

Fontenay-aux-Roses, le 8 septembre 2016

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Avis IRSN N° 2016-00293**

**Objet :** CEA/Cadarache  
INB n° 24 - Réacteur CABRI  
Mise en service d'un échangeur dans le caisson de la boucle à eau sous pression

**Réf. :** Lettre ASN CODEP-MRS-2016-024004 du 16 juin 2016

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur la modification, déclarée en mars 2016 par le Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA) au titre de l'article 26 du décret n°2007-1557 du 2 novembre 2007, relative à la mise en service d'un échangeur thermique dans le caisson de la boucle à eau sous pression (caisson EP) de l'installation CABRI. Cette mise en service est envisagée par le CEA en vue des essais de commission<sup>1</sup> C7 et du premier essai expérimental qui seront effectués dans le réacteur.

La boucle à eau sous pression (boucle EP) de l'installation CABRI devra permettre de réaliser des transitoires d'insertion de réactivité (RIA) et de perte de refroidissement du circuit primaire (APRP) dans le réacteur. Elle est composée de trois circuits fermés placés en série (cf. schéma en annexe 1 au présent avis) :

- le circuit d'eau primaire sous pression cheminant à la fois dans le réacteur et hors de celui-ci. La partie en réacteur est destinée à abriter le crayon combustible mis en œuvre dans le cadre des futurs essais expérimentaux. La partie hors réacteur chemine jusqu'au caisson EP, lequel contient les équipements du circuit primaire (pompe, pressuriseur, échangeur, etc.). Le circuit d'eau primaire constitue la première barrière de confinement à l'égard du crayon combustible d'essai. Lorsque la puissance dégagée par le crayon d'essai et le cœur nourricier du réacteur CABRI n'est pas suffisante pour maintenir l'eau du circuit primaire à une température nominale comprise entre 280°C et 300°C (conditions de température représentatives d'un circuit primaire de réacteur à eau sous pression), des colliers chauffants calorifugés, installés en partie supérieure du caisson EP, permettent de porter l'eau du circuit primaire à cette plage de température ;

**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

---

<sup>1</sup> Les essais de commission, réalisés en préalable au redémarrage de l'installation et sans crayon combustible d'essai, constituent les essais de mise en service de l'installation CABRI. Les essais C7 ont pour objectif de valider le fonctionnement général et la montée en puissance du réacteur.

- le circuit d'eau intermédiaire situé dans le caisson EP. Ce circuit fait l'interface entre le circuit d'eau primaire sous pression et le circuit d'eau secondaire ;
- le circuit d'eau secondaire, en partie situé dans le caisson EP. Il chemine hors du caisson vers le groupe froid (source froide de la boucle EP) lequel est totalement distinct de la source froide qui assure le refroidissement du cœur nourricier du réacteur CABRI.

Lors du fonctionnement de la boucle EP, la température ambiante à l'intérieur du caisson EP est amenée à augmenter en raison principalement de la chaleur dégagée par, d'une part les tuyauteries du circuit primaire qui cheminent dans le caisson, d'autre part les colliers chauffants précités. En fonction de la température atteinte dans le caisson, des dysfonctionnements de capteurs et d'actionneurs présents dans le caisson, dont certains interviennent directement dans la chaîne de sécurité du réacteur, pourraient survenir. À cet égard, lors des premiers essais de qualification (essais de commission C5<sup>2</sup>) de la boucle EP, l'augmentation de la température ambiante du caisson EP a entraîné la perte de la commande des vannes réglantes qui permettent de réguler le débit d'eau dans la boucle.

