

**POINT DE VUE****Redynamisons la recherche, par Claude Cohen-Tannoudji**

LE MONDE | 12.01.04 | 13h20

La physique atomique et moléculaire ainsi que l'optique ont connu au cours des dernières décennies des développements spectaculaires que j'ai eu la chance de pouvoir décrire dans mon cours au Collège de France, cours qui a débuté en 1973 et dont la leçon terminale a été donnée en décembre 2003.

Un des intérêts majeurs de la physique des atomes et du rayonnement avec lequel ils interagissent est de fournir de nombreux exemples permettant de comprendre clairement comment la recherche progresse et donne naissance à des applications. Une figure essaie de schématiser une telle dynamique.

Le point de départ est le plus souvent constitué par des interrogations fondamentales.

Le chercheur essaie d'identifier et de comprendre les mécanismes à la base des phénomènes qu'il observe. Les nouvelles idées qui apparaissent à la suite de la meilleure compréhension ainsi acquise suggèrent de nouvelles méthodes d'investigation et permettent la mise au point de nouveaux outils d'exploration. Grâce à ces nouveaux outils, de nouveaux phénomènes peuvent être observés, de nouvelles situations réalisées, qui posent à leur tour de nouvelles interrogations fondamentales, et ainsi de suite.

Au cours de cette spirale apparaissent aussi de nombreuses applications qu'il était impossible d'imaginer auparavant et qui rendent tout à coup obsolètes plusieurs technologies existantes. Le fonds de connaissances universelles augmente également, facilitant et accélérant le développement de spirales analogues dans d'autres domaines de recherche.

L'exemple des lasers permet d'illustrer clairement cette dynamique. Pour comprendre la répartition spectrale du rayonnement du corps noir, Albert Einstein introduit en 1917 la notion d'émission stimulée, dont l'intérêt paraît à cette époque purement académique. Examinant plusieurs décennies plus tard les conséquences d'un tel processus dans un milieu hors d'équilibre, où des niveaux d'énergie atomique excités peuvent être plus peuplés que des niveaux d'énergie inférieure, Charles Townes a l'idée d'un nouveau type de source lumineuse, le laser (sigle pour Light Amplification by Stimulated Emission Radiation).

Les premiers lasers qui voient le jour au début des années 1960 sont relativement complexes et difficiles à régler. Ils apparaissent comme des curiosités de laboratoire, qui n'auront aucune utilité. Et, pourtant, plusieurs années plus tard, ils ouvrent la voie à d'innombrables applications dans tous les secteurs de la vie économique : médical avec les traitements de la rétine et la chirurgie, du traitement de l'information avec les télécommunications par fibre optique et la lecture des CD, de la télémétrie avec la mesure précise des distances, industriel avec la découpe des matériaux, de la navigation avec les gyromètres laser, militaire avec le repérage des cibles et le guidage des missiles, etc.

L'impact des lasers sur le développement de la recherche est également énorme. Les chercheurs se trouvent dotés de ces nouveaux outils qui vont leur permettre de défricher toute une série de domaines entièrement inexplorés jusqu'ici : spectroscopie et optique non linéaires, impulsions lumineuses ultrabrèves (1 millionième de milliardième de seconde !) permettant de suivre en temps réel une réaction chimique ou biologique, physique atomique dans des champs lumineux très intenses, refroidissement laser des atomes à des températures plusieurs centaines de millions de fois plus basses que la température ambiante.

Considérons un peu plus en détail ce nouveau domaine des atomes ultrafroids sur lequel nous travaillons dans notre équipe. Il s'agit là d'une nouvelle spirale de recherches débutant avec l'étude des changements de vitesse d'un atome éclairé par un faisceau laser, se poursuivant avec l'invention de mécanismes de plus en plus efficaces pour refroidir les atomes.

De nombreuses nouvelles applications deviennent possibles avec ces atomes ultrafroids, comme la réalisation de nouvelles horloges atomiques qui sont les plus précises au monde ou d'interféromètres ultrasensibles à ondes de matière. De nouveaux objets sont découverts, comme les condensats de Bose-Einstein gazeux, où un nombre macroscopique d'atomes, de l'ordre du million, se retrouvent tous dans le même état quantique. Très récemment, des condensats de molécules ont pu aussi être obtenus.

Une nouvelle spirale se greffe alors sur la précédente à partir des problèmes nouveaux posés par les condensats. Les physiciens essaient de comprendre ces objets fascinants, leur structure et leur dynamique, l'effet des interactions entre atomes, les propriétés macroscopiques nouvelles, comme la superfluidité, qui caractérisent leur nature quantique.

