

# **PHYSIQUE DE LA MATIERE CONDENSEE**

## **"Analyse de la conjoncture et orientations stratégiques du CNRS"**

**Contribution conjointe des  
Sections 05 et 06 du Comité National**

**Matière Condensée : Organisation et Dynamique**

**Matière Condensée : Structures et Propriétés Electroniques**

*Octobre 2001*

## **P L A N**

### **1 - RECHERCHE FONDAMENTALE EN PHYSIQUE DE LA MATIERE CONDENSEE**

#### **1.1 - Les grands thèmes de recherche**

1.1.1 - Nanophysique

1.1.2 - Physique de l'irrégularité

1.1.3 - Nouveaux états de la matière et nouveaux composés

1.1.4 - Dynamique en temps réel

#### **1.2 - Les moyens de la recherche**

1.2.1 - Techniques expérimentales et instrumentation

1.2.2 – Théorie et méthodes numériques

### **2 - INTERDISCIPLINARITE ET OUTILS DE L'INTERDISCIPLINARITE**

#### **2.1 - Physique de la matière condensée et autres disciplines**

2.1.1 - Interface physique-chimie

2.1.2 - Interface physique-biologie

2.1.3 - Interface physique-sciences de l'univers

2.1.4 - Interface physique-mécanique et sciences pour l'ingénieur

2.1.5 - Interface physique-informatique

2.1.6 - Interface physique-sciences de l'homme et de la société

#### **2.2 - Faciliter l'interdisciplinarité au CNRS**

### **3 - PARTENARIATS**

3.1 - Relations CNRS / Universités

3.2 - Relations CNRS / autres organismes

3.3 - Relations CNRS / Régions et Collectivités Territoriales

3.4 - Relations CNRS / Industrie et Monde Socio-Economique

### **4 - VALORISATION DE LA RECHERCHE**

### **5 - ESPACE EUROPEEN DE LA RECHERCHE ET DIMENSION INTERNATIONALE**

La physique de la matière condensée est aujourd'hui caractérisée par la grande variété des états et des formes auxquels elle s'intéresse (cristaux, verres, assemblées moléculaires ; matériaux massifs, nano-structures, granulaires, poreux ...) et par la multiplicité des échelles de longueur qu'elle doit prendre en compte pour résoudre la question fondamentale du lien structure-propriétés, question clé pour concevoir et fabriquer de nouveaux matériaux et de nouveaux dispositifs. La variété des échelles à considérer s'est encore accrue ces dernières années avec l'explosion des études sur les objets nanométriques et leur assemblage. Ce document ne prétend pas dresser un état des lieux exhaustif, mais s'efforce de dégager les principales lignes de force de ce champ disciplinaire très vaste et en rapide évolution. C'est l'objet de la première section qui doit être considérée comme une esquisse –incomplète et sans doute mal équilibrée- du rapport de conjoncture que nos sections auront à faire l'année prochaine.

La physique de la matière condensée est en interaction constante et profonde avec de nombreuses autres disciplines scientifiques : Chimie, Mécanique, Sciences de la Terre et de l'Univers, Sciences du Vivant, Sciences de l'Information, au point que les frontières sont souvent très mal définies. La deuxième section essaie de faire ressortir les principaux enjeux, les défis à relever aux interfaces entre la physique de la matière condensée et les autres disciplines, au plan scientifique d'abord mais aussi au plan des méthodes et des procédures à mettre en oeuvre au CNRS pour faciliter ce travail pluridisciplinaire.

Les questions de méthode sont également abordées dans les trois sections suivantes :

- partenariats avec les universités, les autres organismes de recherche, les collectivités territoriales, les entreprises et le monde socio-économique
- valorisation de la recherche
- espace européen et dimension internationale de la recherche.

Sur ces derniers points, nous posons des questions sans vraiment apporter de réponses, nos débats ayant montré –peut-être faute de temps- que si un accord est facilement trouvé quant au diagnostic c'est à dire l'identification des faiblesses et des inconvénients de l'organisation actuelle, il est difficile de réunir un consensus sur les mesures à prendre pour y remédier.

## **1 - RECHERCHE FONDAMENTALE EN PHYSIQUE DE LA MATIERE CONDENSEE**

Par souci de commodité, nous distinguons ici objets et moyens d'études. C'est assez arbitraire tant les progrès de la recherche sont liés aux développements des moyens d'investigations (instrumentation proprement dite et méthodes numériques).

### ***1.1 - Les grands thèmes de recherche***

Pour ordonner les grands chantiers de la physique de la matière condensée, nous les avons classés en quatre rubriques :

- Nanophysique
- Physique de l'irrégularité
- Nouveaux états de la matière et nouveaux composés
- Dynamique en temps réel.

Ce choix appelle quelques commentaires :

1) Les quatre ensembles sont également importants et l'ordre choisi n'implique à nos yeux aucune hiérarchie ni ordre de priorité. Ainsi, quelle que soit aujourd'hui l'importance de la physique faite sur des objets nanométriques, il est clair que les propriétés manifestées à l'état massif restent essentielles dans de nombreux domaines : matériaux à usage structural, aimants ... et que l'optimisation de ces propriétés nécessite un effort de recherche soutenu.

2) Les propriétés de la matière condensée résultent de la nature des atomes constituants et de leur arrangement local, mais aussi plus généralement de ce qu'on peut appeler, avec les métallurgistes, la "microstructure" qui tient compte de la morphologie et de la dimension des entités caractéristiques du solide ou du liquide considéré. Une description complète de la "microstructure" ainsi définie ferait intervenir toute la gamme d'échelles de longueur entre l'atome et l'objet étudié. Il est heureusement possible de se limiter à un petit nombre d'échelles pertinentes selon l'organisation du système étudié et les propriétés recherchées. La prise en compte des échelles de longueur caractéristiques fournit un premier critère de classement et justifie les deux premières rubriques.

3) Il nous a paru judicieux de faire une place à part à ce que nous appelons états inhabituels de la matière, états qui peuvent être induits par des conditions extrêmes encore irréalisables il y a quelques années, très hautes pressions ou très basses températures, ou bien par des modes d'élaboration originaux.

4) Enfin, autant que les échelles de longueur, les échelles de temps sont importantes pour bien comprendre les phénomènes. Le dernier paragraphe souligne l'intérêt qu'il y a à observer, in-situ et en temps réel, l'évolution des matériaux sous sollicitation.

### *1.1.1 - Nanophysique*

L'évolution vers l'étude des systèmes de très faibles dimensions -couches minces, multicouches, lignes, plots- est spectaculaire et sera durable. Elle n'est pas d'abord -ou n'est plus- dictée par un souci de miniaturisation pour accroître la capacité et l'efficacité des composants, mais par l'apparition à ces échelles de longueur de nouveaux effets physiques, soit parce que la cohérence quantique est préservée, soit plus simplement en raison d'effets d'interface (contrainte d'épitaxie) ou de couplage entre matériaux séparés par des barrières très minces.

