

## Note technique

### Anomalie de la cuve du réacteur EPR de Flamanville

#### 1. Nature et origine de l'anomalie

La cuve d'un réacteur est un équipement sous pression en acier essentiel pour la sûreté nucléaire. Elle contient le combustible nucléaire.

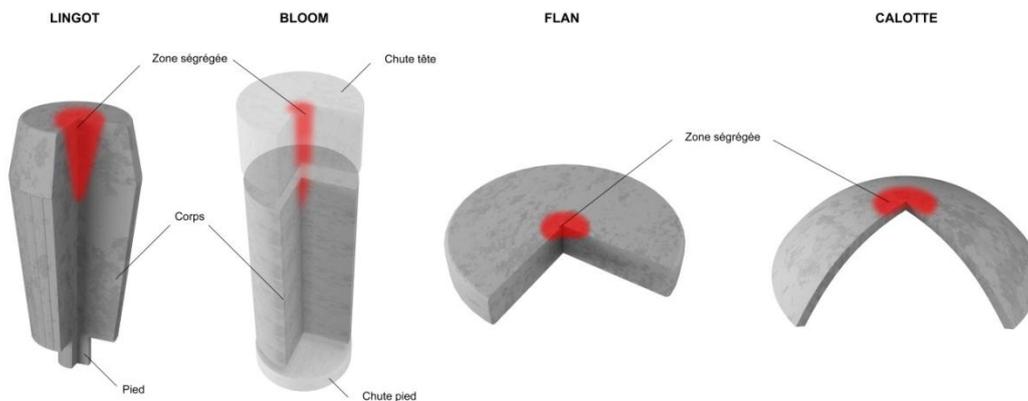


Circuit primaire principal du réacteur EPR



Cuve du réacteur EPR

L'anomalie concerne le fond et le couvercle de la cuve. L'acier de ces composants n'a pas la composition chimique attendue. Au cours de leur fabrication par forgeage, l'usine Creusot Forge d'Areva NP n'a pas suffisamment éliminé une zone qui contient naturellement un excès de carbone (en rouge sur les schémas ci-dessous). Cette zone se retrouve donc au centre des pièces finales.



Étapes successives de forgeage du fond et du couvercle de la cuve

Zone présentant un excès de carbone en rouge

## **2. Risques liés à l'anomalie**

Un excès de carbone conduit à diminuer la résistance de l'acier à la propagation d'une fissure, c'est-à-dire sa ténacité. Le risque lié à l'anomalie est donc qu'une fissure présente dans le fond ou le couvercle de la cuve se propage et conduise à la rupture brutale de l'équipement. Une rupture de la cuve conduirait à ce que le refroidissement du combustible nucléaire ne soit plus assuré. La démonstration de sûreté doit ainsi démontrer que la rupture de la cuve n'est pas possible.

## **3. Justifications apportées par Areva NP et EDF**

Areva NP et EDF ont mené une analyse du risque de rupture brutale du fond et du couvercle de la cuve. Cette analyse vise à justifier que le matériau est suffisamment résistant pour pouvoir exclure le risque d'amorçage d'une potentielle fissure, sous l'effet des chargements thermomécaniques que ces pièces peuvent subir durant le fonctionnement normal et accidentel du réacteur.

Cette analyse repose sur l'évaluation de trois paramètres :

- les dimensions d'une fissure potentiellement présente dans le fond et le couvercle de la cuve du réacteur EPR de Flamanville ;
- les propriétés mécaniques de l'acier comportant un excès de carbone ;
- les chargements thermomécaniques que peuvent subir le fond et le couvercle de la cuve durant le fonctionnement du réacteur.

### **3.1 Fissure potentiellement présente dans le fond et le couvercle de la cuve**

Areva NP a justifié que le procédé de fabrication utilisé ne peut pas créer de fissure préjudiciable à la qualité des pièces.

Areva NP a également réalisé des contrôles non destructifs surfaciques et volumiques afin de détecter les fissures présentes dans le fond et le couvercle de la cuve. Ces contrôles n'ont pas mis en évidence de défaut de taille supérieure à la limite de détection. Aussi, dans la suite de ses justifications, Areva NP a postulé que le plus petit défaut détectable était présent dans les deux pièces.

L'ASN a mandaté un organisme indépendant pour surveiller la réalisation de ces contrôles.

