

Jean-Pierre Petit  
Ancien Directeur de Recherche au CNRS  
Physicien des plasmas  
BP 55, 84122 Pertuis

A  
Monsieur Bernard Bigot  
Administrateur Général  
du Commissariat à l'Énergie Atomique  
CEA Saclay, 91191 Gif sur Yvette

Pertuis, le 26 août 2011

Copies  
Au Préfet des Bouches du Rhône  
Au Président de la Commission d'Enquête Publique sur ITER  
A M. Bart Staes Représentant de la délégation du Parlement européen  
Pour la question de l'accroissement du budget du projet ITER  
A M. Rivasi, députée européenne  
A M. Le Président de l'Association Sortir du Nucléaire

Monsieur l'Administrateur Général,

En parcourant le rapport sur le débat public de 2006, rédigé par Monsieur Patrick Legrand, architecte, spécialisé dans l'environnement et la protection de la Nature, opération qui a coûté, voir page 21, la somme de 771 505 euros,

on lit, page 16, je cite, au chapitre « des enjeux économique et technologiques »

*La construction d'un réacteur comme ITER nécessite la mise au point de matériaux très sophistiqués, capables de résister à des contraintes thermiques, mécaniques, neutroniques sévères.*

Page 32, on découvre que pour le débat sur ce projet ITER, Monsieur Patrick Legrand s'est entouré de plusieurs experts, spécialistes de la fusion contrôlée.

Sont cités, à plusieurs reprises, fournissant des réponses à des questions posées, d'ordre scientifique :

- Monsieur Michel CHATELIER, présenté comme étant *le chef du département de recherches sur la fusion au CEA Cadarache* .

- Monsieur Gabriel MARBACH, présenté (page 33) comme *étant son adjoint*.

Je vois que vous-même êtes intervenu dans ce débat à plusieurs reprises en tant que Haut Commissaire à l'Energie Nucléaire.

J'ai déjà mentionné, dans mon courrier précédent, la teneur d'une réponse formulée par Monsieur CHATELIER, à propos du refroidissement du plasma par arrachement d'ions lourds, qui a déconcerté le spécialiste plasma que je crois être, et au sujet de laquelle j'espère que vous pourrez me fournir des éclaircissements.

Page 40 je découvre une question posée, lors du débat. Je cite :

*Deux personnes se sont interrogées sur la capacité de vieillissement des parois, soumises à des bombardements neutroniques, demandant si des essais avaient été effectués afin de les connaître.*

C'est Monsieur MARBACH qui a alors fourni les éclaircissements souhaités. Je cite, toujours à la même page :

*Gabriel MARBACH a précisé que le nombre cumulé de neutrons dans ITER serait beaucoup plus faible que dans des réacteurs à fission. Les matériaux utilisés dans ITER ont été qualifiés dans le JET et dans des réacteurs de fission. Il a complété sa réponse lors de la deuxième occurrence de la question : de nombreuses recherches et expériences ont déjà été menées sur la supraconductivité ou encore sur les couvertures du réacteur. Tous les résultats obtenus ont été validés et seront utilisés dans ITER.*

Je voudrais savoir sur quelles expériences se base Monsieur .

Sauf erreur, l'installation destinée à qualifier les matériaux à utiliser, l'IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility), dont l'importance et la complexité sont très importantes et nécessitent la conjonction étroite de deux compétences totalement différentes, celles de chercheurs maîtrisant la technologie des accélérateurs de particules, et celle des spécialistes de la fusion, dispositif visant à produire des neutrons d'une énergie voisine de celle de 14 MeV issue de la réaction D-T, n'a jamais été construite, ni même esquissée et, étant donné son prix, de l'ordre de la moitié de l'installation ITER, ne me semble pas prête de l'être.

Monsieur MARBACH évoque des matériaux qui auraient été qualifiés dans le réacteur anglais JET. Je souhaiterais savoir de quels matériaux il s'agit.

D'après ce que je crois savoir, en tout cas au moment où cet expert du CEA a formulé cette réponse, les seuls essais de qualification de matériaux de couverture, sur une durée notable, auraient été effectués dans le réacteur français Tore-Supra, et se réfèrent à des tuiles de carbone (si on excepte les essais menés en Allemagne pour des couvertures en tungstène, sur la machine ASPEX, matériau qui ne saurait convenir pour l'ensemble de la surface, étant donné le fort refroidissement radiatif lié à l'arrachement de ses ions).

Le carbone, en tant que constituant de la première paroi aurait été abandonné, à cause d'un phénomène de sputtering trop important (abrasion, puis redéposition aléatoire d'atomes de carbone). J'ai également lu que ce phénomène s'accompagnait d'une capture des isotopes d'hydrogène contenus dans la chambre, au point que les quantités de tritium capturées pourraient, dans la durée, se chiffrer en kilos, ce qui aurait rendu le réacteur potentiellement dangereux.

En fait, on retrouve ces propos dans la bouche même de M. MARBACH, en se référant à un exposé qu'il a donné en 2007, lors d'une réunion à laquelle vous avez participé, et dont le résumé figure dans l'annexe jointe à cette lettre. Je cite le passage concerné :

*Dans la majorité des machines actuelles, le carbone est le matériau utilisé comme composant face au plasma. Cependant, celui-ci présente des propriétés d'érosion et de rétention des isotopes d'hydrogène incompatibles avec le fonctionnement d'un réacteur électrogène (longue durée en tritium). Dans ITER le choix de matériaux face au plasma est en cours de discussion mais dans la version de référence actuelle conserve des éléments en carbone, en particulier pour les composants soumis aux flux thermiques les plus importants.*

*Un des objectifs d'ITER est de développer et expérimenter les matériaux acceptables pour les réacteurs du futur.*

Ces propos contredisent ce qu'il a déclaré lors des réunions du débat public.