En rigueur le terme nanophysique ne veut pas dire grand chose. Les spécialistes du domaine préfèrent parler de physique mésoscopique, mais ce dernier terme lui aussi prête à confusion pour d'autres communautés. Il se trouve que les systèmes où les effets de cohérence quantique se manifestent sont généralement de dimensions nanométriques. Le terme de nanomatériaux recouvre quant à lui un domaine plus vaste.

L'élaboration de nouveaux matériaux au moyen de techniques d'épitaxie (par jets moléculaires, pulvérisation cathodique ...) a beaucoup progressé grâce à de grands efforts consentis pour maîtriser l'hétéroépitaxie. L'épitaxie, combinée aux techniques de lithographie poussées à leurs limites, est la principale voie d'élaboration de structures nanométriques. Se développent aujourd'hui des techniques alternatives d'élaboration comme la chimie douce, l'auto-organisation de particules d'îlots ou de lignes, l'irradiation par faisceaux d'ions.

L'étude des propriétés électroniques de ces nouveaux matériaux se développe en particulier pour des applications dans des domaines comme l'enregistrement magnétique, l'électronique et l'information quantique, qui font partie de la recherche amont des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication.

Cette évolution qui s'accélère depuis deux ou trois ans vers la physique des structures nanométriques conduit à la disparition des frontières qui existaient naguère entre magnétisme, physique des semiconducteurs et supraconductivité. En effet, la physique aux interfaces, par exemple métal-supraconducteur ou supraconducteur-ferromagnétique, est essentielle pour la compréhension d'ensemble des propriétés des systèmes hybrides que sont les jonctions tunnel magnétiques, les transistors à effet Josephson etc ... Comme nous l'avons dit plus haut, à ces échelles nanométriques, les comportements physiques sont différents. Le transport ou l'aimantation font intervenir les lois de la mécanique quantique : transport balistique, cohérence de phase, effet tunnel macroscopique de spins ...

Le développement des nanostructures a aussi induit un profond changement de philosophie sur la façon de considérer les surfaces. Celles-ci ont longtemps été un objet d'étude en soi à cause des propriétés spécifiques qu'induit la rupture de périodicité par rapport aux matériaux volumiques : réarrangements atomiques (relaxations, reconstructions) ou chimiques (ségrégation superficielle), transitions de phase (préfusion...). Les surfaces sont à présent surtout considérées en tant que supports potentiels, lieux de toutes les interactions avec un milieu extérieur, et même comme des "substrats fonctionnalisés" permettant d'auto-organiser de façon naturelle (par le biais des reconstructions spontanées) ou artificielle (par pré-adsorption) des nanostructures en vue d'obtenir des propriétés particulières. Le cas des reconstructions de surface est particulièrement illustratif de ce passage de l'étude d'un phénomène à son utilisation. A titre d'exemple, citons la reconstruction en chevrons des faces (111) de l'or qui permet d'utiliser cette surface comme gabarit (modulable par des marches) pour auto-organiser des agrégats magnétiques (Co...).

Un autre domaine prometteur est l'ingénierie des nano-hybrides organo-minéraux, fruit d'une collaboration entre physiciens et chimistes. Des nano-particules correctement fonctionnalisées sont ainsi capables de s'auto-organiser.

### *1.1.2 - Physique de l'irrégularité*

La description des systèmes et matériaux hétérogènes demeure un sujet très important, qu'il s'agisse des matériaux granulaires, poreux ou du rôle joué par les défauts et le désordre dans les systèmes élastiques en général, en relation avec les problèmes de vieillissement ou de la propagation des ondes dans les solides, par exemple.

Les matériaux hétérogènes posent la question de l'influence d'une structuration statistique sur le comportement macroscopique. La maîtrise des propriétés sensibles à la présence de défauts nécessite la prise en compte à l'échelle pertinente d'effets collectifs entre défauts de même nature, ou entre populations de défauts de natures et de dimensionnalités différentes.

Dans les granulaires, les effets de polydispersité, de forme des particules, de leur déformabilité, du caractère cohésif des contacts restent largement à étudier.

Les pâtes, les suspensions (à nombre de Reynolds élevé, notamment) posent de nombreux problèmes de rhéologie et de diffusion, avec des enjeux industriels importants comme les réacteurs chimiques à lits fluidisés, par exemple. Ces travaux qui devraient bénéficier de nouvelles techniques d'investigation, comme le suivi d'une particule déterminée, mériteraient d'être développés davantage.

La recherche de matériaux poreux susceptibles de stocker de façon réversible d'autres espèces ou de conditionner d'autres matériaux de dimension nanométrique, doit se poursuivre. Mentionnons l'obtention, par irradiation de polymères, de pores monodisperses. De tels systèmes ouvrent des possibilités d'études originales de liquides moléculaires confinés.

A noter dans les systèmes élastiques en général, matériaux vitreux ou cristallins, supraconducteurs de type II ... un engagement affirmé de la communauté des physiciens dans une approche interdisciplinaire, confrontant les savoirs des théoriciens du solide, des métallurgistes et des hydro-mécaniciens... On peut en espérer une meilleure maîtrise des phénomènes de vieillissement, de frottement, d'usure ; des phénomènes d'ancrage ou piégeage par des défauts ou des singularités. Certains problèmes anciens ne sont pas résolus. Par exemple, l'introduction de dislocations dans les hétérostructures épitaxiées reste un verrou technologique sérieux. Une compréhension profonde des conditions de nucléation et de propagation de ces défauts dans des géométries de taille réduite n'a pas encore été obtenue, malgré un fort regain d'activité sur ce sujet.

### *1.1.3 - Nouveaux états de la matière et nouveaux composés*

La synthèse de nouveaux composés, l'emploi de nouvelles conditions d'élaboration ou encore l'application à des matériaux bien connus de conditions de pression et/ou de température très inhabituelles conduisent régulièrement à de nouveaux matériaux présentant des propriétés originales, parfois inattendues, qu'il s'agit de comprendre et d'optimiser afin de permettre leur mise en application.

Sont ainsi apparus il y a une quinzaine d'années, les quasicristaux et les oxydes supraconducteurs à haute température critique, aujourd'hui familiers même des non-spécialistes et qui ont profondément renouvelé notre compréhension de la structure des solides pour les premiers, de l'origine de la supraconductivité pour les seconds.

L'étude des systèmes électroniques fortement corrélés est très active et le domaine s'ouvre largement à la mésophysique, les interactions coulombiennes jouant un rôle prédominant à très basse température en limitant la cohérence de phase.

Font aujourd'hui l'objet d'une activité intense : les manganites, de nouveaux supras comme  $MgB_2$ , les semiconducteurs ferromagnétiques à l'ambiante, les nanotubes de carbone et d'autres matériaux cages comme les clathrates. Tous ces matériaux sont à l'origine de nouveaux effets, susceptibles d'applications pourvu que l'on arrive à en maîtriser l'élaboration et le conditionnement en quantité suffisante et à des coûts acceptables ... D'où l'intérêt, par exemple, de nombreux travaux en cours pour fabriquer des nanotubes de carbone, calibrés, orientés, organisés en tapis etc... Les récentes expériences de Batlogg sur les cristaux organiques sous effet de champ ouvrent un nouveau chapitre de la physique des solides et un effort important doit être consacré à la synthèse de ces composés.

