Physique de la matière condensée

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

Cours : *Matériaux granulaires*

Les grains sont omniprésents : des anneaux de Saturne, au riz, à la neige... La mécanique des matériaux granulaires a débuté avec les constructions de fortifications et de silos. Elle a connu un développement remarquable, initié par Bagnold, à propos des dunes. Depuis dix ans, elle est un objet d'intérêt majeur pour les théoriciens de la mécanique statistique, et pour une nouvelle génération d'expérimentateurs, particulièrement dynamique en France. Mais le sujet est très touffu.

On a essayé ici d'ouvrir quelques sentiers dans cette brousse ; et surtout de baliser des pistes récentes, ouvertes notamment par une remarquable collaboration franco-anglo-hindoue (J.-P. Bouchaud, M. Cates, Ravi Prahash, S.F. Edwards et al. : en abrégé, BCRE).

1) Sur la *statique* des empilements : une hypothèse très intéressante de Bouchaud et al. consiste à supposer qu'un granulaire n'est ni un solide, ni un liquide, mais satisfait localement à une condition de Janssen : les contraintes horizontales τ_{xx} sont proportionnelles aux contraintes verticales τ_{zz}. Ceci implique que les charges sont transmises non pas verticalement, mais sur un cône de directions particulières. On comprend ainsi assez bien la répartition « à deux bosses » des charges sous un tas de sable.

2) Ce point de vue néglige toutefois le caractère désordonné de l'empilement. L'aspect statistique de la répartition des charges a été pris en compte par le groupe de Chicago (S. Coppersmith et al.) : un modèle scalaire rend très bien compte de la loi expérimentale de probabilité des charges en un point. Il faudra, ensuite hybrider les points de vue représentés en (1) et (2).

3) Les modules de compression macroscopiques, μ, d'un empilement croissent avec la pression locale p (qui augmente les surfaces de contact). Mais la loi expérimentale $\mu \sim p^{1/2}$ n'est pas celle qu'on attendrait dans le modèle le plus

simple (contacts hertziens). Nous avons proposé deux explications possibles : a) un « modèle à croûte molle » ; b) un modèle de microaspérités plastiques.

4) La dynamique est très complexe : on s'est surtout intéressé ici aux écoulements de surface, pour lesquels BCRE ont proposé une formulation très intéressante. a) Nous avons appliqué ce formalisme à quelques interactions relativement simples (ex. : remplissage d'un silo). b) Avec T. Boutreux, nous l'avons étendu à des *mélanges* de deux poudres A + B, pour lesquels il faut analyser des types de collisions très variés. On conclut que dans certains cas (si A et B n'ont pas les mêmes pentes d'équilibre) il apparaît une ségrégation caractérisée par des exposants anormaux (dépendant des paramètres de couplage). Ces idées sont pour le moment purement théoriques. Mais elles devraient déboucher sur des expériences nouvelles.

Au total, un milieu granulaire représente un nouvel état de la matière : ni liquide, ni solide élastique. Toutes les configurations sont métastables : d'où une grande difficulté, mais aussi une grande richesse conceptuelle.

ACTIVITÉS DU LABORATOIRE EN 1995-1996

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 et J.-M. DI MEGLIO (en collaboration avec S. PALACIN, Service de Chimie Moléculaire, Drecam, CEA, SACLAY)

L'étude d'une nouvelle stratégie de libération des médicaments utilisant des vésicules géantes chargées comme transporteur de principe actif se poursuit. Des substrats à motifs variables, tridimentionnels ou bidimentionnels de charge opposée, servent de perceuse. Si une vésicule s'adsorbe spécifiquement sur la cible, sa membrane est alors mise sous tension, créant des défauts dans la bicouche, laissant ainsi s'échapper le médicament. Cette perméabilisation membranaire est observée par microscope optique et par fluorescence en présence d'un complexant du marqueur dans le milieu extérieur.

2) Technique de fabrication de vésicules sous champ électrique : rendement, compréhension du phénomène

(A.-L. BERNARD, P.-G. de GENNES, P. MOSCONI, M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE et J.-M. DI MEGLIO)

Afin d'améliorer le rendement de fabrication de vésicules, l'utilisation de grilles de nickel, avec des mailles serrées, permet d'augmenter la surface de dépôt des lipides, et ainsi d'observer en direct la naissance, la croissance et le décollement des vésicules à tension variable.

3) Application de la perceuse moléculaire au système vivant

(C. SAUTEREY et M.-A. GUEDEAU-BOUDEVILLE)

Le but de la perceuse moléculaire étant biologique, des vésicules positives ont été mises en contact avec des cellules vivantes ayant des potentiels de membrane négatifs. Malgré les problèmes de temps de survie *in vitro* des cellules vivantes dans le milieu vésiculaire (300 mM en sucre), nous avons observé un phénomène d'échange vésiculaire dans une préparation de cellules cardiomyocites de rat. L'utilisation d'un marqueur fluorescent très sensible aux ions calcium, le FURA, devrait permettre de quantifier le phénomène de relargage.

4) Assemblages vésiculaires

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

Dans le but d'obtenir des auto-assemblages programmables, des vésicules géantes obtenues par gonflement d'un lipide butadiénique, sont soumises à un champ électrique puis polymérisées par irradiation UV sous observation microscopique. Des phénomènes d'endocytose par fusion de deux vésicules, d'expulsion de vésicules internes et d'échanges de milieux intra-inter-vésiculaires ont été observés.

5) Colloïdes

(R. OBER en collaboration avec C. NICOT, M. WAKS (CNRS URA 1458) et W. URBACH (CNRS URA 1306))

L'interaction d'une protéine protéolipidique avec des phases lamellaires comprenant un tensioactif non ionique et une phase organique a été examinée. L'introduction de la protéine maintient la structure lamellaire du système mais expulse une partie du solvant organique. La variation de la distance interlamellaire est proportionnelle à $c^{-1/2}$, où c est la densité superficielle en protéine.

6) Réalisation de phases lyotropes hexagonales dopées — Étude de leur structure et élasticité

(L. RAMOS, P. FABRE, M. VEYSSIE)

Les cylindres d'une phase hexagonale lyotrope peuvent gonfler en augmentant la force ionique du système. Le rayon des cylindres apolaires lyotropes est ainsi ajustable sur une décade et peut atteindre 17 nm. L'incorporation de particules solides magnétiques de taille nanométrique à l'intérieur des cylindres de ces phases très gonflées est alors possible et réalise une phase hexagonale dopée magnétiquement, dont la structure est étudiée par diffusion des rayons X. L'étude des textures par microscopie optique donne accès à une caractérisation de l'élasticité du système.

