

Physique de la matière condensée

M. Pierre-Gilles DE GENNES, professeur

Enseignement

I - Cours

Dans le plan esquissé en 1971, on prévoyait de consacrer la deuxième année du cours sur les transitions de phase aux seuls phénomènes dynamiques. En fait, il s'est avéré nécessaire d'élargir d'abord considérablement la discussion des phénomènes statiques, et donc de diviser le cours en deux parties.

1) *Variables angulaires associées à une phase ordonnée*

Dans la première partie, après quelques rappels sur les équations de Landau-Ginsburg et le groupe de renormalisation, on s'est surtout intéressé aux phases ordonnées pour lesquelles il subsiste un ensemble continu d'états possibles et thermodynamiquement équivalents : par exemple aux ferromagnétiques de Heisenberg dans lesquels l'aimantation \vec{M} a une longueur fixée $M(T)$ mais une orientation arbitraire.

Pour de tels systèmes, l'état macroscopique est spécifié par un certain nombre de variables « angulaires » (appelées aussi variables « de phase ») : pour le ferromagnétique, ce sont simplement les angles polaires de M . On s'est efforcé ici de donner une discussion plus générale de ces variables et des fluctuations géantes qui leur sont associées. On a montré comment ces fluctuations modifient la susceptibilité longitudinale d'un ferromagnétique ou d'un liquide nématique (il est à souhaiter que cette susceptibilité puisse être mesurée prochainement par des expériences magnétooptiques). On a aussi défini et discuté les situations de « quasi ordre » où les fluctuations des variables angulaires détruisent l'ordre à longue distance : smectiques A, smectiques B et nématique à deux dimensions. (L'existence de ces derniers reste à établir : nous espérons y parvenir au laboratoire.)

Un autre aspect important lié aux variables angulaires est celui des lignes singulières ou des points singuliers qui peuvent être observés en phase ordonnée. On a classé ces singularités en deux types :

1 - Celles où les variables angulaires sont continues, mais à dérivées discontinues. On a étudié surtout les « coniques focales » des smectiques A et montré que, au moins dans un cas limite, la structure du cœur peut être calculée en détail.

2 - Celles où une variable angulaire (au moins) est indéterminée. On en a présenté certains exemples classiques, et d'autres plus récents, comme les dislocations coin d'un smectique A. Mais l'analyse mathématique générale des singularités possibles (points, lignes...) en relation avec le groupe de symétrie brisée, reste à faire.

Enfin, à propos des coniques focales, on a abordé le problème général des *textures smectiques*. On sait depuis G. Friedel que, dans une telle texture, le remplissage de l'espace se fait par blocs, les interstices entre les blocs étant partiellement remplis par des blocs plus petits, qui eux-mêmes laissent de nouveaux interstices, etc. Nous avons montré que cette subdivision doit, en principe, se poursuivre presque jusqu'à l'échelle moléculaire (au moins si la texture est en équilibre thermodynamique) : on n'a pas encore d'expériences qui vérifient ou infirment cette prédiction.

2) *Etude des mouvements près d'un point critique*

Ayant précisé la notion de variable angulaire, on a abordé, dans la deuxième partie, la dynamique de telles variables. En phase ordonnée on a rappelé la théorie de Goldstone et introduit la notion de quantité « quasi conservée ». Le principe des descriptions hydrodynamiques, le décompte des modes propres et leur structure ont été illustrés sur quelques exemples (superfluides, cristaux liquides, antiferromagnétiques). En particulier le « second son » des smectiques A, prévu en 1969, a enfin été observé par effet Brillouin à Harvard en 1973. On a ensuite analysé le comportement dynamique du paramètre d'ordre près du point de transition, à partir des lois de similarité introduites par Halperin, Hohenberg et autres. Pour calculer explicitement les exposants critiques dynamiques, on a décrit trois méthodes complémentaires :

a) Une formulation très concise de Wagner, limitée aux systèmes magnétiques de Heisenberg, qui utilise les propriétés de similarité du champ H (auquel est proportionnelle la fréquence de Larmor du mode uniforme).

b) Une approche par les modes collectifs de la phase ordonnée.

c) Une approche par l'étude des relaxations en phase désordonnée (découplage de Ferrell) qui est moins rigoureuse, mais qui permet de comprendre assez intuitivement les lois de puissance observées.