L'étude des matériaux sous très hautes pressions mérite une mention particulière. L'application de très hautes pressions modifie radicalement la structure atomique et électronique des solides et les TGE autorisent toute une gamme d'études par les neutrons, les rayons X, qui renseignent sur les transitions de phase, les effets de charge, les états de spin... Ce domaine des hautes pressions est fondamental pour la physique du Globe (voir §2.1.3) et la France compte des équipes du meilleur niveau.

L'étude des matériaux aux températures extrêmes (très hautes sous fortes pressions mais aussi très basses) est également impérative.

### *1.1.4 - Dynamiques en temps réel*

Autre domaine important, en progression rapide : la détermination des cinétiques des phénomènes, étudiées in situ sous l'action de la température, d'une contrainte ou de la pression, d'un champ externe, d'une irradiation...

Les échelles de temps à considérer sont extrêmement variables de  $10^{-12}$  à quelques  $10^4$  secondes. Les expériences sont également très variées. Elles vont de l'observation in situ, par microscopie électronique en transmission, du mouvement de défauts, lignes de dislocations essentiellement, sur des plages de quelques secondes à quelques minutes, à la détermination de la structure électronique d'états excités de très faible durée de vie grâce aux installations de rayonnement synchrotron de dernière génération. Autre exemple, il est aujourd'hui envisageable d'étudier, par cristallographie résolue en temps ultra-rapide (sous la picoseconde !), des transitions de phase photoinduites par un flash laser, grâce à de nouvelles sources d'impulsions X ultra brèves.

L'obtention de cinétiques ultra-rapides est importante dans les composants (commutation) et justifie, par exemple, l'étude du retournement d'aimantation induit par faisceau laser ...

A l'autre extrême des échelles de temps, la diffusion inélastique et quasi-élastique de lumière, avec la spectroscopie Raman à basse fréquence, renouvelle l'étude du vieillissement des matériaux polymères ou vitreux en mettant en évidence des fluctuations de cohésion à l'échelle du nanomètre résultant d'une séquence de déplacements atomiques coopératifs ...

## ***1.2 - Les moyens de la recherche***

La recherche dans nos domaines est faite d'allers-retours permanents entre expériences, modélisation théorique et, de plus en plus, simulation numérique. Le dialogue entre expérimentateurs et théoriciens a été indéniablement facilité par l'intérêt porté à des systèmes de très petites tailles, susceptibles de modélisations plus directes, et par le développement des méthodes numériques.

### *1.2.1 - Techniques expérimentales et instrumentation*

En physique de la matière condensée, les expériences jouent un rôle essentiel. Si certaines sont encore légères et demandent plus d'imagination et d'habileté que de moyens, beaucoup d'autres sont devenues très lourdes et sophistiquées. Parmi celles-ci, beaucoup exigent une infrastructure de Très Grands Equipements (TGE). Dans tous les cas, des personnels ingénieurs et techniciens qualifiés sont indispensables pour les mener à bien. Le secteur de la physique est globalement sous-doté en personnel ITA, ce qui est ou sera rapidement dommageable à notre discipline, étant donnée l'importance primordiale des expériences et à la plupart des disciplines de sciences "dures", étant donné le rôle prépondérant joué par les physiciens en instrumentation scientifique. Un renforcement des effectifs d'Ingénieurs et Techniciens est donc nécessaire. Il faut bien évidemment profiter des départs pour réorienter l'activité sur les secteurs les plus innovants et n'embaucher que dans des corps de métiers correspondant aux vrais besoins.

Sans prétendre être exhaustif, on peut grouper les principaux instruments de la physique expérimentale de la matière condensée en quatre classes principales :

- les moyens d'élaboration
- les méthodes thermodynamiques
- les méthodes spectroscopiques, incluant la diffraction
- les microscopies

en incluant chaque fois tous les "périphériques", depuis l'environnement de l'échantillon (four, cryostat, ...) jusqu'au traitement des données.

Mention particulière doit être faite des Très Grands Equipements (TGE) : sources de rayonnement synchrotron (ESRF, LURE et bientôt SOLEIL) ; sources de neutrons (ILL, LLB et future source à spallation européenne) ; sources de faisceaux d'ions lourds (GANIL et CIRIL) ; champs magnétiques intenses statiques (Grenoble) ou pulsés (Toulouse).

Opposer les TGE aux autres laboratoires est à proprement parler un non-sens. Nous ne dirons jamais assez que les TGE sont indispensables à une très large part des recherches mentionnées dans ce document comme étant les plus nécessaires et les plus prometteuses et permettent à nombre d'équipes et de laboratoires relevant de nos sections d'être compétitifs au plan international.

Pour SOLEIL et l'utilisation du rayonnement synchrotron, au moment où les communautés scientifiques concernées s'activent pour la remise à jour de l'avant projet détaillé, la création d'une Unité de Recherche "adossée" à SOLEIL qui permette aux chercheurs qui y seront affectés d'être recrutés et évalués par le Comité National, suivant les procédures habituelles, afin de garantir leur insertion pleine et entière dans la communauté scientifique et de faciliter leur mobilité et les échanges avec les chercheurs des autres laboratoires, est essentielle.

La source de neutrons européenne en discussion, apportera un gain de flux permettant l'étude des molécules biologiques ainsi que des expériences de physique en conditions extrêmes, qui ne peuvent être conduites qu'avec des échantillons de très petite taille. Les caractéristiques de la source conditionnent largement le type d'études réalisables et une réflexion préalable très approfondie est indispensable, d'autant que ce type de source ne convient pas nécessairement à des expériences possibles auprès des réacteurs.

Dans ce domaine des TGE, il faut souligner l'apport des faisceaux d'ions lourds à la fabrication des matériaux nanostructurés et le caractère fortement pluridisciplinaire des recherches utilisant ce type de faisceaux.

La production de champs magnétiques intenses, utiles tant pour la physique de la matière condensée que pour d'autres disciplines, par exemple la biologie avec la RMN haut champ, nécessite également des installations lourdes qui doivent être maintenues et développées.

L'évaluation des chercheurs des TGE mérite une attention particulière de la part des sections concernées. Le rôle de "local contact" auquel ces chercheurs sont en général astreints est en effet très exigeant, que ce soit en phase de développement d'expériences nouvelles, périodes de vaches maigres pour la production scientifique ou en phase d'utilisation quasi-routinière d'un instrument éprouvé où la rotation rapide des équipes d'utilisateurs prend beaucoup de temps au chercheur-hôte, sans lui laisser le loisir d'approfondir les thématiques qui lui sont imposées. Ces spécificités doivent être reconnues. Il nous paraît aussi indispensable que les chercheurs des TGE puissent développer une recherche personnelle et y consacrer un temps suffisant. C'est la condition pour préserver et développer l'expertise scientifique nécessaire à la réussite des travaux qui leur sont confiés.

