

Fontenay-aux-Roses, le 11 janvier 2019

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

Avis IRSN/2019-00004

Objet : Demande d'autorisation d'utiliser une installation lasers intenses en régime femtosecondes dont l'interaction du faisceau avec la cible engendre des rayonnements ionisants - Accélérateur « APOLLON »

Réf. 1. Lettre ASN-CODEP-PRS-2018-051794 du 30/10/2018
2. Dossier de demande d'autorisation provisoire pour l'installation APOLLON du 24/07/ 2018

Par lettre citée en première référence, vous avez demandé l'avis de l'IRSN concernant le dossier de demande d'autorisation de détenir et d'utiliser un accélérateur laser-plasma dans l'installation APOLLON, transmis par le Laboratoire pour l'utilisation des lasers intenses (LULI) sur le site de l'Orme des merisiers du CEA SACLAY [2]. Cette demande porte plus particulièrement sur la conformité de l'installation à la norme NF M 62-105 [2] (ou à des dispositions équivalentes), sur l'aptitude des organes de sécurité à interdire toute présence de personnel dans la casemate lors du fonctionnement de l'appareil, sur la conformité de l'évaluation des risques et des protections radiologiques mises en place et sur les procédures de gestion des effluents et déchets générés par activation.

L'accélérateur APOLLON permet de produire des faisceaux d'électrons, d'ions ou de rayonnements X (à partir des électrons) comportant des caractéristiques énergétiques et temporelles particulières à partir de l'interaction de lasers avec des cibles solides ou gazeuses. L'installation APOLLON est composée de 4 salles situées en sous-sol :

- la salle HE0, dédiée aux expériences d'accélération d'électrons,
- la salle HE1, dédiée aux expériences d'accélération des ions,
- la salle HE2, divisée en plusieurs locaux et abritant les salles de commande,
- la salle HE3, dédiée à la production des lasers.

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 8 440 546 018

De l'évaluation réalisée, je retiens les éléments suivants.

Conformité de l'évaluation des risques et des protections radiologiques

Le risque d'exposition aux rayonnements ionisants est lié à la production de faisceaux d'électrons ou d'ions dans les salles HE0 et HE1 pendant les expériences et à l'activation des matériaux qui en résulte.

Les termes sources utilisés par l'exploitant pour les études de radioprotection sont issus d'un code de calcul permettant de déterminer les flux d'électrons et de protons produits et accélérés lors de l'interaction des faisceaux lasers avec la matière. Ces termes sources sont ensuite utilisés afin de valider l'épaisseur des protections radiologiques mises en place et d'évaluer l'activation des matériaux dans les enceintes et à proximité de celles-ci.

L'exploitant a choisi d'utiliser les paramètres de fonctionnement les plus élevés, puissance de 10 PW et tirs de 15 femtosecondes toutes les minutes, pour réaliser l'évaluation des risques. Les outils de simulations numériques des interactions laser plasma utilisés pour modéliser les termes sources des salles HE0 et HE1 sont encore en cours de développement et le retour d'expérience de leur utilisation sur des installations similaires est limité. Les données issues des expériences réalisées dans l'installation APOLLON permettront notamment d'alimenter les connaissances sur l'accélération de particules par des lasers haute puissance et de valider les outils de simulation dans ce domaine.

Compte tenu de l'incertitude sur les termes sources inhérente aux activités de recherche de l'installation, j'estime que l'exploitant devra en effectuer la validation à partir des mesures réalisées lors de la mise en service ainsi que lors de chaque étape de montée en puissance et présenter une évaluation des risques mise à jour le cas échéant.

Concernant le dimensionnement des salles d'expérimentation HE0 et HE1, l'exploitant a réalisé des calculs avec le code MCNP. En tenant compte des conditions maximales de fonctionnement définies par l'exploitant, les équivalents de dose cumulés sur 1 mois sont inférieurs à 80 μSv pour la plupart des locaux adjacents aux salles d'expérimentation. Deux points chauds ont été identifiés, l'un dans la salle HE3, derrière la traversée laser vers la salle HE1 et l'autre dans le couloir au sud de la salle HE0. L'équivalent de dose mensuel évalué en ces deux points est supérieur à la limite de la zone non réglementée (80 $\mu\text{Sv}/\text{mois}$). Je note toutefois que l'accès à ces deux locaux est interdit lors du fonctionnement de l'accélérateur, du fait du risque laser.

J'estime que la démarche suivie par l'exploitant pour évaluer les équivalents de dose dans les locaux adjacents aux salles HE0 et HE1 pendant le fonctionnement de l'appareil est pertinente. Le code de calcul MCNP permet de modéliser le terme source et de simuler la production et le transport des particules secondaires dans une géométrie complexe, incluant les discontinuités répertoriées dans le dimensionnement. L'exploitant prend par ailleurs en compte, pour ses calculs, les conditions maximales d'utilisation de l'installation et l'ensemble des locaux adjacents accessibles sont classés en zone non réglementée, ce qui est satisfaisant. Sous réserve de la validation du terme source, je considère que le dimensionnement de l'installation est acceptable.

