 juillet 1997.

— « Transition de mouillage et divergence de la longueur d'extrapolation à la transition nématique-isotrope », Réunion d'automne GDR 606, Garchy, 25-28 novembre 1997.

— « Structure de films minces mouillants de cristaux liquides », Journées de Physique Statistique, Paris, 22-23 janvier 1998.

— « Wetting behaviour of liquid crystal microdroplets near the nematic-isotropic transition », 2nd International Workshop on « Wetting and Self-Organization in Thin Liquid Films », Munich (Allemagne), 2-6 mars 1998.

C. WILLIAMS, O. THÉODOLY

— « Adsorption de polyélectrolytes sur des surfaces hydrophobes », conférence invitée, GDR « Films Moléculaires Bidimensionnels », Aix-les-Bains, 20-22 octobre 1997.

— « Adsorption of highly charged poly(styrene sulfonate) on hydrophobic surfaces », conférence invitée, Fall Meeting of the Material Research Society, Boston (USA), 1-5 décembre 1997.

C.E. WILLIAMS, O. THÉODOLY, T.T. WAIGH

— « Adsorption of a highly charged polyelectrolyte on hydrophobic surfaces », American Physical Society March Meeting, Division of High Polymer Physics, Los Angeles, California (USA), 16-20 mars 1998.

D.L. WOERDEMAN, N. AMOUROUX, V. PONSINET, G. JANDEAU, H. HERVET, L. LÉGER

— « The study of glass-epoxy adhesion mechanisms using the JKR technique and atomic force microscopy », Adhesion Society : 21st Annual Meeting, Savannah, Georgia (USA), 22-25 février 1998.

*Affiches*

N. AMOUROUX, L. LÉGER

— « Anti-adhesive behaviour of silicone elastomers », Europhysics Conference 1997 : « Surfaces and Interfaces in Polymers and Composites », Lausanne (Suisse), 1-6 juin 1997.

— « Comportement anti-adhésif d'élastomères silicones », Doctoriales de l'UPMC, Paris VI, Nemours, 7-12 décembre 1997.

A.-L. BERNARD, M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE, L. JULLIEN, J.-M. DI MEGLIO

— « Étude de la perméabilité transitoire induite par l'adsorption forte de vésicules géantes sur des surfaces », GDR « Films Moléculaires Bidimensionnels », Aix-les-Bains, 20-22 octobre 1997.

E. CONTRERAS LOPEZ, H. HERVET, D. CHAMPION, G. BLOND, M. LE MESTE

— « Effect of polysaccharide addition in sucrose solutions on translational diffusion coefficients of a small molecule at subzero temperatures », ISOPOW 7, Helsinki (Finlande), 30 mai-4 juin 1998.

X. FANTON

— « Étalement et instabilités de films minces en présence de gradients de tension superficielle », Doctoriales de l'UPMC, Paris VI, Nemours, 7-12 décembre 1997.

— « Étalement et instabilités de films minces en présence de gradients de tension superficielle », Journée des Doctorants de l'UFR 925, Université de Paris VI, 26 mars 1998.

X. FANTON, A.-M. CAZABAT

— « Contact line instabilities of spreading films driven by a thermal or by a solutal Marangoni effect », 2nd International Workshop on « Wetting and Self-Organization in Thin Liquid Films », Munich (Allemagne), 2-6 mars 1998.

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

— « Effets de chocs électriques sur des vésicules géantes polymérisables : électroporation, électrofusion, électroexpulsion », GDR « Films Moléculaires Bidimensionnels », Aix-les-Bains, 20-22 octobre 1997.

F. KALB, E. BOUCHER, J. FOLKERS, C. CRETON, L. LÉGER, H. HERVET, C. PLUMMER

— « Adhesion of semicrystalline polymers : the role of molecular structure », Europhysics Conference 1997 : « Surfaces and Interfaces in Polymers and Composites », Lausanne (Suisse), 1-6 juin 1997.

L. LÉGER, M. DERUELLE, H. HERVET

— « Adhesion characterization through the JKR test », Europhysics Conference 1997 : « Surfaces and Interfaces in Polymers and Composites », Lausanne (Suisse), 1-6 juin 1997.