A quelles nouvelles applications ces objets vont-ils donner naissance ? On commence à en extraire des faisceaux cohérents d'atomes, des "*lasers à atomes*" analogues aux lasers ordinaires, où les ondes lumineuses sont remplacées par des ondes de De Broglie atomiques. Assistera-t-on avec ces dispositifs à une révolution analogue à celle introduite par les lasers en optique ?

Le dernier exemple que je donnerai est celui des corrélations quantiques. Il existe des états corrélés de deux particules issues d'une désintégration, par exemple de deux photons émis dans une cascade radiative, qui ont des propriétés étranges et peu intuitives : aussi éloignées l'une de l'autre qu'elles puissent être, ces deux particules ne peuvent pas être considérées comme deux entités séparées. Elles forment un tout inséparable.

Ces notions, qui ont suscité de nombreux travaux, à la suite d'un article célèbre d'Einstein, Podolsky et Rosen en 1935, peuvent paraître bien abstraites et réservées à des spécialistes. Et, pourtant, la nouvelle spirale de recherches qu'elles ont stimulée débouche maintenant sur des applications tout à fait inattendues. Les paires de photons intriqués sont utilisées depuis peu pour transmettre des messages cryptés qu'un espion ne peut intercepter sans être détecté, et des sommes considérables sont consacrées au développement de ce nouveau type de "cryptographie quantique".

Par ailleurs, les corrélations quantiques sont à la base du projet "ordinateurs quantiques", qui vise à construire de nouveaux types de dispositifs fonctionnant beaucoup plus rapidement que les meilleurs ordinateurs actuels. Les réalisations concrètes sont difficiles et semblent encore lointaines, mais serait-il sage de négliger ce type de recherches ?

Les exemples précédents montrent clairement le caractère artificiel de la distinction entre recherche fondamentale et recherche appliquée et les dangers d'un pilotage de la recherche sur des objectifs définis par des programmes à court terme, qualifiés de prioritaires. Un pays moderne a certes besoin d'une recherche de développement très active, mais il doit aussi investir un effort important dans une recherche fondamentale de qualité, car c'est de cette recherche

fondamentale qui se poursuit aujourd'hui dans les laboratoires que surgira la technologie utilisée dans dix ou vingt ans, avec des ruptures technologiques qui rendront ridicules et nous feront oublier les objets que nous utilisons aujourd'hui. Les lecteurs laser de disques CD n'ont-ils pas fait disparaître d'un coup les microsillons ?

Notre pays a été présent dans tous ces développements, y a joué et continue d'y jouer un rôle significatif. Le cours de cette année au Collège de France a permis de souligner l'importance des contributions de l'école qui s'est constituée autour d'Alfred Kastler et de Jean Brossel à l'Ecole normale supérieure, ainsi que celles d'autres groupes comme ceux d'Anatole Abragam, de Claude Manus et de Gérard Mainfray au Commissariat à l'énergie atomique à Saclay, ou encore de Pierre Jacquinot à Orsay.

La même remarque est d'ailleurs valable pour d'autres domaines de la physique. Après la seconde guerre mondiale, la recherche en physique était sinistrée dans notre pays, et c'est grâce aux efforts de quelques personnalités marquantes que de nombreux autres domaines, comme par exemple le magnétisme à Grenoble avec Louis Néel ou la physique du solide avec Jacques Friedel et Pierre Aigrain à Paris, ont pu atteindre un niveau d'excellence sur le plan international.

Les efforts investis dans l'enseignement, qu'il s'agisse de cours de maîtrise et de 3<sup>e</sup> cycle à l'université, de cours au Collège de France et dans diverses écoles, comme les écoles de physique théorique des Houches et de Cargèse, ou de la rédaction d'ouvrages, ont été également fructueux. Ils ont permis de motiver de nombreux jeunes étudiants et de leur donner une solide formation scientifique.

Quel est le coût pour le pays de ce type d'activité de recherche qui peut être qualifiée de légère par rapport à la recherche autour des grands instruments ? Je préfère, pour essayer de répondre à une telle question, prendre le cas de ma propre équipe, pour laquelle je connais bien les chiffres, et considérer la période des trente années d'existence de la chaire de physique atomique et moléculaire que j'ai occupée. Il y a bien sûr d'abord les salaires des chercheurs permanents et du personnel administratif qui ont travaillé dans cette équipe, au nombre de trois au début, de sept maintenant. Les autres membres de l'équipe, de l'ordre d'une vingtaine au total, sont des étudiants en thèse venant pour la plupart de l'Ecole normale supérieure (ENS) ou d'autres grandes écoles comme l'Ecole polytechnique ou l'Ecole centrale, des chercheurs étrangers en séjour post-doctoral ou sabbatique, dont les salaires proviennent essentiellement de bourses européennes ou de postes temporaires.