A côté des exemples classiques (antiferromagnétiques, mélanges fluides binaires, superfluides) on a appliqué les méthodes 2 et 3 au cas plus original de la transition smectique A - nématique. On sait depuis 1972 que cette transition peut être du 2^e ordre, et trois expériences très récentes ont confirmé les prédictions sur la longueur de corrélation $\xi(T)$. Mais certains coefficients de friction doivent, eux aussi, montrer des anomalies remarquables : les calculs et les expériences sont en cours.

II - Séminaires

Deux séminaires ont fonctionné pendant l'année scolaire :

1) Le séminaire général de Chimie physique, amorcé en 1971, s'est poursuivi avec les conférenciers mentionnés sur la liste ci-après.

2) Un séminaire, portant essentiellement sur des revues bibliographiques, a eu lieu tous les quinze jours, et a réuni des participants d'horizons scientifiques très différents : chimistes (Laboratoire de Chimie organique des hormones), physiologistes (Laboratoire de Physiologie cellulaire), physicochimistes (Laboratoire des Surfaces et des Membranes) et physiciens. Malgré des difficultés (prévues) de langage, ce séminaire a joué un rôle assez utile pour stimuler les collaborations et les échanges entre groupes.

SÉMINAIRES

H. SACKMANN (Université de Halle, R.D.A.), *Polymorphism in liquid crystals* (19 juin 1972) ;

T. J. SCHEFFER (Fribourg-en-Brisgau, Allemagne), *A comparison of electric and magnetic Frederiks transitions in nematics : theory and experiment* (28 septembre 1972) ;

C. TAUPIN (Physique de la Matière condensée, Collège de France), *Fusion de vésicules phospholipidiques* (17 novembre 1972) ;

W. HELFRICH (Hoffman La Roche - Bâle), *Orienting action of sound on nematics* (29 novembre 1972) ;

D. E. MARTIRE (Georgetown University, Washington), *Equilibrium statistical mechanics and the nematic isotropic transition in liquid crystals* (1^{er} décembre 1972) ;

M. RABII (Université de Paris VI), *Rétrécissement, par rotation, des raies de résonance magnétique nucléaire de polymères : étude des mouvements moléculaires* (19 janvier 1973) ;

R. ZANA (Centre de Recherche sur les Macromolécules, Strasbourg), *Cinétique des échanges entre micelles et solution dans les solutions d'amphiphiles* (2 mars 1973) ;

M. PTAK (Centre de Biophysique moléculaire, Orléans), *L'étude par R.P.E. de phases mésomorphes contenant des sondes paramagnétiques* (16 mars 1973) ;

M. TENÈBRES (C.N.R.S., Montpellier), *Etude des conformations moléculaires au sein d'une couche monomoléculaire à l'aide de l'ellipsométrie par réflexion* (23 mars 1973) ;

J. M. SCHNUR (Naval Research Laboratory, Washington), *Electro-optic switching in low loss liquid crystal waveguides* (28 mars 1973) ;

H. KELKER (Farwerke Hoechst AG, Francfort-sur-le-Main), *Propriétés thermodynamiques des mésomorphes et leur application à la chromatographie en phase vapeur* (30 mars 1973) ;

A. TARDIEU (Laboratoire de Génétique moléculaire, Gif-sur-Yvette), *Structure et transitions conformationnelles des chaînes paraffiniques des lipides* (4 mai 1973) ;

G. W. Gray (Université de Hull, G.-B.), *Novel aspects of mesophases formed by some Schiff's base esters* (4 mai 1973) ;

M. H. COHEN (Université de Cambridge, G.-B.), *The development of a simple living organism : aggregation in the cellular slime moulds* (25 mai 1973) ;

P. PIERANSKI et E. GUYON (Physique des Solides, Orsay), *Instabilités induites par un écoulement de cisaillement dans une lamelle nématique* (8 juin 1973).

