



Diffusé le : Voir code barres ci-dessus

Réf. : ENPRTL030112 A

Département : THEORIE

Rédacteur : F. TRILLAT

Nbre de pages : 26

Domaine d'application : EPR

Nbre d'annexes : 1

Titre : Présentation synthétique de l'EPR

ENPRTL030112	A	← Référence	E230/005801
		Code Projet →	

Type de document : **Note d'étude**

Mots clés : EPR – installation- études de sûreté

Résumé : Cette note constitue une présentation d'ensemble et synthétique de l'EPR. Elle propose une description générale de la conception du réacteur et des principaux systèmes en faisant ressortir les spécificités de l'EPR par rapport aux paliers français actuels.

Rédacteur		Vérificateur		Approbateur			
				Chef d'entité		Chef de rang supérieur	
Nom-Date	Visa	Nom-Date	Visa	Nom-Date	Visa	Nom-Date	Visa
F. TRILLAT 29/04/04		MUSELLEC 29/04/04		FERRIER 04/05/04			

Evolutions des trois derniers indices

Cocher s'il y a changement de méthodologie
 Cocher ici s'il y a évolution des données amont

Indice	Date d'approbation	Motif du changement d'indice	Modifications apportées		

Elaboré sous AQ : OUI		Archivé au FDU : OUI	Copyright EDF
<input type="checkbox"/> Archivage long	<input type="checkbox"/> Confidentiel	L'initiateur établit une liste nominative des destinataires numéroté et ne peut étendre la diffusion sans l'accord de l'initiateur	Chacun d'eux reçoit un exemplaire
<input type="checkbox"/> Dif Restreinte		L'initiateur établit une liste explicite des destinataires Le chef de service d'un destinataire peut étendre la diffusion sous sa responsabilité et dans sa Direction (sur la base d'une liste explicite)	
<input checked="" type="checkbox"/> Accès E D F	<input type="checkbox"/> Accès libre	Ne peut être transmis à l'extérieur d'EDF que par un chef de service	
Document public			
Inventaire protection	Sous famille Synthèse d'études		

SEPTEN

W 003 F

EDF SEPTEN	Note d'étude ENPRTL030112			Indice A	Page 2/26
Présentation synthétique de l'EPR					
FICHE DE GESTION					
Important pour la sûreté (IPS)		OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input checked="" type="checkbox"/>
Document HPIC		OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input checked="" type="checkbox"/>
Vérification	demandée	OUI	<input type="checkbox"/>	Par EDF	<input type="checkbox"/>
Indépendante		NON	<input checked="" type="checkbox"/>	Hors EDF	<input type="checkbox"/>
		En ligne	<input type="checkbox"/>	En cours	<input type="checkbox"/>
		En différé	<input type="checkbox"/>	Effectuée	<input type="checkbox"/>
Responsable vérification (NOM, SERVICE / SOCIÉTÉ) :					
Prédiffusion du présent indice		OUI	<input checked="" type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
Après de : TL, TR, NC, NA, SN, FC, PC, CN, SN, PJR, TE, RE					
Existe-t-il un dossier d'étude associé à la note à cet indice ?		OUI	<input checked="" type="checkbox"/>	NON	<input type="checkbox"/>
Note support à une position technique formalisée du SEPTEN		OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input checked="" type="checkbox"/>
Contrôle linguistique renforcé		OUI	<input type="checkbox"/>	NON	<input checked="" type="checkbox"/>

Présentation synthétique de l'EPR**SYNTHÈSE**

Cette note constitue une présentation synthétique du réacteur EPR. Elle propose une description d'ensemble du réacteur et des principaux systèmes en soulignant les spécificités de l'EPR par rapport aux paliers français actuels.

La rédaction de ce document s'appuie essentiellement sur le BDR 99 ainsi que sur les études issues du contrat RF002 (et RF001 pour l'aspect pilotage). Il présente donc un état des connaissances non figé du réacteur. Une mise à jour de ce document est prévue ultérieurement.

Signalons également que ce document résulte d'une riche collaboration avec les entités suivantes : Projet EPR, NA, NC, FF et TR. Elles en sont ici remerciées.

Par rapport aux paliers 1300 et N4 actuels, les principales spécificités de l'EPR sont les suivantes :

Concernant la conception du réacteur

- Le nombre important d'assemblages (241) qui limite la puissance linéique moyenne en fonctionnement normal à 154,3 W/cm
- Un système de surveillance et de protection 3D du cœur permettant d'améliorer l'utilisation du domaine de fonctionnement

Concernant la conception des systèmes

- Une redondance d'ordre quatre appliquée aux principaux systèmes (injection de sécurité, alimentation des GV, diesels de secours)
- La mise en place d'un refroidissement automatique par les GV en cas d'accident
- Le refroidissement du réacteur à l'arrêt assuré par le système d'injection basse pression
- Le réservoir d'eau d'alimentation de l'injection de sécurité (équivalent bache PTR) placé dans le bâtiment réacteur, évitant ainsi le passage en recirculation sur les puisards

Concernant les études de sûreté

- L'application du concept de fuite avant rupture sur une partie des circuits primaire et secondaire, qui permet d'exclure les cas de grosse brèche guillotine des accidents de dimensionnement (au moins sur le primaire)
- La prise en compte à la conception des accidents graves, avec en particulier une enceinte pouvant résister 12 heures aux conditions de température et de pression sans démarrage du système d'aspersion ainsi qu'un dispositif destiné à récupérer et refroidir le corium en dehors de la cuve
- L'utilisation d'un produit remède à l'Interaction Pastille Gaine (hypothèse actuelle)

Vis-à-vis de l'exploitation

- La conception EPR permet d'augmenter la disponibilité du réacteur, par l'introduction d'un système de limitation (Partial Trip) et en autorisant certaines opérations de maintenance en puissance.

Présentation synthétique de l'EPR

SOMMAIRE

1. Références.....	6
1.1 Données d'entrée	6
1.2 Données de base complémentaires (résultat d'un choix d'hypothèse).....	6
2. Introduction	7
2.1 Contexte	7
2.2 Identification de la demande client.....	7
2.3 Objectif de la note	7
2.4 Démarche adoptée et plan de la note qui en découle	7
3. Principes généraux de conception	7
4. Description de l'installation	8
4.1 Le cœur	8
4.2 Le circuit primaire	12
4.3 Le circuit secondaire	15
4.4 L'enceinte de confinement	16
5. Principaux systèmes de sûreté.....	18
5.1 Présentation générale.....	18
5.2 Injection de sécurité (SIS : Safety Injection System)	19
5.3 Système d'évacuation de la puissance et d'aspersion (CHRS : Containment Heat Removal System).....	20
5.4 Système de borication (EBS : Extra Borating System).....	20
5.5 Refroidissement automatique (partial cooldown)	20
5.6 Alimentation de secours des générateurs de vapeur (EFWS).....	21
6. Autres systèmes de l'EPR	22
6.1 Alimentations électriques.....	22
6.2 Circuit de refroidissement intermédiaire (CCWS : Component Cooling Water System).....	22
6.3 CVCS : Chemical and Volume Control System.....	22
7. Pilotage du réacteur.....	23
7.1 Principes Généraux.....	23
7.2 LCO et Limitations.....	23

Présentation synthétique de l'EPR

8. Conclusion 25

Annexe : Correspondance EPR / 1300 – N4

Présentation synthétique de l'EPR**1. Références****1.1 Données d'entrée**

[1] Fiche de communication ENTTH 2256 du 24 octobre 2002 : "Programme de travail 2003 TH sur l'EPR"

[2] Basic Design Report, Issue February 99

[3] Notes réalisées dans le cadre du contrat RF002 (PSAR)

[4] Dossier de fonctionnement général EPR Note n°2 – Présentation fonctionnelle de la tranche (ECEP / 97091 B)

[5] Core Reactivity Control, note FRAMATOME NFEPDCDC0066 (contrat RF002)

[6] Fuel Management Neutronic Design Report, note FRAMATOME NFEPDCDC0015 (contrat RF002)

1.2 Données de base complémentaires (résultat d'un choix d'hypothèse)**1.2.1 Définies dans des documents internes**

[7] Lettre E-N-T-TH / 02 00755 du 20/06/2002

[8] Rapports de sûreté 900, 1300, N4

Présentation synthétique de l'EPR**2. Introduction****2.1 Contexte**

Le vieillissement des centrales nucléaires actuellement en fonctionnement soulève naturellement la question de leur renouvellement. Pour répondre à cette attente, une coopération a été mise en place entre la France et l'Allemagne. Celle-ci a conduit à la conception du réacteur EPR (European Pressurised Reactor), fruit d'études communes entre les électriciens et industriels français et allemands.

