

Physique

La juste argile

Sous la direction de M. Daoud et C. Williams. Éditions de Physique, 1995.

La juste argile? Ce livre au titre un peu étrange est une collection d'articles qui décrivent les principaux aspects de ce qu'il est convenu de nommer la «matière molle». Dans la préface, Pierre-Gilles de Gennes définit cette matière molle comme un état de la matière sur lequel une petite perturbation extérieure produit une réponse très forte. Une telle définition s'applique à des matériaux variés : polymères, tensioactifs (détergents), cristaux liquides, colloïdes, films de mouillage... Tous ces matériaux se rencontrant fréquemment dans la vie quotidienne, un des attraits de l'étude de la matière molle est la relation directe avec le monde industriel.

Le livre traite des divers aspects de la matière molle : physique, chimique et, dans certains cas, applications industrielles avec des exemples concrets, comme dans les chapitres sur les colloïdes ou sur les matériaux polymères. Son but n'est pas la présentation académique et complète du sujet, ni l'exposition des théories les plus récentes et les plus complexes, mais l'illustration, par des exemples simples, des principaux concepts et de l'originalité des propriétés rencontrées. Dans tous les chapitres, les auteurs se sont efforcés d'utiliser un langage simple, qui rend la lecture accessible à un vaste public. Ce parti pris n'interdit pas de discuter des idées et des modèles récents et, parfois, subtils. En ce sens, la présentation des polymères en solution par T. Witten, qui introduit la renormalisation sans le dire et sans formalisme mathématique plus compliqué que la règle de trois, est un petit bijou. Le niveau requis n'étant pas très élevé, le livre peut être conseillé comme une introduction à la matière molle à de nombreux étudiants, physiciens ou chimistes. Un dernier fil conducteur de ce livre est constitué par les travaux de P.-G. de Gennes, qui ont marqué profondément tous les sujets abordés et qui sont abondamment cités.

Le premier chapitre, par Françoise Brochard-Wyart, est consacré aux phénomènes de capillarité et de mouillage. Après une introduction aux principaux concepts classiques, la présentation est

organisée autour de six expériences (dont l'une aurait été faite par Jean-Marc di Meglio «pour faire plaisir à de Gennes») que le lecteur est censé pouvoir reproduire aisément. Je crains cependant que cette reproduction ne soit parfois difficile. Le texte est agrémenté par de nombreux schémas et photographies, souvent spectaculaires. Il montre bien que ce domaine, trop longtemps considéré comme classique, réserve encore bien des surprises ; certains résultats récents, tel le mouvement des gouttes sous l'effet de gradients de tension de surface, choquent l'intuition.

Ces dernières années, les notions de fractale et de dimension fractale sont apparues comme des concepts unificateurs dans le domaine de la matière molle et des fluides complexes. Une présentation très claire en est faite dans le deuxième chapitre par M. Daoud et H. van Damme. La description part d'exemples montrant, dans certains matériaux, des corrélations anormales de densité décroissant comme des lois de puissance. Les notions d'autosimilarité, d'autoaffinité et même de multifractalité sont ensuite introduites sur le plan général, avant quelques exemples concrets (polymères et membranes, gélification et percolation, modèles de croissance et d'agrégation). Le dernier paragraphe est consacré aux problèmes subtils de la diffusion sur une fractale et des modes élastiques des objets fractals.

Le troisième chapitre donne une introduction simple à l'«univers des colloïdes». Les diverses forces en jeu dans les suspensions colloïdales et la théorie classique DLVO sont exposées et illustrées par des exemples précis. Après la description de la cinétique d'agrégation et de la structure des agrégats colloïdaux (qui peut être fractale), les deux dernières parties sont consacrées au traitement de surface des particules colloïdales avec des polymères et des tensioactifs (qui jouent souvent un rôle prépondérant) et au mode de préparation des suspensions colloïdales.

Les deux chapitres suivants sont consacrés aux tensioactifs. C. Taupin donne une brève introduction aux propriétés tensioactives des molécules amphiphiles et aux structures qu'elles forment en solution (micelles, émulsions, microémulsions...). G. Porte aborde plus spécifiquement deux aspects : les micelles géantes (qui peuvent, pour certaines propriétés, être considérées comme des polymères semi-rigides, bien que ces objets à l'équilibre se font et se défont en permanence) et les membranes fluides. La notion d'énergie de courbure et le rôle des fluctuations d'ondulation

des membranes, développés notamment par W. Helfrich, sont clairement exposés et confrontés aux résultats expérimentaux. Ce chapitre se termine par une discussion de la phase L_3 , qui est une phase bicontinue où une membrane sépare deux régions de solvant qui sont continues et interpénétrées, mais qui ne sont pas interconnectées.

Trois chapitres sont ensuite consacrés aux polymères. La chimie des polymères, abordée par F. Candau, décrit la synthèse de polymères dans des structures auto-assemblées, en microémulsion ou avec des tensioactifs polymérisables. La synthèse en microémulsion permet de former des polymères de très haute masse moléculaire et, notamment, des polymères hydrosolubles, à partir de microémulsions inverses. Le mécanisme est très différent de celui de la polymérisation en émulsion, et l'on peut arriver à synthétiser une chaîne polymère par gouttelette de microémulsion. Une autre idée est de figer les structures formées par les tensioactifs. Cela s'obtient de deux façons : soit en introduisant le monomère dans la structure (par exemple, pour des phases lamellaires ou pour des phases cubiques), soit en utilisant des tensioactifs polymérisables (formant des vésicules ou des micelles). On fige ainsi des structures qui peuvent avoir des applications importantes, par exemple en pharmacologie.

Les propriétés des polymères en tant que matériaux sont décrites par Lucien Monnerie. Le chapitre couvre la structure des polymères semi-cristallins, la transition vitreuse, la viscoélasticité des polymères à l'état fondu et des élastomères, puis la mécanique des polymères solides. Il se conclut par une présentation de la mise en œuvre des matériaux plastiques.

T. Witten décrit (en français!) les propriétés des polymères en solution à partir des propriétés plus générales de structures fractales. Cela permet d'étudier non seulement la structure et la conformation de polymères en solution, mais encore leurs propriétés dynamiques (écoulement, diffusion), par analogie avec l'adsorption de marcheurs aléatoires par un objet fractal. Le modèle de reptation qui décrit le mouvement de polymères en solution concentrée est aussi brièvement décrit.

Enfin le dernier chapitre, dû à J. Prost et C. Williams, porte sur les propriétés physiques des cristaux liquides. L'accent est mis sur l'élasticité et sur les défauts des diverses phases cristal liquide : nématiques, smectiques (lamellaires), phases chirales et colonnaires. On y voit des photographies superbes de la texture de ces phases observées sous microscope. Les applications à l'affichage sont mention-