

<b>EDF</b> <i>Electricité de France</i>	CENTRALES	<b>RAPPORT DÉFINITIF DE SÛRETÉ</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD2	VOLUME : III
	NUCLÉAIRES		CHAPITRE : 3
Palier 1300 MWe			SECTION : 4
			PAGE : 3

### III-3.4. ENCEINTE DE CONFINEMENT

#### 1. INTRODUCTION

L'enceinte de confinement est le principal composant de la 3<sup>ème</sup> barrière. Elle est constituée par deux ouvrages superposés : la paroi interne et la paroi externe.

La paroi interne assure l'essentiel du confinement.

L'espace entre les 2 parois est maintenu en dépression par le système EDE de manière à collecter et filtrer les fuites éventuelles avant rejet à l'extérieur.

Contribuent également au confinement des substances radioactives :

- Les autres composants de la 3<sup>ème</sup> barrière (voir [III-3.1.](#)),
- Les circuits et équipements de l'extension de la 3<sup>ème</sup> barrière (voir [III-3.1.](#)),

L'enceinte de confinement abrite et supporte principalement la chaudière nucléaire (circuit primaire avec le réacteur). Elle isole le circuit primaire et donc le combustible nucléaire de l'extérieur.

L'enceinte de confinement assure ainsi en partie :

- le confinement vis-à-vis de l'extérieur (site, nappe phréatique) des substances radioactives libérées dans l'enceinte interne par la chaudière nucléaire en fonctionnement normal et en fonctionnement accidentel, tel que : perte de réfrigérant primaire, rupture de tuyauterie vapeur ou chute d'un assemblage combustible irradié en cours de manutention dans l'enceinte,
- la protection de l'ensemble du site contre les rayonnements des sources contenues dans celle-ci tant en conditions de fonctionnement normal qu'en cas d'accident,
- la protection du circuit primaire vis-à-vis des intempéries et des agressions externes (chute d'avion, explosion...).

L'enceinte de confinement, en tant qu'élément principal de la 3<sup>ème</sup> barrière doit contribuer à limiter l'échappement vers l'extérieur des substances radioactives aussi bien en fonctionnement normal qu'en situation accidentelle dans le but d'assurer la sécurité des populations, en limitant les conséquences radiologiques des rejets radioactifs à des valeurs acceptables. L'efficacité de la 3<sup>ème</sup> barrière de l'enceinte de confinement et les systèmes associés fait l'objet d'essais et de contrôles avant le premier démarrage et en exploitation, notamment en ce qui concerne le niveau global d'étanchéité, l'efficacité des systèmes de filtration, la résistance aux sollicitations en fonctionnement normal et accidentel.

<b>EDF</b> <i>Electricité de France</i>	CENTRALES	<b>RAPPORT DÉFINITIF DE SÛRETÉ</b>	VOLUME : III
	NUCLÉAIRES		CHAPITRE : 3
Palier 1300 MWe		<b>- RAPPORT STANDARD -</b>	SECTION : 4
		Edition VD2	PAGE : 4

L'aspersion d'eau froide dans l'enceinte interne (système EAS) participe au confinement après un accident de la chaudière (rupture de la 2<sup>ème</sup> barrière ou d'une tuyauterie vapeur) :

- en réduisant la pression de vapeur régnant dans l'enceinte et en maintenant la pression à une valeur basse, ce qui diminue très notablement les fuites à travers l'enceinte,
- en évacuant la puissance thermique dégagée dans l'enceinte par le combustible,
- en assurant le rabattement des iodés radioactifs libérés en cas de rupture de la 1<sup>ère</sup> barrière (gainage du combustible).

Les équipements du système d'aspersion d'eau dans l'enceinte de confinement sont installés dans les locaux du Bâtiment des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS).

## **2. PREVENTION**

### **2.1. CONCEPTION**

L'enceinte de confinement du circuit primaire est constituée par 2 parois concentriques, l'une en béton précontraint assurant le confinement primaire, l'autre en béton armé assurant la collecte des fuites de la paroi interne afin d'en assurer la filtration avant leur rejet à l'extérieur et la protection contre les agressions externes.

#### Etude des contraintes et des efforts appliqués

Pour l'ensemble de la paroi interne, le dimensionnement porte sur les effets de la pression et de la température pendant toute la durée de l'accident enveloppe de perte de réfrigérant primaire (APRP). L'étude porte également sur la tenue au séisme majoré de sécurité (SMS).

Pour la paroi externe, la conception prend en compte les sollicitations provenant du séisme majoré de sécurité (SMS), des agressions de l'environnement (conditions météorologiques extrêmes, chute d'avions, explosions, etc.), des écarts maximaux de pression entre l'espace entre les 2 parois et l'extérieur. Les reprises des efforts de supportage de certaines tuyauteries (principalement eau et vapeur) sont également étudiées.