EdF attend actuellement l'accord pour la construction d'un premier réacteur d'ici 2011.

2.2 Identification de la demande client

Cf réf [1].

2.3 Objectif de la note

L'objectif de la note est de disposer d'un document synthétique présentant les principales caractéristiques du réacteur afin de :

- Faciliter l'acquisition de connaissances sur l'EPR et l'analyse ponctuelle de dossiers EPR par des ingénieurs travaillant usuellement sur les réacteurs du parc ;
- D'identifier les points forts et faibles de l'EPR en préparation de la rédaction du Rapport de Sûreté et des instructions avec les autorités de sûreté.

2.4 Démarche adoptée et plan de la note qui en découle

Le document s'attache à décrire la conception du réacteur en soulignant les spécificités de l'EPR par rapport aux réacteurs 1300 et N4.

Les chapitres 3 à 6 décrivent successivement les principes généraux de conception ainsi que les principales caractéristiques du réacteur EPR : cœur, circuit primaire et secondaire, circuits de sauvegarde. Enfin le chapitre 7 présente succinctement les principes de pilotage actuellement envisagés.

3. Principes généraux de conception

Les principes de la conception de l'EPR prennent en compte le retour d'expérience de l'exploitation des paliers actuels, et intègrent simultanément les dernières avancées techniques applicables au nucléaire.

Les principaux objectifs visés sont l'amélioration de la sûreté, des conditions d'exploitation ainsi que des coûts de production.

Pour ce faire, les grandes orientations de l'EPR sont :

- L'amélioration de la disponibilité grâce en particulier à la possibilité de réaliser des opérations de maintenance en exploitation
- L'optimisation à la conception des doses individuelles et collectives des travailleurs
- Une réduction significative du risque de fusion du cœur par :
 - L'amélioration des systèmes utilisés en fonctionnement normal

Présentation synthétique de l'EPR

- Une redondance accrue (ordre 4) et une diversité des systèmes de sauvegarde
- Une séparation physique des trains procurant une meilleure résistance aux agressions
- La prise en considération des accidents graves à la conception
- Un niveau de protection accru vis-à-vis des agressions externes (chute d'avion militaire notamment)

La durée de vie prévue à la conception du réacteur est de 60 ans (au lieu de 40 ans pour les paliers 1300/N4).

Enfin, la conception de l'EPR vise à rechercher une forte capacité à recycler du plutonium.

4. Description de l'installation

L'objectif de l'EPR est de fournir une puissance thermique pouvant atteindre 4500 MW. La conception du matériel est dimensionnée pour cet objectif. Toutefois, la puissance retenue dans les études accidentelles du rapport préliminaire de sûreté EPR est 4250 MWth.

4.1 Le cœur

Le cœur est composé de 241 assemblages combustibles. La structure d'un assemblage combustible est comme sur le parc français actuel celle d'un réseau carré de 17x17 comprenant 265 crayons combustible. Les 24 positions restantes (17x17-265) sont occupées par des tubes guides.

L'instrumentation incore de l'EPR est insérée dans un des tubes guides de grappes, plutôt en périphérie des assemblages. Par conséquent, la présence d'un tube d'instrumentation n'est plus justifiée.

Le plus grand nombre d'assemblages présent sur l'EPR limite la densité de puissance ainsi que la puissance linéique moyenne dans le cœur par rapport aux paliers actuels (154,3 W/cm sur EPR contre 170 W/cm sur palier 1300).

4.1.1 Gestion de combustible

Les principaux objectifs de la conception EPR vis-à-vis du combustible sont :

- un taux de combustion élevé (supérieur à 60 GWj/t contre 52 GWj/t sur le parc actuel)
- un enrichissement combustible compris entre 4,5 et 5 % d'U235 (sur les gestions actuelles du parc il est compris entre 3,7 % et 4,2 %)
- ne pas avoir de contrainte de pilotage liée à l'Interaction Pastille Gaine (IPG)

Pour répondre à ces objectifs, plusieurs gestions de combustible sont envisagées intégrant des longueurs de cycles de 12, 18 voire 22 mois. Les gestions présentées dans le rapport préliminaire de sûreté sont :

- UO2 in/out 18 mois
- UO2 out/in 18 mois
- UO2 in/out 12 mois
- UO2 in/out 22 mois
- MOX 30 % in/out 18 mois (teneur moyenne en Pu de 7 %)

Présentation synthétique de l'EPR**Rappel :**

In/out : configuration de chargement où les assemblages neufs sont placés au milieu du cœur puis migrent en périphérie au cours des cycles (gestions dites faibles fuites)

Out/in : les assemblages neufs sont chargés en périphérie puis migrent vers l'intérieur du cœur.

La gestion de référence du rapport préliminaire de sûreté pour l'EPR est de type UO2 in/out 18 mois. Son étude couvre l'ensemble des cycles jusqu'à l'équilibre (pour les autres gestions, seul le cycle à l'équilibre est étudié). Néanmoins, les études accidentelles génériques actuelles sont réalisées pour couvrir l'ensemble des gestions prévues.

Concernant l'IPG, l'hypothèse actuelle repose sur la disponibilité d'un combustible dit "remède à l'IPG" à l'échéance de la mise en œuvre de la gestion. L'objectif du produit remède étant de ne pas avoir de contrainte IPG en exploitation et de limiter (voire supprimer) les études IPG. L'option actuellement retenue repose sur un dopage à l'oxyde de chrome des pastilles UO2.

La disponibilité d'un produit remède à l'échéance de la mise en service du réacteur n'est pas certaine aujourd'hui. Compte tenu du REX 1300 Galice, l'IPG pourrait ne pas être limitatif en puissance linéique. Toutefois, des limitations dans les STE pourraient s'avérer nécessaires selon le mode de pilotage retenu, en particulier pour le fonctionnement à puissance réduite.

4.1.2 Contrôle de la réactivité

- *Le bore*

L'utilisation de bore naturel enrichi en bore 10 est prévu afin de limiter les concentrations en bore dans le primaire en début de vie. Ceci pour limiter les contraintes d'exploitation et de sûreté (risque de coefficient de température du modérateur positif, problème de cristallisation du bore dans les bâches de stockage...). Elle permet également de limiter le volume des bâches de stockage ainsi que la corrosion du circuit primaire. Un enrichissement en bore 10 de 31.3% pour l'UO2 et de 33 % pour le MOX est prévu (le bore naturel n'en contient que 20 %).

Le tableau ci-dessous donne pour indication les concentrations en bore naturel en puissance et en arrêt à chaud ainsi que les marges d'antiréactivité en arrêt à chaud pour des cycles à l'équilibre (valeurs issues des références (valeurs issues des réf [5] et [6])).

	UO2 18 M IN/OUT	UO2 18 M OUT/IN	UO2 12 M IN/OUT	UO2 22 M IN/OUT	MOX 18 M IN/OUT
Cb, début de vie (équilibre Xe), Keff = 1, 100 % PN	1715 ppm	1822 ppm	1239 ppm	1600 ppm	1917 ppm
Cb, arrêt à chaud, début de vie (sans incertitude)	1163 ppm	1525 ppm	609 ppm	1095 ppm	1567 ppm
Marge d'anti-réactivité, fin de vie, arrêt à chaud 303.3 °C, ttes grappes insérées - 1	4859 pcm	3756 pcm	4960 pcm	4597 pcm	3272 pcm

Présentation synthétique de l'EPR

• *Les grappes de contrôle*

Sur l'EPR, l'implantation de 89 grappes de contrôle identiques dites grappes noires est prévue dans le cœur. Il n'existe pas de grappes grises comme c'est le cas sur 1300 et N4. L'augmentation du nombre de grappes par rapports au parc actuel augmente la marge d'arrêt d'environ 1000 pcm. Celle-ci est dimensionnée pour garantir la sous-criticité du réacteur sans action de borication conjointe à la fin du refroidissement automatique (partial cooldown) en cas d'accident.

