



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE : 10

SECTION :

PAGE : 1/1

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

CHAPITRE 10 CIRCUIT VAPEUR ET TRANSFORMATION DE L'ENERGIE

10.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE

10.2 GROUPE TURBOALTERNATEUR

10.3 CIRCUIT DE VAPEUR PRINCIPALE (VVP PARTIE CLASSÉE DE SÛRETÉ)

10.4 CARACTÉRISTIQUES DES CIRCUITS EAU ET VAPEUR DU SECONDAIRE

10.5 MISE EN ŒUVRE DE L'EXCLUSION DE RUPTURE POUR LES LIGNES VAPEUR PRINCIPALES À L'INTÉRIEUR ET À L'EXTÉRIEUR DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT

10.6 SYSTÈME D'EAU ALIMENTAIRE PRINCIPAL (ARE)

10.7 CIRCUIT DE PURGE DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 1

PAGE 1/14

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

SOMMAIRE

.10.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE	3
1.	RÔLE DU CIRCUIT SECONDAIRE	3
2.	BASES DE CONCEPTION	3
2.1.	CONCEPTION GÉNÉRALE DU CIRCUIT SECONDAIRE	3
2.2.	HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	4
3.	ANALYSE DE SÛRETÉ	5

FIGURES :

FIG–10.1.1 SCHÉMA MULTIFONCTIONNEL SALLE DES MACHINES.....	7
FIG–10.1.2 ÎLOT CONVENTIONNEL – VUE 3D DE LA SALLE DES MACHINES	8
FIG–10.1.3 BILAN THERMODYNAMIQUE À 100% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME M).....	9
FIG–10.1.4 BILAN THERMODYNAMIQUE À 100% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME R)	10
FIG–10.1.5 BILAN THERMODYNAMIQUE À 90% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME R)	11
FIG–10.1.6 BILAN THERMODYNAMIQUE À 70% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME R)	12
FIG–10.1.7 BILAN THERMODYNAMIQUE À 50% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME R)	13
FIG–10.1.8 BILAN THERMODYNAMIQUE A 30% PUISSANCE NOMINALE (REGIME R)	14

.10.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE

1. RÔLE DU CIRCUIT SECONDAIRE

Le circuit secondaire a pour rôle de convertir l'énergie thermique produite par la chaudière nucléaire en énergie électrique. L'énergie thermique non transformée en énergie électrique est évacuée à la source froide.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. CONCEPTION GÉNÉRALE DU CIRCUIT SECONDAIRE

Le circuit eau-vapeur secondaire est un circuit fermé.

Le schéma général du circuit eau-vapeur secondaire est présenté figure [FIG-10.1.1](#).

La vapeur provenant des 4 générateurs de vapeur actionne une turbine multicellulaire à action accouplée à un alternateur triphasé, tournant à 1500 tr/min. L'énergie électrique, produite à la tension d'environ 23 kV, est élevée par des transformateurs à la tension de 400 kV pour être évacuée sur le réseau électrique.

La vapeur sortant des GV est admise dans le corps Haute Pression (HP) de la turbine où, après détente, elle est envoyée dans les sècheurs-surchauffeurs. La vapeur séchée et surchauffée est ensuite admise dans la partie Moyenne Pression (MP) du corps combiné HP-MP de la turbine puis dans la partie Basse Pression (BP), constituée de 3 corps double-flux symétriques, dans lesquels la vapeur termine sa détente jusqu'à la pression de condensation. La vapeur est condensée par contact avec le faisceau tubulaire du condenseur parcouru par l'eau de circulation, assurant ainsi l'évacuation de l'énergie non transformée en énergie électrique. Le circuit d'eau de refroidissement (CRF) est un circuit ouvert utilisant l'eau de mer.

L'eau condensée est ensuite réchauffée en passant successivement au travers du poste d'eau Basse Pression (ABP), de la bêche dégazante (ADG) et du poste d'eau Haute Pression (AHP) pour finalement alimenter les quatre générateurs de vapeur. Le poste d'eau est composé de (cf. sous-chapitre 10.4) :

- 3 motopompes d'extraction (CEX, 3 × 50%),
- 3 files de 2 réchauffeurs basse pression (ABP), (R1 ; R2) en manchette condenseur, suivies d'une file de 2 réchauffeurs basse pression (R3 ; R4),
- 1 bêche alimentaire dégazante (ADG),
- 4 motopompes alimentaires (APA) (4 x 33%) et 1 pompe de démarrage (AAD) en parallèle,
- 2 files de 2 réchauffeurs haute pression AHP (R6 – R7).

Les réchauffeurs BP et HP ainsi que la bêche ADG sont alimentés en vapeur par l'intermédiaire des soutirages de la turbine.

Le dégazage de l'eau alimentaire est assuré successivement par le condenseur puis par la bêche alimentaire dégazante ADG.

Les incondensables (air et éventuellement gaz radioactifs en cas de fuites primaire – secondaire) extraits du condenseur par le circuit de mise sous vide CVI, sont dirigés vers le circuit de ventilation du bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN), en amont des filtres, avant rejet à la cheminée.

Le circuit de contournement de la turbine (GCT), dimensionné pour évacuer 60% du débit vapeur nominal sortant des GV directement au condenseur, permet d'assurer l'équilibre puissance primaire - puissance secondaire lors des variations rapides de charge du groupe, notamment en cas « d'ilotage

de la tranche» sur ses auxiliaires, lorsque la tranche est séparée du réseau électrique (par exemple en cas d'incident sur le réseau). L'ilotage ne provoque pas l'arrêt automatique du réacteur ni le déclenchement du groupe turboalternateur ; il ne sollicite pas les soupapes de sûreté des générateurs de vapeur.