Nous apprenons au passage qu'ITER, loin d'utiliser des matériaux déjà qualifiés dans des expériences précédentes, servira en fait de banc d'essai pour ces mêmes matériaux, avec tous les risques que l'on peut imaginer.

Le carbone, en tant que matériau de couverture de la première paroi, divertor excepté (ce qui représente quand même 70 % de la surface) aurait, sur le JET, été récemment abandonné au profit du béryllium, toxique et cancérigène, en

cours d'essais sur cette machine, depuis une date très récente, et en tout cas très postérieure à celle de la tenue du débat public.

Je vous serais reconnaissant de m'indiquer à quels matériaux Monsieur MARBACH faisait allusion, qui auraient été qualifiés dans le JET (à travers des expériences d'une durée d'une seconde).

A propos de l'irradiation par les neutrons de fusion, monsieur MARBACH note, dans son article de 2007, figurant en annexe :

*Les matériaux de structure sont soumis à l'effet de neutrons très énergétiques (14MeV) produisant par réaction nucléaire de l'hélium et de l'hydrogène en quantité nettement plus importante que pour les réacteurs de fission.*

Il semble alors difficile de fonder une qualification de matériaux en remplaçant les neutrons de fusions de 14 MeV par des neutrons de fission de 2 MeV.

Si des tests sur une couverture en béryllium, vis à vis du sputtering et de sa résistance à un flux de neutrons de 14 MeV ont été effectués, je vous serais reconnaissant de m'en donner les références.

En vous remerciant par avance pour les réponses que vous fournirez à ces questions, veuillez agréer, Monsieur l'Administrateur Général, l'expression de mes sentiments distingués.

Jean-Pierre Petit  
Ancienne directeur de Recherche au CNRS  
Physicien des plasmas

## Annexe

Communication de Gabriel Marbach à une rencontre à la Fondation Simone & Cino del Duca, 21-22 nov 2007, à laquelle vous aviez participé.

### **Fusion thermo-nucléaire et matériaux**

**Gabriel MARBACH**

CEA, DSM, DRFC

#### 1. Introduction

Les spécificités de la réaction de fusion ont un impact particulier sur son environnement. Les composants face au plasma par exemple sont soumis à la fois aux radiations et aux particules provenant du plasma. *Les matériaux de structure sont soumis à l'effet de neutrons très énergétiques (14MeV) produisant par réaction nucléaire de l'hélium et de l'hydrogène en quantité nettement plus importante que pour les réacteurs de fission.* Considérant ces conditions particulières, des activités de recherche et développement dédiées aux matériaux sont en cours dans le cadre du programme européen sur la fusion

#### 2. Composants face au plasma

Dans la majorité des machines actuelles, le carbone est le matériau utilisé comme composant face au plasma. Cependant, celui-ci présente des propriétés d'érosion et de rétention des isotopes d'hydrogène incompatibles avec le fonctionnement d'un réacteur électrogène (longue durée en tritium). Dans ITER le choix de matériaux face au plasma est en cours de discussion mais dans la version de référence actuelle conserve des éléments en carbone, en particulier pour les composants soumis aux flux thermiques les plus importants.

**Un des objectifs d'ITER est de développer et expérimenter les matériaux acceptables pour les réacteurs du futur.**

Un autre enjeu technologique consiste à valider les techniques d'assemblage des matériaux (Be, Cu, CFC, W...) qui composeront les composants face au plasma, et seront en charge d'extraire d'importants flux thermiques (entre 10 et 20 MW/m<sup>2</sup> dans le divertor d'ITER).

#### 3. Couvertures tritigènes et matériaux de structure

Pour ITER le matériau de structure est un acier austénitique connu et qualifié de type 316 LN. Au-delà d'ITER, le matériau de structure devra être compatible avec la fluence neutronique (> 100 dpa) à une température suffisante pour obtenir un bon rendement. Par ailleurs, les déchets de la fusion étant uniquement liés à l'irradiation des neutrons, l'objectif pour ce matériau est une décroissance radioactive forte à une échelle de 100 ans. Le matériau actuellement envisagé en Europe est un acier martensitique avec des éléments qui s'activent peu sous irradiation. Cette nuance dite EUROFER est en cours de test sous flux rapide. Un objectif plus lointain est de faire appel à des alliages avec dispersion d'oxyde ou à des céramiques (SiC-SiC).

Pour ce qui est des couvertures tritigènes, la conception doit associer les matériaux tritigènes (céramiques lithiées ou alliage lithium plomb), le système de refroidissement (hélium) ainsi qu'une structure suffisamment rigide pour être compatible avec les cas de chargement.

Les enjeux technologiques associés comprennent également la définition d'une technique d'assemblage. Pour les modules tests qui seront expérimentés dans ITER la compression isostatique à chaud est actuellement la seule technique répondant à l'ensemble des contraintes (technique développée par le CEA/DRT).

De manière encore plus générale, l'enjeu fondamental des matériaux pour la fusion est d'être adapté à tous les stades (aux contraintes complexes et variées) du cycle de vie des composants depuis la fabrication jusqu'au démantèlement