"Nous en sommes aujourd'hui à mi-chemin"

Autor(en): **Chatelier, Michel / Perret, Jacques**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Tracés : bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **132 (2006)**

Heft 02: **Fusion thermonucléaire**

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-99442

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Michel Chatelier
Propos recueillis par Jacques Perret

« Nous en sommes aujourd'hui **à mi-chemin** »

Après de longues hésitations entre le Japon et la France, c'est finalement le site de Cadarache, à une quarantaine de kilomètres au nord d'Aix-en-Provence, qui a été retenu pour accueillir ITER. Michel Chatelier, responsable du département de recherche sur la fusion contrôlée à la direction des sciences de la matière du CEA[1], exprime ici quelques-unes des raisons pour lesquelle le projet ITER, même s'il peut sembler démesuré à certains, est porteur de sérieux espoirs en matière de production massive d'énergie.

TRACÉS : Nombre de personnes ont déjà entendu parler d'ITER, mais il est probable que peu d'entre elles savent ce qui se cache derrière cet acronyme. Que signifie-t-il et pouvez-vous nous faire un petit historique du projet ?

Michel Chatelier : Rappelons tout d'abord qu'en latin, « iter » signifie le chemin, ce qui est loin d'être dépourvu de sens dans le contexte présent. Pour ce qui est du projet ITER, il s'agit de l'abréviation anglaise d'« International Thermonuclear Experimental Reactor ». ITER doit en fait être une démonstration scientifique de la possibilité de construire un réacteur capable de maintenir un plasma sur une période d'environ huit minutes, tout en assurant la production d'une énergie thermique d'environ 500 MW, ceci à partir d'une réaction de fusion nucléaire. Si le but final est bien de produire de l'énergie, celle d'ITER n'est pas destinée à être exploitée : il s'agit d'une étape - capitale - dans la démonstration de la faisabilité d'un réacteur de fusion.

Le caractère international du projet remonte à la situation de la recherche en physique il y a une cinquantaine d'années, une époque à laquelle l'étude des plasmas est une thématique centrale dans de nombreux pays. Il s'agit alors d'un problème de physique fondamentale : on cherche à reproduire les conditions extrêmes existant au centre du soleil. Les problèmes auxquels les scientifiques se heurtent alors concernent essentiellement la forte instabilité caractéristique des plasmas. Pour y faire face, les chercheurs vont commencer à échanger leurs expériences dans ce domaine.

En 1956, en pleine guerre froide, le professeur Igor Kourchatov effectue un voyage historique à Harwell, pour présenter aux chercheurs anglais l'état de la recherche russe dans le domaine des plasmas (fig. 1 et 2). Signé le 25 mars 1957 à Rome, le traité Euratom officialise la coordination des efforts des pays européens en matière de recherche atomique. Une année plus tard, le sujet n'étant plus classé « secret defense », la seconde conférence « Atoms for peace » de Genève consacre définitivement la coopération internationale en matière de fusion. Au cours de cette réunion, les spécialistes de divers pays (URSS, USA, France, Angleterre et Allemagne) présentent les méthodes qu'ils ont développées pour contrôler les plasmas.

En 1968, les Soviétiques parviennent à créer un plasma de 10 millions de degrés dans une machine appelée « tokamak » (fig. 3) : cette technologie (voir article p. 8) est alors reprise par divers pays qui développent leur propre installation entre la fin des années 70 et le début des années 80. Pour obtenir



1

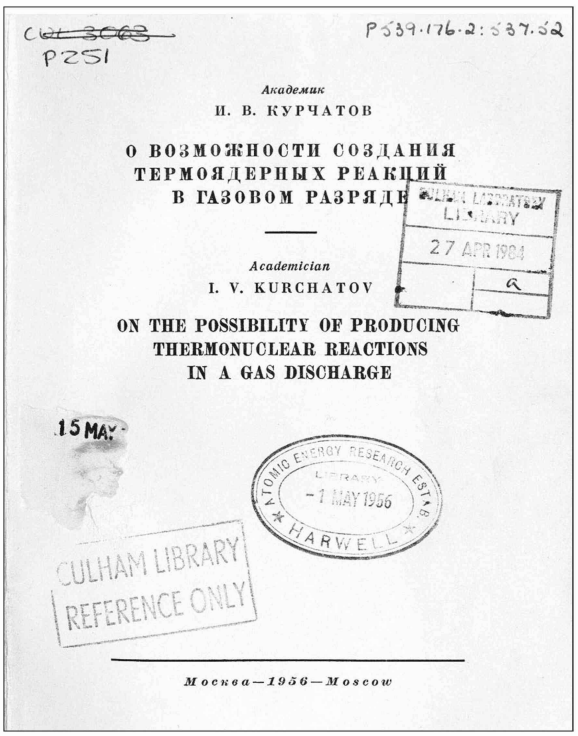
[1] Commissariat à l'Energie Atomique

Fig. 1 : Visite de Igor Kourchatov (au milieu avec la barbe) à Harwell en 1956. A sa droite, on reconnaît Nikita Khrouchtchev et à sa gauche, le premier ministre de l'URSS, Nikolai Bulganin. En face, Sir John Cockcroft, directeur du centre de Harwell, prix Nobel de physique en 1951

Fig. 2 : Couverture du compte rendu (en russe et en anglais) de la présentation de Kourchatov à Harwell

Fig. 3 : Spectromètre anglais (à gauche) couplé au tokamak T3 (à droite), dans lequel les Russes obtinrent pour la première fois une température de 10 millions de degrés. Doutant de ce résultat, les Anglais voulurent le vérifier eux-mêmes.