Le circuit de contournement vapeur turbine (GCT) est également utilisé lors des démarrages et arrêts de la tranche lorsque le groupe turboalternateur n'est pas couplé au réseau.

Les motopompes alimentaires (APA) ou la pompe AAD et les vannes réglantes d'alimentation en eau (ARE) assurent l'alimentation en eau et la régulation du niveau d'eau des GV.

Des vannes de décharge de la vapeur secondaire à l'atmosphère (VDA) permettent d'évacuer la vapeur produite par les générateurs de vapeur dans l'atmosphère lorsque le condenseur est indisponible (cf. sous-chapitre 10.3).

Les appareils soumis à la réglementation sont protégés vis-à-vis des surpressions par des soupapes de sûreté, lorsque cela est nécessaire (cf. sous-chapitres 10.2 et 10.3).

Les pertes du circuit secondaire sont collectées et acheminées gravitairement vers une fosse SEK située en partie basse de la salle des machines. La collecte et l'acheminement sont réalisés par différents entonnoirs, caniveaux et collecteurs. Des pompes extraient l'eau de la fosse SEK vers des bâches de site.

Le circuit secondaire est implanté dans la salle des machines (voir figure [FIG-10.1.2](#)), à l'exception des lignes eau et vapeur reliant les GV à la salle des machines, du poste de vannage ARE, des vannes d'arrêt vapeur (VVP), des soupapes de sûreté (VVP) et des vannes de décharge à l'atmosphère (VDA).

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

L'ensemble du circuit secondaire est dimensionné pour une puissance thermique du cœur de 4500 MWth à laquelle il faut ajouter la puissance des motopompes primaires (+24 MWth). Ce cas de fonctionnement, appelé « régime M », est le plus dimensionnant.

La mise en service de la centrale EPR de Flamanville 3, et ses premières années d'exploitation, sont prévues à une puissance thermique du cœur de 4300 MWth à laquelle il faut ajouter la puissance des motopompes primaires (+24 MWth). Ce régime de fonctionnement est appelé « régime R ».

Le GTA, connecté au réseau, participe aux réglages primaire et secondaire de fréquence.

Les principales caractéristiques à 100% PN du circuit secondaire, pour les régimes M et R, sont les suivantes :

	Régime nominal R	Régime nominal M
- Puissance thermique de la chaudière nucléaire	4300 MWth + 24 MWth (GMPP)	4500 MWth + 24 MWth (GMPP)
- Débit vapeur sortant / GV	607,2 kg/s	639,6 kg/s
- Humidité de la vapeur à l'admission turbine	0,4 %	0,4 %
- Pression vapeur à l'admission turbine	75,5 bar abs.	75,2 bar abs.
- Pression au condenseur	≅ 44 mbar	≅ 46 mbar
- Débit d'eau alimentaire / GV	613,3 kg/s	646,1 kg/s

- Température de l'eau alimentaire à l'entrée des GV	227° C	230° C
- Puissance électrique brute	≅ 1680 MW	≅ 1750 MW
- Tension nominale de l'alternateur	≅ 23 kV	≅ 23 kV
- Débit de purges (APG)	1 % débit eau alimentaire	1 % débit eau alimentaire

Les figures [FIG-10.1.3](#) à [FIG-10.1.8](#) donnent les bilans thermodynamiques pour les régimes M et R à 100% de la puissance nominale et les cas de charge partielles à 90%, 70%, 50% et 30% de la puissance nominale pour le régime de mise en service de la tranche - régime R.

3. ANALYSE DE SÛRETÉ

Le circuit secondaire, générateurs de vapeur exclus, n'a aucun rôle direct vis-à-vis de la sûreté, à l'exception des fonctions suivantes :

- VDA, évacuation vapeur à l'atmosphère,
- ARE, isolement de l'eau d'alimentation normale,
- VVP, isolement vapeur,

Le circuit secondaire a pour rôle :

1) L'évacuation de la puissance thermique primaire :

- en marche normale lorsque le réacteur est en puissance et la tranche couplée au réseau, par le groupe turboalternateur.
- durant les transitoires normaux d'exploitation (démarrage, mise à l'arrêt, variations rapides de charge du groupe), par le contournement vapeur au condenseur.
- lors de certaines phases d'arrêts à chaud, par le contournement vapeur au condenseur ou les soupapes de décharge à l'atmosphère.
- en régime exceptionnel, lorsque le réacteur est en puissance, et la turbine déclenchée, par le contournement vapeur au condenseur ou les soupapes de décharge à l'atmosphère.

Dans ces 4 cas, le poste d'eau assure l'alimentation en eau des générateurs de vapeur.

Lorsque les systèmes d'alimentation et de régulation du poste d'eau (APA, AAD, ARE, ADG, CEX) ne sont pas disponibles, l'alimentation en eau des générateurs de vapeur est réalisée par le système de sauvegarde ASG.

Durant la préparation de la phase de démarrage, les GV sont remplis en eau par le système ASG.