TRAVAUX DU LABORATOIRE

I - Introduction

Le laboratoire de Physique de la Matière condensée oriente son activité principalement vers la *Chimie physique*. A côté de l'équipe pré-existante du professeur J. Billard (études sur cristaux liquides) plusieurs « unités de recherches » nouvelles se sont installées en 1972-1973 :

a) une unité de résonance paramagnétique électronique, étudiant l'ordre et les mouvements locaux dans les lipides et dans les smectiques (C. Taupin, F. Poldy) ;

b) une unité de synthèse chimique (M. Dvolaitzky) travaillant en étroite collaboration avec les groupes précédents ;

c) une unité étudiant les phases colloïdales et les films monomoléculaires (M. Veyssié, A. Dubault).

L'implantation de ces chercheurs est très récente : l'infrastructure (R.P.E., chimie, balance de Langmuir...) n'a été réellement en place qu'autour du 1^{er} janvier 1973. Mais d'ores et déjà certains résultats intéressants ont été obtenus, et une atmosphère de recherche interdisciplinaire s'est développée. De ce point de vue, la collaboration des laboratoires de Chimie organique des hormones (groupe J. Jacques) et de Physiologie cellulaire (groupe C. Gary-Bobo) a apporté une aide précieuse au laboratoire.

II - Théorie des liquides anisotropes.

1) Mécanique statistique des transitions de phases

L'analogie entre smectiques A et supraconducteurs, découverte au début de 1972, a été développée et s'est trouvée étayée tout récemment par des expériences d'Orsay, Harvard et Bell Telephone Laboratories. Les travaux actuels portent sur l'extension de cette analogie aux phénomènes *dynamiques* critiques (F. Jähnig et F. Brochard) : les expériences correspondantes sont en cours à Orsay. Les exposants critiques de la transition smectique C \leftrightarrow smectique A commencent aussi à être mesurés, et paraissent en assez bon accord avec les prédictions.

2) Textures des smectiques A

Les smectiques A sont formés de couches liquides empilées. On a analysé cette année les défauts éventuels de ces empilements qui, comme en physique des solides, jouent un rôle essentiel sur les propriétés pratiques. Ces défauts

sont de plusieurs types : *dislocations*, *coniques focales*, etc. Leur étude expérimentale devrait se développer considérablement dans les années à venir. On a enfin étudié certains aspects remarquables des *textures*, qui devraient montrer à l'équilibre thermique une « subdivision itérative » remarquable : à l'heure actuelle, on ne sait pas du tout si cette subdivision est effectivement réalisée dans la nature.

3) Propriétés des nématiques

a) L'atténuation du son a été étudiée en détail et certains mécanismes microscopiques intéressants ont été proposés (F. Jähnig).

b) Certains effets d'un écoulement sur l'alignement d'un nématique ont été étudiés :

— Possibilité d'un effet mécano-optique remarquable : apparition d'une coloration par écoulement sous champ magnétique (non encore confirmé expérimentalement).

— Interprétation des instabilités de certains écoulements de cisaillement, découvertes en 1973 par Guyon et Pieranski (Orsay).

4) Phases nouvelles de He_3

La phase A de He_3 liquide, présente en dessous de 2,6 millidegrés est sans doute un *superfluide anisotrope*. On a essayé de prédire certaines propriétés remarquables d'un tel système, en choisissant un modèle particulier : paires dans un état p ; fonction d'ondes orbitales du type proposé en premier par Anderson et Morel ; fonction d'ondes de spin choisie un peu différente (ce choix paraît confirmé par les données les plus récentes).

On a trouvé que la densité superfluide ρ_s est remplacé par un objet plus complexe, et montrant une anisotropie. On a prédit aussi des lignes singulières remarquables (disgyrations). Enfin on a étudié sommairement les modes collectifs (ondes de spin orbitales). Ces travaux se développeront surtout si un groupe expérimental se forme en France pour étudier ces problèmes.

III - Expériences sur les systèmes mésomorphes thermotropes

1) Synthèse de matériaux nouveaux (J. Billard, J. Jacques)

En collaboration avec M. J. Jacques du laboratoire de Chimie organique des hormones, divers dérivés du tolane possédant des phases nématiques stables à basse température et présentant une anisotropie diélectrique négative

Les échantillons (où 1 % de marqueur est dissous) ont été étudiés optiquement, par analyse thermique différentielle et par résonance électronique. On observe effectivement que les chaînes rigides dans la phase solide (paramètre d'ordre égal à 1) deviennent fluides dans la phase B. Le paramètre d'ordre, de 0,4, est très voisin de celui mesuré dans l'état fluide de dispersion de phospholipides dans l'eau. La valeur de l'enthalpie de transition est un excellent accord avec l'enthalpie de fusion des chaînes paraffiniques prouvant que la liquéfaction des chaînes est, dans ce cas, la seule modification apportée à la structure par le changement de phase.