Pour revenir à l'ensemble des moyens de la recherche expérimentale dans nos domaines, un message général est que plusieurs types de moyens, plusieurs techniques, doivent le plus souvent être associés et utilisés conjointement pour donner des résultats probants. La fabrication de matériaux multicouches par épitaxie par jets moléculaires, par exemple, requiert que le banc d'élaboration proprement dit soit pourvu des techniques d'observation et de caractérisation structurale permettant le suivi de la croissance. Comme autre exemple, il est clair que les microscopies en champ proche ont révolutionné la science des surfaces et qu'il est à présent impensable de s'attaquer expérimentalement à un problème de surface sans utiliser un STM ou un AFM. Cependant, ces microscopies ne résolvent pas tout : la résolution chimique n'est pas encore au point et elles ne donnent aucune information sous la couche atomique de surface alors que la création d'une surface affecte une profondeur à déterminer (profils de relaxation, de concentration).



Il est également impossible d'étudier de la sorte des interfaces enterrées et des systèmes multicouches. Il est donc essentiel d'utiliser aussi d'autres techniques, par exemple la diffraction de rayons X en incidence rasante. Plus généralement pour avoir une approche multi-échelle du volume jusqu'au niveau atomique, il faut coupler des techniques de diffraction des neutrons, des rayons X et des électrons avec l'imagerie électronique.

L'obligation où l'on est d'élaborer des objets d'une grande complexité et de mobiliser pour les analyses des techniques multiples dont certaines très lourdes, l'obligation aussi de concevoir et de réaliser de nouveaux outils d'investigation adaptés à la dimension des objets à étudier, conduisent nécessairement à travailler en réseaux entre plusieurs laboratoires, incluant souvent des TGE... La constitution de centrales technologiques disposant des moyens d'élaboration de systèmes pour la nanophysique paraît incontournable. De telles centrales doivent être accessibles, gratuitement, à tous les laboratoires susceptibles d'apporter leur pierre à l'édifice. Cela suppose une organisation dont les formes restent à définir.

La création de ces centrales technologiques alimentant et d'une certaine manière infléchissant le travail des laboratoires, n'est pas exclusive du développement par les laboratoires de nouveaux instruments conçus spécifiquement pour des expériences moins lourdes. Les physiciens doivent être encouragés à maintenir leur capacité à réaliser des montages originaux et à ne pas s'en remettre entièrement à des appareils achetés "clé en main", d'autant que l'informatisation généralisée de ceux-ci en rend souvent le fonctionnement si opaque que cela peut poser des questions sur la signification des mesures faites !

Pour finir, on peut très succinctement souligner quelques évolutions en cours ou souhaitables à propos des grandes catégories d'instruments citées ci-dessus.

Pour les microscopies en champ proche, les développements actuels concernent surtout les observations sous différents environnements (sous contrainte, ...). En microscopie électronique, après les très beaux succès obtenus en microscopie à très haute résolution (imagerie de colonnes atomiques) et sauf dans le domaine de la nano-analyse par pertes d'énergie, la communauté française avait peut-être marqué le pas, et certains secteurs spécialisés ont été désertés, comme la microscopie de Lorentz. Un renouveau se fait jour, provoqué par l'intérêt porté aux nanostructures pour lesquelles le problème théorique de l'interaction entre le rayonnement et l'objet regardé n'est pas complètement résolu.

Autour des TGE, rappelons l'intérêt qu'ils présentent pour les études résolues en temps et les développements techniques encore nécessaires pour les détecteurs et le traitement de données. Les expériences de diffraction -classique ou résonante- bénéficient avec le rayonnement synchrotron de micro faisceaux de forte brillance, avec une sélectivité à la fois chimique et de site grâce à la possibilité de faire varier la longueur d'onde. La diffraction in situ, -sous pression, sous champ électrique, à température variable- est très importante pour corrélérer variations de structure et changements des propriétés physiques.

### *1.2.2 – Théorie et méthodes numériques*

Le rapport de conjoncture de 1996 signalait le retard de la France dans le domaine du calcul ab-initio. Bien que ces méthodes soient aujourd'hui largement employées dans nos laboratoires, ce retard n'est pas vraiment résorbé, les chercheurs français se comportant plus en utilisateurs de codes, ce qui est accessible à de petites équipes, qu'en concepteurs et développeurs de nouvelles méthodes, ce qui demanderait des équipes plus conséquentes, comme il en existe en Allemagne par exemple.

D'une façon générale, le problème de la modélisation en science des matériaux est celui de sa capacité à rendre compte des diverses échelles mises en jeu : spatiales (du nm au  $\mu\text{m}$ ) ou de temps (de la picoseconde à l'heure -ou plus). Ces différentes échelles interviennent simultanément par exemple du point de vue des diverses longueurs caractéristiques d'un phénomène d'auto-organisation, ou des divers temps caractéristiques de processus cinétiques de croissance et/ou de diffusion. La méthodologie moderne consiste à partir d'une description à l'échelle atomique des interactions (structure électronique), ce qui permet ensuite d'identifier (par dynamique moléculaire, par exemple) les mécanismes élémentaires mis en jeu à des échelles qui n'excèdent pas le nanomètre et la nanoseconde, puis d'en déduire des mécanismes effectifs autorisant le passage à des échelles supérieures (en distance et en temps) par l'utilisation de simulations de type Monte Carlo, par exemple.

Pour ce qui est de la première étape, celle de la structure électronique, on ne peut pas se limiter à des méthodes ab-initio qui ne sont opératoires que pour des systèmes de complexité réduite. Il faut bien évidemment développer ces méthodes, mais leur utilité en science des matériaux est plutôt d'établir des potentiels d'interactions semi-empiriques qui soient réalistes et adaptés aux liaisons chimiques mises en jeu (métaux, isolants, semiconducteurs...).

Le protocole le mieux adapté à la modélisation des matériaux semble être le suivant :  
structure électronique ab initio  $\rightarrow$  potentiels semi-empiriques  $\rightarrow$  mécanismes élémentaires (dynamique moléculaire)  $\rightarrow$  mécanismes effectifs  $\rightarrow$  processus à grande échelle (Monte Carlo).  
Aucune méthode ne doit donc être négligée.

## 2 - INTERDISCIPLINARITE ET OUTILS DE L'INTERDISCIPLINARITE

### *2.1 - Physique de la matière condensée et autres disciplines*

Nous nous sommes limités à recenser les domaines scientifiques avec lesquels la physique de la matière condensée entretient des relations, en tentant de formuler un diagnostic très bref sur les principaux thèmes actifs et sur l'état actuel des collaborations. On constatera qu'à des degrés divers, tous les Départements du CNRS sont concernés. Les relations interdisciplinaires internes au Département SPM, avec les mathématiques, la physique théorique et l'optique, ne sont pas considérées ici, ce qui ne veut pas dire qu'il n'y en a pas !

C'est volontairement que nous ne faisons pas mention ici d'une interface physique-STIC. Les sciences de l'information sont partie intégrante de nos thèmes de recherche actuels, ceux de la section 06 en particulier, mais pas exclusivement.