7) Dynamique des fluctuations thermiques dans les phases lyotropes hexagonales
(L. RAMOS et P. FABRE, F. NALLET du CRPP, Bordeaux)

Des expériences de diffusion quasi-élastique de la lumière devraient permettre la détermination des coefficients de diffusion des particules dans les phases hexagonales dopées, ainsi que les constantes élastiques de ces phases par l'étude du couplage entre les fluctuations des cylindres et le mouvement brownien des particules. Par ailleurs, les calculs des modes hydrodynamiques des phases lyotropes hexagonales (non dopées et dopées) sont actuellement en cours.

8) Optique non-linéaire des ferrosmectiques
(D. SPOLIANSKY et V. PONSINET, P. BROCHARD et V. GROLIER de Thomson-CSF Optronique)

Des expériences avec des lasers de forte puissance, réalisées au Centre Thomson de Guyancourt, ont permis d'établir que les ferrosmectiques présentent de la réfraction non-linéaire due à une variation de l'indice de réfraction avec l'intensité du laser, tandis que leur absorption reste linéaire sur la gamme de puissances explorées.

9) Observation de l'influence d'antibiotiques sur la morphologie de bicouches lipidiques
(T. ONDARÇUHU et V. PONSINET, J. MILHAUD, 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'un antibiotique (nystatine) a été entreprise sur substrat solide et sous immersion. Les premières images obtenues sur une bicouche unique semblent indiquer qu'en présence de nystatine, l'aspect de la surface est modifiée, avec l'apparition de failles linéaires de taille micronique.

II. *POLYMÈRES*

1) Chaînes de polymères dans des nano-pores
(P.-G. de GENNES)

a) Bouchage éventuel du pore par des chaînes greffées sur la face amont.

b) « Extrusion moléculaire » : le système où un pore débouche sur une structure poreuse plus fine permettrait peut-être une sélection des masses moléculaires sous écoulement.

c) Perméation des molécules branchées
(P.-G. de GENNES, E. RAPHAËL et C. GAY, en collaboration avec F. BROCHARD-WYART, Institut Curie)

Cette étude a un aspect très fondamental (introduction de la « longueur d'Ariane » d'un système branché) et des conséquences très appliquées (caractérisation des polyoléfines).

2) Brosses dans un mélange eau/huile
(P.-G. de GENNES)

3) Réflexions sur d'éventuels muscles artificiels
(P.-G. de GENNES, E. RAPHAËL, C. GAY et R. KANT)

4) Solutions semi-diluées de polyélectrolytes à squelette hydrophobe
(C. WILLIAMS)

Des mesures comparatives de diffusion centrale des rayons-X et des neutrons, d'osmométrie et d'émission de fluorescence ont mis en évidence un comportement anormal des solutions aqueuses de copolymères de poly(styrene-*co*-styrène sulfonate de sodium) (PSS) fortement chargés. Pour des taux de charge nominaux où la charge effective est habituellement renormalisée à une valeur constante (cas hydrophile), on observe une diminution considérable de celle-ci accompagnée d'une compaction de la chaîne lorsque le nombre de monomères hydrophobes augmente. Cet effet est lié aux fluctuations locales de la constante diélectrique dans la solution.

5) Interfaces couvertes de chaînes polymères
(M. AUBOUY et E. RAPHAËL)

Une nouvelle approche théorique, de type loi d'échelle, a permis de décrire une interface liquide-solide couverte de chaînes polymères. L'idée est de modéliser la couche de chaînes par des boucles et des queues qui se forment à l'interface, et de déterminer ses caractéristiques en analysant le comportement statistique de ces populations. Ceci a été appliqué aux cas d'adsorption réversible et irréversible, ainsi qu'au greffage de chaînes de polymère, en géométrie plane ou sphérique.

6) Propriétés d'un polymère en étoile plongé dans un solvant de haut poids moléculaire
(C. GAY et E. RAPHAËL)

Les propriétés statiques d'un polymère en étoile plongé dans un fondu de molécules linéaires chimiquement identiques aux bras de l'étoile ont été étudiées. Dans le cas d'un faible nombre de bras, une zone gaussienne dans la structure de l'étoile s'intercale entre une région dense au centre et une région gonflée à l'extérieur. Selon la longueur des bras de l'étoile, les régions externes peuvent être absentes.

7) Ancrage de copolymères dans une bicouche smectique
(P. FABRE, P. GUENOUN du SPEC, CEA, Saclay)

Des phases lamellaires dans lesquelles sont incorporés des copolymères séquencés, dont un bloc est un polyélectrolyte, ont été synthétisées. La partie hydrophobe du copolymère s'ancre dans la bicouche lamellaire, et réalise ainsi un système multicouche de brosse de polymères. Les phases obtenues sont stables, pour des concentrations en polymère de quelques pour cent, et ceci même pour des confinements importants de la chaîne chargée entre les membranes. Les expériences de diffusion des rayons X aux petits angles semblent montrer que les phases lamellaires contenant des copolymères sont plus compressibles que les systèmes sans polymère.

8) Greffage et adsorption de polymères sur surfaces solides planes
(M. DERUELLE, E. DURLIAT, J. FOLKERS, C. MARZOLIN, L. LÉGER)

Une procédure de fabrication de couches de polymères greffés par une extrémité sur une surface solide non adsorbante (« brosse ») a été mise au point. Les cinétiques de greffage sur ces substrats de chaînes de polydiméthylsilexane (PDMS) portant un groupement Si-vinyl terminal ont été étudiées. Il est aussi possible de contrôler la taille et la densité de surfaces de couches de polymère ancrées sur surface solide, en régime « brosse » via la concentration dans le bain de réaction de greffage.

9) Étude de la structure des couches adsorbées et greffées de PDMS par microscopie à force atomique
(M. DERUELLE, T. ONDARÇUHU, L. LÉGER)

La microscopie à force atomique, avec une pointe modifiée par collage d'une très petite bille de silice (rayon de quelques microns) a été utilisée pour caractériser la loi de compression d'une couche greffée ou adsorbée de PDMS, gonflée par un solvant. La distance à laquelle apparaît une force répulsive lors de l'approche de la pointe, est indicative de l'épaisseur de la couche gonflée. Nous avons caractérisé, pour des brosses et des pseudo-brosses, les lois de variation de cette épaisseur gonflée en fonction de la masse moléculaire et de la densité de surface des chaînes.