A. MALDONADO, R. OBER, C. WILLIAMS, W. URBACH et T. GULIK-KRZYWICKI

— « Polymer induced multilayered vesicles », 12th International Symposium on Surfactants in « Solution », Stockholm (Suède), 7-11 juin 1998.

M. MAMAN, V. PONSINET

— « Surfaces à mouillabilité variable », Congrès de la Société Française de Physique, Paris, 7-10 juillet 1997.

V. PONSINET, J. MILHAUD

— « Étude par AFM de la morphologie de bicouches lipidiques en mode contact », Workshop « Matière Molle et Microscopie de Force » : Physique et Physico-Chimie à l'Échelle de la Nanopointe, Gujan-Mestras, bassin d'Arcachon, 5-8 octobre 1997.

E. RAPHAËL

— « Propagation of a pressure step in a granular material : the role of wall friction », Jamming and Rheology, Institute for Theoretical Physics, Santa Barbara (USA), 12-16 octobre 1997.

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

— « Biréfringence des ferrosmectiques sous champ magnétique tournant », Congrès de la Société Française de Physique, Paris, 7-10 juillet 1997.

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

— « Birefringence and optical non-linearities in magnetic liquid crystals », NATO ASI « Beam Shaping and Control with Non-Linear Optics », Cargèse, Corse, 4-16 août 1997.

C. TARDIVAT, H. HERVET, L. LÉGER

— « Characterization of the adhesion mechanisms between an elastomer and glass », Europhysics Conference 1997 : « Surfaces and Interfaces in Polymers and Composites », Lausanne (Suisse), 1-6 juin 1997.

C. TARDIVAT, L. LÉGER, H. HERVET

— « Caractérisation des mécanismes d'adhésion verre-élastomère », Participation aux 9<sup>es</sup> Journées d'Étude sur l'Adhésion — JADH'97, Saint-Lary, 28 septembre-3 octobre 1997.

C. TARDIVAT, H. HERVET, L. LÉGER

— « Étude de la structure d'un élastomère bi-composant par AFM en mode résonnant », « Matière Molle et Microscopie de Force » : Physique et Physico-Chimie à l'Échelle de la Nanopointe, Gujan-Mestras, bassin d'Arcachon, 5-8 octobre 1997.

O. THÉODOLY, N. BIAIS, C. WILLIAMS

— « Adsorption à une interface hydrophobe d'un polyélectrolyte fortement chargé », Gordon Research Conference « Colloidal, Macromolecular and Polyelectrolyte Solutions », Harbortown Resort, Ventura, California (USA), 8-13 février 1998.

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

— « Étude du comportement mouillant de films minces de cristaux liquides au voisinage de la transition nématique-isotrope », Congrès AFC 98, Colloque de l'Association Française de Cristallographie, Orléans, 24-27 février 1998.

#### SÉMINAIRES, COURS ET CONFÉRENCES 1997-1998

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

— « Petites gouttes de cristaux liquides », séminaire au Centre de Recherche Paul Pascal, Pessac, 24 septembre 1997.

A.-L. BERNARD

— « Adhésion forte de vésicules géantes sur surfaces lisses et décorées », séminaire à l'Institut Curie, Paris, 25 mars 1998.

— « Adhésion forte de vésicules géantes sur surfaces lisses et décorées », séminaire à l'Université Joseph Fourier, Grenoble, 30 mars 1998.

T. BOUTREUX

— « Surface flows of granular mixtures : General principles and minimal model », séminaire au laboratoire d'Application du Calcul Numérique, Stuttgart (Allemagne), 9 juin 1997.

— « Ségrégation dans les écoulements de surface », séminaire au laboratoire AOMC de l'Université de Paris VI, le 21 mars 1998.

— « Ségrégation dans les écoulements de surface », séminaire au laboratoire PMMH de l'ESPCI, Paris, le 11 avril 1998.

T. CHARITAT

— « Étude de l'interaction lipides-peptide par réflectivité de neutrons — Élasticité d'un fil fermé », séminaire à l'Institut Charles Sadron, Strasbourg, 4 décembre 1997.