#### *2.1.1 - Interface physique-chimie*

Les collaborations existent de longue date dans le domaine des matériaux où les chimistes du solide sont les spécialistes naturels des procédés d'élaboration, avec prise en compte des aspects thermodynamiques et cinétiques, développés pour les matériaux de structure comme les alliages métalliques, mais qui trouvent aujourd'hui des applications pour la croissance de films minces et des autres systèmes confinés ou de basse dimensionnalité évoqués au §1.1.1. Les matériaux composites (des nanotubes de carbone "chargés" aux mélanges de polymères pour diodes électroluminescentes et écrans plats), les agrégats (catalyse), les assemblages moléculaires, clusters magnétiques... font l'objet de collaborations entre chimistes et physiciens. Ces derniers utilisent par ailleurs, de plus en plus, des techniques héritées de la chimie : électrochimie, électro-déposition, chimie douce...

Remarquons aussi et ce n'est pas le moins important que la distinction entre physique et chimie s'estompe de plus en plus quand on se rapproche de l'échelle atomique et que les techniques de cristallographie à très haute résolution qui fournissent des cartes très précises de la densité électronique, contribuent puissamment à la compréhension de la liaison chimique.

### *2.1.2 - Interface physique-biologie*

Cette interface est très importante et nombre de physiciens -de la section 05 surtout- y sont impliqués. Ce domaine évolue vite.

La cristallographie des macromolécules biologiques n'est plus un sujet de recherche pour les physiciens, les méthodes de résolution des structures étant bien établies et maîtrisées par les biologistes structuraux. Des progrès restent à accomplir pour extraire des informations structurales à partir de données de diffraction "pauvres" du fait de l'imperfection des échantillons et aussi en cristallogénèse de molécules biologiques.

Parmi les diverses facettes de l'interface physique -biologie, la plus connue- du point de vue des physiciens- concerne l'ADN et les moteurs moléculaires où des physiciens manipulent de façon extraordinaire des molécules isolées. Nombre de préoccupations évoquées sous la rubrique "nanophysique" trouvent des résonances en biologie : manipulation d'objets uniques, complexes supramoléculaires, système auto-assemblés, comportement dynamique de nano-objets. La mise au point de nouvelles techniques d'imagerie sélective est une nécessité.

Une autre facette encore en émergence, concerne le repliement des protéines, polymères non ramifiés bâtis à partir de 20 maillons élémentaires distincts. Cette thématique est très importante car l'objectif est le décryptage des informations structurales et fonctionnelles codées par les séquences de protéines (post-génomique). Le problème est théoriquement très complexe et une action efficace requiert une forte synergie entre physiciens de la matière condensée et biologistes structuraux, ayant une bonne connaissance de la chimie, avec une implication très forte d'aspects mathématiques et informatiques. Des progrès décisifs dépendront très probablement de l'implication de la physique, au sens large, dans ce défi. En effet, les protéines sont à l'évidence des objets physico-chimiques et non des textes et il serait dommageable de laisser cet immense champ du futur aux seuls informaticiens/statisticiens et à une analyse purement lexicale.

Dans le domaine des sciences du vivant en général, il faut aussi souligner l'apport des physiciens pour les développements méthodologiques et en instrumentation. Des médecins viennent étudier sur les TGE la cryopréservation d'organes ou les mécanismes de contraction musculaire. On peut aussi mentionner l'apport des techniques acoustiques à la médecine pour la destruction de calculs ou de tumeurs.

Dernier point à souligner, en pharmacie, cosmétique, agro-alimentaire, la valorisation des résultats de recherche est beaucoup plus rapide que dans le domaine des matériaux par exemple.

La coopération entre physiciens et biologistes fondamentaux n'est pas toujours facile. Une meilleure information (vulgarisation) mutuelle ferait sans doute tomber une méfiance regrettable. Il y a moins de réticences avec les médecins et les pharmaciens.

### *2.1.3 - Interface physique-sciences de l'univers*

La contribution des physiciens du solide à la recherche spatiale intervient surtout dans la conception et la réalisation des instruments de mesure embarqués (cryostats, détecteurs, bolomètres ...). Le comportement de l'hydrogène (métallisation ?) sous très hautes pressions est, par ailleurs, d'un intérêt extrême pour la compréhension des planètes géantes.

En Sciences de la Terre, les collaborations sont nombreuses. Cela va de l'analyse structurale des minéraux, révélatrice de leurs conditions de formation, à l'étude des matériaux sous les très hautes pressions qui règnent à l'intérieur du globe ; de l'étude des mouvements de terrains (avalanches qui sont étudiées par les physiciens des matériaux granulaires...) à des préoccupations environnementales très importantes, domaine dans lequel se fait jour une approche tri-disciplinaire entre géologues, physiciens et biologistes (dégradation des déchets...).

### *2.1.4 - Interface physique-mécanique et sciences pour l'ingénieur*

Trois aspects peuvent être distingués.

- Entre physiciens des défauts cristallins et mécaniciens des solides, le dialogue est indispensable pour établir des lois de comportement réellement fondées sur la physique des phénomènes et dont le domaine de validité soit bien précisé. Les problèmes de changement d'échelle et d'homogénéisation sont cruciaux. Beaucoup reste à faire pour relier les simulations "mésoscopiques" de populations de dislocations à l'échelle des éléments finis. Au plan expérimental, le comportement des matériaux sous chargements complexes mérite de nouvelles études.

- Un deuxième aspect concerne la mécanique des fluides où des collaborations sont nécessaires avec les physiciens qui étudient les écoulements : turbulence, mélanges, hydrodynamique à haut nombre de Reynolds.

- Le dernier domaine d'interaction mécanique/physique est celui des micro systèmes, les MEMS et autres micro moteurs et actionneurs dont la petite taille pose des problèmes qui sont du ressort de la physique.

- A mentionner également, l'intérêt de collaborations en électrotechnique cryogénique.

### *2.1.5 - Interface physique-informatique*

Une collaboration accrue avec les informaticiens est nécessaire pour développer de nouveaux codes de calcul (algorithmes) pour pouvoir aborder plus efficacement les matériaux complexes, dont l'étude nécessite la prise en compte de plusieurs échelles de longueur et de temps.

### *2.1.6 - Interfaces physique-sciences de l'homme et de la société*

Les collaborations sont assez limitées, on ne s'en étonnera pas. Cependant l'analyse micro-structurale des objets archéologiques est utile pour en déterminer les techniques de fabrication et la circulation. Des méthodes issues de la physique sont également utilisées pour expertiser les oeuvres d'art.

## ***2.2 - Faciliter l'interdisciplinarité au CNRS***

Le discours du CNRS en faveur de l'interdisciplinarité se heurte dans les faits à des nombreux obstacles dont certains résultent de l'organisme lui-même, structuré en départements scientifiques disciplinaires, qui sont dans une large mesure concurrents les uns des autres et naturellement soucieux de contrôler les laboratoires dont ils ont la charge. La principale difficulté vient cependant des réelles différences de culture et de langage entre des communautés même a priori voisines. Les spécialistes des deux domaines savent, par exemple, que les physiciens des comportements mécaniques et les mécaniciens des solides emploient des mots différents pour désigner les mêmes phénomènes et, pire, parfois les mêmes mots pour parler de choses différentes. L'incompréhension qui en découle rend les contacts trop rares et la coupure persiste...

