

# La physique de la matière condensée à Trieste

---

par John M. Ziman, F.R.S.

Etant donné que l'effort de recherche en physique moderne s'applique pour près de 40% à la physique des solides et des liquides, il était naturel d'accorder, dès l'origine, à ce sujet d'étude une place prépondérante dans le programme du Centre international de physique théorique de Trieste. Ce centre organise depuis bientôt dix ans des cours de perfectionnement ("cours d'hiver") et des sessions de travaux destinés à des ressortissants de pays en voie de développement et de grandes nations industrialisées.

Du point de vue scientifique, l'appellation "Physique de l'état solide" est un peu trop restrictive pour désigner cette activité, car l'affinité entre l'état liquide et l'état solide en tant que phases de "la matière condensée" présente elle-même une grande importance du point de vue théorique. Il faut aussi reconnaître que cette discipline telle qu'elle est pratiquée dans beaucoup de départements de physique de l'enseignement supérieur, se distingue parfois difficilement des travaux réalisés dans d'autres domaines: métallurgie, science des matériaux, cristallographie, chimiephysique ou physico-chimie. L'une des principales caractéristiques du programme du CIPT sur la physique de la matière condensée est l'absence de délimitations rigides qui restreignent le sujet; nous partons du principe que la nature connaît mieux que les administrateurs d'établissements universitaires les limites intellectuelles naturelles de la recherche et de l'enseignement.

Dans le même ordre d'idées, nous avons considéré qu'il ne faut pas tracer de frontières rigides et hâtives entre l'analyse formelle de la théorie mathématique et les techniques d'observation et d'expérimentation. Dans l'ensemble, la physique de la matière condensée n'est pas une "science noble" exigeant de gros investissements, bien que l'appareillage de base nécessaire aux recherches sur la microscopie, la spectrométrie, etc. au moyen d'électrons ne soit pas toujours bon marché. Il n'en subsiste pas moins de nombreuses branches dans lesquelles des appareils tout à fait simples et peu élaborés permettent d'obtenir des résultats scientifiques valables, ce qui fait du domaine considéré un sujet d'étude important pour les universités et les instituts de recherche des pays en voie de développement.

Mais le sujet a été également approfondi du point de vue théorique comme en témoigne une documentation abondante et très spécialisée qui s'appuie parfois sur des concepts mathématiques de pointe. C'est pourquoi, il est extrêmement important pour le spécialiste de physique expérimentale qui entreprend des recherches dans ce domaine d'être très au courant des théories les plus récentes et de leur interprétation. Les phénomènes physiques et chimiques qui se produisent dans un minuscule et simple échantillon de matière condensée à l'état cristallin, vitreux ou liquide, sont si divers que leur observation ne peut présenter de valeur pour la science si elle n'est pas guidée par des connaissances théoriques et quantitatives solides.

L'essentiel du programme des cours d'hiver a donc consisté à dispenser ces connaissances de base qui couvrent un domaine assez vaste, non seulement à des théoriciens de la physique, mais aussi à des expérimentateurs s'intéressant aux mêmes disciplines. Il serait évidemment

préférable que le Centre disposât également d'installations pour expériences à grande échelle qui serviraient à la formation et aux démonstrations dans les diverses techniques de la physique de l'état solide, mais il n'en est pas question dans les circonstances actuelles.

Les programmes des sessions de travaux ont un but quelque peu différent, puisqu'il donne la possibilité à des théoriciens de la physique de l'état solide originaires de pays en voie de développement de poursuivre des travaux de recherche d'un haut niveau en collaboration étroite avec des hommes de science chevronnés qui viennent à Trieste pendant quelques mois chaque année. Il faut admettre qu'au début nous avons trouvé dans les pays en voie de développement peu de théoriciens de l'état solide qui soient suffisamment compétents pour participer à des travaux de recherche de cette classe et que nous avons été assez déçus du niveau qui a pu être atteint. Mais celui-ci s'est rapidement amélioré pendant les dernières années et les publications auxquelles ont donné lieu les recherches de Trieste ont une valeur indéniable parmi les documents scientifiques publiés dans le monde à ce sujet.

Pour ce qui est de la planification du programme, les membres du Comité consultatif sur la matière condensée ont eu l'occasion de se rendre dans de nombreux pays en voie de développement situés au quatre coins du monde et d'y rencontrer personnellement les principaux chercheurs dans ce domaine. Ils ont été particulièrement satisfaits de constater qu'un certain nombre de chercheurs isolés et de groupes de recherche en étaient au stade de l'efficacité, étaient capables de fonctionner de façon autonome et que leur valeur était généralement très appréciée.