10) Interpénétration pseudo-brosse/solution, pseudo-brosse/fondu, et pseudo-brosse/élastomère
(C. MARZOLIN, H. HERVET, L. LÉGER)

L'interpénétration entre une couche de PDMS deutéré, ancré en surface, et un solvant ou du PDMS hydrogénés a été étudiée par réflectivité des neutrons. Pour des couches, greffées ou adsorbées, gonflées au bon solvant, les profils obtenus sont compatibles avec les lois attendues soit pour des brosses, soit pour des

pseudo-brosses. Pour les brosses, la pénétration des chaînes libres à l'intérieur de la couche est en bon accord avec les prédictions théoriques. Pour les pseudo-brosses, il y a un effet d'adsorption préférentielle des chaînes hydrogénées par rapport aux chaînes deutérées, qui conduit à un excès d'interpénétration lorsque la couche ancrée est deutérée.

11) Échange entre chaînes adsorbées et chaînes libres dans le système PDMS/ silice

(R. BRENOT, C. MARZOLIN, L. LÉGER)

En utilisant le contraste entre PDMS deutéré et hydrogéné en spectroscopie infra-rouge en réflexion, nous avons étudié l'échange entre chaînes d'une couche adsorbée à la surface de la silice à partir de solutions concentrées, et les chaînes de volume, en fonction de leurs masses respectives et de la densité de surface dans la couche. Un tel échange existe, montrant que l'adsorption du PDMS sur silice propre n'est pas totalement irréversible, mais est amplifié par l'affinité préférentielle du PDMS hydrogéné comparé au PDMS deutéré vis-à-vis de la surface de silice.

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

(G. MASSEY, H. HERVET, E. DURLIAT, L. LÉGER)

L'étude du glissement du PDMS fondu sur des surfaces planes de silice où peu de chaînes de PDMS peuvent s'adsorber fortement (régime « champignon »), s'est poursuivie. Les lois de variation de la vitesse de glissement au seuil, du taux de cisaillement seuil et de la longueur d'extrapolation de la vitesse dans les différents régimes en fonction des masses moléculaires des chaînes adsorbées sur la surface et du fondu ont été déterminées. Les résultats sont en excellent accord avec les prédictions théoriques qui attribuent la transition glissement faible/ glissement fort au désenchevêtrement progressif entre les chaînes de surface et les chaînes du fondu. En augmentant la densité des couches adsorbées et des brosses, il existe toujours un seuil d'apparition du glissement fort.

III. *MOUILLAGE*

1) Dynamique de l'aqua-planing

(P.-G. de GENNES et F. BROCHARD)

Nous avons étudié le cas où la dissipation est dominée par l'eau ; d'autres régimes sont en cours d'analyse.

2) Impression offset quadrichromie

(P.-G. de GENNES)

Démouillage en présence de succion par le papier ; interprétation des défauts d'impression.

3) Gouttes Josephson
(P.-G. de GENNES, R. KANT et C. GAY)

Mouillage stratifié par un superfluide.

4) Mouillage dynamique hors d'une eau savonneuse
(D. QUÉRÉ, O. OU RAMDANE, S. LE ROUX et F. RESTAGNO)

Le film liquide entraîné par un fil sortant d'une eau savonneuse est environ deux fois plus épais que si le liquide était pur. Pour des concentrations en savon usuelles (c = 1mM à 100 mM), l'épaisseur du film est indépendante de la vitesse, mais décroît lentement avec le rayon du fil. L'épaisseur du film est en fait déterminée par un équilibre entre convection (responsable de l'épaississement) et adsorption (qui tend à rétablir un comportement de liquide pur). En mesurant comment l'épaississement varie en fonction de la concentration c en savon, il a été possible de suivre la variation du nombre de Marangoni M avec c : $M \alpha c^{2/3}$, variation qui reste à expliquer.

5) Imprégnation de membranes poreuses
(D. QUÉRÉ et J. BICO)

Pour un liquide pur et mouillant, l'envahissement de membranes de filtration par des liquides variés est plus lent que prévu ; ceci semble dû aux circonvolutions du poreux, qui augmentent géométriquement l'angle de contact apparent du liquide avec le solide. Si le liquide est volatile, il monte jusqu'à une hauteur centimétrique puis s'arrête ; cette hauteur est déterminée par un équilibre entre les flux d'absorption et d'évaporation. Quand le liquide est savonneux la vitesse d'ascension est divisée par 2, quand la concentration en savon est multipliée par 100. Cet effet inattendu reste à comprendre.

6) Étalement de microgouttes
(S. VILLETTE, M.-P. VALIGNAT, A.-M. CAZABAT)

Nous poursuivons l'analyse ellipsométrique des profils de microgouttes en étalement en étudiant plus spécifiquement l'influence de la température et de la longueur de chaîne (pour les polymères) sur la structure des gouttes et la dynamique de l'étalement. Varier la température donne une estimation de la volatilité à 2D des systèmes et un ordre de grandeur des énergies d'activation. La variation de longueur de chaîne met en évidence un effet complexe de désenchevêtrement à 2D.

7) Automatisation du montage ellipsométrique
(P. LEVINSON)

L'automatisation du montage, permet des mesures plus rapides et en particulier l'étude de cinétiques rapides ou très longues.

8) Effets Marangoni : gradients thermiques et « larmes »
(X. FANTON, A.-M. CAZABAT, D. QUÉRÉ)

L'instabilité observée au niveau du ménisque dans les expériences de « larmes de vin » interprétée comme une instabilité de Rayleigh est maintenant étudiée en régime transitoire. Le contact avec M. Brenner, issu du groupe de L. Kadanoff, qui effectue l'étude numérique correspondante, est maintenu.

9) Mouillage macroscopique
(M. CACHILE, A.-M. CAZABAT)

L'étalement de mélanges éthylèneglycol-$C_{12}E_{10}$ et les instabilités associées est repris de façon systématique. Une question commune à ce thème et au précédent est la nature, dendritique ou arborescente, des instabilités observées.