Compte tenu de cet événement, le CEA a décidé d'installer un échangeur compact air/eau à ailettes (cf. zoom du schéma en annexe 1 du présent avis), d'une puissance de 15 kW, en partie haute du caisson EP, dans l'objectif de maintenir une température d'ambiance dans le caisson EP inférieure à 60°C (seuil haut de température à partir duquel une alarme est déclenchée en salle de commande). Cet échangeur, monté en série du circuit d'eau secondaire de la boucle EP en amont de l'échangeur intermédiaire/secondaire, est raccordé à un nouveau ventilateur installé en remplacement de l'ancien ventilateur présent dans le caisson EP. Par conséquent, la source froide de la boucle EP, initialement utilisée pour ne refroidir que la boucle EP, sert dorénavant à la fois au refroidissement de l'air ambiant du caisson et au refroidissement de la boucle EP. Il est à noter que, au même titre que le circuit d'eau secondaire, le nouvel échangeur à ailettes est constitutif de la deuxième barrière de confinement de la boucle EP.

\*

Conformément à la lettre citée en référence, l'IRSN a évalué les capacités de refroidissement du circuit d'eau secondaire de la boucle EP lorsque le réacteur CABRI fonctionne à une puissance de 10 MW (puissance retenue pour la première série d'essais expérimentaux) et à la puissance maximale de 25 MW prévue par le référentiel de sûreté de l'installation (régime permanent). Par ailleurs, l'IRSN a examiné les exigences de conception retenues pour l'échangeur à ailettes, la température de consigne du groupe froid et les conditions de repli de la boucle EP prévues par le CEA en cas d'atteinte du seuil haut de température dans le caisson EP.

De l'examen des dispositions présentées par l'exploitant dans les éléments transmis en support de la déclaration de modification, complété par les informations recueillies au cours de l'instruction, l'IRSN retient les éléments développés ci-après.

Pour ce qui concerne les capacités de refroidissement du circuit d'eau secondaire de la boucle EP, l'échangeur intermédiaire/secondaire est dimensionné pour évacuer une puissance thermique de 75 kW. Au cours d'instruction, le CEA a précisé que lorsque le réacteur expérimental CABRI fonctionne

---

<sup>2</sup> Les essais C5 concernent les essais de mise en service et de performance à chaud de la boucle EP.

à sa puissance maximale autorisée de 25 MW en régime permanent, la puissance à évacuer par cet échangeur est de 49 kW.

Cette estimation tient compte :

- de la puissance dégagée par le crayon combustible d'essai ;
- de l'échauffement des structures ;
- de la puissance dégagée par la pompe primaire et celle du circuit intermédiaire ;
- des pertes thermiques qui s'évacuent hors du caisson ;
- de la puissance à évacuer pour refroidir l'air ambiant du caisson EP (puissance estimée à partir d'un bilan d'énergie réalisé lors d'un essai en convection naturelle de la boucle EP i.e. avec le caisson ouvert).

Le CEA conclut à une marge de 26 kW entre la puissance maximale à évacuer lorsque le réacteur CABRI fonctionne à sa puissance maximale de 25 MW et la puissance retenue pour le dimensionnement de l'échangeur intermédiaire/secondaire.

L'IRSN considère que l'estimation, par le CEA, de la puissance à évacuer prend en compte de manière satisfaisante l'ensemble des sources de chaleur nécessitant un refroidissement par la source froide de la boucle EP. **Par conséquent, l'IRSN considère que le dimensionnement du nouvel échangeur à ailettes est adapté. En particulier, lorsque le réacteur fonctionne à sa puissance maximale de 25 MW, et *a fortiori* à la puissance de 10 MW retenue pour la première série d'essais, le refroidissement de l'air ambiant du caisson EP par la source froide de la boucle EP n'est pas de nature à remettre en cause le refroidissement des différents circuits et équipements de cette dernière, ce qui est satisfaisant.**

Par ailleurs, les exigences de conception et le classement de sûreté retenus pour l'échangeur à ailettes, identiques à ceux du caisson EP et de la tuyauterie du circuit d'eau secondaire, n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN. En outre, le CEA a précisé que les opérations de raccordement de l'échangeur au circuit secondaire de la boucle EP ont fait l'objet d'un bilan qualité (contrôle d'étanchéité, épreuve hydrostatique et contrôle des soudures notamment). **Ceci est satisfaisant.**