La meilleure configuration pour effectuer un travail de recherche pluridisciplinaire est à notre avis une équipe réunissant deux ou trois seniors, spécialistes chacun d'une discipline, et décidés à travailler ensemble sur un problème nécessitant une approche pluridisciplinaire. Les relations personnelles sont déterminantes, l'estime et la confiance mutuelles étant indispensables pour surmonter les différences culturelles mentionnées ci-dessus. De tels noyaux formés de quelques chercheurs confirmés constituent le lieu naturel de formation de jeunes chercheurs qui posséderont rapidement la double culture nécessaire.

Les questions sont alors : comment faciliter la constitution de telles équipes ? Comment leur permettre de se développer par attribution de moyens adaptés ? Comment les renforcer par de bons recrutements ? Comment évaluer leur travail et promouvoir ces chercheurs originaux ?

Sans chercher à promouvoir un modèle unique, les sections 05 et 06 font les remarques et suggestions suivantes :

### *Recrutements aux interfaces*

L'expérience de cette année illustre la difficulté et le caractère inadapté de la méthode employée pour cette session de concours : les sections 05 et 06 avaient à recruter 3 CR sur des postes fléchés interdisciplinaires, au bénéfice de laboratoires extérieurs aux deux sections. Un poste n'a pas pu être pourvu faute de candidat, malgré l'importance évidente de la thématique retenue (méthodes physiques pour le génotypage). Les deux autres ont suscité peu de candidatures et la majorité des candidats n'étaient pas dans l'esprit de ces concours puisqu'il ne s'agissait pas de physicien(ne)s volontaires pour une reconversion mais de chercheurs formés dans les laboratoires relevant des disciplines bénéficiaires. Une des causes de ce échec est certainement un manque de publicité. Le délai entre la publication des postes mis au concours et le dépôt des candidatures est trop court. Le CNRS doit absolument assurer une large publicité sur ces postes dans les revues internationales de grande diffusion comme *Nature* ou *Science* et ce plusieurs mois à l'avance.

L'extension des jurys à un (ou deux) expert(s) d'une autre section du Comité National n'est guère satisfaisante : ou bien la section est compétente et l'expert n'est pas indispensable, ou bien la section est à la limite de ses compétences et le poids de l'expert est excessif, d'autant qu'il est souvent juge et partie.

Une suggestion est de mettre en place de véritables jurys mixtes, constitués de deux sections (moitié-moitié). Pour que cela n'alourdisse pas le travail du Comité National, il faudrait que ces jurys mixtes aient à traiter un nombre suffisant de postes (de trois à cinq ...) et sur des profils suffisamment variés (par exemple interface physique-biologie sans plus de précision). Ceci éviterait peut-être le choix impossible entre ne pas pourvoir un poste ou accepter des candidats de moins bonne qualité que sur les concours généraux. (Cette suggestion ne fait pas l'unanimité dans nos

sections, certains collègues redoutent les différences de pratique d'une section à l'autre. Ce à quoi d'autres rétorquent que ce serait justement une bonne occasion de mieux se connaître).

Une autre question est celle du niveau de recrutement. Le niveau CR1 garantit en principe une plus grande maturité, ce qui est important si on veut que le chercheur conserve sa culture d'origine dans sa nouvelle affectation. Cependant le vivier de candidats est souvent moins riche qu'au niveau CR2, les candidats les plus prometteurs étant recrutés avant de pouvoir prétendre au niveau CR1.

D'autre part, il apparaît que les candidats potentiels estiment n'avoir de chance de réussite que s'ils possèdent déjà la double culture qu'il s'agit d'acquérir. Il faut informer plus clairement qu'une expérience mono-disciplinaire peut suffire, pourvu que la volonté d'évolution soit manifeste.

#### Remarque :

Les recrutements sur des projets pluridisciplinaires peuvent aussi se faire par le biais des concours banalisés. Encore faut-il que les sections n'en soient pas dissuadées par leur Département Scientifique, au motif que cela conduit souvent à affecter un chercheur à un laboratoire qui ne relève que marginalement d'elles.

#### *Evaluation des recherches pluridisciplinaires*

La double évaluation par les deux sections les plus compétentes doit être la règle, faute de quoi la section d'évaluation risque de mésestimer (dans l'un ou l'autre sens) l'apport réel du chercheur à l'autre communauté. Cette double évaluation doit faire l'objet d'échanges entre les deux sections, par exemple entre les rapporteurs. Curieusement certaines sections s'y refusent. Une double évaluation permettrait de mieux connaître le contexte et surtout le laboratoire où travaille le chercheur.

Pour les promotions DR, la section d'appartenance sera d'autant mieux à même de juger qu'elle connaîtra l'appréciation de l'autre partie. (Des candidatures multiples au niveau DR2 ou DR1 semblent déconseillées dans le système actuel).

### 3 - PARTENARIATS

#### ***3.1 - Relations CNRS / Universités***

Résultant dans la plupart des laboratoires de la présence simultanée de personnels relevant des deux tutelles (chercheurs, enseignants-chercheurs mais aussi ingénieurs, techniciens et administratifs) ces relations sont souvent naturelles et sereines. Le mélange CNRS/Universités est bénéfique : l'existence de chercheurs à temps plein est une condition nécessaire à la réalisation d'expériences lourdes auxquelles peuvent alors participer les enseignants-chercheurs, moins disponibles. Les enseignants-chercheurs, en revanche, de par leurs contacts avec les étudiants, jouent un rôle primordial pour amener à la recherche les plus doués de ceux-ci.

Les contrats quadriennaux donnent aux laboratoires des moyens stables sur une durée suffisante pour faire aboutir des opérations d'équipement importantes. C'est un vrai progrès. Ces contrats doivent être maintenus. Ils pourraient être améliorés sur plusieurs points :

1) Etre signés au début de la période d'application plutôt qu'un an après. Ceci suppose un réaménagement du calendrier pour l'évaluation des laboratoires par le Comité National.

2) Les inégalités de traitement des personnels de statuts différents devraient être réduites. L'accès égal à la formation permanente devrait être garanti à tous les personnels des UMR, quel que soit l'organisateur de la formation. L'inégalité quant aux perspectives de carrière est une cause de tiraillements fréquents au sein des laboratoires. Elle est criante s'agissant des personnels techniques, notoirement avantagés quand ils appartiennent au CNRS. L'Université doit améliorer la carrière des ITARF. C'est plutôt l'inverse pour les chercheurs dont la promotion apparaît en moyenne plus aléatoire et plus tardive que celle de leurs homologues enseignants-chercheurs. Sur ce point, il paraît bon de conserver le parallélisme existant entre les grilles d'avancement des chercheurs et des enseignants-chercheurs. Pour les premiers, le problème essentiel reste la difficulté d'accès au corps des DR. Ceci entraîne, même pour ceux qui franchissent ce cap, une période comme CR1 d'autant plus longue que le passage CR2 → CR1 survient maintenant souvent au bout de trois ans et peut apparaître -sauf exception- comme une formalité. Faut-il un grade unique pour les CR, comme pour les maîtres de conférence ? Faut-il, au contraire, instituer une hors-classe, contingentée, qui permettrait aux bons chercheurs ne remplissant pas toutes les conditions pour passer DR2 de voir reconnue la qualité de leur travail ? Nous n'avons pas tranché, mais l'absence de perspective actuellement offerte à beaucoup de CR entraîne trop souvent une démobilisation préjudiciable à la recherche.