(Tous les documents illustrant cet article viennent de <www.jet.efda.org>)



2

des températures toujours plus élevées, les dimensions des tokamaks ne cessent d'augmenter, entraînant des coûts de plus en plus élevés. Tout le monde comprend dès lors le besoin pressant de réunir les efforts - et surtout les moyens - dans ce domaine.

C'est ainsi qu'en 1985, Michael Gorbatchev, anticipant les difficultés à venir de l'empire soviétique pour financer sa recherche, propose à Ronald Reagan et François Mitterrand de construire un tokamak géant : et voilà ITER...

T. : Cela nous amène en 1985, ce qui signifie qu'il aura fallu vingt ans pour choisir le site de Cadarache. Que s'est-il passé entre temps ?

M. C. : Il faut d'abord reconnaître que ces vingt années sont en partie dues aux inévitables lenteurs des processus décisionnels. Par ailleurs, cette période correspond aussi au temps qu'il a fallu pour établir le dessin détaillé, c'est-à-dire définir ce que devait concrètement permettre ITER. Ces années ont notamment été marquées par le retrait provisoire des Américains en 1998, qui a impliqué l'abandon de certains des aspects qu'il était initialement prévu de tester. Je pense ici en particulier au cycle du combustible (production de tritium à partir de lithium). S'il est prévu d'utiliser le premier rideau entourant les réacteurs « industriels » pour produire du tritium, seuls quelques m^2 de la couverture d'ITER comprendront le lithium nécessaire pour cette réaction.

T. : La production d'énergie à partir de la fusion nucléaire est une idée remontant à plus de cinquante ans déjà et ITER est un dispositif purement expérimental. Dès lors, quand peut-on imaginer que la fusion joue un rôle important en matière de production d'énergie ?

M. C. : Si on prend le milieu du XX^{e} siècle comme point de départ, on peut dire que nous en sommes aujourd'hui à mi-chemin.

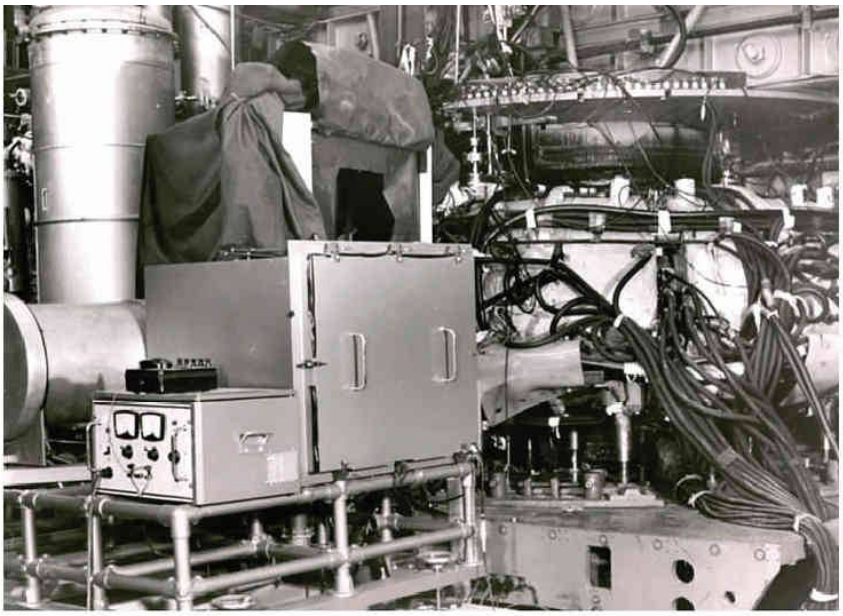
La construction d'ITER doit durer environ dix ans, auxquels il convient d'ajouter une même période pour l'obtention et l'analyse des résultats majeurs. Si ces derniers se révèlent satisfaisants, on pourra passer à l'étape suivante, DEMO, un autre réacteur prototype qui devra démontrer qu'il est possible d'arriver à une production d'électricité de l'ordre de 1 GW. Il est raisonnable de penser que la construction et l'étude de DEMO prendront environ vingt-cinq ans, ce qui signifie que des unités de production d'énergie par fusion pourraient rejoindre le paysage énergétique mondial pendant la seconde moitié du XXI^{e} siècle.

T. : Cette vision à long terme contraste fortement avec les exigences actuelles de rentabilité immédiate. Dès lors, à quoi attribuer le soutien quasi unanime de la communauté internationale pour ITER ?