Remarque sur les temps de chute des grappes :

La composition actuellement prévue des grappes de contrôle est l'AIC-B4C avec un mécanisme de commande de type KONVOY. Avec cette conception, la masse de l'ensemble tige + grappe sur l'EPR est de seulement 96 kg, contre 117/121 kg sur 1300/N4. Ce déficit de masse se traduit par des temps de chute de grappes trop élevés sur l'EPR en particulier en cas de séisme (calculs réalisés avec la méthodologie N4). Les solutions envisageables sont :

- soit d'alourdir la grappe en remplaçant l'AIC-B4C par l'Hafnium
- soit d'alourdir la tige de commande.

La mise en œuvre d'une grappe Hafnium est jugée non compatible avec un démarrage de l'EPR en 2011. La possibilité d'augmentation la masse de la tige est actuellement à l'étude.

• *Poisons consommables*

Comme pour les paliers actuels, il s'agit d'oxyde de gadolinium Gd_2O_3 , présent dans une partie des crayons du cœur. Sur l'EPR, la teneur en Gd envisagée est de 3 % (contre 2.5 % sur les gestions actuelles et futures du parc) et son utilisation est prévue sur l'ensemble des assemblages.

4.1.3 L'instrumentation du cœur

4.1.3.1 L'instrumentation externe

Son principe est similaire à celui des paliers 1300 / N4 actuels. Des capteurs situés à la périphérie du réacteur mesurent le flux neutronique selon trois gammes : niveau source, niveau intermédiaire et niveau de puissance.

4.1.3.2 L'instrumentation interne

Elle se distingue largement de l'instrumentation interne des réacteurs 1300 ou N4. Elle comprend :

- Une instrumentation interne **fixe** qui mesure la densité locale de puissance (détecteurs de neutrons répartis axialement)

Cette instrumentation **spécifique à l'EPR** fournit au système de protection et de surveillance les informations nécessaires aux calculs des paramètres importants pour la sûreté, principalement le facteur de point chaud et le DNBR. Douze assemblages combustibles sont ainsi instrumentés, découpant le cœur en douze zones radiales. Chaque zone est surveillée par six détecteurs (collectrons) répartis sur la hauteur des assemblages. Ces collectrons sont calibrés périodiquement (tous les 15 jours) à partir de l'instrumentation interne mobile (aérobali).

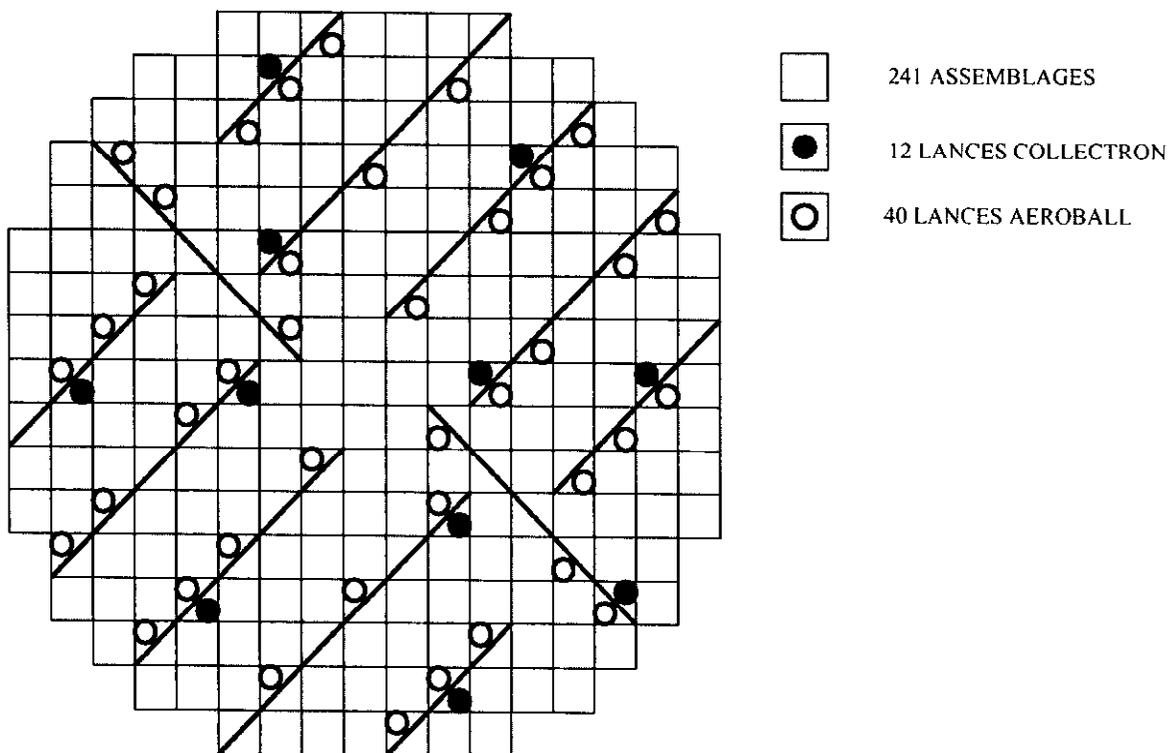
Sur les paliers actuels (type 1300 et N4), cette surveillance est réalisée par l'instrumentation externe.

Présentation synthétique de l'EPR

- Une instrumentation interne **mobile** fournissant les mesures de référence pour vérifier la conformité du cœur et calibrer l'instrumentation en ligne (système aeroball).

Cette instrumentation permet de réaliser les cartes de flux qui définissent la distribution axiale de puissance de chaque assemblage. Contrairement aux paliers actuels, elle est introduite dans le réacteur par le couvercle de cuve. **Il n'existe donc plus de traversée en fond de cuve sur l'EPR** (cf 4.2.2). Le nombre d'assemblages instrumentés est de 40 (au lieu de 58 sur le 1300). L'activité cœur est mesurée sur des billes en acier+vanadium propulsées au sein des assemblages par un gaz porteur (système aeroball). Ce système permet d'élaborer une carte de flux en **environ 15 min** (contre 2h30 sur le 1300).

- Des thermocouples servant essentiellement à mesurer la marge à la saturation en situation post accidentelle.

**Représentation de l'instrumentation interne du cœur**

Présentation synthétique de l'EPR**4.1.4 Tableau récapitulatif**

Le tableau ci-après reprend quelques caractéristiques du cœur EPR, ainsi que celles des réacteurs français 4 boucles 1300 et N4 pour comparaison.

	EPR	N4	1300
Puissance thermique	4250-4500 MWth	4250 MWth	3817 MWth
Puissance électrique	1450-1550 MWe	1450 MWe	1300 MWe
Nombre d'assemblages	241	205	193
Type d'assemblages	17x17	17x17	17x17
Nb de crayons par assemblage	265	264	264
Hauteur active des crayons	4200 mm	4267 mm	4267 mm
Nb grappes de contrôle	89 gpes noires	73 dont 65 noires 8 grises	65 dont 53 gpes noires 12 gpes grises
Plin moyenne (W/cm)	154.3	179	170.5
Plin max (W/cm)	450 W/cm	457 W/cm	460 W/cm
FΔH cible gestion (BE)	1.65	1.40	1.42

Remarque : le gain apporté par la baisse de Plin moyenne a été utilisé pour permettre des gestions in-out, limitant la fluence cuve mais augmentant le FΔH.

4.2 Le circuit primaire

Le circuit primaire de l'EPR comprend quatre boucles.

4.2.1 Concept d'exclusion de rupture

Le concept d'exclusion repose sur l'hypothèse suivante : toute rupture brutale de type guillotine d'une grosse tuyauterie sera toujours précédée de fuites détectables (fuite avant rupture). Par conséquent, un ensemble de dispositions prévues à la conception, à la fabrication, au montage et en exploitation (surveillance) doit permettre de détecter ces fuites, et d'intervenir avant d'avoir un risque de rupture guillotine sur les tuyauteries concernées.