X. FANTON

— « Tears of wine : from alkanes to alcohols », séminaire de l'Institut de Chimie des Surfaces, Stockholm (Suède), 15 septembre 1997.

— « Effet Marangoni solutal : étalement et instabilités », séminaire du laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, ESPCI, Paris, 30 janvier 1998.

P.-G. DE GENNES

— « Artificial muscles », séminaire, Nagoya (Japon), 6 avril 1998.

— « Artificial muscles », séminaire, Uji (Japon), 7 avril 1998.

— « Granular matter », séminaire, Kyoto (Japon), 8 avril 1998.

— « Bubbles, foams and other fragile objects », séminaire, Osaka (Japon), 11 avril 1998.

F. KALB, E. BOUCHER, J. FOLKERS, C. CRETON, L. LÉGER, H. HERVET

— « Adhesion of TPV/PA6 », séminaire, Maastricht (Pays-Bas), 11 juin 1997.

L. LÉGER

— « Chaînes de polymère ancrées en surface : rôle en mouillage, en adhésion et en friction », séminaire, UMR n° 6515, Chimie et Physique des Matériaux Polymères, Université du Mans, Le Mans, 4 juillet 1997.

— « Adhésion et friction : mécanismes moléculaires », séminaire, Ministère de la Recherche, 22 octobre 1997.

— « Chaînes de polymère ancrées en surface : rôle en adhésion et en friction », séminaire, Université de Bordeaux I, Bordeaux, 29 octobre 1997.

— « Friction polymère/solide : rôle de macromolécules ancrées à la paroi », séminaire dans la série Séminaires de Mécanique Ile-de-France Sud, École Normale Supérieure, Cachan, Laboratoire de Mécanique et Technologie, 6 novembre 1997.

— « Chaînes de polymère ancrées en surface : modulation de la friction polymère solide », séminaire au CAL (Atochem), Levallois-Perret, 14 novembre 1997.

— « Polymères aux interfaces, adhésion et friction », conférence invitée, Laboratoire Interdisciplinaire de Spectroscopie Électronique, Université de Namur, Namur (Belgique), 3 avril 1998.

D. QUÉRÉ

— « Aperçus sur le mouillage », séminaire, Université de Nice, 26 février 1998.

— « Rebonds capillaires », séminaire Physico-Chimie Théorique, ESPCI, Paris, 14 avril 1998.

— « Surfaces et interfaces », cours, IUSTI, Marseille, février et mai 1998.

L. RAMOS

— « Phases hexagonales dopées », séminaire au Centre de Recherche Paul Pascal (CRPP), Pessac, 2 octobre 1997.

— « Phases hexagonales dopées », séminaire à l'Université de Montpellier II, Groupe de Dynamique de Phases Condensées (GDPC), Montpellier, 7 octobre 1997.

E. RAPHAËL

— « Some recent models for polymers at surfaces and interfaces », séminaire, Mayence (Allemagne), 11 juin 1997.

— « Contrôle magnétique du mouillage », séminaire au laboratoire de Physique et Mécanique des Milieux Hétérogènes, École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de Paris, Paris, le 31 octobre 1997.

M. RUBINSTEIN, S.P. OBUKHOV, A.N. SEMENOV

— « Reptation of linear chains », séminaire à l'Institut Laue Langevin, Grenoble, 25 mai 1998.

M.-P. VALIGNAT

— « Transition de mouillage et transition nématique-isotrope dans les cristaux liquides », séminaire à l'ESPCI, laboratoire de Physico-Chimie Théorique, Paris, 10 février 1998.

C. WILLIAMS

— « Hydrophobic effects in polyelectrolyte solutions », séminaire, UCLA, Los Angeles, California (USA), 5 février 1998.

— « Adsorption de polyélectrolytes sur des surfaces hydrophobes », séminaire à l'Institut Charles Sadron, Strasbourg, 12 mai 1998.

## DIFFUSION DES CONNAISSANCES 1997-1998

J. BILLARD

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

P.-G. DE GENNES

— « Bubbles, foams and other fragile objects », conférence invitée, Lycée Kaise, Tokyo (Japon), 31 mars 1998.