#### Traversées de l'enceinte

Les traversées de tuyauteries et tout particulièrement les traversées de tuyauteries de vapeur et d'eau alimentaire induisent des efforts ponctuels sur la paroi interne où elles constituent un point fixe pour les tuyauteries.

Des zones correspondantes sont, quand c'est nécessaire, renforcées pour tenir compte des contraintes engendrées en service normal par les dilatations thermiques des tuyauteries et en situation accidentelle par la rupture d'une tuyauterie traversante.

La réalisation mécanique des traversées (pièces de raccordement) est telle que les efforts sont transmis au béton sans mettre en cause l'étanchéité de l'ensemble tuyauterie-fourreau.

Certaines tuyauteries sont munies, à la traversée de l'enceinte, d'un tube de confinement pour assurer la protection de l'espace entre les 2 parois contre les surpressions en cas de rupture de tuyauterie dans cet espace (voir [F-II-1.9.a13](#). et [F-II-1.9.b13](#)).

<b>EDF</b> <i>Electricité de France</i>	CENTRALES	<b>RAPPORT DÉFINITIF DE SÛRETÉ</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD2	VOLUME : III
	NUCLÉAIRES		CHAPITRE : 3
Palier 1300 MWe			SECTION : 4
			PAGE : 5

### Technologie

L'exposition de l'enceinte aux rayonnements, tant en exploitation qu'en cas d'accident de perte de réfrigérant primaire, ne conduit pas à prendre de précautions particulières au stade de la conception de l'enceinte en béton.

Par contre, le comportement aux rayonnements et en température des peintures et des revêtements qui y sont appliqués, en particulier les enduits et revêtements de complément d'étanchéité du béton en matériaux composites, ainsi que des joints d'étanchéité qui font partie intégrante de la troisième barrière d'étanchéité (joints du tampon de l'accès matériel, du tube de transfert, des sas pour le personnel) a été examiné.

Les options retenues pour la définition des traversées mécaniques et électriques sont indiquées au chapitre correspondant (voir [II-4.2.5](#)).

### Protection biologique

La protection biologique assurée par l'enceinte vis-à-vis de l'extérieur, tant en exploitation normale qu'en cas d'accident de perte de réfrigérant primaire, ne conduit pas à prendre de précautions particulières, compte tenu des épaisseurs de béton de l'ouvrage nécessitées par la tenue mécanique.

## **2.2. CONSTRUCTION**

### Béton

Un programme d'essai permet de vérifier la qualité du béton : ouvrabilité, résistance à la compression, résistance à la traction, mesure du module d'élasticité, mesure du coefficient de dilatation thermique et mesure du coefficient de perméabilité.

### Traversée de tuyauteries

Les traversées eau-vapeur imposent les contraintes de plus fort niveau. Leur conception a été choisie pour permettre de monter en un seul bloc la pièce de raccordement et un tronçon de tuyauterie. Les soudures de liaison sont contrôlées en totalité. Des dispositions sont prises pour permettre des contrôles périodiques en exploitation.

### Précontrainte de la paroi interne

Le transport et le stockage sur le site des armatures de précontrainte sont effectués de façon à éviter toute possibilité de détérioration.

La mise en tension des armatures de précontrainte donne lieu à l'établissement d'une fiche caractéristique de chaque câble.

L'échelonnement des opérations est tel qu'il s'écoule moins d'un mois entre l'enfilage et la mise en tension des câbles de précontrainte et moins de 15 jours entre celle-ci et la mise en oeuvre de sa protection définitive par un coulis de ciment.

<b>EDF</b> <i>Electricité de France</i>	CENTRALES	<b>RAPPORT DÉFINITIF DE SÛRETÉ</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD2	VOLUME : III
	NUCLÉAIRES		CHAPITRE : 3
Palier 1300 MWe			SECTION : 4
			PAGE : 6

### Essais d'étanchéité et épreuves de résistance

Préalablement à la mise en service, il est procédé aux essais suivants :

- essai d'isolement des traversées de tuyauteries et vérification de l'étanchéité de toutes les traversées,
- épreuve globale de résistance et d'étanchéité avec mesure du taux de fuite global.

Périodiquement, en exploitation, ces essais et épreuves sont repris (voir [II-4.2.3](#)).

### **3. SURVEILLANCE**

Un système d'auscultation est implanté sur l'enceinte, il permet des mesures :

- topographiques,
- de la déformée globale du fût et du radier,
- de déformations locales (thermocouples et témoins sonores) locales dans le béton,
- de tension résiduelle de câbles de précontrainte. Le système d'origine (dynamomètres) n'est plus opérationnel mais la tension peut être connue par un pesage par décollement après mise en tension (méthode du lift off),

Dans le cadre de la maintenance, il contribue à surveiller le comportement mécanique de la structure, l'évolution de la précontrainte et la mesure des déplacements.

