

Conséquences de l'interaction plasma paroi dans les tokamaks : le piégeage du tritium et la création de poussières

C. Grisolia

CEA, IRFM, F-13108 Saint-Paul-lez-Durance, France.

Christian.grisolia@cea.fr

Lors de l'opération d'ITER, des flux importants de particules interagissent avec les composants face au plasma (CFP) de la machine. Dans le cas de matériaux légers (carbone et béryllium), une pulvérisation de la surface des CFP est observée. Ces matériaux pulvérisés se redéposent ensuite sur les parois en piégeant des quantités importantes d'atomes d'hydrogène constitutif du fuel du tokamak ITER (tritium/deutérium). Dans le cas de matériau lourd comme le Tungstène, le flux incident est implanté et diffuse ensuite dans le corps du matériau entraînant encore un piégeage de tritium.

Lors d'une perte de confinement dû à une fuite sur l'enceinte à vide de la machine, tout ou partie du tritium retenu dans les CFPs peut être libérée. Afin de limiter ces rejets de tritium, l'inventaire de Tritium retenu dans les parois d'ITER est limité. De plus, la densité d'un plasma de fusion c'est-à-dire la quantité totale d'ions dans la décharge est fortement liée au piégeage du fuel dans les CFP. Il est, par exemple, impossible d'initier un plasma de Tokamak si la source de particules neutres au bord de la décharge est trop élevée c'est-à-dire si la quantité de fuel piégé dans la paroi dépasse une limite opérationnelle donnée.

Il est donc essentiel de connaître à tout instant, la quantité de tritium piégé dans les CFP et de déterminer les procédés de piégeages dans les couches déposées et dans les composés métalliques. Il est aussi capital de développer des techniques efficaces de récupération qui pourront être mise en œuvre aussi bien in situ c'est-à-dire dans l'enceinte à vide d'ITER qu'ex situ lors, par exemple, du traitement des déchets tritiés.

Par ailleurs, les matériaux face au plasma sont fragilisés par l'interaction avec le plasma. De plus, les matériaux déposés sont par essence fragiles. Au fil des décharges, tous ces matériaux se délitent et des poussières activées et tritiées sont produites. En condition de fonctionnement normal du réacteur ITER, plusieurs dizaines de kilogrammes de poussières contenant du béryllium (Be), du graphite (C) et du tungstène (W) seront ainsi produites annuellement. Dans l'hypothèse d'un accident de perte de vide lié à une entrée d'air et/ou de vapeur dans le tokamak, ces particules peuvent réagir avec la vapeur d'eau pour produire de l'hydrogène qui peut ensuite réagir violemment en présence d'oxygène. En présence d'une entrée d'air, les poussières présentes dans l'enceinte à vide sont susceptibles de provoquer une explosion de poussière. Afin de limiter ces risques d'explosion, la quantité de poussières présentes dans l'enceinte a été limitée par les autorités de sûreté.

Il est donc essentiel d'appréhender au mieux les phénomènes de créations de ces particules lors de l'interaction des plasmas avec les matériaux de première paroi. Il faut aussi développer les systèmes de mesures in situ et des techniques permettant de récupérer ces poussières lors du fonctionnement du tokamak.

Les conséquences de l'interaction du plasma avec les parois d'un tokamak sont donc très critiques tant d'un point de vue opérationnel que de sûreté : érosion des matériaux, piégeage du tritium, production de poussières activées et tritiées potentiellement explosives.

Au cours de l'exposé proposé, après avoir rappelé les différentes configurations magnétiques pouvant être rencontrées dans un tokamak, la physique de l'interaction plasma paroi sera abordée avec pour objectif de déterminer le matériau le plus adapté à subir le feu du plasma.

Les limites opérationnelles du tokamak ITER seront ensuite précisées pour ce qui concerne le tritium piégé dans l'enceinte et la production de poussières.

Enfin, les activités de recherches concernant la mesure et le contrôle du tritium et des particules dans l'enceinte à vide lors du fonctionnement du tokamak seront brièvement décrites.