L'application de ce concept qui limite l'occurrence des brèches primaires, permet de supprimer les dispositifs d'anti-fouettement (présents sur 1300/N4), et d'optimiser le dimensionnement. Ainsi la brèche guillotine 2A n'est plus étudiée comme accident de dimensionnement vis-à-vis du cœur (c'est à dire avec hypothèses pénalisantes). Elle est remplacée par :

- Une brèche sur la ligne d'expansion du pressuriseur (Ø 325 mm) en branche chaude
- Une brèche sur un piquage IS (Ø 225 mm) en branche froide

Nota : Le concept d'exclusion de rupture s'applique également à certaines tuyauteries du circuit secondaire traité plus loin (§ 4.3).

Présentation synthétique de l'EPR

4.2.2 La cuve

La cuve du réacteur EPR se distingue de celles des réacteurs actuels principalement sur les trois points suivants :

- Absence d'instrumentation interne en fond de cuve

Sur les paliers actuels, le fond de cuve est traversé par des tubes (tubes RIC) servant au passage de l'instrumentation interne du cœur (mesures de flux). Ces traversées constituent des zones "fragiles" du confinement : la rupture d'un tube RIC étant un accident particulièrement défavorable (brèche sur le point le plus bas du circuit). Sur l'EPR, cet accident n'est plus possible, l'instrumentation interne étant introduite par le couvercle de la cuve. En contrepartie, la présence des tubes RIC sur les autres paliers permet le mélange et l'homogénéisation du fluide provenant de l'espace annulaire. Sur l'EPR un dispositif de mélange spécifique est donc nécessaire. Sa conception est en cours d'étude à partir d'essais réalisés sur la maquette LUCIE (maquette 1300 au 1/10 adaptée à l'EPR) et de calculs 3D avec le code STAR CD. Une validation finale du dispositif est prévue avec une maquette à plus grande échelle (maquette JULIETTE au 1/5).

- Réflecteur lourd

Sur les paliers actuels, l'ensemble des assemblages est maintenu dans la cuve à l'aide d'un cloisonnement constitué par un ensemble de plaques assemblées entre elles et fixées à l'enveloppe du cœur par vis (structure "légère"). Ce cloisonnement est remplacé sur l'EPR par un dispositif constitué d'un empilement massif : on parle ainsi de réflecteur lourd. Ce dispositif permet de limiter le taux de fuite des neutrons rapides. L'intérêt est de mieux homogénéiser l'épuisement du combustible, de réduire la fluence sur la cuve par irradiation.

Le refroidissement de cette pièce est assuré par un débit de by-pass cœur qui transite au travers de trous disposés sur toute la hauteur du réflecteur.

A noter également que ce dispositif permet d'écartier les problèmes de corrosion apparus sur les vis qui fixent le cloisonnement sur certains réacteurs actuels (CP0).

- Modification des tubes guides de grappes

Sur les paliers actuels, une partie du fluide issu du cœur pénètre à l'intérieur des tubes guides et ressort par des ouïes présentes le long de ces tubes (écoulements transverses). Sur l'EPR, le fluide n'entre plus dans les tubes guides mais est détourné à l'entrée de ceux-ci. Cette nouvelle configuration hydraulique a été adoptée pour minimiser l'usure des grappes constatée sur les réacteurs 900 et 1300. La qualification hydraulique des écoulements en sortie de la cuve est prévue avec la maquette au 1/5 ROMEO.

On retiendra que la nouvelle conception des internes de cuve EPR modifie sensiblement les écoulements en cuve. Plus particulièrement, les modèles de mélanges en cuve établis pour les paliers 900 et 1300 ne sont plus représentatifs pour l'EPR. C'est le cas par exemple des matrices de mélanges LACYDON utilisées pour les études de RTV des REP français. Un programme de travail est par conséquent prévu pour valider ces concepts et aussi mieux définir les écoulements dans la cuve EPR.

4.2.3 Pressuriseur

Par rapport aux paliers actuels, le pressuriseur de l'EPR dispose d'un circuit de dépressurisation ultime (en plus des soupapes SEBIM). Ce dispositif appelé aussi vanne Accidents Graves vise à éliminer les scénarios accidentels comportant un **risque de fusion en pression**. La capacité de décharge de cette vanne est fixée à 900 t/h (en vapeur saturée à 176 bar). Son ouverture par l'opérateur lorsque TRIC > 650 °C doit permettre d'abaisser

Présentation synthétique de l'EPR

dans tous les cas la pression primaire en dessous de 20 bar avant la rupture de la cuve (pour éviter le risque de dispersion des débris de corium dans l'enceinte et la pressurisation de l'enceinte par DCH (Direct Containment Heating))

L'alimentation électrique de cette vanne est secourue par batterie, pour assurer son fonctionnement en situation de perte totale des alimentations électriques. A noter que l'ouverture intempestive de cette vanne a été écartée d'un point de vue probabiliste.

4.2.4 Pompes primaires

Les pompes primaires prévues sur l'EPR sont semblables à celles du palier N4. La spécificité des pompes EPR réside principalement dans l'existence d'un dispositif d'étanchéité à l'arrêt classé (Standstill Seal System ou SSSS) qui permet de limiter le risque de fuite aux joints des pompes primaires en cas de perte de l'injection aux joints. Sa conception prévoit en particulier de garantir l'étanchéité des pompes pendant 24 heures après une perte totale des alimentations électriques c'est-à-dire sans injection aux joints¹, pompes arrêtées.

Signalons également l'arrêt automatique des pompes primaires prévu sur un signal de ΔP trop faible aux bornes des pompes, la baisse de l'écart de pression étant synonyme d'un taux de vide trop important dans le fluide, donc d'un APRP.

4.2.5 Tableau récapitulatif circuit primaire

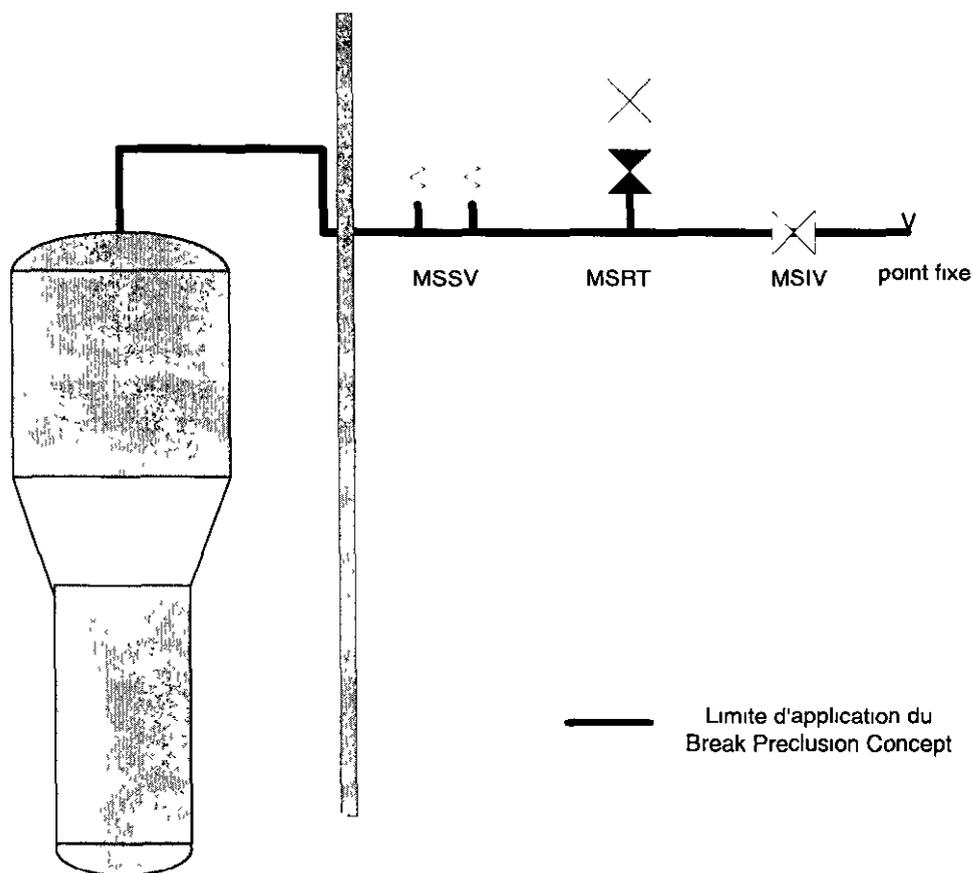
	EPR	N4	1300
Nombre de boucles	4	4	4
Pression de fonctionnement (bar)	155	155	155
Température entrée cœur (°C)	297,4	292,2	292,8
Température sortie cœur (°C)	331,4	331,1	330,2
Température sortie cuve (°C)	329,7	329,1	328,7
Débit thermohydraulique par boucle (m ³ /h)	27195	23895	21970
Volume cuve (m ³)	150	197	137
Volume du pressuriseur (m ³)	75	60	60
Volume boucles primaires (m ³)	238	205	211
Volume total primaire hors AQ (m ³)	463	462	408