10) Monocouche de microparticules sur un polymère liquide
(O. THEODOLY, V. PONSINET et P. FABRE)

Dans le but de fabriquer des surfaces à mouillabilité variable, nous nous intéressons à la structure d'une couche de polymère sur laquelle flottent des particules solides de taille micronique. La position d'équilibre des particules à l'interface, qui dépend de leur énergie de surface est étudiée expérimentalement par microscopie à force atomique après trempe du polymère dans son état vitreux, et comparée au calcul.

11) Ancrage d'une ligne de contact sur une discontinuité chimique

a) condition d'ancrage : canthotaxis
(F. DOMINGUES DOS SANTOS et T. ONDARÇUHU)

Le comportement d'un front liquide sur la ligne de discontinuité chimique séparant deux substrats A et P de mouillabilités différentes a été étudié par la méthode de Wilhelmy. Si θ_P et θ_A désignent les angles de contact d'équilibre sur les deux parties homogènes respectivement, le bord de la goutte est à l'équilibre sur la frontière pour toutes les valeurs de l'angle de contact comprises entre θ_P et θ_A, ce qui explique l'ancrage de la goutte observé macroscopiquement. Ce résultat a été étendu au cas où les deux surfaces présentent de l'hystérésis, et au cas où le liquide couvre la partie hydrophobe. Dans ce dernier cas, la ligne de contact est en position instable sur la frontière.

b) ancrage sur une frontière quelconque
(T. ONDARÇUHU)

L'étude du comportement local d'une ligne de contact macroscopiquement ancrée sur une discontinuité chimique non rectiligne a permis, en comparant la forme exacte de la frontière, mesurée au microscope à force atomique, et celle de la ligne de contact, observée au microscope optique, de distinguer deux cas :

1° l'*ancrage total*, où le liquide est en tout point ancré sur la discontinuité ; 2° l'*ancrage partiel*, où le liquide n'est ancré que sur certaines portions de la frontière. Dans le cas limite d'une frontière sinusoïdale, ces résultats sont en bon accord avec un modèle théorique permettant de donner un critère simple d'ancrage total.

12) Étalement de polymère liquide fondu sur des brosses du même polymère
(S. BERGER, L. LÉGER)

L'étalement de microgouttes de PDMS fondu déposées sur des brosses de PDMS a été caractérisé en fonction des masses moléculaires des chaînes de la brosse et du fondu, et de la densité de surface dans la couche greffée. Les cinétiques d'étalement de la goutte macroscopique sont différentes de celles observées sur surface dure. Le mouillage est partiel lorsque la masse moléculaire du fondu est nettement plus grande que celle des chaînes de la brosse et à forte densité de surface dans la brosse, comme prévu. Le mouillage devient total, si on diminue la masse moléculaire du fondu ou la densité de surface de la brosse, avec des cinétiques caractéristiques d'un glissement à la paroi. Lorsque la masse moléculaire du fondu est nettement plus petite que celle des chaînes de la brosse, le liquide de la goutte est pompé par la brosse, sans que le rayon macroscopique ou l'angle de contact apparent ne varient de façon notable.

IV. *ADHÉSION ET TRIBOLOGIE*

1) Interdigitation brosse/caoutchouc
(P.-G. de GENNES)

Pas de succès net quand on compare aux expériences.

2) Glissement d'un polymère fondu sur une surface faiblement greffée
(P.-G. de GENNES, C. GAY, F. BROCHARD)

En particulier, cas où la concentration en greffons est finie.

3) Adhésion transitoire de polymères liquides
(T. ONDARÇUHU)

La pégosité, c'est-à-dire l'adhésion transitoire des polymères liquides, a été étudiée grâce à un montage combinant méthodes optiques et mécaniques afin de visualiser le profil de rupture polymère-substrat tout en mesurant l'énergie d'adhésion du joint par la méthode du « probe tack ». En variant la vitesse de séparation, on observe trois différents régimes reflétant le caractère viscoélastique de l'adhésif. Dans le cas d'une rupture interfaciale, il y a un accroissement important de l'énergie dû aux pertes visqueuses à l'intérieur de l'adhésif et un profil de

fracture présentant une forme particulière rappelant la « trompette » prédite par De Gennes. La rugosité du substrat et l'adsorption du polymère ne semblent pas avoir d'effet sur la formation du joint.

4) Mesure de l'adhésion élastomère/solide par test JKR
(M. DERUELLE, R. PIT, H. HERVET, L. LÉGER)

Le test Johnson Kendall Roberts (JKR) a été utillisé pour optimiser la réaction de réticulation d'élastomères de PDMS. Sur ces élastomères optimisés, nous avons caractérisé le rôle de promoteur d'adhésion de pseudo-brosses et de brosses de PDMS. Le résultat surprenant est que les brosses de PDMS sont peu efficaces pour promouvoir l'adhésion : un optimum de l'énergie d'adhésion en fonction de la densité de surface des chaînes dans la brosse apparaît, conduisant à une énergie d'adhésion optimum nettement plus faible que celle obtenue pour les pseudo-brosses.

5) Adhésion entre deux polymères incompatibles en présence de promoteurs d'adhésion
(E. BOUCHER, F. KALB, J. FOLKERS, H. HERVET, L. LÉGER)

La relation entre l'énergie d'adhésion, mesurée par un test de clivage et la structure (densité de surface et longueur) de copolymères formés in situ à l'interface a été analysée pour le couple polypropylène/polyamide 6 (PP/PA6).La densité de surface de copolymère est mesurée par ESCA, après dissolution sélective du PA6. L'énergie d'adhésion augmente comme le carré de cette densité de surface. La structure cristalline est importante : une amplification de l'adhésion d'un facteur quatre est observée pour des chaînes de copolymère assez longues et une température de recuit proche de la température de fusion du PA6. Cette amplification peut être corrélée avec la nucléation, au voisinage de l'interface, de la phase β du polypropylène.

6) Modulation de l'adhésion d'élastomères silicones par des résines
(N. AMOUROUX, H. HERVET, L. LÉGER)

Un programme d'étude des mécanismes par lesquels l'incorporation de résines (petits agrégats de silice) dans un réseau élastomère silicone permet d'en moduler l'adhésion vis-à-vis de couches adhésives est en cours. Le test JKR doit permettre d'identifier quels facteurs (modification des propriétés mécaniques ou des propriétés interfaciales) influent sur l'énergie d'adhésion lorsqu'on augmente la proportion de résine.