3) *Diagrammes de phase des smectiques* (J. Billard, W. Urbach)

On a établi ces diagrammes de phase de mélanges de corps qui possèdent chacun une phase smectique de type B ; l'un une phase où les molécules sont perpendiculaires aux strates, l'autre où les molécules sont inclinées. A la précision actuelle des mesures (et à notre grande surprise) il semble que ces deux phases sont miscibles en toutes proportions. Selon sa composition la phase smectique B est soit optiquement uniaxe, soit optiquement biaxe. Aucune transition du premier ordre n'a pu être détectée entre ces deux formes.

On a, d'autre part, montré qu'une phase smectique qui avait été décrite comme différente de celles connues jusque là et classée dans une rubrique nouvelle (le type H) est isomorphe des phases du type B. C'est donc une phase du type B incliné.

Enfin on a observé et mesuré un pouvoir rotatoire étonnamment grand dans une phase smectique A d'un corps chiral.

4) *Propriétés macroscopiques des nématiques* (R. Vilanove en collaboration avec E. Guyon et P. Pieranski à Orsay) :

a) *Conductivités thermiques*

L'anisotropie des conductivités thermiques a été mesuré sur un nématique typique (M.B.B.A.). Ces mesures jouent actuellement un rôle très fondamental dans l'interprétation des instabilités thermiques convectives découvertes par le groupe Guyon.

b) *Angle d'ancrage des molécules à une interface nématique - isotrope*

Cet angle a été déterminé par des observations optiques *locales*. Les résultats étaient en contradiction apparente avec certaines mesures faites

à l'E.N.S. par une technique de réflexion plus globale. Le désaccord était en fait dû à la contamination de l'interface par des impuretés (présentes dans les deux expériences !). Actuellement l'étude des angles d'ancrage apparaît comme une méthode nouvelle et intéressante pour analyser les propriétés moléculaires d'une interface.

5) *Action de champs extérieurs sur les cholestériques* (H. Hervet)

M. Hervet a fait un stage au laboratoire d'Electronique et de Physique appliquée (L.E.P.) dans le groupe du D^r J.-P. Hurault. Le but de ce stage était d'initier H. Hervet à la physique des cristaux liquides, en vue d'expériences ultérieures à Grenoble (décrites plus loin).

M. Hervet a participé aux recherches menées par F. Rondelez sur la distorsion de textures cholestériques « planaires » à grand pas par des champs extérieurs. Il a étudié en particulier le cas d'un champ électrique (alternatif) appliqué dans le plan de la lame cholestérique, sur un matériau diélectriquement négatif (M.B.B.A. dopé). Il a trouvé dans ce cas une instabilité d'aspect optique inhabituel (systèmes de lignes parallèles sombres et brillantes). Ceci est à opposer au cas plus usuel d'un champ magnétique perpendiculaire au plan de la lame, pour lequel l'instabilité fait apparaître un réseau carré.

6) *Diffusion de neutrons par des systèmes mésomorphes* (H. Hervet, en collaboration avec F. Volino)

A l'Institut Laue Langevin, des expériences préliminaires de diffusion *élastique* des neutrons ont été réalisées sur du T.B.B.A. Elles doivent en particulier permettre d'observer des effets prétransitionnels au voisinage de la transition nématique - smectique A. D'autres expériences de diffusion *inélastique* par du T.B.B.A. ordinaire et partiellement deutéré sont en cours. Elles ont pour but de déterminer les coefficients de self-diffusion, ainsi que les mouvements relatifs des différents constituants de la molécule.