2) Le confinement des substances radioactives

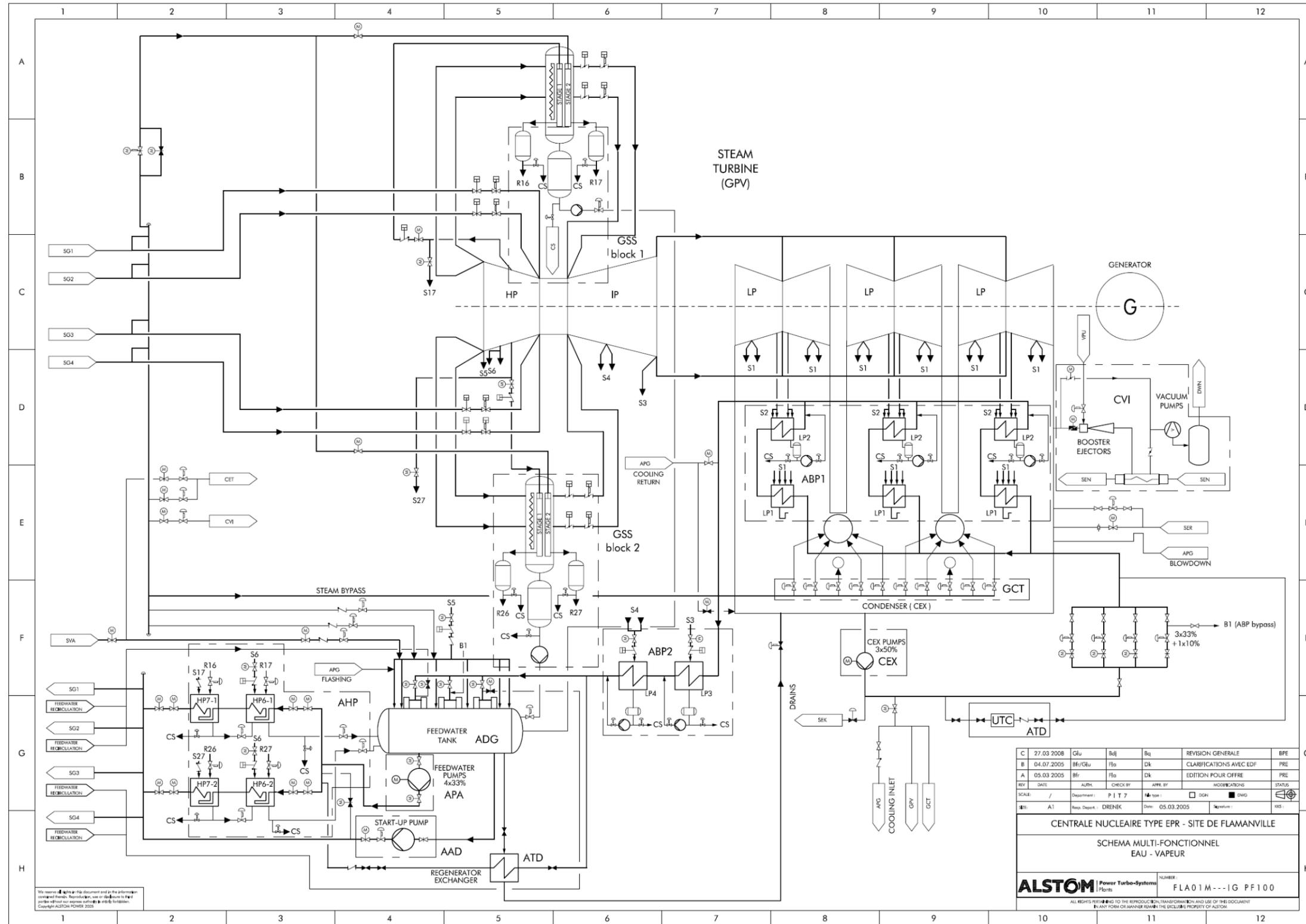
Le circuit secondaire ne constitue pas une barrière de confinement. La protection de l'environnement en cas de fuite primaire / secondaire est assurée par :

- le circuit de purge des générateurs de vapeur (APG) qui est conçu pour extraire les produits solides radioactifs. Après traitement de décontamination, les purges sont renvoyées au condenseur ou, en cas d'indisponibilité du condenseur, au système KER,
- le circuit de mise sous vide (CVI) qui est conçu pour extraire du condenseur les incondensables pollués par les gaz radioactifs, qui sont rejetés à l'atmosphère par la cheminée du BAN après contrôle et comptabilisation,
- la collecte des pertes du circuit (exhaures de la salle des machines) qui sont collectées par le système SEK et contrôlées avant rejet,
- le maintien d'une pression dans le circuit d'eau de circulation supérieure à la pression à l'intérieur du condenseur, ce qui évite toute fuite radioactive par cette voie.

Enfin, les risques d'agression de l'îlot nucléaire par la salle des machines sont pris en compte dès la conception ou font l'objet d'une évaluation spécifique :

- orientation de l'axe de la salle des machines (voir le §4 du sous-chapitre 10.2),
- dispositions complémentaires concernant les machines tournantes (sécurité) et les protections diverses (incendie),
- application de la démarche séisme évènement au risque induit par la salle des machines vis-à-vis du BAS-BL.

FIG-10.1.1 SCHÉMA MULTIFONCTIONNEL SALLE DES MACHINES



C	27.03.2008	Glu	Bdl	Bq	REVISION GENERALE	BFE
B	04.07.2005	Bfr/Glu	Fto	Dk	CLARIFICATIONS AVEC EDF	PRE
A	05.03.2005	Bfr	Fto	Dk	EDITION POUR OFFRE	PRE
REV	DATE	AUTH	CHECK BY	APPR. BY	MODIFICATIONS	STATUS
SCALE	/	Department	P I T 7	№	<input type="checkbox"/> DGN <input checked="" type="checkbox"/> DWD	
REF:	A1	Revis. Depart.	DRENK	Date:	05.03.2005	Signature
CENTRALE NUCLEAIRE TYPE EPR - SITE DE FLAMANVILLE						
SCHEMA MULTI-FONCTIONNEL EAU - VAPEUR						
ALSTOM Power Turbo-Systems		NUMBER: FLA01M---IG PF100				
ALL RIGHTS RESERVED TO THE REPRODUCER, TRANSMITTER AND USER OF THIS DOCUMENT IN ANY FORM OR MANNER REMAIN THE EXCLUSIVE PROPERTY OF ALSTOM.						