Nos recherches sont effectuées au Laboratoire Kastler Brossel, implanté au département de physique de l'ENS. Ce laboratoire est associé à l'ENS, au Centre national de la recherche scientifique et à l'université Pierre-et-Marie-Curie. Pour réaliser nos expériences, nous avons bénéficié de divers contrats finalisés sur des projets précis, contrats provenant de divers organismes publics et de la région Ile-de-France. La collaboration avec des chercheurs japonais nous a même permis de bénéficier pendant trois ans de l'aide du ministère de l'industrie du Japon.

Considérons maintenant les crédits de fonctionnement non finalisés, qui sont essentiels pour la marche quotidienne du laboratoire, pour l'achat du matériel courant, les frais de mission, de publication, de gestion. Les crédits de la chaire de physique atomique et moléculaire, qui constituent la partie essentielle de ces crédits, étaient très faibles au début, et sont passés lentement à 40 000 euros par an pour atteindre royalement 60 000 euros après le prix Nobel, niveau qui n'a plus bougé depuis.

Au total, l'ensemble des crédits non finalisés reçus par mon équipe au cours des trente dernières années s'élève à environ 2 millions d'euros. J'ai conscience que cette somme est importante et que notre équipe a été relativement bien traitée par rapport aux autres équipes françaises. Mais

la comparaison avec nos collègues étrangers est assez déprimante. Nos concurrents directs aux Etats-Unis disposent, hors salaires, de sommes au moins trois fois plus élevées.

Le système des donations, si efficace aux Etats-Unis, nous fait toujours cruellement défaut, bien qu'on puisse espérer une amélioration de la situation avec la nouvelle loi sur les fondations. Dans la région de Boston, un centre pour atomes ultrafroids a été créé pour fédérer et financer substantiellement les efforts des équipes de Harvard et MIT. On peut espérer qu'un effort analogue sera fait par la région Ile-de-France pour aider les centres d'excellence dans ce domaine de recherche, nombreux dans cette région, et qui se débattent actuellement pour survivre, compte tenu des restrictions budgétaires.

Au moment de partir à la retraite, j'éprouve à la fois une grande satisfaction et une certaine inquiétude. Le plus grand bonheur pour un chercheur est, me semble-t-il, d'avoir pu transmettre sa passion et son enthousiasme à des chercheurs plus jeunes, de les voir devenir plus compétents que lui et de sentir ainsi que le relais du savoir et de la connaissance est bien transmis aux générations suivantes.

Mon inquiétude concerne l'avenir de la recherche dans notre pays. Dans les domaines que je connais, elle a atteint un niveau d'excellence qui n'a rien à envier à celui de nos concurrents, et elle dispose d'un vivier de jeunes chercheurs très prometteurs. Mais si le différentiel avec d'autres pays comme les Etats-Unis ou le Japon, qui investissent massivement dans la recherche, ne cesse pas de s'accroître, le décrochage me semble inévitable.

Je lisais récemment, dans un encart du *Monde* en première page, que la mise au point et la diffusion du nouveau logo d'une agence nationale pendant une période d'un an avait coûté 2,4 millions d'euros. Je ne mésestime pas bien sûr les soucis de visibilité et de communication d'une grande agence. Mais quand je compare cette somme aux 2 millions d'euros de crédits de fonctionnement non finalisés dépensés par notre équipe d'une vingtaine de chercheurs en trente ans, je me dis que les échelles de valeur de notre société ne sont plus adaptées aux grands enjeux qui devraient nous mobiliser pour l'avenir.

Et, pourtant, la recherche est une aventure passionnante. J'ai eu la chance de commencer cette aventure dans les années 1960, une époque où des grandes ambitions étaient clairement affichées, où la recherche était considérée comme une priorité pour redynamiser notre pays. Je souhaite ardemment qu'un signal très fort soit de nouveau donné, notamment à l'occasion de l'année internationale de la physique, célébrant en 2005 le centenaire de la publication par Einstein de ses trois célèbres articles sur la relativité, l'effet photoélectrique et le mouvement brownien, articles qui ont marqué le début de la physique moderne.

Nous devons tous nous mobiliser pour redonner aux jeunes générations le goût des études scientifiques, pour montrer que l'investissement dans la recherche est essentiel pour le maintien à long terme de la vitalité de notre pays.

**Claude Cohen-Tannoudji** est professeur honoraire au Collège de France. Il a reçu en 1996 la médaille d'or du CNRS et partagé en 1997 avec deux Américains le prix Nobel de physique.

• ARTICLE PARU DANS L'EDITION DU 13.01.04

---

[S'abonner au Monde.fr - 5 Euros par mois](#)

Droits de reproduction et de diffusion réservés © **Le Monde** 2004

**Usage strictement personnel.** L'utilisateur du site reconnaît avoir pris connaissance de la licence de droits d'usage, en acceptant et en respectant les dispositions.