7) Étude de l'adhésion fibre de verre — élastomère :
(C. TARDIVAT, H. HERVET, L. LÉGER)

L'étude des mécanismes d'adhésion entre un élastomère et des fibres de verre utilisées comme renfort permet de déterminer comment agit l'adhérisat, matériau

intermédiaire dont le rôle est de rendre compatibles la fibre revêtue de son liquide d'ensimage et l'élastomère, en conférant à l'ensemble une tenue mécanique suffisante. Nous avons reproduit un système équivalent mais sur verre plat, afin de caractériser l'adhésion au niveau des différents interfaces au moyen de tests tels que JKR et pelage.

V. *HYDRODYNAMIQUE PHYSIQUE ET MILIEUX GRANULAIRES*

1) Statistique des contacts inter-grains : modèle à croûte molle et modèle à aspérités plastiques
(P.-G. de GENNES)

2) Écoulements superficiels sur des tas : applications du modèle de Bouchaud et al., et extension au cas des mélanges
(P.-G. de GENNES, T. BOUTREUX)

3) Dynamique des coups de bélier dans les silos
(T. BOUTREUX, P.-G. de GENNES et E. RAPHAËL)

La pression dans un silo vertical rempli de grains tend exponentionnellement vers une valeur limite lorsque la hauteur du silo croit (Janssen, 1895). Nous avons décrit théoriquement l'établissement dynamique d'un tel profil de pression dans un tube horizontal dont l'extrémité est mise sous pression à un moment donné. La distinction entre frottements statique et dynamique a permis de mettre en évidence la propagation d'un *front d'arrêt* du mouvement des grains. La pression finale est de type Janssen.

4) Ondes de capillarité-gravité engendrées par une perturbation mobile
(P.-G. de GENNES et E. RAPHAËL)

L'étude des ondes de capillarité-gravité engendrées à la surface d'un fluide idéal par une source de pression extérieure mobile, s'est poursuivie, ceci dans l'optique de proposer une nouvelle méthode de caractérisation des surfaces molles.

VI. *CRISTAUX LIQUIDES*

1) Ancrage des cristaux liquides
(D. DUCA, S. BARDON, R. BARTOLINO, M.-P. VALIGNAT, R. OBER)

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

PUBLICATIONS DU LABORATOIRE EN 1995-1996

I. *COLLOÏDES ET INTERFACES*

P.-G. de GENNES, « Transfert d'une couche adsorbée », CRAS *321*, 421-424 (1995).

P.-G. de GENNES, « Comportement d'un colloïde greffé dans un mélange eau/huile », CRAS *322*, 819-824 (1996)

V. PONSINET and P. FABRE, « Flexibility of the membranes in a doped swollen lamellar phase », J. Phys. Chem. *100*, 5035-5038 (1996).

II. *POLYMÈRES*

P.-G. de GENNES, « Explosion à la fusion », CRAS *321*, 363-365 (1995)

L. LÉGER, « Polymers : diffusion and reptation »,The Encyclopedia of Advanced Materials, Ed. D. Bloor, R.J. Brook, M.C. Flemings, S. Mahajan, Pergamon, 2063, (1994)

L. LÉGER, H. HERVET, Y. MARCIANO, M. DERUELLE, G. MASSEY, « Role of surface anchored polymer chains in adhesion and slippage », Israël. Journal of Chemistry, **35**, (1995) 65-74

III. *MOUILLAGE*

C. GAY, P.-G. de GENNES et R. KANT, « Josephson droplets », Europhys. Lett. *34*, 581-586 (1996).

P.-G. de GENNES, « Spontaneous motion of a reactive droplet », CRAS *321*, 285-288 (1995).

P.-G. de GENNES, F. BROCHARD-WYART et G. DEBRÉGEAS, « Spreading of viscous droplets on a non viscous liquid », *Short Communication*, Colloid Polym. Sci. *274*, 70-72 (1996).

F. DOMINGUES DOS SANTOS, T. ONDARÇUHU, « Free-running droplets », Phys. Rev. Lett. *75*, 2972-2975 (1995).

D. QUÉRÉ, « Fabrication de films savonneux », Actes du Colloque JADH'95, Société Française du Vide, p. 39 (1995).

A. de RYCK et D. QUÉRÉ, « Inertial coating of a fibre », Journal of Fluid Mechanics *311*, 219 (1996).

A. KOULAGO, V. SHKADOV, A. de RYCK et D. QUÉRÉ, « Film entrained by a fiber quickly drawn out of a liquid bath », Physics of Fluids *7*, 1221 (1995).

R. VUILLEUMIER, V. EGO, L. NELTNER, A.M. CAZABAT, « Tears of wine : the stationary state », Langmuir *11*, p. 4117, 1995.

S. VILLETTE, M.P. VALIGNAT, A.M. CAZABAT, L. JULLIEN, F. TIBERG, « Wetting on the molecular scale and the role of water. A case study of wetting of hydrophilic silica surfaces », Langmuir *12*, p. 825, 1996.

S. BURLATSKY, G. OSHANIN, A.M. CAZABAT, M. MOREAU, « Microscopic model of upward creep of an ultrathin wetting film », Phys. Rev. Lett. *76*, p. 86, 1996.

R. BARBERI, N. SCARAMUZZA, V. FORMOSO, M.P. VALIGNAT, R. BARTOLINO, A.M. CAZABAT, « Conventional and non conventional spreading of a mesogenic material », Europhysics Letters *34*, p. 349, 1996.

IV. *ADHÉSION ET TRIBOLOGIE*

P.-G. de GENNES, F. BROCHARD-WYART, C. GAY, « Slippage of polymer melts on grafted surfaces », Macromolecules *29*, 377-382 (1996).

L. LÉGER, E. RAPHAËL, XVth Moriond Workshop, « Short and long chains at interfaces », Eds. J.Daillant, P. Guenoun, C. Marques, P. Muller, J. Tran Thanh VAN, Éditions Frontières, 313-323, (1996).

E. BOUCHER, J.P. FOLKERS, H. HERVET, L. LÉGER, C. CRETON, « Effects of the formation of copolymer on the interfacial adhesion between semicrystalline polymers », Macromolecules, **29,** 774, (1996).

V. *HYDRODYNAMIQUE PHYSIQUE ET MILIEUX GRANULAIRES*

P.-G. de GENNES, « Dynamique superficielle d'un matériau granulaire », C.R.A.S. *321*, 501-506 (1995).

P.-G. de GENNES, E. RAPHAËL, « Effective mass of a charged particle travelling above a dielectric fluid surface », Europhysics Letters *31* (5-6), 293-298 (1995).