Une autre caractéristique importante de la physique de la matière condensée est qu'elle couvre un domaine très vaste allant des sujets les plus théoriques et les plus fondamentaux, comme la superfluidité des divers isotopes de l'hélium liquide, à des problèmes essentiellement pratiques comme les propriétés mécaniques des matières utilisées dans les sciences appliquées. Pour juger de l'importance de cette branche de la physique dans la technologie moderne, il nous suffit de citer le transistor et toute l'industrie de l'électronique de l'état solide qui en découle.

Mais la physique de la matière condensée a beaucoup d'autres applications dont l'importance ne fait que croître — comme les systèmes de communication à longue distance fondés sur la transmission optique par fibres de verre ou la production de matières magnétiques ou de structures entièrement nouvelles comme les métaux vitreux. Nous ne pensons certes pas qu'il appartienne au CIPT de dispenser une formation poussée dans les techniques appliquées, mais nous avons toujours considéré qu'il ne faut pas négliger ni minimiser l'importance des rapports qui existent entre la science pure et ses applications. C'est pourquoi, dans tous nos programmes, nous nous sommes efforcés non seulement d'offrir aux spécialistes de la recherche appliquée un solide enseignement théorique de base, mais aussi d'initier les scientifiques plus spécialisés dans la recherche pure aux passionnantes applications.

Nous pensons que cette largeur de vues est extrêmement importante pour les scientifiques des pays en voie de développement qui, dans certains cas, représentent les seules autorités intellectuelles et les seuls détenteurs de connaissances techniques dans un secteur étendu de la science et de la technologie modernes et parfois sans doute sentent peser sur eux la responsabilité du développement industriel et économique de leur pays auquel peuvent contribuer leurs travaux. Et, puisque j'écris pour le "Bulletin" de l'Agence internationale de l'énergie atomique, il est à peine nécessaire de souligner qu'une grande partie des travaux de recherche liés à l'énergie d'origine nucléaire porte en fait sur les propriétés des matériaux soumis aux conditions inhabituelles et extrêmes qui prévalent à l'intérieur des réacteurs de puissance — problème typique qui s'insère très bien dans le cadre théorético-expérimental de notre sujet.

Etant donné le vaste domaine de la science de la matière condensée, nous n'avons pas tenté de nous accrocher à un programme continu englobant chaque année tous les aspects du sujet.

C'est pourquoi les cours d'hiver biennaux ont porté sur des domaines bien spécialisés — diffraction des neutrons, propriétés des solides cristallins imparfaits, physique et chimie des surfaces, interactions des rayonnements électro-magnétiques avec la matière, etc. Au moment d'inscrire les sujets au programme, nous nous sommes à chaque fois efforcés d'anticiper et de choisir des sujets susceptibles de présenter une importance technologique ou fondamentale pendant les années qui allaient suivre. Le cours sur la science des surfaces, par exemple, a réuni au CIPT, pratiquement pour la première fois dans le monde, des experts de premier plan familiarisés avec les aspects les plus variés des propriétés des surfaces et spécialisés dans des domaines aussi divers que la diffraction des électrons à faible énergie, les ondes de surface, les processus électro-chimiques et même les propriétés des surfaces biologiques.

Les conférences qui ont été prononcées pendant ce cours d'hiver ont été publiées par l'AIEA sous forme de deux ouvrages qui constituent une initiation unique à une science et à une technologie dont les incidences mettent en jeu des milliards de dollars dans des domaines tels que la corrosion chimique, le craquage catalytique du pétrole, l'électricité statique, les systèmes de communication électroniques, la production d'énergie solaire, sans parler de la grande actualité de ce sujet en tant que branche en pleine croissance de la physique et de la chimie fondamentales, etc.