La température de consigne du groupe froid est fixée dans le rapport de sûreté de l'installation CABRI à une valeur de 30°C. Au cours de l'instruction, le CEA a indiqué qu'il modifiera le rapport de sûreté pour préciser les valeurs minimales et maximales de la température de consigne qu'il aura définies à l'issue des essais de commission C5. Sur ce point, l'IRSN note que les températures minimales et maximales de consigne que le CEA envisage de retenir à ce stade sont respectivement de 15°C et 40°C. **En tout état de cause, le CEA devrait préciser dans le rapport de sûreté les valeurs minimales et maximales de la température de consigne du groupe froid qu'il aura définies à l'issue des essais de commission C5. Ceci fait l'objet de l'observation formulée en annexe 3 du présent avis.**

Quatre capteurs de température, implantés dans le caisson EP, mesurent en permanence la température d'ambiance dans ce dernier. Lorsqu'une température de 60°C (seuil haut) est mesurée par l'un de ces quatre capteurs, une alarme reportée en salle de commande se déclenche. Le CEA a indiqué au cours de l'instruction que, en cas d'alarme, un point d'arrêt est prévu et que, en fonction

des différentes situations décrites dans les procédures de conduite (dont certaines restent encore à rédiger), il procédera ou non, au repli de la boucle EP. L'IRSN note que les premiers essais de commission C5 ont montré que les hétérogénéités de répartition de température dans le caisson (effets locaux), liées notamment à la présence des colliers chauffants et de la tuyauterie primaire, peuvent ne pas être perceptibles par ces capteurs. Par ailleurs, étant donné que le caisson EP abrite des matériels (capteurs, actionneurs,...) qui interviennent dans la chaîne de sécurité du réacteur, notamment caractérisés par une plage de qualification en température, il convient que les températures de l'air entourant ces matériels, atteintes lors du fonctionnement de la BEP, ne remettent pas en cause la fonctionnalité de ces matériels. Par conséquent, **l'IRSN estime nécessaire que le CEA définisse et justifie, préalablement à la réalisation du premier essai expérimental, une température d'ambiance du caisson EP dont l'atteinte enclenchera le repli de la boucle EP. Cette température, que le CEA devra établir en tenant compte du retour d'expérience des essais de commission C5, ainsi que la conduite à tenir en cas d'atteinte de celui-ci, devront figurer dans les règles générales d'exploitation. Ceci fait l'objet de la recommandation formulée en annexe 2 du présent avis.**