P.-G. de GENNES, E. RAPHAËL, « Capillary gravity waves caused by a moving disturbance : wave resistance », Physical Review E **53**, number 4, 3448-3455 (1996).

I. PEZRON, G. BOURGAIN et D. QUÉRÉ « Imbibition of a fabric », Journal of Colloid and Interface Science *173*, 319 (1995).

VI. *CRISTAUX LIQUIDES*

J. BILLARD, A. EL ABED, L. TAMISIER, G. DUMAS, B. MANGEOT, K. TANAZEFTI, P. PERETTI, « Dynamic behavior of pyramidic liquid crystal film at the air-water interface », Mol. Cryst. Liq. Cryst. *265*, 151-161 (1995).

P. DAVIDSON, C. BOURGAUX, L. SCHOUTTETEN, P. SERGOT, C.E. WILLIAMS et J. LIVAGE, « A structural study of the lyotropic nematic phase of vanadium pentoxide gels », J. de Phys. II, *5*, 1577-1596 (1995).

PARTICIPATION A DES COLLOQUES 1995-1996

Conférences et communications orales

M. AUBOUY, E. RAPHAËL

— « Scaling description of polymer interfaces », conférence, 15th General Conference of the Condensed Matter Division, Baveno-Stresa-Lago Maggiore, Pallanza (Italie), 20-28 avril 1996.

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

— « The dynamics of wetting : the role of water », conférence invitée, Réunion Réseau Européen, Berlin (Allemagne), 26 juin-1er juillet 1995.

— « The spreading of layered droplets », conférence invitée, Physique Statistique, Mexico (Mexique), 3-12 janvier 1996.

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

— « Morphology of thin liquid films », conférence invitée, Participation à la Workshop « Wetting and Self-Organization in thin Liquid Films », Constance (Allemagne), 17-21 septembre 1995.

— « Specific behaviour of ultrathin liquid films », conférence invitée, Current Problems in Complex Fluids, Oaxaca (Mexique), 3-12 janvier 1996.

A.-M. CAZABAT, X. FANTON, R. VUILLEUMIER

— « Rayleigh-like instabilities of wetting films », conférence invitée, Fundamentals of Colloid and Interface Science, Wageningen (Pays-Bas), 26-29 novembre 1995.

M. DERUELLE, Y. MARCIANO, M. TIRRELL, H. HERVET, L. LÉGER,

— « Model experiments on elastomer — solid adhesion », conférence invitée, EURADH'94, Mulhouse 12-15 septembre 1995.

P.-G. de GENNES

— 10 exposés dans différentes universités : Mc Master, Montréal, I. Polytechnique, Laval, Sherbrooke, conférences invitées (Canada), 11-20 juin 1995.

— « Principles of adhesion », conférence invitée, « Konopinski Lectures », Indianapolis (USA), septembre 1995.

— « Principles of adhesion », conférence invitée, VAN VLECK Lectures, Minneapolis (USA), septembre 1995.

— « Interfacial rheology », conférence invitée, VAN VLECK Lectures, Minneapolis (USA), septembre 1995.

— « Principles of adhesion », conférence invitée, Brandeis (USA), septembre 1995.

— « Interfacial rheology », conférence invitée, Brandeis (USA), septembre 1995.

— « Towards artificial muscles », conférence invitée, Colloque W. Little, Stanford (USA), décembre 1995.

— « History and future of liquid crystals », conférence invitée, Bill Little Symposium, San Francisco (USA), janvier 1996.

— « Tribulations des inventeurs », conférence invitée, Institut Pasteur-Mérieux, Lyon, 17 janvier 1996.

— « From rice to snow : the mechanics of powders », conférence invitée, NPL, New Delhi (Inde), 31 janvier 1996.

— « Towards artificial muscles », conférence invitée, Liquid Crystal Institute, Bangalore (Inde), 1er février 1996.

— « Principles of adhesion », conférence invitée, Materials Science Society, Bangalore (Inde), 1er février 1996.

— « Bubbles, foams and other fragile objects », conférence invitée, University of Mysore (Inde), 3 février 1996.

— « From rice to snow : the mechanics of powders », conférence invitée, University of Mysore (Inde), 5 février 1996.

— « Bubbles, foams and other fragile objects », conférence invitée, Alliance Française, Hyderabad (Inde), 6 février 1996.

— « Towards artificial muscles », conférence invitée, Institut de Biologie, Hyderabad (Inde), 7 février 1996.

— « Soft matter », conférence invitée, Lycées de Delhi (Inde), 9 février 1996.

— « Bubbles, foams and other fragile objects », conférence invitée, R. Gandhi Society, Delhi (Inde) 9 février 1996.

— « Tribulations des inventeurs », conférence invitée, Groupe Athena, Paris, 27 mars 1996.

— « Soft matter », conférence invitée, Lycées de Trinidad (Trinidad-Tobago), 22 avril 1996.

— « Principles of adhesion », conférence invitée, Caribbean Academy of Sciences (Trinidad-Tobago), 23 avril 1996.

— « Rhéologie interfaciale », conférence invitée, Colloque Franco-Grec sur les Polymères, Heraklion, Crète (Grèce), 2 mai 1996.

— « Bubbles, foams and other fragile objects », conférence invitée, Institut Français, Athènes (Grèce), 7 mai 1996.

— « Towards artificial muscles », conférence invitée, Cambridge (Grande-Bretagne), 14 mai 1996.

— « Perméation des polymères branchés dans des nanotubes », conférence invitée, Cambridge (Grande-Bretagne), 16 mai 1996.

— « Bubbles, foams and other fragile objects », conférence invitée, Association « Liberté de l'Esprit », Quimper, 31 mai 1996.

— « From rice to snow : the mechanics of powders », conférence invitée, Institut Weizmann, Rehovot (Israël), 13 juin 1996.

— « Polymer brushes », conférence invitée, Symposium on « Surfactants in Solution », Jérusalem (Israël), 8-14 juin 1996.

— « Perméation des polymères branchés dans des nanotubes », conférence en l'honneur de G. Jannink, Saclay, 18 juin 1996.

P.-G. de GENNES, M. HÉBERT, R. KANT

— « Muscles artificiels », conférence invitée, « Rhéologie des Polymères », Cambridge (Grande-Bretagne), 14 mai 1996.