— « Bubbles », conférence invitée, Kyushu University (Japon), 1<sup>er</sup> avril 1998.

D. QUÉRÉ

— « Le mouillage et le démouillage » (conseil et participation), Film pédagogique, Université de Paris VI et École Normale Supérieure de Saint-Cloud (1997).

- « Friction solide », Archipel Sciences, France Culture (juillet 1997).
- « Aperçu sur la matière molle », Archipel Sciences, France Culture (mars 1998).
- « Toiles, liquides et fils », Archimède, Arte (avril 1998).
- D. QUÉRÉ, E. RAPHAËL
- « La physique du tas de sable », Encyclopédia Universalis, La Science au Présent 1998, p. 55-56 (1997).

## SÉMINAIRES DONNÉS AU COLLÈGE DE FRANCE

- J.P. RABE (Humboldt-University, Berlin, Allemagne), *Macromolecular nanostructures at surfaces and interfaces* (5 juin 1997).
- S. BARDON (Collège de France, Paris), *Petites gouttes de cristaux liquides* (6 juin 1997).
- T. BAUMBERGER (ENS, Paris), *Mécanique du multicontact — Élasticité, fluage, glissement* (12 juin 1997).
- D.A. TOMALIA (Michigan Molecular Institute, USA), *Skeletal macromolecular isomerism : a comparison of dendritic polymer properties to those of classical macromolecular architectures* (20 juin 1997).
- A. LIU (Department of Chemistry and Biochemistry, UCLA, USA), *Counterion-mediated attraction in polyelectrolyte solutions* (25 juin 1997).
- M. GREEN (Polytechnic University, Brooklyn, USA), *Materials chirality : where existing theory works and where new theory may be necessary* (26 juin 1997).
- R. PARNAS (NIST, Gaithersburg, USA), *Characterizing microstructural features in polymer composites* (8 septembre 1997).
- B. MARCHON (Seagate Technology, Fremont, USA), *Étalement de films de perfluoropolyethers monodisperses sur des surfaces de carbone* (15 septembre 1997).
- G. MARRUCCI (Université de Naples, Italie), *Fast flows of polymeric liquids. Interpreting non-linear effects* (25 septembre 1997).
- J. DURAN (Acoustique et Optique de la Matière Condensée, Université de Paris VI), *Ségrégation granulaire : quelques expériences et des modèles* (2 octobre 1997).
- I. ERUKHIMOVICH (Moscow State University, Russie), *Long-range fluctuation behavior of polyelectrolyte solutions in poor and associating solvents* (3 octobre 1997).
- P. ROGNON (Géodynamique des Milieux Continentaux, Université de Paris VI), *Les sables dunaires : un matériau granulaire original* (9 octobre 1997).

D. BIDEAU (Groupe Matière Condensée et Matériaux, Université de Rennes I), *Dynamique d'une bille sur un plan incliné rugueux* (16 octobre 1997).

T.A. VILGIS (Max-Planck-Institute for Polymer Research, Mayence, Allemagne), *Crosslinked polymers : from exact theories to industrial applications* (23 octobre 1997).

A. MALDONADO (Collège de France, Paris), *Phases lamellaires et éponge d'un système mixte de tensioactifs* (24 octobre 1997).

J. BIAREZ (Mécanique des Sols, École Centrale, Châtenay-Malabry), *Matériaux granulaires et mécanique des milieux continus* (6 novembre 1997).

F. KALB (Collège de France, Paris), *Adhésion de polymères semi-cristallins* (7 novembre 1997).

J. BIBETTE (Centre de Recherche Paul Pascal, Pessac), *Coalescence des émulsions simples ou multiples* (13 novembre 1997).

F. DIAS (INLN, Nice), *Effets non linéaires sur les oscillations par confusion de deux fréquences propres* (14 novembre 1997).

C. PLUMMER (Laboratoire de Polymères, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse), *Microdéformation du polypropylène en présence d'une interface* (21 novembre 1997).

