

Fontenay-aux-Roses, le 27 février 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## Avis IRSN n° 2020-00029

Objet ...	Demande d'autorisation relative à l'installation TORE SUPRA, et plus spécifiquement au TOKAMAK, présentée par le CEA de Cadarache
Réf(s) ...	Lettre ASN CODEP-MRS-2019-038628 du 9 septembre 2019
Nbre de page(s)..	5

Par lettre citée en référence, l'Autorité de Sûreté Nucléaire a demandé l'avis et les observations de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire sur une demande d'autorisation relative à l'installation TORE SUPRA, et plus spécifiquement au TOKAMAK, présentée par le CEA de Cadarache (T130651/T130686).

La demande de l'ASN porte sur :

- la pertinence et la suffisance des mesures prises par le CEA, d'un point de vue radioprotection, pour exploiter l'installation, en particulier sur les aspects relatifs :
  - au dimensionnement des protections biologiques ;
  - aux dispositifs de sécurité selon les phases de fonctionnement ;
  - à l'activation des matériaux ;
  - au risque de dissémination de matières et aux rejets générés et/ou susceptibles d'être générés par l'installation ;
  - aux scénarii d'accidents (ou dysfonctionnements) étudiés et aux mesures de gestion des risques associées ;
- les préconisations formulées, dont les prescriptions techniques et/ou organisationnelles, qui pourraient figurer dans la décision délivrée par l'ASN.

**Adresse Courrier**  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

**Siège social**  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre B 440 546 018

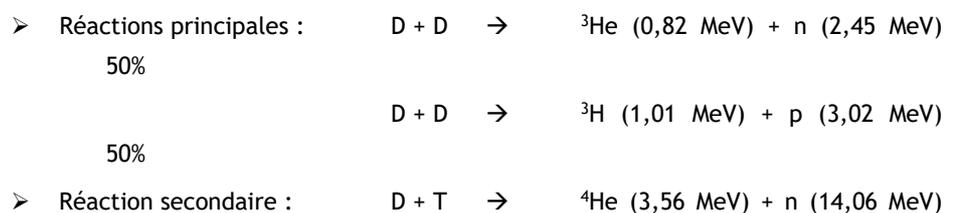
De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des informations apportées au cours de son expertise, l'IRSN retient les éléments suivants.

Le TOKAMAK est un dispositif expérimental de confinement magnétique d'un plasma de fusion nucléaire contrôlée. Il est constitué d'une enceinte à vide de forme toroïdale et d'un ensemble de trois types de bobinages électromagnétiques permettant de créer la structure magnétique de confinement du plasma. Compte tenu des caractéristiques thermiques recherchées (plusieurs millions de degrés Celsius) et de la faible quantité de matière mise en jeu (de l'ordre de la dizaine jusqu'à quelques centaines de milligrammes), le plasma est impérativement confiné pour être isolé thermiquement de l'enveloppe matérielle qui le contient. Il s'agit d'un confinement magnétique.

Le fonctionnement du TOKAMAK est intermittent. Trois régimes sont à distinguer :

- Le régime orange avec accès contrôlé. C'est le régime normal en période de maintenance et/ou d'arrêt d'exploitation. Il correspond au jour de maintenance hebdomadaire et débute plus de 10 heures après la fin du dernier plasma.
- Le régime violet avec accès restreint. C'est le régime utilisé pendant les jours d'expérimentation plasma afin de permettre un accès au hall Tore entre deux plasmas pour une intervention ponctuelle.
- Le régime rouge avec accès interdit. C'est le régime qui permet la réalisation d'un plasma dans le TOKAMAK. La durée maximale typique d'un plasma est de quelques dizaines de secondes.

Pour le développement des réacteurs à fusion, la réaction de fusion privilégiée est celle du deutérium-tritium car elle présente un taux de réaction très élevé. Toutefois, pour ce qui concerne le TOKAMAK, l'étude du comportement du plasma ne nécessite pas d'injection de tritium mais utilise plutôt un plasma de deutérium. Dans ce plasma, deux réactions principales (deutérium-deutérium) équiprobables ainsi qu'une réaction secondaire (deutérium-tritium) sont possibles. Le nombre de neutrons de 2,45 MeV émis est égal au nombre de tritium générés.



Les neutrons (2,45 MeV et 14,06 MeV) ne sont pas confinés par les champs magnétiques, ils s'échappent du plasma et interagissent avec les matériaux du TOKAMAK. C'est la principale source de rayonnements ionisants lors de l'utilisation d'un plasma de ce type.

Le dossier de l'exploitant indique toutefois que, compte tenu du ratio de production des neutrons de 14 MeV par rapport aux neutrons de 2,45 MeV qui est de l'ordre de  $10^{-5}$ , il a été considéré, pour le dimensionnement du hall Tore, que les neutrons de 14 MeV produits ne contribuent pas de façon significative au débit de dose généré par la production de plasma.

Les calculs initiaux des protections radiologiques ont été effectués en 1982 en prenant en compte la configuration la plus pénalisante avec des rythmes d'exploitation selon les radionucléides considérés suivants :

- pour les radionucléides de courte durée, le rythme d'exploitation retenu est  $2.10^{17}$  neutrons/décharge et 7 décharges par heure, 8 heures sur une journée ;
- pour les radionucléides de longue durée, le rythme d'exploitation retenu est identique avec 600 décharges par an correspondant à un flux annuel de neutrons de  $1,2.10^{20}$  (n/an).