H. HERVET, G. MASSEY et L. LÉGER

— « Investigation of the slip transition at the polymer-solid interface », 15th General Conference of the Condensed Matter Division, Baveno-Stresa-Lago Maggiore, Pallanza (Italie), 21-26 avril 1996.

L. LÉGER

— « Adhésion et friction : à quoi peuvent jouer les polymères ? », conférence invitée, Congrès de la Société Française de Physique, Marseille, 3-5 septembre 1995.

— « Surface anchored polymer layers », conférence invitée, Participation à la Workshop on « Wetting and Self-Organization in thin Liquid Films, Structure and Dynamics », Constance (Allemagne), 17-20 septembre 1995.

— « Adhésion des polymères : modèles moléculaires », conférence invitée, Journées Mécamat : Interfaces dans les Milieux Solides : Adhésion et Collage, Université de Paris VI, 6 mai 1996.

— « Brushes and pseudo-brushes : their role in adhesion and slippage », conférence invitée, European Research Conference « Interfaces and colloidal systems : Polymers at interfaces structure and dynamics » Giens, 9-14 juin 1995.

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

— « Adhésion entre polymères semi-cristallins », JADH'95 — 8èmes Journées d'Étude sur l'Adhésion, La Colle-sur-Loup, 17-20 octobre 1995.

L. LÉGER, M. DERUELLE, J.P. FOLKERS, H. HERVET

— « Influence de la structure de l'élastomère sur l'adhésion solide-élastomère », JADH'95 — 8èmes Journées d'Étude sur l'Adhésion, La Colle-sur-Loup, 17-20 octobre 1995.

L. LÉGER, H. HERVET

— « Faisabilité de mesures locales de vitesse à l'interface solide-huile lubrifiante », Réunion du Conseil Scientifique du CPR : « Contact-Métal-Outil-Lubrifiant », Maizières-lès-Metz, 16-17 avril 1996.

L. LÉGER, H. HERVET, Y. MARCIANO, M. DERUELLE

— « Adhésion élastomère — solide : rôle des molécules connectrices », Conférence invitée, JMC4, Rennes 31 août-2 septembre 1994.

D. QUÉRÉ

— « Fabrication de films savonneux », conférence invitée, JADH'95 — 8èmes Journées d'Étude sur l'Adhésion, La Colle-sur-Loup, 17-20 octobre 1995.

L. RAMOS, P. FABRE

— « Compatibilité entre un cristal liquide lyotrope et des particules solides : rôle des interactions », Septième Colloque d'Expression Française sur les Cristaux Liquides, Sofia Antipolis, 11-16 septembre 1995.

E. RAPHAËL, P.-G. de GENNES

— « Modèles pour l'adhésion avec connecteurs », conférence invitée, JADH'95 — 8èmes Journées d'Étude sur l'Adhésion, La Colle-sur-Loup, 15-20 octobre 1995.

— « Effective mass of a charged particle moving above a dielectric fluid surface », Materials Research Society 1995 Fall Meeting, Boston (U.S.A.), 27 novembre 1995-4 décembre 1995.

C. WILLIAMS

— « Ion containing polymers », conférence invitée, Gordon Research Conference, New London (U.S.A.), juillet 1995.

— « Diffusion aux petits angles de polymères et colloïdes », conférence invitée, Séminaire Dautreppe sur le « Rayonnement Synchrotron », Grenoble, 19-20 septembre 1995.

— « Anomalous behaviour of highly charged polyelectrolytes in bad solvent », conférence invitée, « March Meeting de l'American Physical Society », Saint-Louis (USA), 18-22 mars 1996.

— « Polymères et matière molle : bilan et perspective », conférence invitée, Colloque « SOLEIL », Orsay, 2-5 avril 1996.

Affiches

M.H. ADÃO, A.C. FERNANDES, B. SARAMAGO, A.-M. CAZABAT

— « Influence of surface topography on the wetting properties of polystyrene films », Solid/Fluid Interfaces : Wetting and Capillarity, Aghia Pelaghia (Crète), 22-27mars 1996.

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

— « The role of water on the spreading at the molecular scale », Solid/Fluid Interfaces : Wetting and Capillarity, Aghia Pelaghia (Crète), 22-27 mars 1996.

— « Spreading of microdroplets at the molecular scale : 2D volatility and substrate heterogeneity » Solid/Fluid Interfaces : Wetting and Capillarity, Aghia Pelaghia (Crète), 22-27 mars 1996.

F. DOMINGUES DOS SANTOS, T. ONDARÇUHU

— « Free running droplets », « Physique en Herbe », Nice, 2-7 juillet 1995.

S. GERDES, A.-M. CAZABAT, G. STRÖM

— « Liquid spreading and surface structures », Solid/Fluid Interfaces : Wetting and Capillarity, Aghia Pelaghia (Crète), 22-27 mars 1996.

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

— « Toward a new way of drug delivery : the molecular drill », The Seventh International Conference on Organized Molecular Films, Numana, Ancona (Italie), 10-15 septembre 1995.

C. MARZOLIN, H. HERVET, L. LÉGER

— « Penetration of Polymer molecules at adsorbed and grafted interfaces : dynamics and structure », European research Conference « Interfaces and colloidal systems : Polymers at interfaces structure and dynamics » Giens, 9-14 juin 1995.

G. OSHANIN, S.F. BURLATSKY, A.-M. CAZABAT, M. MOREAU

— « Microscopic model of spreading of a molecularly thin film », Solid/Fluid Interfaces : Wetting and Capillarity, Aghia Pelaghia (Crète), 22-27 mars 1996.

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

— « The role of water on the spreading at the molecular scale », Solid/Fluid Interfaces : Wetting and Capillarity, Aghia Pelaghia (Crète), 22-27 mars 1996.

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

— « Wetting and anchoring of liquid crystal at the microscopic scale », Solid/Fluid Interfaces : Wetting and Capillarity, Aghia Pelaghia (Crète), 22-27 mars 1996.

SÉMINAIRES, COURS ET CONFÉRENCES 1995-1996

P.-G. de GENNES

— Introduction à la mécanique des poudres, séminaire, ESPCI, Paris, 25 mars 1996.

— « Dynamics of dewetting », conférence à l'Académie des Sciences appliquées, Copenhague (Danemark), 24 juin 1996.

C. WILLIAMS

— « Polyelectrolytes in bad solvent », séminaire, New York University à Stony Brook (USA), 17 juillet 1995.