\*

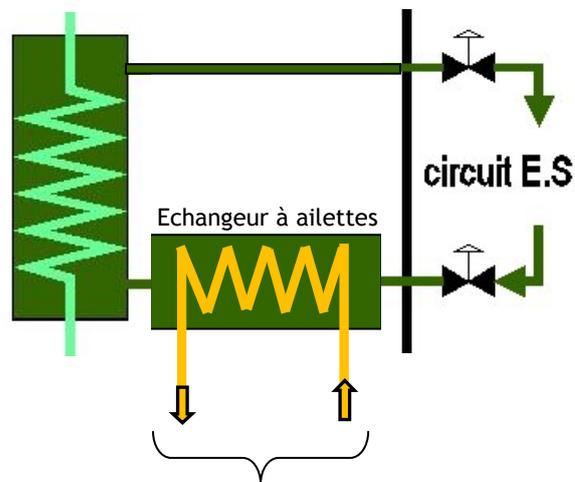
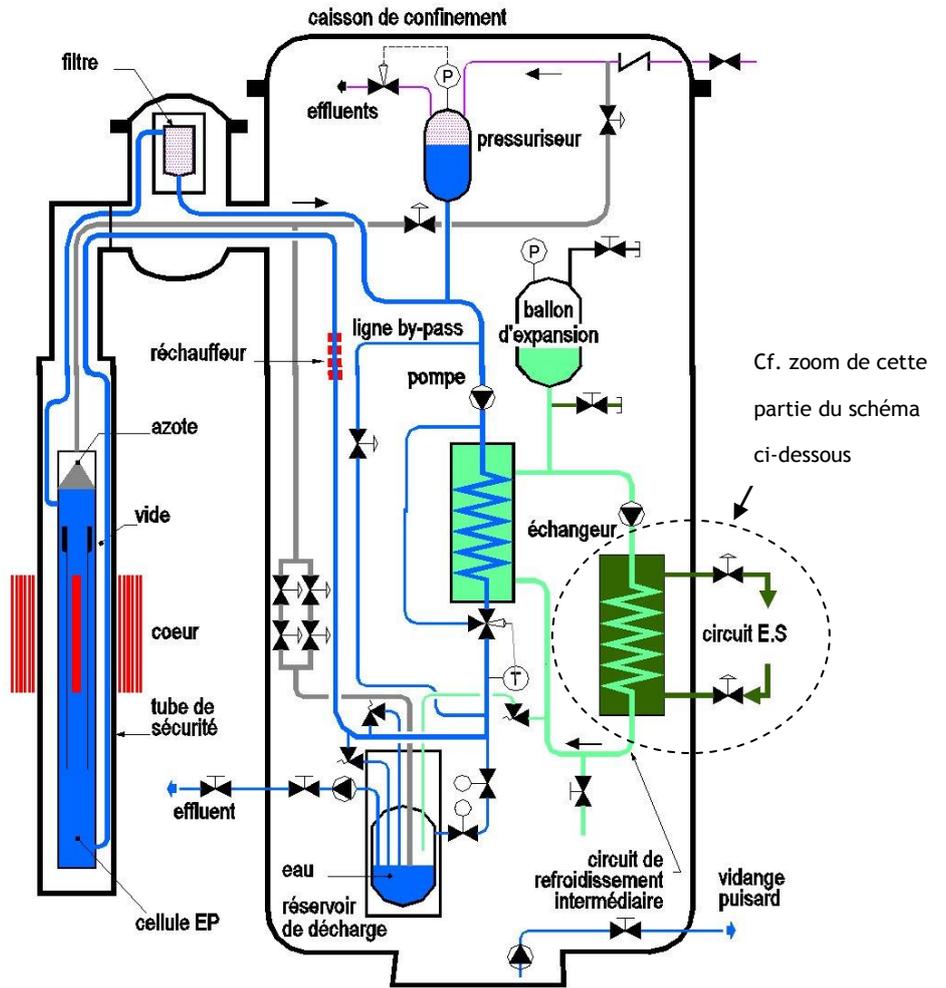
En conclusion de son évaluation, l'IRSN considère que le nouvel échangeur implanté dans le caisson EP, objet de la modification déclarée par le CEA, peut être mis en service lors des essais de commission C7. Pour ce qui concerne le premier essai expérimental pour lequel un crayon combustible d'essai sera introduit dans la boucle EP, l'IRSN considère que le CEA doit prendre en compte, préalablement à la réalisation de l'essai, la recommandation formulée en annexe 2 au présent avis.

Pour le Directeur général et par délégation,

Franck BIGOT

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

Schéma de la boucle et du caisson EP



Principe de la modification  
matérielle

**Recommandation**

L'IRSN recommande que le CEA définisse et justifie, préalablement à la réalisation du premier essai expérimental, une température d'ambiance du caisson EP dont l'atteinte enclenchera le repli de la boucle EP. Cette température, que le CEA devra établir en tenant compte du retour d'expérience des essais de commission C5, ainsi que la conduite à tenir en cas d'atteinte de celui-ci, devront figurer dans les règles générales d'exploitation.

**Observation**

Le CEA devrait préciser dans le rapport de sûreté les valeurs minimales et maximales de la température de consigne du groupe froid qu'il aura définies à l'issue des essais de commission C5.