FIG-10.1.2 ÎLOT CONVENTIONNEL – VUE 3D DE LA SALLE DES MACHINES

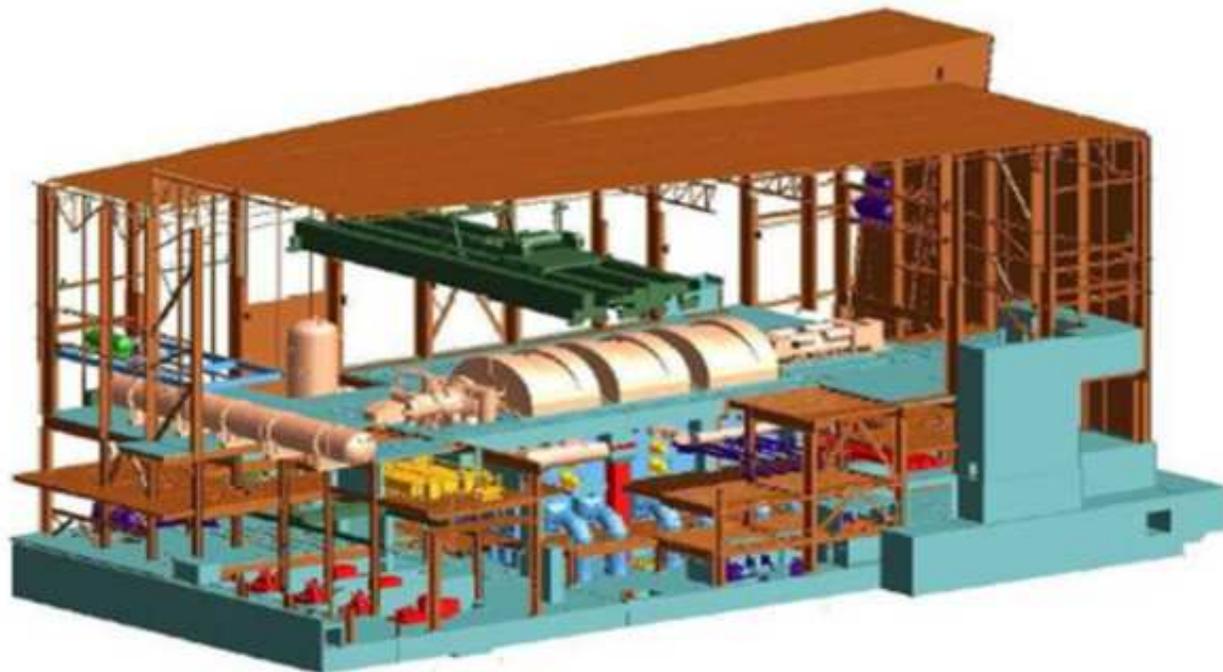


FIG-10.1.4 BILAN THERMODYNAMIQUE À 100% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME R)

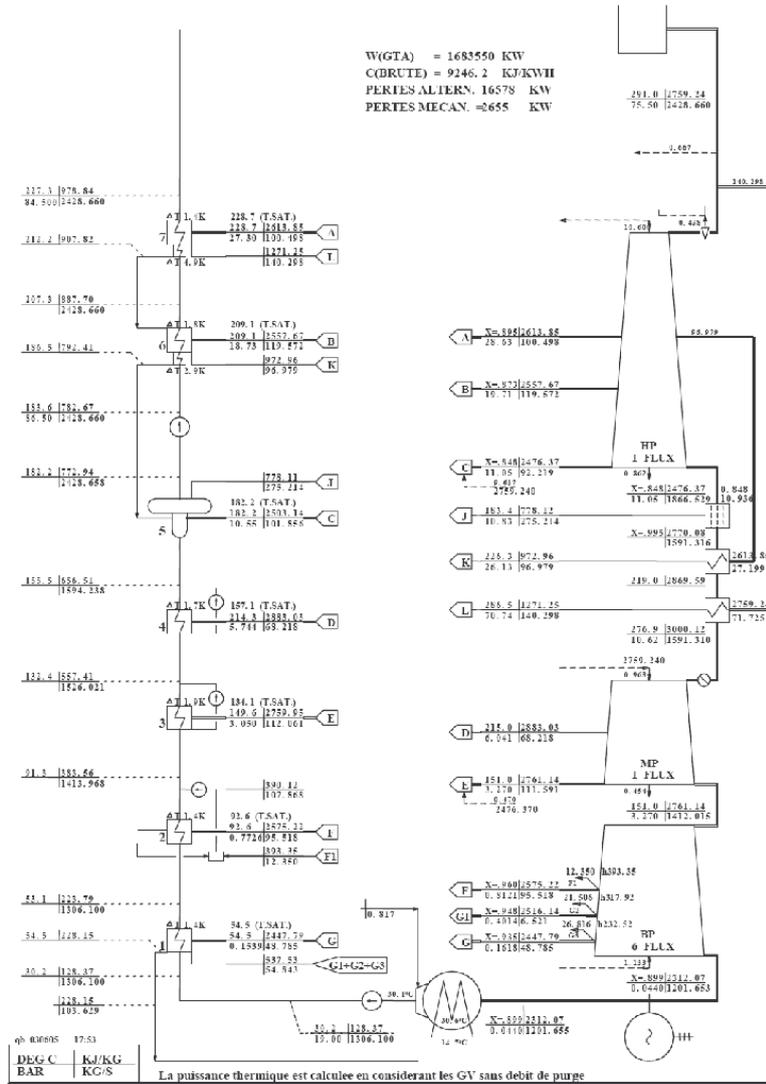


FIG-10.1.5 BILAN THERMODYNAMIQUE À 90% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME R)

