



Physique des plasmas et recherche concernant la fusion nucléaire contrôlée

Au cours de la dernière décennie, des efforts croissants ont été consacrés à l'étude des configurations possibles pour un réacteur thermonucléaire de production d'électricité, et des divers problèmes techniques qui se posent.

Les conférences précédentes de l'AIEA sur la question se sont tenues à Salzbourg (1961), Culham (1965), Novosibirsk (1968), Madison (1971), Tokyo (1974), Berchtesgaden (1976) et Innsbruck (1979). Les échanges de renseignements qui ont caractérisé cette série de réunions sont un exemple important de coopération internationale et ont fortement contribué aux progrès de la recherche concernant la fusion nucléaire contrôlée. Les résultats des expériences réalisées dans les principaux centres de recherche, et le développement des connaissances scientifiques concernant la physique des plasmas donnent à penser qu'il sera possible de réaliser la fusion nucléaire à une plus grande échelle et en dépassant le stade du laboratoire d'ici la fin du siècle.

L'augmentation de la durée des décharges des tokamaks actuels rend impérative la solution du problème des impuretés. Les premiers résultats obtenus avec les grandes machines récentes équipées d'un écorceur poloïdal, à savoir PDX (USA) et ASDEX (République fédérale d'Allemagne), montrent que diverses configurations d'écorceurs peuvent être établies et maintenues et que les écorceurs fonctionnent de la façon prévue. On est parvenu à réduire d'un facteur 10 les impuretés à Z élevé dans ces machines.

Les nombreuses recherches menées sur le chauffage haute fréquence des plasmas dans les tokamaks PLT (USA), TFR (France) et JFT-2 (Japon) ont permis de prouver que l'efficacité de cette intéressante méthode de chauffage du plasma est comparable à celle du chauffage par injection de neutres. On a démontré que l'on peut obtenir une densité de puissance d'entrée d'environ 5 à 10 kW/cm² et cette limite est suffisamment élevée pour les applications à des machines similaires à des réacteurs.

L'un des résultats prometteurs annoncés à la Conférence est l'obtention d'une valeur $< \beta >$ (rapport de la pression du plasma à la pression du champ magnétique) d'environ 3% sur les tokamaks T-11 (URSS) et ISX-B (Etats-Unis). Il importe de noter que cette valeur est supérieure à la limite théorique d'instabilité pour un plasma de section circulaire, et que l'on n'a pas observé de détérioration du confinement.

Les résultats obtenus sur les tokamaks indiquent que l'on dispose d'une base scientifique suffisante pour pouvoir mettre au point des réacteurs de ce type.

Les recherches sur les stellarators ont aussi enregistré un grand succès. Pour la première fois, un plasma dense, propre et de température élevée a été obtenu en régime sans courant

intérieur dans le stellarator Wendelstein VII-A de Garching (République fédérale d'Allemagne). On a mis spécialement au point une procédure de passage d'un régime avec courant à un régime sans courant. Dans ce dernier régime, le confinement du plasma était meilleur. Une nouvelle machine appelée Heliotron-E qui a commencé à fonctionner au Japon promet de donner des résultats intéressants dans un avenir proche.

Pour ce qui est des configurations ouvertes, la question clé reste la suppression des pertes aux extrémités. On a réussi sur les machines GAMMA-6 (Japon) et TMX (Etats-Unis) à créer un potentiel ambipolaire qui réduit les pertes du plasma dans le sens longitudinal. Il est apparu possible d'augmenter le temps de confinement du plasma de neuf fois par rapport aux autres systèmes. Pour ce qui est de la température électronique, on a atteint sur la machine TMX la valeur record d'environ $3,10^5$ degrés, mais en présence de fluctuations intenses réduisant le confinement des ions.

Les documents traitant de questions théoriques portaient surtout sur l'interprétation des lois dimensionnelles. A l'heure actuelle, il semble que les théories du chauffage des plasmas par injection de neutres et du chauffage par résonance cyclotron des ions d'un plasma secondaire soient bien comprises et correspondent aux données expérimentales. Des résultats très encourageants ont été obtenus récemment, à savoir qu'en optimisant la forme du plasma et le profil du courant, un β stable de l'ordre de 10% a pu être obtenu dans les tokamaks. Pour ce qui est des réacteurs, les incertitudes concernant les lois dimensionnelles du confinement et la théorie du chauffage ne permettent que de donner des fourchettes très larges pour la puissance de chauffage nécessaire. Les documents portant sur la question montrent qu'il faut poursuivre les recherches.

De nombreux documents concernant les systèmes de confinement inertiel par grands lasers expérimentaux semblent encourager les recherches sur l'utilisation de lasers encore plus grands. On a présenté certains résultats concernant les interactions de la lumière émise par lasers de longueur d'onde plus courte avec des pastilles de combustible, qui montraient un rendement supérieur, conformément à la théorie. On a présenté des résultats impressionnants concernant la conversion harmonique de la lumière émise par lasers au néodyme à la troisième harmonique avec une efficacité de 80 pour cent.

La technique de production de faisceaux d'ions pour les systèmes de confinement inertiel a fait de grands progrès qui expliquent l'importance donnée actuellement à ce système d'entraînement.

Le caractère peut-être le plus remarquable des documents consacrés à la technologie était l'intérêt des auteurs pour des problèmes centrés sur le projet de réacteur tokamak international (INTOR) ou l'installation d'essais techniques (Engineering Test Facility). Cela est vrai plus particulièrement de l'analyse des écorceurs, des systèmes au tritium et des enveloppes de régénération du tritium.

Les progrès techniques réalisés en ce qui concerne les systèmes à faisceaux de neutres sont impressionnants, mais montrent clairement les problèmes à résoudre avant qu'il soit possible d'employer des faisceaux de neutres sur les réacteurs.

Lors de la cérémonie d'ouverture, le Professeur Palumbo, Directeur du programme de fusion contrôlée de la Commission des Communautés européennes, a donné la conférence à la mémoire d'Artsimovich sur l'origine et le rôle de la coopération internationale dans les recherches sur la fusion. La conférence a été particulièrement appréciée des participants, notamment à cause du succès des activités du groupe INTOR à l'AIEA. Une séance spéciale consacrée à INTOR a été organisée le 30 juin 1980 pour communication des résultats de la phase zéro du projet.