J. RAJCHENBACH (Optique et Acoustique de la Matière Condensée, Université de Paris VI), *Phénomène d'intermittences dans la compression d'un milieu granulaire* (27 novembre 1997).

M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE (Collège de France, Paris), *Changements de morphologie de vésicules géantes sous différents stress* (28 novembre 1997).

B. DROCHON (Rhône-Poulenc, Centre de Recherches d'Aubervilliers), *Apports des nouvelles techniques de spectrométrie de masse dans la caractérisation des polymères* (11 décembre 1997).

A.-L. BERNARD (Collège de France, Paris), *Adhésion de vésicules géantes sur surfaces lisses ou décorées : premiers résultats* (9 janvier 1998).

G. REITER (Institut de Chimie des Surfaces et Interfaces, CNRS, Mulhouse), *Auto-assemblage de polymères à blocs cristallisables* (15 janvier 1998).

C. TARDIVAT (Collège de France, Paris), *Adhésion élastomère sur brosse : quelques résultats expérimentaux récents* (16 janvier 1998).

A. EISENBERG (Department of Chemistry, McGill University, Montréal, Canada), *Multiple morphologies by self-assembly of amphiphilic asymmetric diblock copolymers in solution* (29 janvier 1998).

L. LETELLIER (Laboratoire des Biomembranes, Université d'Orsay), *Transport d'ADN viral dans des liposomes, catalysé par une protéine membranaire* (6 février 1998).

G. PORTE (Groupe de Dynamique des Phases Condensées, Université de Montpellier), *Micelles géantes : écoulement inhomogène et transition de phase induite par le cisaillement* (12 février 1998).

H. KAUSCH (Laboratoire de Polymères, École Polytechnique Fédérale de Lausanne), *Dynamique et dégradation des chaînes polymères flexibles en écoulement élongationnel* (13 février 1998).

T. BOHR (Center for Chaos and Turbulence Studies, Niels Bohr Institute, Copenhague, Danemark), *Hydraulic jumps, separation near free surfaces, and how to generate stationary polygons in a « kitchen sink » flow* (19 février 1998).

J. KURCHAN (Laboratoire de Physique Théorique, École Normale Supérieure, Lyon), *Température effective dans les systèmes bloqués (jammed) et en vieillissement* (5 mars 1998).

J.-M. DI MEGLIO (Institut Charles Sadron — CRM, Strasbourg), *Stabilisation de mousses par des protéines* (12 mars 1998).

T. WAIGH (Collège de France, Paris), *Chiral side-chain liquid-crystalline properties of starch (amidon)* (13 mars 1998).

D. LANGEVIN (Centre de Recherche Paul-Pascal, Pessac), *Physicochimie des mousses : naissance, vie et mort des bulles de savon* (19 mars 1998).

N. AMOUROUX (Collège de France, Paris), *Adhésion et anti-adhésion d'élastomères silicones : résultats récents* (20 mars 1998).

A. DONALD (Cavendish Laboratory, Cambridge, Grande-Bretagne), *Environmental SEM — a new technique for imaging wet systems* (26 mars 1998).

D. SPOLIANSKY (Collège de France, Paris), *Biréfringence d'un ferrosmectique sous champ magnétique : étude du couplage particules-membranes* (27 mars 1998).

L. PAUCHARD (FAST, Université de Paris-Sud, Orsay), *Déformation de coques* (3 avril 1998).

F. RIEUTORD (DRF, CEA, Grenoble), *Étude de formes de gouttelettes et de la dissolution du sel par AFM électrostatique* (10 avril 1998).

G. GRÜBEL (ESRF, Grenoble), *Complex dynamics studied by correlation spectroscopy with coherent X-rays* (29 mai 1998).

#### THÈSES DE DOCTORAT 1997-1998

E. DURLIAT, « Étude expérimentale du glissement d'un polymère fondu sur une surface solide décorée de polymère », Université de Paris VI, soutenue le 9 juin 1997.

L. RAMOS, « Phases hexagonales dopées », Université de Paris VI, soutenue le 24 septembre 1997.

C. GAY, « Nanorhéologie et autres problèmes de polymères aux interfaces », Université de Paris VI, soutenue le 26 septembre 1997.