Cet aperçu du programme du CIPT sur la science de la matière condensée permet de voir que nous nous sommes éloignés d'une conception étroite de la physique théorique et que nous n'envisageons pas le rôle du Centre uniquement comme celui d'une institution hautement didactique dont il ne faut pas attendre de bienfaits pour l'humanité avant de très nombreuses années, alors que les nouveaux concepts théoriques fondamentaux auront imprégné progressivement la pratique et la technologie industrielles. Nous avons estimé tout au long des années que la recherche fondamentale ne peut vivre uniquement de ses objectifs internes, mais qu'elle doit pour son propre salut et pour valoriser ses fruits, s'intégrer dans le cadre général de la technologie avancée, de l'industrie et du développement économique. Nous tenons à insister sur le fait que nous n'adoptons pas cette position pour des raisons de convenance, mais parce que nous sommes convaincus que là est la véritable dynamique du sujet, dont des racines profondes ont leur origine non seulement dans les grandes révolutions intellectuelles de la théorie quantique moderne née dans la première moitié du vingtième siècle, mais aussi dans les découvertes faites au cours d'expériences réalisées sur des métaux et des semi-conducteurs, des verres et des liquides. Il est absolument indispensable, à notre avis, de transmettre à ceux qui suivent les cours d'hiver et à ceux qui participent avec tant d'enthousiasme aux sessions de travaux du Centre ce riche mélange de faits et de théories, de science fondamentale et d'applications utiles, ce qui constitue la véritable essence du sujet. Nous pensons que ceci est particulièrement important puisque la physique de l'état solide et les disciplines associées prennent progressivement leur place au sein des institutions des pays en voie de développement et maintiennent la tradition dont les diverses disciplines sont issues.

Comme je l'ai déjà fait remarquer, l'une des caractéristiques du programme sur la matière condensée du CIPT est d'être étroitement relié par relations personnelles à des programmes similaires dans diverses régions du monde. Nous avons, par exemple, par l'intermédiaire des conférenciers que nous avons invités, travaillé en liaison étroite avec plusieurs réunions du Colloque latino-américain sur la physique de l'état solide et avec d'autres colloques spécialisés qui ont eu lieu en Inde et au Pakistan. Grâce à ce contact personnel avec des hommes de science, aussi bien à Trieste que dans leur propre pays, nous avons créé une

sorte de communauté internationale de physiciens de l'état solide s'étendant à des pays qui sont, d'une certaine manière, isolés des grands courants scientifiques des pays avancés. Nous considérons que la création de ce réseau humain est tout aussi importante que le contenu scientifique proprement dit du programme de conférences et de recherches dont nous assumons la responsabilité.

J'ai, dans les considérations qui précèdent, utilisé le pluriel parce que je m'exprimais au nom du Comité consultatif de l'état solide dont les membres sont les suivants:

Professeur G.F. Chiarotti,  
Rome

Professeur N. March,  
Imperial College, Londres

Professeur F. Gautier,  
Strasbourg (France)

Professeur S. Lundqvist,  
Göteborg (Suède)

Professeur F. Garcia-Moliner,  
Madrid

Professeur Dr. H.G. Reik,  
Fribourg (R.F.A.)

Professeur L. Falicoff,  
Berkeley (Californie, Etats-Unis)

Professeur J. Ziman  
Bristol (Royaume-Uni)

En qualité de Président de ce comité, je tiens à préciser que notre groupe n'a nullement la prétention d'être représentatif de toutes les branches du domaine considéré ni de toutes les nations du monde. Il s'agit d'un comité de travail dont les membres ont été choisis pour la simple raison qu'ils étaient disposés à consacrer personnellement beaucoup de temps et d'énergie du CIPT pendant un certain nombre d'années. Nous ne nous flattons pas d'avoir toutes les compétences voulues pour établir des programmes portant sur un si vaste domaine de la physique, mais nous sommes évidemment en mesure d'engager des experts de premier ordre dans chaque matière et, en fait, nous avons rencontré, chez tous ceux à qui nous avons fait appel, beaucoup de bonne volonté et de compétence.

Le Comité se charge depuis des années d'établir le programme détaillé des conférences et de la recherche à Trieste et d'en assurer sur place l'organisation administrative au moment des réunions. Aidés par notre longue expérience et par notre participation au travail du Centre depuis bientôt une décennie, nous avons réussi à maintenir au cours des années l'harmonie et la cohérence d'un programme qui se développe progressivement et se modifie selon les besoins et l'état d'évolution de la physique de la matière condensée dans les divers pays du monde. Nous espérons qu'on nous donnera les ressources nécessaires pour poursuivre et intensifier ce programme pendant de nombreuses années à venir.

## **COURS D'HIVER**

3 octobre – 16 décembre 1967

Cours international sur la théorie de la matière condensée

12 janvier – 10 avril 1970

Cours d'hiver sur la théorie des solides cristallins imparfaits

10 janvier – 15 avril 1972

Cours d'hiver sur les électrons dans les solides cristallins

16 janvier – 10 avril 1974

Cours d'hiver sur la science des surfaces

14 janvier – 26 mars 1976

Cours d'hiver sur l'interaction des rayonnements avec la matière condensée.