IV - *Lipides et macromolécules*

1) *Etudes sur le cholestérol dans les phases phospholipidiques* (C. Taupin, F. Poldy, M. Dvolaitzky en collaboration avec Ph. Champeil et C. Gary-Bobo du laboratoire de Physiologie cellulaire)

Des expériences biologiques ont montré que le cholestérol inclus dans la membrane de globule rouge s'échangeait rapidement avec le cholestérol libre du plasma sanguin. Ce problème est repris sur des vésicules phospho-

lipidiques en utilisant soit des techniques biologiques (cholestérol radioactif, soit la technique des marqueurs de spin qui permet de mesurer la fréquence de passage à la surface des vésicules de molécules marquées incorporées. Ces dernières expériences de résonance en utilisant du cholestane paramagnétique et un acide stéarique montrent aussi une grande fréquence de saut.

2) Phases lamellaire lécithine eau

Ces phases constituent un modèle, primitif mais intéressant, de membranes biologiques. Des mesures de diffusion par radiotraceurs, effectuées dans le groupe de M. C. Gary-Bobo (Laboratoire de Physiologie cellulaire) ont montré des anomalies remarquables pour certaines teneurs en eau. On s'est efforcé ici (i) de retrouver ces anomalies par d'autres techniques physiques, (ii) d'étudier des systèmes modèles voisins, notamment les « vésicules » sphériques.

a) Etudes par « marqueurs de spin » (C. Taupin, F. Poldy, M. Dvolaïtsky)

Une étude des sauts des molécules phospholipidiques de part et d'autre des bicouches est en cours.

A cet effet des phospholipides marqués sur la tête polaire et possédant des chaînes de longueurs variées ont été synthétisés : la méthode consiste, d'après des méthodes décrites, à condenser l'acide phosphatidique avec la tempocholine



en présence d'un déshydratant comme le chlorure de triisopropylbenzène-sulfonyle.

Le premier dérivé de la lécithine d'œuf ; l'acide phosphatidique obtenu par clivage avec la phospholipase D est hydrogéné en présence de palladium sur charbon ; après condensation on obtient une lécithine marquée possédant principalement des chaînes en C₁₈.

Le second phospholipide obtenu est la dipalmitoylphosphoryltempocholine ; l'acide phosphatidique correspondant a été obtenu par phosphorylation du dipalmitoylglycérol.

Les lécithines marquées sont purifiées par chromatographie préparative sur couches minces.

b) *Textures optiques des phases lamellaires* (A. Dubault, M. Veysié)

Il semble que certains changements de texture remarquables se produisent lorsque l'on traverse la concentration critique en eau définie par les mesures du groupe Gary-Bobo.

3) *Couches monomoléculaires* (A. Dubault, M. Veysié)

La possibilité de réticuler des monocouches de substance de type lipidique ouvre des perspectives nouvelles et intéressantes : en figeant les structures moléculaires obtenues pour étalement sur un support liquide on élargit la gamme des méthodes de mesure physique qui leur sont applicables ; à plus long terme, on peut penser réaliser, à partir de bicouches, des membranes rigides.

On a choisi, comme première étape, un système chimique simple mais présentant les caractéristiques requises a priori : chaîne saturée hydrophobe ; double tête polaire hydrophile comportant à chacune de ses extrémités une double liaison $C = C$, susceptible de donner à la surface de l'eau une polymérisation bidimensionnelle. On a tout d'abord établi sur une balance de Langmuir construite à cet effet, les diagrammes de compression du monomère, puis exposé la monocouche comprimée dans un état compact à un rayonnement ultra violet dont nous avons vérifié qu'il induit la polymérisation du même composé à l'état massif. Un ensemble de faits montrent qu'il y a effectivement réticulation du système dans ces conditions : diminution, en cours d'irradiation U.V., de la surface par tête polaire ; insolubilité du produit obtenu dans les solvants du monomère ; « visualisation » du film à l'aide de molécules de colorant étalées à la surface de l'eau. Nous essayons actuellement de compléter ces résultats par une étude comprise des spectres d'absorption infra rouge du monomère et du système réticulé ; mais les très faibles quantités de matière mises en jeu rendent très délicates ces expériences de caractérisation.