¹ Contrairement aux paliers actuels où l'injection aux joints en situations H3 est prévue pour boriquer dans le circuit primaire (cf chap 6.1)

Présentation synthétique de l'EPR**4.3 Le circuit secondaire****4.3.1 Concept de fuite avant rupture**

L'objectif est d'appliquer ce concept déjà décrit au § 4.2.1 sur la tuyauterie principale des lignes VVP intérieur et hors enceinte, depuis la sortie des GV jusqu'au point fixe situé en aval de la vanne d'isolement vapeur. Il inclut également le piquage MSRT (GCT) et les deux piquages des soupapes de sûreté. En revanche, ce concept ne s'applique pas aux tuyauteries d'alimentation principale des GV (ARE).

Du point de vue des études de sûreté, la RTV guillotine en sortie de GV ne serait donc plus à considérer comme accident de dimensionnement. Elle reste néanmoins étudiée dans le cadre de l'analyse de sûreté. En effet, l'applicabilité du concept de fuite avant rupture reste à valider (en particulier à cause des difficultés de détection des fuites sur le secondaire).

**4.3.2 Les générateurs de vapeur**

La conception du générateur de vapeur de l'EPR est basée sur celle du palier N4. La capacité en eau étant toutefois plus importante pour l'EPR que pour le N4 : la masse d'eau est de 75 tonnes par GV en fonctionnement normal et à pleine puissance contre 62 tonnes sur le N4. Ceci permet de garantir en cas de perte totale de l'alimentation en eau des GV un délai d'au moins 30 minutes avant leur assèchement (30 minutes étant le délai utilisé dans les études de sûreté EPR pour la première action opérateur).

Présentation synthétique de l'EPR**4.3.3 L'alimentation des GV**

L'alimentation en eau des GV de l'EPR se distingue des paliers français actuels, puisqu'elle est composée de **trois** circuits distincts :

- Un circuit d'alimentation principale Main Feed Water System équivalent à l'ARE. Chaque GV dispose d'un train d'alimentation spécifique. Comme pour les paliers 1300 et N4 on dispose d'une alimentation dite "gros débit" et d'une dite "petit débit".
- L'alimentation du réacteur à l'arrêt (Startup and Shutdown feedwater System) qui permet l'alimentation normale des GV à puissance réduite, typiquement lors de la mise en service ou à l'arrêt du réacteur (réalisé par l'ASG sur les paliers 1300/N4).
- Enfin l'alimentation de secours (Emergency Feed Water System équivalent à l'ASG) décrite dans le chapitre 5.6.

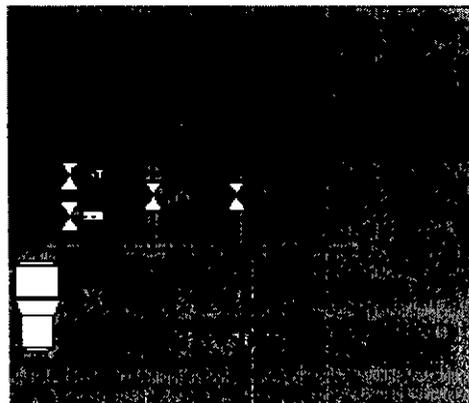
4.3.4 Le circuit d'évacuation de la vapeur

Ce circuit est organisé en 4 lignes principales (une par GV).

Chaque GV dispose d'une seule ligne de décharge à l'atmosphère, dont la capacité d'extraction est de 50 % de la vapeur produite dans un GV à pleine puissance (sur 1300/N4 on dispose de 2 lignes GCTa de 25 % chacune).

La protection des générateurs de vapeur contre les surpressions est assurée par deux soupapes de sûreté, raccordées à la ligne de décharge à l'atmosphère. Chaque soupape a une capacité d'évacuation de 25 % de la vapeur produite dans un GV (sur 1300/N4 : 7 soupapes en série de 20 % de capacité chacune). La pression de tarage de ces soupapes est de 102 bar.

Ainsi chaque ligne vapeur peut évacuer 100 % de la vapeur produite dans le GV à pleine puissance (50 % + 2 x 25%).

**4.4 L'enceinte de confinement**

Les réacteurs 900 MW sont dotés d'une enceinte de confinement en béton précontraint simple paroi comportant sur sa surface interne une peau d'étanchéité en acier (liner). Les réacteurs 1300 MWe et N4 disposent d'une enceinte à double paroi en béton, l'espace inter-enceinte permettant de collecter et de filtrer les fuites du BR avant rejet (une dépression de

Présentation synthétique de l'EPR

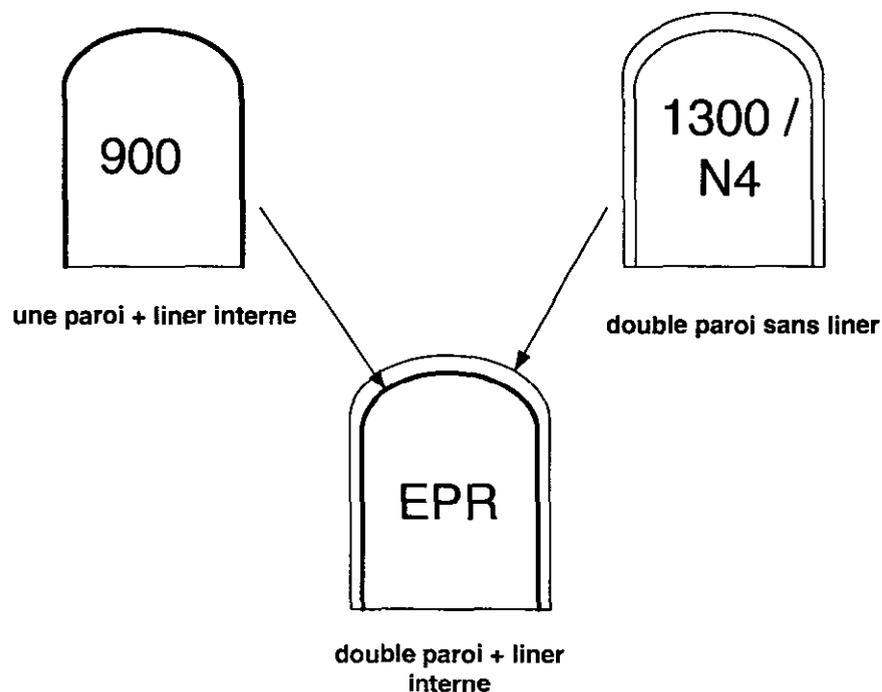
quelques millibar par rapport à l'extérieur empêche toute fuite en provenance du Bâtiment Réacteur de sortir directement vers l'environnement).

La conception de l'enceinte EPR combine ces deux principes : double enceinte avec liner métallique sur la face interne de l'enceinte interne. Cette conception associe ainsi le faible taux de fuite de l'enceinte du 900 avec le système de collecte et de filtration des fuites propres aux réacteurs 1300 et N4.

L'enceinte EPR se caractérise ainsi par :

- Une pression absolue de dimensionnement de l'enceinte interne de 5.5 bar ;
- Un taux de fuite fixé en première approche comme pour le palier 900 à 0,3 % vol / jour² ;
- La collecte des fuites issues du liner dans l'espace entre enceintes pour filtration avant rejets

Enfin, l'enceinte externe a pour rôle de protéger l'enceinte interne contre les agressions externe.



Cette enceinte doit permettre en outre de résister en cas d'accident aux conditions de pression et de température dans l'enceinte **pendant 12 heures** sans évacuation de la puissance résiduelle. Le démarrage du système d'aspersion enceinte (CHRS) n'est donc pas prévu avant ce délai.