M. C. : On ne peut pas vraiment parler d'unanimité, puisque des voix s'élèvent pour dénoncer le fait que les importants moyens qui sont investis dans la fusion manqueront à d'autres domaines de recherche (voir article p. 6). Par ailleurs, du point de vue de la production énergétique, certains prétendent qu'on risque de se retrouver bien démuni en cas d'échec d'ITER ou de DEMO.

Cependant, il faut souligner que l'Inde a rejoint le projet en novembre 2005 et rappeler que la Chine est un partenaire très actif depuis longtemps. L'intérêt des deux principaux pays émergeants et l'engouement des partenaires européens, japonais et américains (qui sont revenus dans le projet) sont indiscutablement des signes révélateurs des espoirs que suscite cette technologie en matière de production d'énergie.

Ces promesses tiennent à plusieurs facteurs à priori très favorables. Tout d'abord, le combustible de base provient de l'eau (deutérium), du sol ou de l'eau de mer (lithium). Il est donc abondant et bien réparti sur l'ensemble de la planète. Il n'y a pas de production de CO_2, ce qui constitue un autre



3

atout. Ensuite, les risques d'emballement de la réaction sont nuls, compte tenu de la faible quantité des combustibles (quelques grammes dans 1000 m³) et de la haute instabilité des plasmas. En effet, la perte du contrôle d'un plasma pourrait engendrer d'importants dégâts dans le réacteur, mais son fonctionnement serait aussitôt interrompu. Ensuite, un des principaux inconvénients de la technologie de fission - la gestion des déchets sur de longues périodes - ne concerne la fusion que dans une moindre mesure. Pour cette dernière, les matériaux radioactifs - qui résultent du bombardement neutronique des éléments qui circonscrivent le plasma - ont des périodes de décroissance à l'échelle d'une vie humaine. Leur stockage ne porterait que sur quelques dizaines d'années, beaucoup moins que pour les déchets engendrés par la fission. Finalement, il faut reconnaître que si la manipulation du tritium nécessite des précautions du fait de sa capacité à diffuser, elle est déjà connue à travers l'expérience JET.

T.: Quels sont les principaux enjeux à venir en termes de recherche fondamentale et de développement technologique?

M. C.: Au-delà d'ITER, il conviendra de résoudre les problèmes laissés de côté: la régénération du tritium et la question des matériaux. Ces derniers vont faire l'objet de nombreuses recherches d'ici à la réalisation de DEMO. IFMIF (International Fusion Materials Irradiation Facility), une machine entièrement destinée à l'étude de l'effet du bombardement neutronique, est envisagée pour tester les matériaux (voir article p. 18). Il est par ailleurs indispensable que cette recherche porte aussi bien sur les aspects fondamentaux de la science des matériaux que sur les développements technologiques plus directement applicables, afin d'obtenir des résultats utilisables dans le cadre de DEMO.

Un domaine particulier dans lequel des efforts devront être fournis ne concerne pas directement la recherche ou le développement, puisqu'il s'agit de la formation des personnes appelées à travailler sur les réacteurs de fusion. Je dirais qu'il faudra assurer à ces gens une formation en «gestion de systèmes complexes». En effet, tant la réalisation que l'exploitation des réacteurs vont nécessiter des compétences diverses qui doivent permettre d'apprécier le système dans son ensemble, ceci malgré sa complexité. Signalons à ce propos que le CEA, le CNRS et les universités, avec le soutien du Ministère de l'Education nationale, proposent aujourd'hui de mettre en place un Master sur les sciences de la fusion, répondant en partie à ces exigences. Il s'agit d'un nouveau type de formation dont la définition précise est en cours d'élaboration.

T.: Malgré les avis rassurants des experts concernant la fusion, l'énergie nucléaire continue à souffrir d'une méfiance systématique de la part du grand public. Comment contrecarrer cette image et obtenir une adhésion du plus grand nombre sur plusieurs années?

M. C.: Il faut rappeler à nouveau que les études sur la fusion par confinement magnétique s'inscrivent dans le cadre de la recherche sur les applications civiles de l'énergie nucléaire et que la situation mondiale au regard de la production d'énergie est à l'évidence une des grandes questions de société du XXIe siècle. Dans ce contexte, il faut s'efforcer de donner au public l'information factuelle la plus précise possible afin de conforter un climat de compréhension et de confiance, indispensable sur un projet à si long terme. De ce point de vue, la visite d'installations et la rencontre des chercheurs sont très utiles.

Concernant les moyens, le département de fusion du CEA dispose de deux personnes à plein temps pour l'information du public. Nous organisons ainsi des visites en compagnie de chercheurs «communicants» - 25 personnes sur un effectif total de près de 300: les visiteurs sont guidés par des scientifiques qui font partager un peu de leur quotidien. Cette démarche est visiblement appréciée par le grand public puisque nous recevons entre trois et cinq mille visiteurs par an. A noter que nous jouons aussi sur le futur, puisque nous organisons des visites pour les écoles secondaires et des ateliers-enfants: la fusion n'attend pas le nombre des années...

Michel Chatelier, dr ès sc. en physique des plasmas
CEA Cadarache, Département de Fusion
F - 13108 St-Paul-lez-Durances

Propos recueillis par Jacques Perret