4) *Polymères : études par diffusion de neutron* (R. Ober)

M. Ober participe à des expériences faites dans le groupe de M. G. Janink autour du réacteur E.L. 3 (Saclay). Ces études portent sur la conformation des polymères en solution, à l'état solide et à l'état liquide, et sont faites en collaboration avec le Centre de Recherche des Macromolécules de Strasbourg. Les expériences sur le polystyrène en solution semi-diluée, par diffusion de neutrons et par pression osmotique, ont montré que la « longueur d'écran » déterminée dans ces deux sortes d'expériences étaient comparables.

Il apparaît au total que la théorie d'Edwards sur la régime semi dilué (corrigée sur certains points de détail) rendait mieux compte de la pression osmotique que la théorie plus ancienne de Flory-Huggins.

A partir de l'hypothèse d'incompressibilité dans le solide, R. Ober a établi une relation donnant la section efficace de diffusion d'un polymère marqué dans une matrice de polymère non marqué. Un calcul pour les n-alcanes a été entrepris sur ordinateur pour déterminer cette section efficace. Des expériences sont prévues pour vérifier ces prédictions. Des mesures de rayons de giration par diffusion de neutrons aux petits angles par du polystyrène dans un solvant θ et par du polystyrène marqué dans une matrice de polystyrène non marqué ont été effectuées au réacteur à haut flux (Grenoble). Ces mesures ont montré que le polymère a la même conformation gaussienne dans le solide et dans un solvant θ .

V - *Physique des impulsions de chaleur* (P. Levinson)

L'étude de la propagation des ondes acoustiques à l'aide d'impulsion de chaleur a été poursuivie.

a) Les mesures ont été effectuées dans le quartz en vue d'étudier la réfraction conique, la levée de dégénérescence des ondes transversales de grand vecteur d'onde, et la variation de l'angle du vecteur d'onde et du vecteur de Poynting avec l'augmentation de fréquence pour tous les modes.

b) L'étude projetée de l'interaction spin-phonon dans les antiferromagnétiques se heurte à la difficulté d'obtenir des cristaux de bonne qualité (en particulier le fluorure de manganèse).

c) Enfin on s'est intéressé à l'énergie émise par l'émetteur de chaleur dans le bain d'hélium liquide où sont plongés habituellement les échantillons, à une température voisine du point λ . On s'attache à préciser s'il s'agit bien d'ondes de compression créées par les bulles de liquide vaporisées autour de l'émetteur.

PUBLICATIONS

J. BILLARD, *Les phases mésomorphes et leur identification* (Bull. Soc. Fr. Min. Crist., 95, p. 206-214, 1972).

W. URBACH, J. BILLARD, *Sur les phases smectiques de type C* (C.R.A.S., 274 B, p. 1287-1290, 1972).

J. MALTHÈTE¹, M. LECLERCQ¹, M. DVOLAÏTSKY, J. GABARD¹, J. BILLARD, V. PARTIKIS², J. JACQUES¹, *Tolanes nématiques* (*Molec. Cryst.*, à paraître).

W. URBACH, J. BILLARD, *Optical study of some mesomorphic phases* (*Phys. Rev. Lett.*, à paraître).

P.-G. DE GENNES, *Smectic polymorphism* (à paraître dans *Molecular Crystals and Liquid Crystals*).

— *Dislocations coin dans un smectique A* (*C.R.A.S.*, Paris, 275 B, p. 939, 1972).

— *Structure du cœur des coniques focales dans les smectiques A* (*C.R.A.S.*, Paris, 275 B, p. 549, 1972).

— *Singularités permises dans une phase ordonnée* (*C.R.A.S.*, 275 B, p. 219, 1972).

— *Mecanochromatic effect in nematics* (*Physics Letters*, 41 A, p. 479, 1972).

— *Statistical properties of focal conic textures in smectics* (avec R. BIDAUX, N. BOCCARA, G. SARMA, L. DE SÈZE, O. PARODI) [à paraître au *Journal de Physique*].

— *Long range distortions in an anisotropic superfluid* (*Physics Letters*, à paraître).

H. HERVET, J.-P. HURAUULT et F. RONDELEZ, *Static one dimensional distortions in cholesteric liquid crystals* (soumis à *Physical Review*).

H. HERVET et R. OBER, *Anharmonic thermal X-ray scattering from potassium chloride, aluminium and silver* (à paraître dans *The Journal of Physics C*).