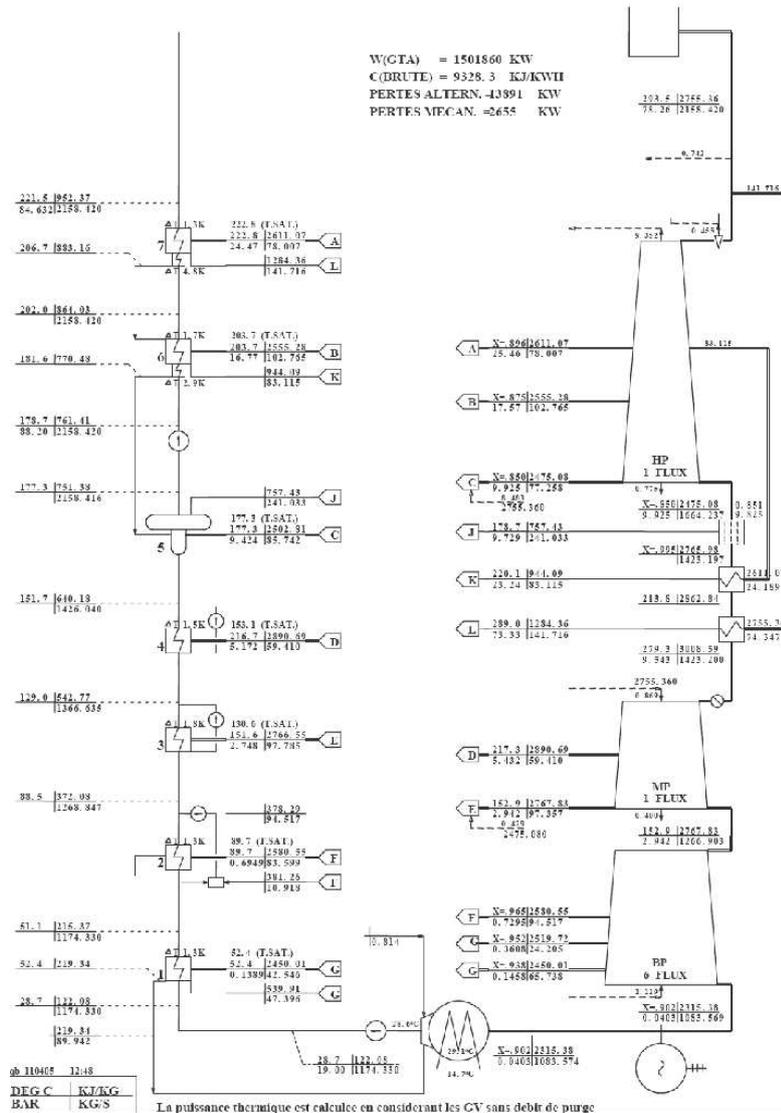


FIG-10.1.6 BILAN THERMODYNAMIQUE À 70% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME R)

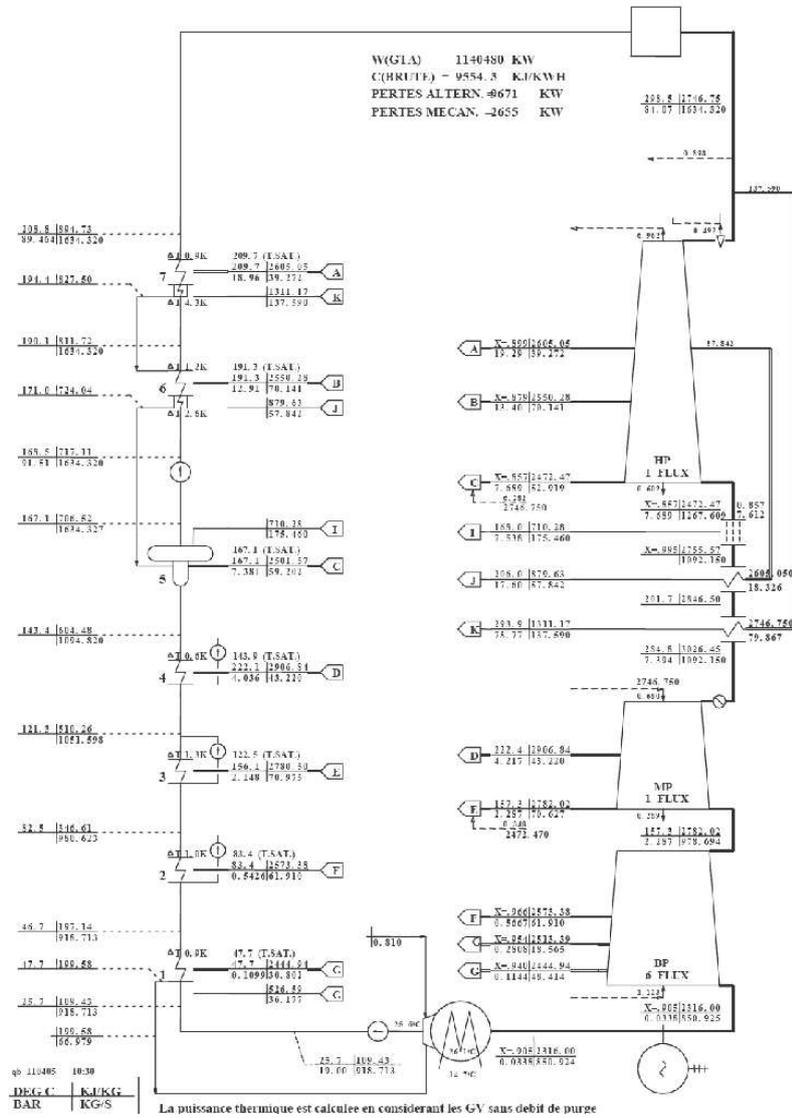


FIG-10.1.7 BILAN THERMODYNAMIQUE À 50% PUISSANCE NOMINALE (RÉGIME R)