Plus généralement, la prise en compte des accidents graves à **la conception** vise à garantir l'absence de rejets significatifs précoces en cas de fusion du cœur. On prévoit ainsi :

² Le taux de fuite d'une enceinte REP s'exprime en pourcentage du volume de l'enceinte par jour.

Présentation synthétique de l'EPR

- un dispositif de récupération du corium permettant, en cas de percée de la cuve, de collecter puis de refroidir le cœur hors de la cuve, évitant ainsi la dégradation de l'enceinte et du radier ;
- l'utilisation de la fonction aspersion du CHRS pour limiter la pression enceinte en dessous de 5,5 bar ; ceci conduit à ne plus prévoir de dispositif de type U5.

On ne développera pas davantage dans ce document ces aspects propres aux accidents graves.

Le tableau ci-après récapitule les principales caractéristiques des enceintes REP vis-à-vis du confinement :

Enceinte	EPR	Palier 900	1300 (P'4) / N4
Volume (m ³)	80000	49000	70 400 / 72 700
Pression dimensionnement (bar)	5,5	5	5.2 / 5.3

Tableau comparatif des enceintes de différents paliers

5. Principaux systèmes de sûreté

5.1 Présentation générale

Afin de concilier les exigences de sûreté avec une plus grande disponibilité du réacteur (maintenance), la conception de l'EPR prévoit une redondance accrue des fonctions de sauvegarde par rapport aux paliers actuels. Ainsi, pour un accident de type APRP, l'injection de sécurité est soumise aux contraintes suivantes :

- une file est perdue à la brèche
- une file est indisponible par application du critère de défaillance unique
- une file est indisponible par maintenance préventive (spécifique EPR)
- une file doit être disponible pour l'injection dans le primaire

La condition requise est donc de posséder 4 files identiques et redondantes pouvant chacune injecter 100 % du débit requis (4 x 100 %)

On voit ainsi apparaître une redondance d'ordre quatre qui caractérise la conception de l'EPR. La structure des systèmes EPR classés importants pour la sûreté tels que l'injection de sécurité et l'alimentation des GV est la suivante :

- Chaque système comporte quatre trains identiques, répartis dans quatre divisions séparées physiquement
- Chaque train à sa propre alimentation électrique (donc quatre voies électriques), chacune étant secourue par un diesel (quatre diesels)

Présentation synthétique de l'EPR**5.2 Injection de sécurité (SIS : Safety Injection System)**

On dispose de 4 trains d'injection indépendants et 100 % redondants disposés chacun dans un bâtiment séparé, chaque train ayant sa propre alimentation électrique. Il n'existe donc plus de barillet comme sur les paliers 1300/N4.

5.2.1 L'alimentation du SIS (IRWST : In Containment Refueling Water Storage Tank)

Sur l'EPR, la réserve d'eau borée destinée à alimenter l'injection de sécurité est stockée au fond du bâtiment réacteur. Sa capacité est d'environ 1900 m³. Elle remplace en ce sens la bache PTR sur 1300/N4 et les puisards.

Ce concept évite le passage en recirculation présent sur les paliers 1300 / N4, source de défaillance possible : en cas de brèche sur le primaire, l'eau est puisée dans l'IRWST, injectée dans le circuit, puis ressort à la brèche pour être collectée (par gravité) vers le réservoir IRWST. Tout se passe finalement comme si l'eau du PTR était directement stockée dans les puisards de l'enceinte.

L'IRWST assure également l'alimentation en eau du système d'évacuation de l'énergie de l'enceinte (CHRS). Il permet en plus le refroidissement des débris en dehors de la cuve en cas d'accident grave.

5.2.2 Injection moyenne pression (MHSI : Medium Head Safety Injection)

Les 4 trains d'injection moyenne pression alimentent chacun une des quatre branches froides du circuit primaire. Chaque pompe d'injection est secourue par un diesel 10 kV. La pression d'injection prévue est de l'ordre de 85 bar. Elle est volontairement inférieure à la pression de tarage des soupapes de sûreté des GV (102 bar). Cette particularité de l'EPR permet d'éviter le risque de remplissage puis de débordement des GV en situation de RTGV.

Le dimensionnement de l'injection moyenne pression repose sur l'accident le plus pénalisant vis à vis du pic de température de gaine qui est une brèche en branche froide de 80 cm² (Ø 10 cm). On rappelle que la plus grosse taille de brèche étudiée est la rupture guillotine de la ligne d'expansion du pressuriseur (cf 4.2.1).

5.2.3 Injection basse pression (LHSI : Low Head Safety Injection)

On dispose ici aussi de quatre trains indépendants et redondants, chacun pouvant injecter soit en branche froide soit en branche chaude. La pression d'injection est de 20 bar. Un échangeur disposé en aval des pompes basse pression assure le refroidissement de l'eau injectée dans le primaire. Cet échangeur est lui-même refroidi par la chaîne CCWS/ESWS (équivalent RRI/SEC).

Chaque train LHSI est secourue par un diesel 10 kV. La conception prévoit également pour les **trains 1 et 4** un système de refroidissement diversifié permettant d'assurer le fonctionnement des pompes en cas d'indisponibilité de la chaîne de refroidissement normale (CCWS/ESWS). Ce système encore en cours d'étude est conçu pour permettre l'injection en cas de perte ultime de la source froide.

Par rapport aux paliers actuels, l'injection de sécurité assure un rôle supplémentaire qui est celui d'évacuer la puissance du primaire lorsque le réacteur est à l'arrêt. Il **remplace en ce sens le système RRA présent sur les paliers 1300/N4**. On dit alors que le LHSI fonctionne en mode RHR (pour Residual Heat Removal System) ou bien on parle directement du système LHSI/RHR.

Présentation synthétique de l'EPR

5.2.4 Injection par les accumulateurs

Le principe est similaire aux paliers 1300/N4 : 4 accumulateurs (capacité 50 m³) injectent dans chaque branche froide sous une pression de 45 bar. En fonctionnement normal, ils sont isolés par l'opérateur lorsque la pression primaire devient inférieure à 75 bar (arrêt du réacteur).

5.3 Système d'évacuation de la puissance et d'aspersion (CHRS : Containment Heat Removal System)

Contrairement aux paliers 1300 et N4, le système d'aspersion de l'EPR est conçu pour la mitigation des accidents graves.

Il permet de refroidir le cœur fondu (corium) hors de la cuve pour éviter la traversée du radier (ce qui n'est pas le cas pour les paliers actuels). La fonction aspersion permet également de limiter la pression enceinte en dessous de 5.5 bar (on a vu au chapitre 4.4 que l'enceinte de l'EPR est néanmoins conçue pour résister 12 heures après un accident sans le démarrage du CHRS).

Le CHRS est constitué par deux trains indépendants alimentés en eau par l'IRWST et secourus par les diesels principaux et les SBO diesels (Station Black Out diesels). Chaque train est dimensionné pour évacuer 50 % de la puissance résiduelle à court terme et 100 % à long terme. Son dimensionnement ne prend donc pas en compte le critère de défaillance unique.

Ce système possède une chaîne de refroidissement indépendante de la chaîne CCWS/ESWS (équivalente au RRI/SEC). Il s'agit d'une chaîne dédiée utilisant un échangeur spécifique avec la source froide.

5.4 Système de borication (EBS : Extra Borating System)

Ce système classé est spécifique à l'EPR. Il est composé de deux trains séparés et redondants (2x100%), qui injectent chacun dans deux branches froides du circuit primaire. Chaque train est alimenté par une bache distincte contenant de l'eau borée à 7000 ppm (en Bore enrichi). Le débit maximal d'injection pris dans les études est de 1.4 kg/s par boucle.

Contrairement à la FBA (Fonction Borication Automatique non classée) des paliers 1300 et N4, le démarrage de l'EBS est **manuel** sauf pour les transitoires avec blocages mécaniques des grappes (démarrage automatique sur signal ATWS ce dernier étant activé par la détection de la non insertion des grappes après signal d'AAR).

5.5 Refroidissement automatique (partial cooldown)

Bien que n'étant pas à proprement parler un système de sauvegarde, le refroidissement automatique est présenté ici car il intervient directement dans le cadre de la sûreté du réacteur. C'est en plus une spécificité de l'EPR.