Concernant le risque d'exposition externe lié à l'activation des équipements placés dans le faisceau ou à proximité lors de l'accès aux salles d'expérimentation HE0 et HE1 après un tir, les calculs de l'exploitant montrent que les radionucléides créés sont à vie courte. L'exploitant a donc mis en place une temporisation d'ouverture des portes d'accès de 10 minutes pour les salles HE0 et HE1. Ceci n'appelle pas de remarque.

Les calculs réalisés par l'exploitant se rapportent uniquement à l'activation neutronique. L'activation des matériaux présents dans les salles expérimentales et la formation de radionucléides à vie courte est en effet principalement liée à l'action des neutrons. Toutefois, les protons primaires (salle HE1) et les photons secondaires (salles HE0 et

HE1) pourraient entraîner la formation d'autres radionucléides, en particulier des radionucléides à vie longue (par exemple, production d'²⁶Al dans l'aluminium par réaction (γ, n)).

Par conséquent, compte tenu de l'accumulation possible au cours du temps de radionucléides à vie longue, j'estime que les débits d'équivalent de dose liés à l'activation des matériaux dans les salles HE0 et HE1 par les photons et les protons devront être évalués par le calcul. Je note que l'exploitant a prévu de suivre par la mesure l'activation des structures pérennes. En fonction de l'évolution du niveau d'irradiation au cours de la vie de l'installation, l'exploitant devra prendre les dispositions adaptées en termes de modalités d'accès, de zonage et de gestion des déchets.

L'exploitant a considéré, sur la base de son retour d'expérience, que le débit d'équivalent de dose lié à l'activation de l'air dans les salles HE0 et HE1 est négligeable. J'estime toutefois qu'il devra réaliser une étude permettant d'évaluer l'activation de l'air dans ces salles et prendre le cas échéant les dispositions adaptées pour ce qui concerne le système de ventilation et la durée de temporisation.

Gestion des effluents et des déchets générés par activation

Les procédures de gestion des effluents et des déchets générés par activation qui seront appliquées sont celles mises en place sur l'ensemble du site du CEA Saclay.

Ces procédures n'ont pas fait l'objet d'une évaluation dans le cadre du présent avis car elles ne sont pas spécifiques à cette installation.

Dispositifs de sécurité

L'installation est équipée d'un système de sécurité (PSS) qui gère les accès aux différentes salles et garantit que personne ne peut se trouver à l'intérieur des zones dont l'accès est interdit lorsque le faisceau de rayonnement ionisant est en fonctionnement.

L'automate de sécurité (PSS) est un Automate Programmable Industriel dédié Sécurité (APIdS). De ce fait, je note que l'APIdS nécessite le développement d'un programme de gestion des fonctions de sécurité de l'installation. Les schémas électriques (non transmis) précisant les connexions entre les différents sous-ensembles d'alimentation, de sécurité, et de commande de l'accélérateur (sécurités physiques, armoire(s) électrique(s), automate de sécurité, contrôle-commande accélérateur,...) ne suffiraient pas à eux-seuls à valider la réalisation des fonctions de sécurité de l'installation.

Compte tenu de ces éléments, j'estime que les tests de bon fonctionnement à la mise en service des sécurités sur site devraient intégrer des tests spécifiques de validation de ce programme.

Les salles HE0 et HE1 sont équipées de boutons de ronde permettant de s'assurer que personne ne reste dans ces salles avant un tir. Toutes les portes d'accès aux 4 salles sont munies d'un capteur magnétique à deux contacts relié au PSS. Les portes d'accès aux salles HE0 et HE1 sont également équipées d'un verrou à clé prisonnière et d'un dispositif permettant la sortie d'une personne enfermée à l'intérieur. **Ceci est satisfaisant.**

Des boutons d'arrêt d'urgence permettent d'arrêter le faisceau en cas d'urgence. Je note la présence, dans les salles HE0 et HE1, de différents types de coup de poing d'arrêt d'urgence (CPAU), différenciés visuellement, qui n'ont pas la même finalité (action sur le PSS ou pas). Toutefois, j'estime que les utilisateurs, dans l'urgence,

pourraient penser que l'installation a été mise en sécurité lors de l'appui sur l'un des CPAU n'agissant pas sur le PSS. En conséquence, j'estime que l'exploitant devra améliorer la lisibilité de ces CPAU et de leur finalité.

Pour ce qui concerne les signalisations visuelles et sonores, je note que la signalisation sonore est complexe : elle comprend en effet plusieurs signaux pouvant indiquer différentes actions. Toutefois, la diffusion simultanée de messages par le système RDO permet de clarifier la signification des différents signaux sonores. Ainsi, j'estime que l'ensemble des informations sonores (signaux et messages RDO associés) permettent de répondre aux exigences de la norme NF M 62-105, sous réserve que les messages soient systématiquement diffusés avec les signaux sonores. Ce point pourrait faire l'objet d'une vigilance particulière lors d'inspections de l'ASN.

Sous réserve des points précités, je considère que le système de sécurité de l'installation APOLLON est globalement conforme aux dispositions du chapitre 9 de la norme NF M 62-105 qui permet de garantir entre autre l'aptitude des organes de sécurité à interdire toute présence de personnel lors du fonctionnement de l'appareil.

Pour le directeur général, par délégation

Philippe DUBIAU
Chef du Service d'études et d'expertise en radioprotection