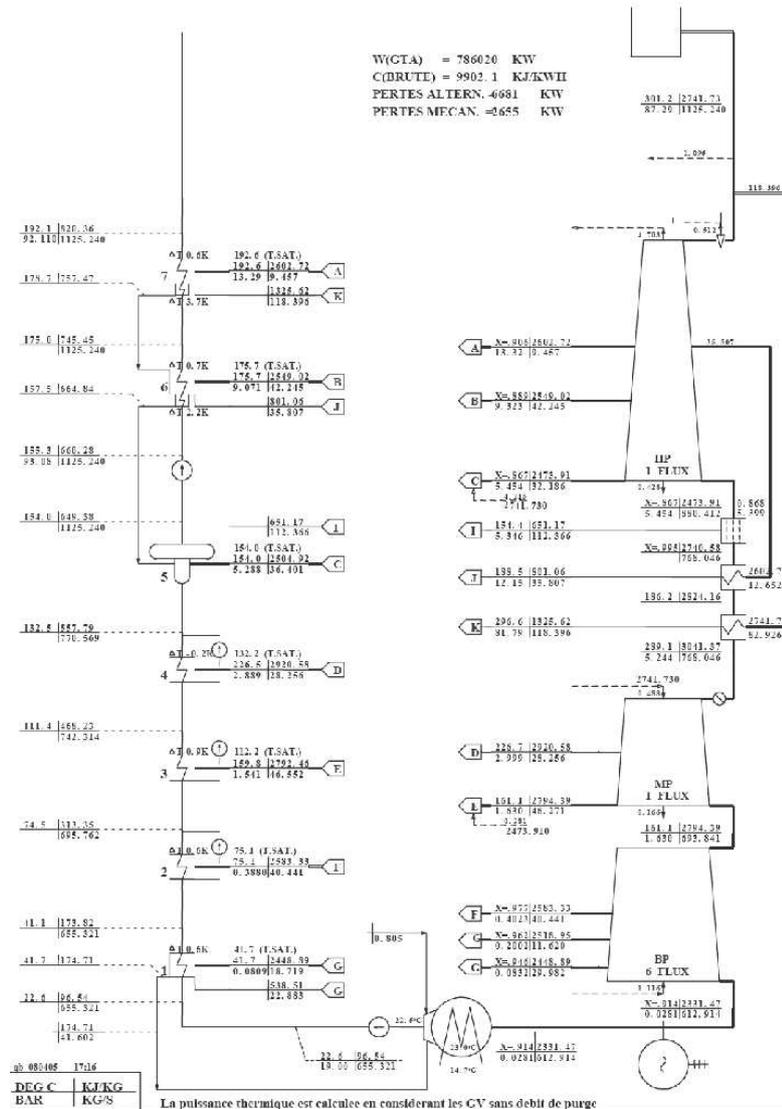
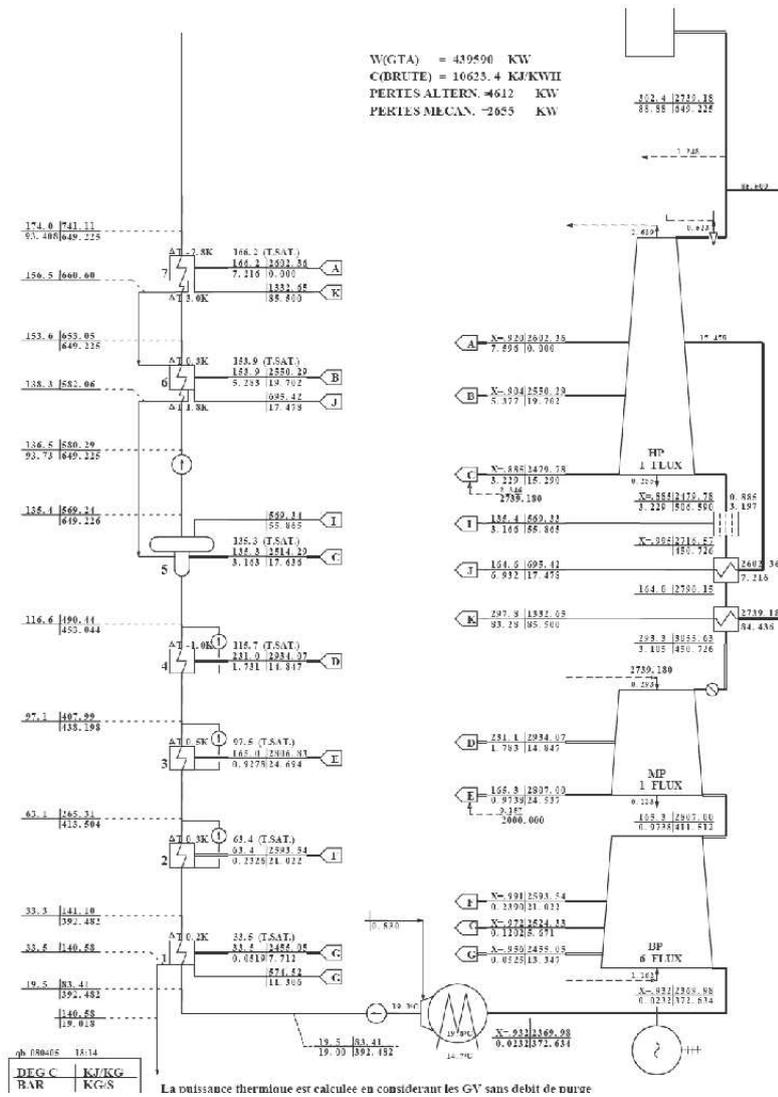