— « Structure de solutions de polyelectrolytes », séminaire, SCM, CEA, Saclay, 14 décembre 1995.

— « Une petite histoire de matière molle : quand un polymère devient chargé », séminaire, Université Libre de Bruxelles (Belgique), 10 mai 1996.

— « Hydrophobic effects in highly charged polyelectrolytes », séminaire, Max Planck Institut, Mayence (Allemagne), 13 mai 1996.

DIFFUSION DES CONNAISSANCES 1995-1996

P.-G. de GENNES

— « Pierre et Marie Curie », Discours prononcé au Panthéon, Revue des Deux Mondes, p. 33, avril 1995.

C. WILLIAMS

— « Contrast variation », « Third European Summer School on « Scattering Methods Applied to Soft Condensed Matter », Bombannes, 2-8 juin 1996.

SÉMINAIRES DONNÉS AU COLLÈGE DE FRANCE

M.O. ROBBINS (John Hopkins University, Baltimore, USA), *Adhesion in thin films* (14 juin 1995).

E. KRAMER (Cornell University, USA), *Phase separation in thin polymer films* (15 juin 1995).

F. BROCHARD (Institut Curie, Paris), *Étirement et relaxation des chaînes de polymères* (16 juin 1995).

B. WIDOM (Cornell University, USA), *Young's law with line tension* (22 juin 1995).

J. PROST (Institut Curie, Paris), *Interface physique/biologie* (23 juin 1995).

J.-M. DI MEGLIO (CRM, Strasbourg), *Étirement d'une chaîne à l'aide d'un A.F.M.*(24 octobre 1995).

V. MÜLLER (Université de Moscou), *Forces de surface et agrégation de particules* (26 octobre 1995).

P. EVESQUE (École Centrale Paris, Laboratoire de Mécanique, *Sols, Structures et Matériaux*), *Fluctuations en mécanique des milieux granulaires* (2 novembre 1995).

D. LONG (ESPCI, Paris), *Mécanisme d'orientation d'un polyélectrolyte dans un gel. Application à la séparation par perméation de membranes poreuses* (3 novembre 1995).

G. REITER (Institut de Chimie des Surfaces et Interfaces, Mulhouse), *Improving adhesion via connector polymers to stabilize nonwetting liquid films* (10 novembre 1995).

J. DURAN (Université Pierre et Marie-Curie, Paris), *Quelques expériences récentes en physique des matériaux granulaires* (16 novembre 1995).

E. GUAZZELLI (ESPCI, Paris), *Instabilités dans les lits fluidisés* (23 novembre 1995).

L. BOURDIEU (Université Louis Pasteur, Strasbourg), *Deux moteurs microscopiques : le système actine-myosine et la réalisation optique d'un cliquet thermique* (24 novembre 1995).

S. FAUVE (ENS, Lyon), *Instabilités d'écoulements granulaires* (30 novembre 1995).

E. DURLIAT (Collège de France, Paris), *Glissement d'un fondu sur une pseudo-brosse* (1er décembre 1995).

R. KANT (Collège de France, Paris), *Diffusion to rough and arbitrary shaped interfaces* (8 décembre 1995).

J.-P. BOUCHAUD (CEA, Saclay), *Distribution des contraintes dans les milieux granulaires : un modèle simple* (14 décembre 1995).

F. LEQUEUX (Université Louis Pasteur, Strasbourg), *Viscoélasticité linéaire et non-linéaire des émulsions très concentrées* (12 janvier 1996).

C. WILLIAMS (Collège de France, Paris), *Petites histoires de polyélectrolytes* (19 janvier 1996).

L. RAMOS (Collège de France, Paris), *Phases dopées : interactions et propriétés magnétiques* (2 février 1996).

M. HEBERT (Collège de France, Paris), *Diagramme de phases orientationnel des cristaux liquides discotiques* (9 février 1996).

C. WEILL (LCPC, Marne-la-Vallée), *Propriétés mécaniques d'empilements de billes de gel de polyélectrolyte* (14 février 1996).

R. GRANEK (Weizmann Institute of Science, Israël), *Instabilities in self-assembling interfaces : buckling of monolayers and spontaneous emulsification* (15 février 1996).

G. DEBREGEAS (Institut Curie, Paris), *Éclatement visqueux de films suspendus et croissance de ponts capillaires* (23 février 1996).

S. VILLETTE (Collège de France, Paris), *Diffusion à 2 D : problèmes et discussion* (1er mars 1996).

G. JANNINK (LLB, Saclay), *Adsorption critique et réflectivité* (20 mars 1996).

V. PONSINET (Collège de France, Paris), *Quelques photos de phases lamellaires par microscopie électronique* (22 mars 1996).

R. OBER (Collège de France, Paris), *Que peut-on faire avec la réflectivité X ?* (5 avril 1996).

R. JONES (Cambridge University, Grande-Bretagne), *Conformation dynamics of polymers near interfaces and in thin films* (12 avril 1996).

M. AUBOUY (Collège de France, Paris), *Perturbations rhéologiques de couches de polymères* (19 avril 1996).

A. HALPERIN (ICSI, Mulhouse), *Polysoaps : configuration and elasticity* (10 mai 1996).

T. HOGEN-ESCH (Locker Hydrocarbon Research Institute, University of Southern California, USA), *Hydrophobic association of fluorocarbon-containing water soluble polymers* (20 mai 1996).

H.J. HERRMANN (Laboratoire de Physique Mécanique des Milieux Hétérogènes, ESPCI, Paris), *Explorer les milieux granulaires par ordinateur* (29 mai 1996).

T. ONDARÇUHU (CEMES, Toulouse), *Adhésion de polymère liquide* (30 mai 1996).

THÈSES DE DOCTORAT 1995-1996

E. BOUCHER, « Mécanismes moléculaires de l'adhésion à l'interface entre deux polymères semi-cristallins renforcée par un copolymère formé *in situ* », Université de Paris VI, soutenue le 29 juin 1995.

M. DERUELLE, « Les polymères aux interfaces, application à l'adhésion solide-élastomère », Université de Paris VI, soutenue le 21 septembre 1995.

G. MASSEY, « Étude expérimentale du glissement de polymères fondus sous cisaillement à une interface solide », Université de Paris VI, soutenue le 17 octobre 1995.

C. MARZOLIN, « Structure et pénétrabilité de couches de polymère ancrées sur une surface », Université de Paris VI, soutenue le 15 décembre 1995.