Pour le projet WEST, objet de cette analyse, la configuration enveloppe considérée correspond à  $3,75.10^{15}$  neutrons/décharge avec 7 décharges par heure et 600 décharges nominales par an (produisant  $3,75.10^{15}$  neutrons chacune). Cette configuration amène à produire en une année  $2,25.10^{18}$  neutrons, soit environ 50 fois moins que le flux annuel initialement estimé par l'exploitant et qui est de  $1,2.10^{20}$  n/an.

L'IRSN n'a pas d'objection quant à l'utilisation du TOKAMAK pour la production de plasmas en vue de réaliser des études sur le plasma de fusion par confinement magnétique, sous réserve de la prise en compte des recommandations suivantes.

Pour ce qui concerne les protections radiologiques du hall Tore, l'exploitant devra :

- effectuer, lors du prochain fonctionnement du TOKAMAK, une campagne de mesures de débit de dose dû aux neutrons et aux gammas dans les locaux attenants au hall Tore afin de valider le dimensionnement du hall Tore et vérifier que le débit de dose ambiant dans ces locaux est en adéquation avec une zone non réglementée. Pour cela, une montée en puissance progressive du TOKAMAK sera effectuée et une configuration enveloppe en termes de radioprotection sera retenue par l'exploitant ;
- mettre en place des dosimètres d'ambiance pour la mesure de dose due aux rayonnements gammas et aux neutrons dans tous les locaux attenants au hall Tore y compris dans le hall de cryogénie (situé au sous-sol du bâtiment 506) qui est attenant au hall Tore (sous-sol) et accessible lors du fonctionnement du TOKAMAK. Un dosimètre (neutrons et gammas) devra également être mis en place du côté du mur du hall Tore qui donne sur l'extérieur ;
- mettre en place des dosimètres d'ambiance, au niveau des hublots en partie basse des klystrons (où le débit de dose peut atteindre la valeur de  $1 \mu\text{Sv/h}$ ) pour vérifier le caractère non réglementé de cette zone. Dans le cas contraire, une zone réglementée

cohérente avec le résultat de cette surveillance devra être mise en place et matérialisée à proximité des klystrons.

Pour ce qui concerne le système de sécurité d'accès au hall Tore, l'exploitant devra :

- mettre en place un dispositif d'arrêt d'urgence dans la salle de commande du TOKAMAK, à proximité du poste de commande ;
- mettre en place un signal sonore associé à la procédure de ronde. Ce signal devra être déclenché dès l'actionnement du premier jalon de ronde et sera émis au moins jusqu'à la fermeture de toutes les portes. Il sera audible à l'intérieur et à l'extérieur de la zone de ronde, en particulier au voisinage des portes. Une temporisation associée à la ronde devra également être définie par l'exploitant. Elle devra durer de l'actionnement du premier jalon de ronde jusqu'à la fermeture des portes de la zone associée. En cas de dépassement de ce délai, la procédure de ronde sera annulée et devra être réalisée à nouveau ;
- réviser le classement radiologique du hall Tore, de l'enceinte plasma et de son sas d'accès pour le régime d'accès restreint au hall Tore ;
- définir des valeurs seuils, pour l'activité en  $^{41}\text{Ar}$  et pour le débit de dose dû à l'activation des matériaux, permettant l'accès au hall Tore après l'arrêt du TOKAMAK (accès contrôlé/régime orange). Une temporisation associée, dont la durée sera justifiée par l'exploitant, devra également être mise en place pour chacun des deux régimes d'accès, restreint et contrôlé, au hall Tore ;
- réexaminer les valeurs de débit de dose permettant d'entrer dans le hall Tore, lors d'un accès restreint et d'un accès contrôlé, en considérant les exigences du nouvel arrêté zonage ;
- mettre en place une mesure pour le débit de dose, dû aux gammas, dans le hall Tore ;
- utiliser systématiquement un radiamètre approprié aux champs de rayonnements émis lors d'un accès au hall Tore après l'arrêt du TOKAMAK.

Pour ce qui concerne les dispositions relatives à la dissémination de matières et aux rejets générés, l'exploitant devra mettre en place :

- une mesure, en continu, au niveau de l'émissaire de rejets d' $^{41}\text{Ar}$  afin de surveiller l'activité rejetée pour ce radionucléide ;
- un asservissement de la réalisation des tirs au bon fonctionnement des systèmes d'extraction d'air du hall Tore. Cet asservissement devra empêcher le démarrage de la production de plasma si ce système d'extraction d'air est hors service et entraîner automatiquement l'arrêt de l'alimentation du champ poloïdal (arrêt de plasma) en cas de perte de la fonction d'extraction d'air.

Pour ce qui concerne les scénarii d'incident (ou dysfonctionnements) et les mesures de gestion des risques associés, l'IRSN n'a pas été en mesure d'émettre un avis faute d'éléments fournis par l'exploitant.

Pour le Directeur général et par délégation  
François QUEINNEC

Chef du Service d'études et d'expertise en  
radioprotection par intérim