### **3.2 Caractérisation des propriétés mécaniques de l'acier du fond et du couvercle de la cuve**

Areva NP a mené un large programme d'analyses chimiques et d'essais mécaniques sur des composants fabriqués dans les mêmes conditions que ceux de la cuve du réacteur EPR de Flamanville et a justifié que ces composants sont représentatifs de ceux de Flamanville. L'ASN a mandaté des organismes indépendants pour surveiller la réalisation de ce programme et a veillé à ce qu'il soit réalisé, pour l'essentiel, par des laboratoires indépendants du groupe Areva.

Les résultats de ce programme montrent que la ténacité du matériau est moins bonne que prévue lors de la conception.

### 3.3 Évaluation des chargements thermomécaniques

L'ensemble des situations pouvant solliciter le fond et le couvercle de la cuve a été recensé et caractérisé. Ces sollicitations sont principalement des chocs thermiques dus à des variations rapides de la température du fluide contenu dans la cuve. Ces chocs thermiques peuvent intervenir lors du fonctionnement normal (lors des phases de démarrage ou d'arrêt du réacteur par exemple), ou accidentel (en cas de brèche sur le circuit primaire par exemple).

### 3.4 Conclusions de l'analyse d'Areva NP

Areva NP a comparé la ténacité de l'acier aux contraintes induites par les chargements thermomécaniques sur une fissure, en intégrant un coefficient de sécurité et a calculé un facteur de marge :

$$F_m = \frac{\text{Ténacité}}{\text{Coefficient de sécurité} \times \text{Contrainte}}$$

Les facteurs de marge sont supérieurs à 1, ce qui assure la résistance mécanique du fond et du couvercle de la cuve. L'excès de carbone les réduit toutefois sensiblement.

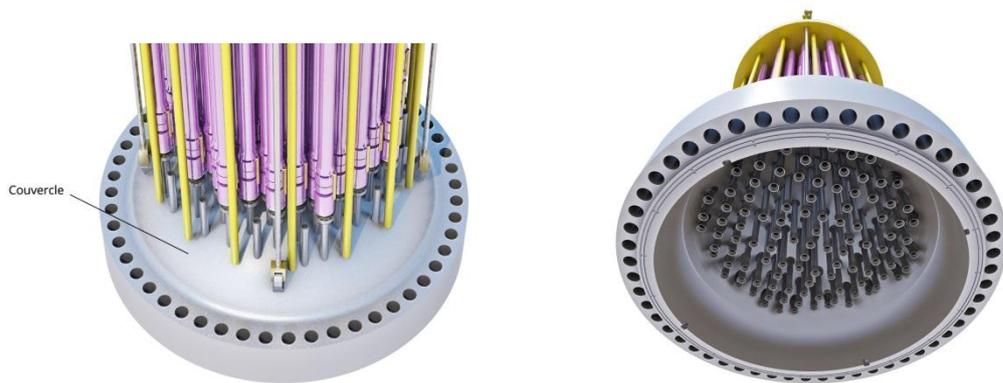
## 4. Position de l'ASN

La démonstration de sûreté nucléaire exclut la rupture de la cuve sur la base des dispositions particulièrement exigeantes retenues en matière de conception, de fabrication et de suivi en service visant à prévenir sa rupture.

L'ASN considère que les caractéristiques mécaniques du fond et du couvercle de la cuve sont suffisantes au regard des sollicitations auxquelles ces pièces sont soumises, y compris en cas d'accident.

Pour autant, l'anomalie de la composition chimique de l'acier conduit à une diminution des marges vis-à-vis du risque de rupture brutale. L'ASN considère par conséquent nécessaire qu'EDF mette en œuvre des contrôles périodiques supplémentaires afin de s'assurer de l'absence d'apparition ultérieure de défauts. L'ASN constate que de tels contrôles sont réalisables sur le fond de la cuve et considère qu'ils doivent donc être mis en œuvre.

En revanche, la faisabilité technique de contrôles similaires sur le couvercle de la cuve n'est pas acquise. L'ASN considère donc que l'utilisation de ce couvercle doit être limitée dans le temps. Elle note que la fabrication d'un nouveau couvercle prendrait de l'ordre de sept ans. Un nouveau couvercle pourrait ainsi être disponible d'ici fin 2024. Dans ces conditions, l'ASN considère que le couvercle actuel ne pourra pas être utilisé au-delà de cette date.



Accessibilité des surfaces externe (à gauche) et interne (à droite)  
à contrôler du couvercle de la cuve

\* \* \*