FIG-10.1.8 BILAN THERMODYNAMIQUE A 30% PUISSANCE NOMINALE (REGIME R)



SOMMAIRE

.10.2 GROUPE TURBOALTERNATEUR	3
1. RÔLE DU GROUPE TURBOALTERNATEUR	3
2. BASES DE CONCEPTION	3
3. DESCRIPTION	3
3.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE	3
3.2. SOLLICITATIONS PRISES EN COMPTE DANS LE DIMENSIONNEMENT	4
3.3. TURBINE	4
3.4. SÉPARATEURS-SURCHAUFFEURS	5
3.5. CIRCUIT D'HUILE DE GRAISSAGE	5
3.6. ALTERNATEUR	7
3.7. PROTECTIONS DE LA TURBINE	7
3.8. DISPOSITIONS DE PROTECTION	8
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	9
4.1. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	10
5. ESSAIS	10



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 2

PAGE 2/14

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-10.2.1 VUE 3D DE LA TURBINE 12

**FIG-10.2.2 COUPE LONGITUDINALE DU GROUPE
TURBOALTERNATEUR 13**

FIG-10.2.3 VUE EN PLAN DU GROUPE TURBOALTERNATEUR 14

.10.2 GROUPE TURBOALTERNATEUR

1. RÔLE DU GROUPE TURBOALTERNATEUR

Le groupe turboalternateur a pour rôle de transformer l'énergie thermique contenue dans la vapeur, sortant des générateurs de vapeur, en énergie électrique.

2. BASES DE CONCEPTION

Voir le sous-chapitre 10.1.

3. DESCRIPTION

3.1. PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Le groupe turboalternateur est constitué d'une turbine réalisée suivant le principe de construction dit « à action », tournant à \square tr/min, accouplée à un alternateur triphasé.

La turbine comporte un corps combiné haute et moyenne pression (HMP) à simple flux et \square corps basse pression (BP) à double flux.

L'alternateur est refroidi par de l'hydrogène sous pression et de l'eau. La tension à ses bornes est de \square kV.

Une vue 3D de l'ensemble turbine est donnée sur la figure [FIG-10.2.1](#).

L'ensemble turbine se compose :

- de \square lignes d'admission de vapeur vive comprenant chacune une vanne d'arrêt et une soupape de réglage,
- d'un corps combiné HMP à simple flux,
- de \square lignes d'admission vapeur moyenne pression, comprenant chacune un clapet d'interception (isolement vapeur) et un clapet modérateur (réglage de débit vapeur),
- de \square corps BP à double flux,
- de \square soutirages vapeur pour l'alimentation des réchauffeurs (BP et HP) et de la bêche alimentaire du poste d'eau,
- de \square séparateurs surchauffeurs verticaux utilisés pour le séchage et le réchauffage de la vapeur sortant du corps HP avant l'admission dans le corps MP,
- d'un circuit d'étanchéité (CET) des sorties d'arbre des corps HMP et BP, (alimentation en vapeur des labyrinthes) (cf. sous-chapitre 10.4),
- des paliers supportant la ligne d'arbre et une butée,
- d'un circuit de graissage (GGR) commun avec l'alternateur,
- d'un système de soulèvement et de virage de la ligne d'arbre,
- d'un circuit de réglage de la vitesse et du débit d'admission vapeur dans la turbine (GRE),
- d'un système de protection turbine vis-à-vis des risques internes (dont la survitesse et la surpression) et externes (GSE).

Tous les composants importants du groupe sont contrôlés par des moyens non destructifs.

3.2. SOLLICITATIONS PRISES EN COMPTE DANS LE DIMENSIONNEMENT

La turbine peut fonctionner à la puissance nominale avec une pression au condenseur inférieure ou égale à 10 mbar.

La durée de mise en vitesse de la turbine jusqu'au couplage et la vitesse de prise de charge après couplage dépendent de la durée d'arrêt précédant le démarrage.

En dehors des périodes de démarrage, les augmentations de charge sont limitées à :

- 10
- 10

Ces deux types de prise de charge sont, s'il y a lieu, effectuées consécutivement (avec une amplitude maximale dans ce cas de 10).

Le groupe turboalternateur est dimensionné (pendant sa durée de vie) pour les nombres de sollicitations suivants :

10

3.3. TURBINE

Une coupe longitudinale et une vue en plan du groupe turboalternateur sont données respectivement par la figure [FIG-10.2.2](#) et la figure [FIG-10.2.3](#).

Partie HP - MP :

Elle renferme, dans un corps à simple enveloppe, les veines HP et MP dont les flux sont opposés.

Les admissions de vapeur HP et MP constituant la zone chaude sont situées au centre du corps, et les échappements aux deux extrémités.

Le corps externe en acier moulé supporte les diaphragmes recevant les ailetages fixes.