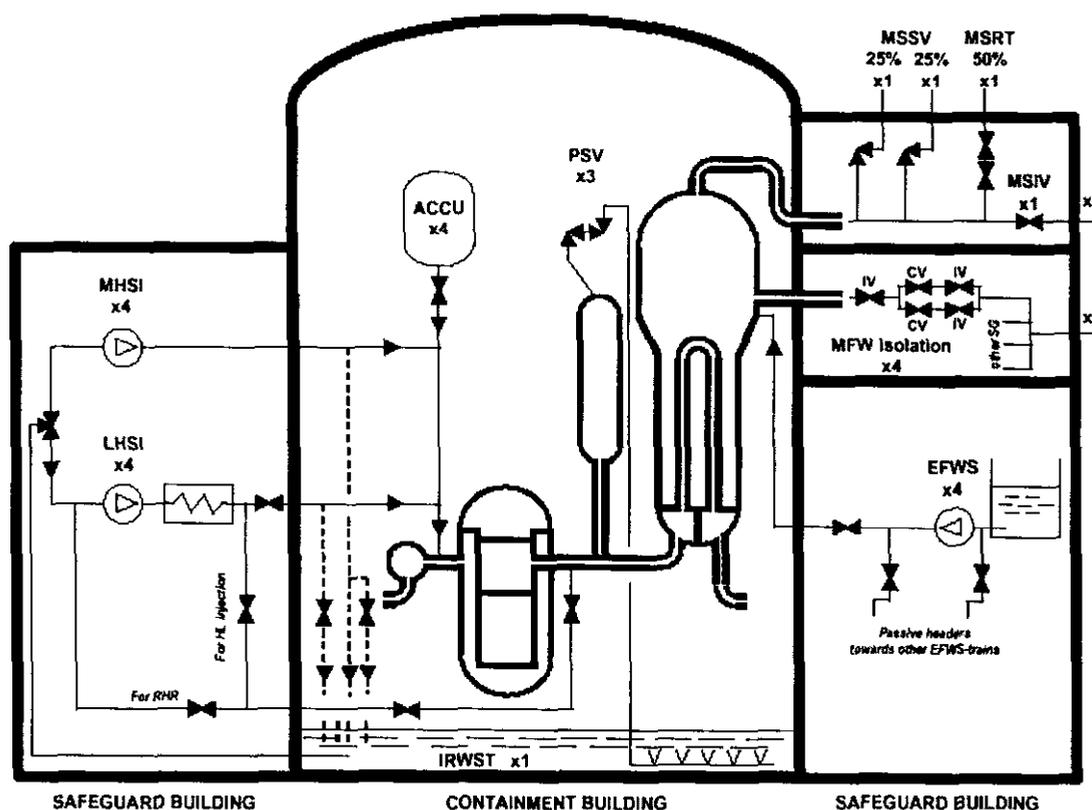
On a vu précédemment que la pression de l'injection de sécurité moyenne pression sur l'EPR est abaissée par rapport aux paliers 1300/N4 vis-à-vis des accidents de RTGV (environ 85 bar). En cas de brèche primaire, il est nécessaire d'abaisser le plus rapidement possible la pression du circuit primaire en dessous de 85 bar pour que l'injection par l'IS soit efficace. Par conséquent, le signal de démarrage de l'injection de sécurité actionne simultanément un refroidissement automatique par les GV. Le refroidissement est imposé à 100 °C/h et se poursuit jusqu'à ce que la pression dans les GV atteigne 60 bar.

Présentation synthétique de l'EPR

5.6 Alimentation de secours des générateurs de vapeur (EFWS)

Son démarrage est automatique en cas de niveau bas dans un GV ou de perte des alimentations électriques. Quatre bâches (4 x 375 m³) et quatre **moto-pompes** permettent d'alimenter les quatre GV. La conception prévoit de pouvoir alimenter n'importe quel GV par une des 4 bâches. Chaque moto-pompe a une capacité de 50 % du débit requis, et est secourue par un des 4 diesels principaux deux pompes étant en plus secourues par les deux SBO diesels. Les SBO diesels et leur diversification par rapport aux diesels principaux permettent de ne pas utiliser de turbo-pompes (pour mémoire, l'alimentation de secours des paliers 1300/N4 comporte une bâche d'alimentation commune et 4 pompes - 2 moto-pompes et 2 turbo-pompes).

Principaux circuits de sauvegarde de l'EPR
(schéma de principe)



Présentation synthétique de l'EPR**6. Autres systèmes de l'EPR****6.1 Alimentations électriques**

L'alimentation électrique de l'EPR est composée de quatre divisions indépendantes chacune étant secourue par un diesel 10 kV. On a ainsi quatre diesels (contre deux sur les paliers actuels) pouvant alimenter en cas de perte des alimentations électriques externes la majeure partie des systèmes de la tranche (démarrage automatique).

Les divisions 1 et 4 sont en plus secourues par deux diesels de puissance moindre (690 V), appelés SBO diesels qui permettent en cas de perte totale des alimentations électriques d'alimenter les systèmes nécessaires au repli de la tranche, c'est à dire :

- Le contrôle commande
- L'alimentation de secours des GV (EFWS)
- L'aspersion enceinte CHRS

Le démarrage des diesels SBO se fait manuellement depuis la salle de commande. Aucun diesel type SBO n'existe sur les paliers actuels, l'alimentation ultime se faisant par le biais d'un tableau électrique alimenté via une turbo pompe.

Contrairement aux paliers actuels, la borication par l'injection aux joints des pompes primaires n'est pas secourue en cas de perte des alimentations électriques de type H3. De ce fait, il faut clarifier ce choix et les justifications sur le contrôle de la réactivité en cas de perte des sources électriques.

6.2 Circuit de refroidissement intermédiaire (CCWS : Component Cooling Water System)

C'est l'équivalent du RRI. Il est constitué par quatre trains redondants (4 x 100% de capacité) séparés et indépendants (sur les paliers 1300/N4 on a deux files redondantes). En situation accidentelle, chaque train CCWS permet de refroidir une des quatre files d'injection moyenne et basse pression (MHSI, LHSI). Le refroidissement des circuits non classés se fait par l'intermédiaire de deux boucles communes alimentées respectivement les trains 1 et 2 et les trains 3 et 4.

Le CCWS est lui-même refroidi par l'ESWS (SEC) composé également de quatre trains indépendants et redondants.

Contrairement aux paliers actuels, ce système ne contribue pas au refroidissement du circuit d'aspersion (CHRS) qui possède un système dédié. On notera également qu'en cas de défaillance du CCWS ou de l'ESWS, un système de refroidissement ultime est prévu pour les pompes LHSI des trains 1 et 4.

L'alimentation électrique des systèmes CCWS et ESWS est secourue par les diesels principaux 10 kV.

6.3 CVCS : Chemical and Volume Control System

C'est l'équivalent du RCV. Il assure la charge et la décharge dans le circuit primaire. Le CVCS n'est pas classé pour assurer la borication du primaire en situation accidentelle. Cette fonction est normalement assurée par le circuit EBS (Extra Borating System).

La présence d'un boremètre (classé) à la sortie des pompes de charge permet une mesure continue de la concentration en bore de l'eau injectée dans le primaire. En cas de

Présentation synthétique de l'EPR

concentration en bore inférieure à une valeur seuil, il y a basculement automatique de l'alimentation des pompes CVCS sur le réservoir IRWST (équivalent bêche PTR). Cette conception, spécifique à l'EPR, vise à limiter le risque de dilution accidentelle dans le circuit primaire.

7. Pilotage du réacteur

Au stade actuel de la conception, le mode de pilotage de l'EPR n'est pas encore finalisé. Seuls les principes de pilotage (issus des études réalisées dans le cadre du contrat RF001) sont donc rapidement décrits dans ce chapitre.

7.1 Principes Généraux

Nous avons déjà vu, que contrairement au paliers 1300 et N4, il n'existe pas de grappe grise sur l'EPR : toutes les grappes sont dites "noires". L'ensemble de ces grappes (89 au total) se répartit en **37 grappes de régulation** et **52 grappes d'arrêt**. Les 37 grappes de régulation se décomposent en 5 groupes P1, P2,...,P5 contenant respectivement 4, 4, 8, 8 et 13 (12 + la grappe centrale) grappes.