Plus fondamentalement, sans vouloir unifier deux métiers différents, il faut faciliter les échanges entre chercheurs et enseignants-chercheurs.

Les sections 05 et 06 constatent que la plupart des jeunes chercheurs CNRS consacrent une part non négligeable de leur activité à l'enseignement. Cela est bien et est pris en compte favorablement lors des évaluations.

La charge d'enseignement des maîtres de conférence, en particulier pendant leur première année d'exercice, est très lourde et risque de les couper durablement de la recherche. Un allègement est à envisager, de façon urgente.

L'accueil de maîtres de conférence -voire d'enseignants du secondaire- en détachement ou en délégation au CNRS est extrêmement profitable aux intéressés et aux laboratoires. Les possibilités doivent être augmentées. Il serait dommage que ces possibilités ne soient pas utilisées par crainte pour les intéressés de "perdre" des enseignements valorisants. Ce point particulier devrait être discuté entre responsables d'UFR et de laboratoires pour éviter de pénaliser les bénéficiaires au terme de leur période d'accueil au CNRS.

S'agissant des détachements, une attention particulière doit être apportée à l'évaluation des chercheurs travaillant pour un temps sur les TGE, qui ne doivent pas être pénalisés dans leur carrière par les spécificités mentionnées au paragraphe 1.2.

3) La coordination des recrutements Université-CNRS nous paraît importante. Aujourd'hui, les meilleurs candidats sont le plus souvent admissibles sur un ou plusieurs postes CNRS et sur un ou plusieurs postes de maîtres de conférence. Leur point de chute final dépend de leur choix pour les mieux classés, des désistements des premiers pour les autres. La difficulté vient de ce que les candidats ont souvent à choisir sans connaître toutes les données. Aménager les calendriers et les délais d'option, en demandant aux candidats leur préférence sur l'ensemble des postes qui leur sont accessibles (CNRS et Universités) pourrait constituer un progrès et éviter que des postes ne restent vacants, à la suite de désistements trop tardifs pour être rattrapés.

4) Un point apparemment secondaire mais qui n'est pas négligeable pour la qualité de la vie dans les laboratoires : les contrats quadriennaux devraient prévoir l'accès de tous les personnels aux services collectifs : cantine, bibliothèque...

### Remarque sur les recrutements :

Une difficulté est souvent de concilier les besoins prioritaires des laboratoires et la qualité des candidats, qui doit rester le critère n°1. D'excellents candidats se "neutralisent" trop souvent en choisissant le même laboratoire d'affectation, alors que de bons laboratoires porteurs de projets séduisants ne trouvent pas de candidat ayant les qualités requises. Une suggestion est d'inciter, à nouveau et fortement, les candidats à proposer deux laboratoires et à formuler avec chacun un projet spécifique.

Une autre suggestion est de recueillir les priorités affichées par les laboratoires (ceci impose à ceux-ci de les définir en arbitrants entre les demandes des équipes ; la préparation du contrat quadriennal est un bon cadre pour faire cette réflexion) et d'en assurer la publicité auprès des candidats sur un site web, par exemple.

Quand un fléchage paraît nécessaire, la garantie d'ouverture du concours une deuxième année, au cas où aucun candidat ne se serait imposé la première fois, éviterait aux laboratoires et aux sections de retenir des chercheurs moyens de peur de perdre un poste.

On l'a dit plus haut à propos des postes interdisciplinaires mais le besoin est général, il faut mieux organiser la publicité des postes fléchés, notamment en les annonçant suffisamment à l'avance.

### ***3.2 - Relations CNRS / autres organismes***

En physique de la matière condensée, les relations entre le CNRS et les autres organismes de recherche nationaux concernent pour l'essentiel le CEA. Le CEA joue un double rôle :

- i) il a ses propres laboratoires où sont affectés des chercheurs CNRS et où sont formés un nombre non négligeable de doctorants.
- ii) il partage avec le CNRS la gestion de plusieurs TGE (installations de rayonnement synchrotron, comme LURE, ou de neutrons, comme le LLB).

Sur le premier aspect, on peut regretter que les chercheurs CNRS affectés dans un service du CEA soient évalués individuellement sans que le Comité National n'ait de relations organisées avec leurs laboratoires. Une meilleure connaissance des laboratoires du CEA serait utile, ceci dit sans vouloir empiéter sur les prérogatives du CEA s'agissant de l'évaluation de ses propres services !

Sur le deuxième aspect, l'impression ressentie à la base ces dernières années est que les divergences de vue entre le CEA et le CNRS sont fréquentes et ne facilitent ni la vie au quotidien des personnels des TGE, ni l'évolution de ces derniers, en particulier quand il est nécessaire pour rester compétitif de construire une machine de nouvelle génération. Puisse ce constat pessimiste être démenti dans le futur proche, qu'il s'agisse de SOLEIL ou de la source à spallation européenne qui pourrait prendre le relais d'une partie des installations exploitées par le LLB !

Comme avec les Universités, il est important de réduire les effets négatifs des disparités de statut des personnels.



### ***3.3 - Relations CNRS / Régions et Collectivités Locales***

Depuis la loi de décentralisation de 1982, les Régions et les autres collectivités territoriales apportent aux laboratoires de recherche une aide conséquente en matière d'équipements mi-lourds et pour le financement de projets ciblés, y compris sous forme d'allocations pour doctorants. L'ampleur et les modalités de cette contribution à l'effort de recherche national dépendent bien sûr des Régions qui ont des politiques et des pratiques assez différentes et varient en cas de changement de l'exécutif régional.

Un point semble faire l'unanimité : le CNRS doit s'impliquer davantage dans la préparation des Contrats de Plan Etat-Région où se décident la hauteur et la destination des financements régionaux et ce en donnant un avis scientifique sur la qualité des équipes porteuses de projet et sur l'opportunité scientifique des projets eux-mêmes. Cet engagement ne doit pas nécessairement signifier un soutien financier supplémentaire du CNRS : on comprend que l'organisme ne veuille pas engager, sur cinq ans ou plus, une partie trop importante des moyens dont il dispose. Mais cette participation du CNRS au choix des dossiers éviterait aux Régions de soutenir des projets irréalistes, sources de déception pour les décideurs politiques et de discrédit pour l'ensemble de la communauté scientifique régionale.

Plus généralement, un dialogue plus consistant entre le CNRS, les DRRT et les Services Recherche des Régions serait utile pour mieux définir la place des chercheurs dans l'activité socio-économique au sens le plus large. Il y a actuellement encore beaucoup d'ignorance et d'incompréhension réciproques.