J.-P. COTTON, B. FARNOUX, G. JANNINK, R. OBER, *Screening length in semi dilute polymer solutions* (à paraître dans *The Journal of Physics A*).

H. BENOIT, J.-P. COTTON, D. DECKER, B. FARNOUX, J.-S. HIGGINS, G. JANNINK, R. OBER, C. PICOT, *Dimension of a flexible polymer chain in the bulk and in solution* (soumis à *Nature*).

J.-P. COTTON, B. FARNOUX, J.-S. HIGGINS, G. JANNINCK, R. OBER, *Calculation of neutron diffraction patterns by polymer chains in bulk* (soumis à *Macromolécules*).

C. TAUPIN, M. DVOLAÏTSKY et F. POLDY (à paraître).

(1) Laboratoire de Chimie organique des hormones du Collège de France.

(2) Laboratoire de Physique des solides, Université de Paris-Sud, Orsay.

R. VILANOVE (avec E. GUYON et P. PIERANSKI), *Mesures de conductivité thermique et d'angles d'ancrage dans M.B.B.A.* (à paraître au *Journal de Physique*).

MISSIONS ET CONFÉRENCES

W. URBACH et J. BILLARD, « Polymorphism of smectic liquid crystals » (Fourth international liquid crystal Conference Kent, Ohio, U.S.A., 21-25 août 1972).

M. DVOLAÏTSKY¹, J. GABARD¹, M. LECLERCQ¹, J. MALTHÈTE¹, J. BILLARD, V. PARTIKIS² et J. JACQUES¹, « Mesomorphic tolans » (Fourth international liquid crystal Conference Kent, Ohio, U.S.A., 21-25 août 1972).

J. BILLARD, « Mesogenic tolans » (State University of New York at Binghamton, U.S.A., 31 août 1972).

— « Les phases mésomorphes de la matière et leurs propriétés optiques » (Groupe sud-ouest de la Société de Chimie physique à Bordeaux, le 20 novembre 1972).

— « L'observation des phases mésomorphes de la matière au microscope polarisant » (Laboratoire d'Electronique et de Physique appliquées, à Limeil-Brévannes, le 18 décembre 1972).

P.-G. DE GENNES, Cours « Transitions de phase » (à l'Institut Polytechnique National de Mexico, juin 1972).

— « Effet Josephson et ses analogues dans diverses branches de la physique » (Centre de l'énergie atomique, Mexico, juin 1972).

— « Critical exponents » (Université de Californie, Los Angeles, U.S.A., juillet 1972).

— Quatre séminaires sur la physique des cristaux liquides (General Electric Research Center, Schenectady, N. Y., U.S.A., juillet 1972).

— « Smectic polymorphism » (IV^e Congrès international « Cristaux liquides », à Kent, Ohio, U.S.A., août 1972).

— « Propagation et atténuation du son dans les phases mésomorphes » (Colloque Langevin sur les ultrasons, Paris, septembre 1972).

(1) Laboratoire de Chimie organique des hormones du Collège de France.

(2) Laboratoire de Physique des solides, Université de Paris-Sud, Orsay.

— « La théorie des phénomènes critiques » (Universités de Lille, Bordeaux, Marseille-Saint-Jérôme, hiver 1972).

— « Transitions de phases » (Universités de Belgrade, Zagreb, Ljubliana, mai 1973).

— « Résultats récents sur les conformations des lipides » (Université de Belgrade, mai 1973).

— « Les cristaux liquides : principe et applications » (Société philomathique de France, mai 1973).

— « Effets nouveaux en physique des phases mésomorphes » (Académie des Sciences, Paris, mai 1973).

C. TAUPIN, « Fusion de vésicules phospholipidiques » (Collège de France, 17 novembre 1972).

— « Fusion entre vésicules phospholipidiques » (Colloque de Biophysique du Congrès du Centenaire de la Société française de Physique, à Vittel, 28 mai 1973).

— « Fusion entre vésicules phospholipidiques » (Cercle d'Etudes de Membranes biologiques, le 26 janvier 1973 à l'E.N.S.).

M. VEYSSIÉ, « Static and dynamic properties of thermotropic mesophases (nematic, — nematic and smectic —) ; study by inelastic light scattering » (Institut suédois pour la Chimie des Surfaces, Stockholm, 7 juin 1973).