Le principe du mode de pilotage de l'EPR est de contrôler simultanément la température moyenne et l'Axial Offset uniquement à l'aide des grappes. Il rejoint en ce sens le mode X-N4. Par contre, il se distingue de ce dernier sur les points suivants :

- le contrôle de la température moyenne est réalisé par l'insertion séquentielle des groupes P_i (P_{i+1} inséré quand P_i au fond du cœur) ;
- le contrôle de l'AO à pleine puissance est réalisé sans qu'aucun groupe ne soit fortement inséré (2 groupes gris insérés en partie haute et basse du cœur sur N4) ; les groupes qui ne participent pas au contrôle de la température constituent un mini groupe lourd situé dans la moitié haute du cœur ;
- un seul mode de pilotage est utilisé sur toute la gamme de puissance (sur le N4, on utilise le mode A ou le mode X suivant le régime de fonctionnement).

Le positionnement des groupes est lui-même contrôlé par un automate qui règle la concentration en bore dans le primaire afin d'éviter en particulier la sur-insertion de groupe. L'automatisation de cette fonction est une spécificité de l'EPR qui permet en plus de limiter le risque d'erreur opérateur.

Le mode de pilotage de l'EPR a pour exigence de maintenir les grappes extraites lorsque l'on est au voisinage de la puissance nominale. La finalisation du mode de pilotage par rapport à cette contrainte est prévue dans le cadre du contrat A.

7.2 LCO et Limitations

Les LCO et les limitations sont des fonctions de contrôle commande destinées à limiter les variations incontrôlées des principaux paramètres de fonctionnement. Elles visent respectivement :

- à garantir le caractère enveloppe des conditions initiales utilisées dans les études d'accidents (fonctions **LCO**)
- à augmenter la disponibilité du réacteur en limitant le nombre d'AAR (fonctions de **limitations**)

Présentation synthétique de l'EPR

Les LCO et les limitations ne sont pas encore totalement finalisées dans le projet EPR. Elles ne sont donc pas détaillées dans ce document, l'objectif étant d'en présenter les grands principes.

7.2.1 LCO (Limiting Condition of Opération)

Les LCO désignent l'ensemble des fonctions de contrôle commande (et les seuils d'activation associés) destinées à garantir le caractère enveloppe des conditions initiales utilisées dans les études d'accidents. Elles permettent de "borner" le domaine de fonctionnement du réacteur. Lorsque la valeur d'un paramètre surveillé par les LCO s'écarte trop de son point de consigne, la fonction LCO associée prévoit une contre-mesure (manuelle ou automatique) pour ramener ce paramètre dans sa plage normale de fonctionnement.

On distingue

- les LCO "chaudière" qui surveillent les paramètres pression primaire, niveau pressuriseur, niveau boucles primaires et niveau GV,
- les LCO "cœur", qui surveillent le DNBR, la puissance linéique, la marge d'arrêt, le déséquilibre azimutal de flux, la déformée de flux axial et le désalignement de grappes.

Pour les paramètres qui sont contrôlés par une régulation (ex : pression primaire), la fonction LCO se limite à une alarme. Pour les autres paramètres (ex : DNBR), les LCO prévoient dans un premier temps une alarme ainsi que des contre-mesures passives (par exemple le blocage du retrait des grappes) puis des contre-mesures actives telles qu'une baisse de puissance primaire/secondaire ou une borication.

7.2.2 Limitations

Les limitations sont des fonctions de contrôle commande introduites sur l'EPR pour **améliorer la disponibilité** du réacteur. Contrairement aux LCO, elles n'ont pas de rôle vis à vis de la sûreté. **Leur objectif est de ramener un paramètre incontrôlé dans sa plage de fonctionnement normal avant que le système de protection ne soit sollicité.** Leur mise en place vise donc essentiellement à limiter le nombre d'AAR. Elles interviennent en particulier lorsque les régulations sont défaillantes ou insuffisantes. Vis-à-vis du parc actuel, on peut dire pour simplifier que ces actions se situent entre les régulations et les actions de protection.

Différentes actions automatiques sont prévues suivant la limitation sollicitée. Il peut s'agir d'une borication/dilution, de l'insertion de grappes, du blocage de l'extraction des grappes, ou enfin d'un lâché partiel de grappe décrit ci-après. Ces actions s'accompagnent toujours d'une régulation de charge adéquate côté secondaire.

Cas du lâcher partiel de grappes

Le lâcher partiel de grappe est une action de contrôle commande spécifique à l'EPR. Son objectif est de réduire le plus rapidement possible la puissance du réacteur. Il peut être sollicité par plusieurs limitations distinctes, par exemple en cas de Plin élevée, de bas DNBR ou bien suite à la perte d'une pompe primaire ou encore d'un ilôtage. Le niveau de puissance atteint en fin de transitoire dépend du signal initiateur. Celui-ci provoque la chute de plusieurs grappes ainsi que la baisse de charge correspondante côté secondaire. Afin de perturber le moins possible la répartition du flux dans le cœur, les grappes chutées doivent appartenir aux groupes Pi utilisés pour le contrôle du réacteur au moment du signal. Après le lâché partiel de grappes la régulation reprend automatiquement le relais sans qu'il soit

Présentation synthétique de l'EPR

nécessaire de repositionner les grappes (remontée de 5 pas nécessaire sur le parc après AAR).

8. Conclusion

L'objectif de cette note est de faire une présentation synthétique de la conception du réacteur EPR telle qu'elle existe aujourd'hui.

Bien que directement issue de la conception des paliers français actuels, l'EPR est innovant sur plusieurs points. On retiendra en particulier :

- Une redondance d'ordre 4 sur les principaux systèmes de l'EPR (injection de sécurité, alimentation des GV, diesels de secours, chaîne de refroidissement intermédiaire...);
- Un nombre important d'assemblages combustible (241) qui limite la puissance linéique moyenne en fonctionnement normal à 154,3 W/cm ;
- L'absence d'instrumentation en fond de cuve
- L'application du concept de fuite avant rupture sur les grosses tuyauteries primaires primaires et secondaires (à valider), qui permettrait d'exclure des accidents de dimensionnement les cas de grosses brèches guillotines ;
- La prise en compte des accidents graves à la conception
- La conception d'une enceinte double avec liner métallique sur la paroi interne
- La mise en place du réservoir d'eau borée (équivalent bache PTR) dans l'enceinte
- L'existence de deux diesels spécifiques en plus des quatre diesels principaux

Présentation synthétique de l'EPR

Annexe

Correspondance EPR / 1300-N4

Le tableau ci-dessous explicite les sigles des principaux systèmes de l'EPR et indique à titre indicatif la correspondance avec les systèmes des paliers 1300/N4. Cette correspondance n'est toutefois pas rigoureuse, les systèmes n'étant pas toujours strictement équivalents.

La dernière colonne indique le chapitre dans lequel ce système est décrit.

EPR		Equivalent parc	Chapitre
SIS	Safety Injection System	IS	5.2
LHSI	Low Head Safety Injection	ISBP	5.2.3
LHSI/ RHR	Residual Heat Removal System	RRA	5.2.3
MHSI	Medium Head Safety Injection	ISMP	5.2.2
PSV	Pressurizeur Safety Valves	Soupapes pressuriseur	4.2.3
CHRS	Containment Heat Removal System	EAS (mais uniquement pour accidents graves)	5.3
CVCS	Chemical and Volume Control System	RCV	6.3
IRWST	In-containment Reactor Water Storage Tank	bâche PTR + puisards	5.2.1
EBS	Emergency Borating System	FBA mais sans démarrage automatique sauf en cas d'ATWS	5.4
MFWS	Main Feed Water	ARE	4 3.3
EFWS	Emergency Feed Water System	ASG en partie (alimentation de secours)	5.6
SSS	Start and Shutdown feedwater System	ASG en partie (alimentation des GV en état d'arrêt)	4.3.3
MSRV	Main Steam Relief Train	GCTa	4 3 4
MSSV	Main Steam Safety Valve	Soupapes GV	4.3.4
MSB	Main Steam Bypass	GCTc	
CCWS	Component Cooling Water System	RRI	6.2
ESWS	Essential Service Water System	SEC	6.2
EDG	Emergency Diesel Generator	Diesels	6.1
SBO Diesels	Station BlackOut		6 1