### ***3.4 - Relations CNRS / Industrie et Monde Socio-Economique***

C'est un point que nous avons peu discuté. Qu'on n'y voie pas une marque de désintérêt ! Parmi les aspects évoqués : la nécessité que les relations des chercheurs avec les industriels soient équilibrées. Il est indispensable que l'industriel soit satisfait de la prestation fournie. Il est tout aussi important que le chercheur ne soit pas un simple exécutant sans prise sur l'évolution du sujet de recherche. (Lorsqu'un doctorant se voit confier l'exécution d'un contrat de recherche, le rôle de son directeur de thèse est encore plus important que lorsqu'il s'agit d'un sujet "laboratoire" pour garantir la qualité du travail et de la formation reçue).

Le cas le plus satisfaisant pour les deux parties est celui où des relations durables, même si elles sont intermittentes, s'établissent entre une entreprise et une équipe de recherche. C'est assez souvent le cas avec les grands groupes. Un des moyens institutionnels d'y parvenir est la constitution d'UMR CNRS-Industrie. Cette formule doit être maintenue. La présence de chercheurs de ces UMR dans les instances d'évaluation est très bénéfique.

Les relations sont plus difficiles avec les PME/PMI, sinon par l'intermédiaire des CRITT ou autres Centres Régionaux de Ressources Technologiques sur lesquels le Comité National a très peu d'information. Le CNRS a-t-il la volonté d'inciter ses chercheurs à travailler davantage avec ces centres ?

Des séjours de longue durée dans l'industrie -mis à part les chercheurs des UMR mentionnés ci-dessus- sont rares dans notre communauté. Est-ce dû à la crainte d'être pénalisé en matière de promotion ?

Du point de vue de l'évaluation, la participation à des contrats de recherche est un atout supplémentaire, ne serait-ce que parce qu'elle est prise comme un signe de dynamisme et

d'ouverture. A condition, bien sûr, que des relations industrielles tous azimuts n'en viennent pas à masquer le programme du chercheur. C'est rare dans notre communauté.

#### **4 - VALORISATION DE LA RECHERCHE**

Les sections 05 et 06 se sont efforcées d'intégrer la valorisation de la recherche dans leurs critères d'évaluation, suite à la suppression de la section VAR. Ceci n'est pas facile car nous sommes loin d'être tous au clair sur ce que recouvre exactement ce mot. Après une année de fonctionnement, nous croyons que ce serait une erreur -là aussi- de se fonder sur des indicateurs soit disant objectifs comme le nombre de contrats industriels ou de brevets déposés. On a dit ci-dessus que la qualité des relations avec les industriels valait mieux que la quantité. D'autre part, il faudrait distinguer les brevets exploités de ceux qui ne le sont pas.

Il nous paraît plus important que les chercheurs se soucient des possibilités de valorisation en ne craignant pas d'aborder des questions utiles et en choisissant de travailler sur des systèmes ou des matériaux susceptibles d'applications plutôt que sur des cas d'école ou des matériaux décrétés "modèles".

Il y a des caractéristiques fortes de la recherche sur la matière condensée qui donnent aux physiciens un rôle nécessaire dans la valorisation. La première résulte -on l'a dit en section 1- de la maîtrise croissante de la structure des solides, notamment à l'échelle nanométrique ; maîtrise qui conditionne les propriétés nouvelles des matériaux ou des dispositifs. La complexité des problèmes à résoudre est telle qu'il est impensable de se décharger sur les "technologues" du soin d'utiliser ces nouvelles structures. On constate d'ailleurs depuis quelques années un début d'intérêt des concepteurs et fabricants de dispositifs pour les innovations autorisées par la nanophysique définie au § 1.1. Cette nécessaire implication des chercheurs eux-mêmes dans la valorisation de leurs travaux s'étend à d'autres domaines en apparence plus traditionnels. Par exemple, la mise au point de nouveaux alliages légers et résistants à très haute température pour les moteurs d'avions n'est pas moins complexe que la réalisation de nouveaux composants.

La deuxième raison qui qualifie les physiciens en matière de valorisation est le rôle déterminant qu'ils jouent en instrumentation scientifique. Ces développements instrumentaux, suscités par le besoin de disposer des outils d'observation et de mesure adaptés à la taille et à la finesse des objets et des effets étudiés, bénéficient ensuite aux autres disciplines voire au grand public.

#### **5 - ESPACE EUROPEEN DE LA RECHERCHE ET DIMENSION INTERNATIONALE**

Les échanges avec les chercheurs étrangers sont indispensables. Tout ce qui peut augmenter et faciliter ces relations est souhaitable tant pour l'accueil d'étrangers en France (postes rouges, professeurs invités) que pour l'envoi de chercheurs français à l'étranger. Le niveau et la qualité des relations internationales qu'ils entretiennent est d'ailleurs un critère fort dans l'évaluation des laboratoires et des chercheurs (pour le passage DR notamment).

La communication d'idées et de résultats est devenue extrêmement facile avec Internet, mais ceci ne remplace pas les échanges et visites de chercheurs en particulier autour d'installations expérimentales. Les programmes européens ou bilatéraux de pays à pays sont très utiles et initient souvent des collaborations qui se poursuivent au-delà du terme du programme.

Les TGE jouent un rôle très bénéfique en mettant en contact des scientifiques de nationalités diverses. Il est fondamental que les TGE nationaux soient ouverts à de telles participations extérieures. Des moyens spécifiques de financement doivent être prévus à cet effet.

S'agissant de l'organisation européenne de la recherche, deux souhaits unanimes :

- 1) que la recherche fondamentale retrouve droit de cité, même si elle n'est pas commanditée par des grands groupes industriels. Le balancier est allé trop loin dans le sens d'un pilotage de la recherche à partir de l'aval.
- 2) que les procédures de sélection des projets soient moins opaques. Le manque d'information actuel sur les causes de rejet dissuade trop d'équipe de persévérer, étant donné la lourdeur des procédures.

Une impression est que le CNRS a peu d'influence sur les décisions européennes tant en matière de choix des grands programmes que pour la sélection des projets une fois ceux-ci lancés. Il est dommage que l'évaluation faite au sein de l'établissement ne soit pas prise en compte au niveau européen. Si cette impression très largement partagée, est infondée, il faut le dire ; si elle est juste, l'organisme doit se donner les moyens de mieux se faire entendre.

Un point particulier relevant des compétences du Comité National fait obstacle à des détachements de longue durée auprès d'organismes étrangers, c'est la pratique habituelle des sections de ne plus considérer pour des promotions (DR1 par exemple) les chercheurs absents de leur laboratoire pour une durée indéterminée. Demander aux sections de changer cette habitude ne sera suivi d'effet que si le nombre de postes n'est pas trop faible et que si les chercheurs concernés font l'effort de remplir leurs obligations en matière de rapports d'activités... Tant que le nombre de postes sera proche de l'unité pour plusieurs dizaines de promouvables, les sections ne prendront pas le risque de proposer des candidats dont le retour dans l'organisme est incertain.