Une surveillance périodique de l'étanchéité des parois interne et externe, en exploitation, comme de la disponibilité des équipements du système d'aspersion est réalisée. De même des essais "d'isolement enceinte" sont réalisés. Les réparations éventuellement nécessaires à la suite de ces surveillances sont effectuées.

De plus, un système, appelé SEXTEN, de surveillance en continu de l'étanchéité de la paroi interne est installé. Ce système automatique remplace la méthode manuelle, qui toutefois, reste utilisable en cas d'indisponibilité du système automatique. Cependant, la méthode manuelle ne constitue qu'un complément à la méthode automatique et n'est utilisée que temporairement en cas de perte de celle-ci.

Les joints d'étanchéité des portes des sas pour le personnel et tampon de l'accès matériel sont vérifiés par pressurisation.

En exploitation, il est assuré une surveillance de la température, de la pression et du degré hygrométrique à l'intérieur de l'enceinte.

Une instrumentation sismique permettant d'avoir accès aux accélérations maximales survenues lors d'un éventuel séisme permet de confirmer l'aptitude de l'enceinte et des matériels qu'elle contient à remplir leur fonction après séisme.

<b>EDF</b> <i>Electricité de France</i>	CENTRALES	<b>RAPPORT DÉFINITIF DE SÛRETÉ</b>	VOLUME : III
	NUCLÉAIRES		CHAPITRE : 3
Palier 1300 MWe		<b>- RAPPORT STANDARD -</b>	SECTION : 4
		Edition VD2	PAGE : 7

#### **4. MOYENS D'ACTION**

L'enceinte de confinement et les systèmes associés est la dernière barrière vis-à-vis des populations en cas d'accident de perte de réfrigérant. La sûreté de l'ensemble repose sur la surveillance qui en est faite.

Le système d'aspersion d'eau dans l'enceinte, en réduisant la température et la pression par le refroidissement, est nécessaire par le fait qu'il permet de réduire les charges appliquées à l'enceinte (couple pression-température). La redondance établie au niveau de ce système et de ses chaînes de commande permet d'assurer que le système est toujours opérationnel.

Dès qu'une situation accidentelle de la chaudière nucléaire est détectée (automatiquement par le système de protection du réacteur), les actions de sauvegarde sont entreprises afin d'assurer le confinement des substances radioactives libérées dans l'enceinte à la suite de l'accident. Les actions de sauvegarde sont principalement les suivantes en cas d'accident de perte de réfrigérant primaire :

- arrêt automatique réacteur provoquant l'introduction dans le réacteur des grappes de commande,
- maintien du réacteur sous critique par l'introduction d'eau borée dans le cœur du réacteur par le système d'injection de sécurité (RIS),
- évacuation de la puissance résiduelle par la circulation d'eau dans le cœur du réacteur assurée par le système d'injection de sécurité (RIS),
- isolement des traversées des tuyauteries non nécessaires pour les actions de sauvegarde,
- réduction de la pression de vapeur dans l'enceinte par aspersion d'eau froide par le système EAS dans le but de condenser la vapeur d'eau,
- évacuation à l'extérieur de l'enceinte de la puissance résiduelle libérée dans l'enceinte par le système d'aspersion EAS,
- confirmation du fonctionnement des circuits permettant l'évacuation à la source froide de la puissance résiduelle extraite de l'enceinte par le système EAS (système de réfrigération intermédiaire RRI et système d'eau brute secourue SEC),
- basculement sur filtration iode du système de mise en dépression de l'espace entre enceintes (EDE),
- mise en service des groupes électrogènes de secours, afin d'assurer l'alimentation électrique des auxiliaires des systèmes de sauvegarde, dans l'éventualité de la perte des alimentations électriques externes.

Toutes les actions de sauvegarde mentionnées ci-dessus sont initiées automatiquement par le système de protection du réacteur et contrôlées depuis la salle de commande.

<b>EDF</b> <i>Electricité de France</i>	CENTRALES	<b>RAPPORT DÉFINITIF DE SÛRETÉ</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD2	VOLUME : III
	NUCLÉAIRES		CHAPITRE : 3
Palier 1300 MWe			SECTION : 4
			PAGE : 8

Tous les systèmes associés au rôle de confinement des substances radioactives assuré par l'enceinte de confinement en situation accidentelle sont caractérisés par :

- la redondance des fonctions élémentaires (application du critère de défaillance unique),
- la mise en service et le fonctionnement automatique,
- la mise en service manuelle et le contrôle depuis la salle de commande,
- une alimentation électrique redondante des auxiliaires en cas de perte des alimentations électriques internes ou externes,
- l'essai périodique du bon fonctionnement des systèmes de sauvegarde et des performances des installations vis-à-vis des fonctions de sûreté,
- le maintien des fonctions élémentaires en cas de séisme majoré de sécurité (SMS),
- la protection vis-à-vis des agressions :
  - conditions météorologiques extrêmes,
  - projectiles (dont les avions),
  - explosions.