Le rotor est constitué de quatre éléments forgés : une partie monobloc correspondant à la détente HP, et une partie constituée de deux disques et d'un bout d'arbre correspondant à la détente MP. Ces éléments sont soudés entre eux pour constituer le rotor HMP. Les ailettes mobiles sont fixées au rotor par un système d'attache du type à doigts et à broches.

Partie BP :

Les 10 corps BP, à double flux symétriques, sont identiques et sont du type à enveloppe indépendante ; ils sont chacun constitués par :

- un corps interne de construction mécano-soudée, prolongé à chaque extrémité d'un fond d'échappement et d'une chaise-palière, qui repose directement sur le massif. Le corps interne supporte les diaphragmes portant les ailetages fixes. L'indépendance de ce corps vis-à-vis des dilatations et/ou tassement du corps externe et du condenseur permet d'assurer le positionnement relatif des parties fixes et mobiles,
- un corps externe (ou « boîte d'échappement ») également de construction mécano-soudée, relié au corps interne par un joint annulaire souple, qui assure exclusivement la fonction de canalisation de la vapeur vers le condenseur. Des membranes d'éclatement sont montées sur la partie supérieure de la boîte d'échappement pour la protéger si la pression au condenseur atteint environ 10 bar absolu,
- un rotor constitué de plusieurs pièces de forge (deux bouts d'arbre et quatre disques), qui sont assemblés par soudure.

Organes d'admission vapeur :

A l'admission du corps HP, chaque vanne d'arrêt (GSE) est associée à une soupape de réglage (GRE). Les deux organes sont moulés dans un même corps et sont du type à simple siège, à fermeture par ressort sur baisse de pression du fluide moteur.

A l'admission du corps MP, les organes d'interception (GSE) et de modération (GRE) sont constitués de deux vannes papillon disposées en série.

Chaque soupape de réglage de débit vapeur et chaque clapet de modération sont commandés par un servomoteur à simple effet à asservissement de position.

Tous les organes sont à fermeture par manque de pression de fluide de commande.

Soutirages de vapeur :

A l'exception des soutirages S1 et S2 des modules BP, toutes les tuyauteries de soutirage sont munies de clapets assistés à la fermeture, permettant d'éviter les remontées d'eau à la turbine et limitant la montée en survitesse de la turbine lors des délestages ou des déclenchements.

Ces tuyauteries sont également munies de vannes d'isolement motorisées.

3.4. SÉPARATEURS-SURCHAUFFEURS

Les deux séparateurs-surchauffeurs placés entre l'échappement de la détente HP et l'admission de la détente MP, sont disposés symétriquement de part et d'autre du groupe et sont en position verticale.

En vue d'améliorer le rendement du cycle thermodynamique, les surchauffeurs sont du type à deux étages : le premier étage de surchauffe est alimenté par le soutirage 7 du corps HP de la turbine, la vapeur de chauffe du deuxième étage est de la vapeur vive prélevée à l'amont des vannes d'arrêt. Dans certains cas particuliers de fonctionnement (conditionnement), l'étage 1 de surchauffe peut être alimenté par de la vapeur vive via l'étage 2.

Dans chaque enveloppe sont placés :

- deux dispositifs de répartition de vapeur et de pré-séparation eau-vapeur,
- les blocs séparateurs (tôles ondulées maintenues entre deux flasques),
- les deux faisceaux surchauffeurs (1^{er} et 2^{ème} étage) constitués d'une boîte vapeur, d'une boîte condensats et de tubes droits verticaux, moletés en acier ferritique (□) qui glissent dans des entretoises en acier au carbone.

Les purges des séparateurs sont envoyées à la bêche alimentaire par l'intermédiaire de 2 motopompes de reprise de purges (une pompe par groupe séparateurs-surchauffeurs). Les condensats des surchauffeurs de l'étage 1 sont envoyés dans les réchauffeurs 6. Ceux des surchauffeurs de l'étage 2 sont envoyés dans les réchauffeurs 7. Chaque évacuation normale de purges ou de condensats est doublée par une évacuation de secours au condenseur.

Le circuit de vapeur, compris entre l'échappement HP de la turbine et l'admission MP de la turbine, est protégé vis-à-vis des surpressions par □ éléments de sûreté (□) installés sur les liaisons HP – groupe sècheurs-surchauffeurs.

La pression de la vapeur de chauffe dans les faisceaux surchauffeurs de l'étage 2 est réglée en fonction de la charge.

3.5. CIRCUIT D'HUILE DE GRAISSAGE

Le circuit d'huile de graissage est commun à la turbine et à l'alternateur. Il est alimenté par □ pompes :

- une pompe principale entraînée mécaniquement par la ligne d'arbres du groupe turboalternateur (pompe attelée),
- motopompes auxiliaires alimentées en courant alternatif par deux sources secourues par diesel (1^{er} secours). Les pompes auxiliaires se secourent mutuellement en mode « normal-secours »,
- une motopompe de secours, alimentée en courant continu par une source indépendante (2^{ème} secours).

Une cuve de m³ assure la réserve d'huile. L'huile est refroidie par un système de réfrigération alimentée par l'eau du circuit SRI.

Afin d'assurer la protection du circuit d'huile contre l'incendie, les dispositions suivantes sont prises :

- Installation de la cuve à huile et des motopompes dans un secteur de feu avec siphon de vidange rapide vers un puisard situé à l'extérieur de la salle des machines en cas de fuites du circuit d'huile. De plus, une protection incendie par eau pulvérisée est mise en service en cas de détection d'incendie ;
- Les tuyauteries de liaison entre la cuve à huile et les paliers du GTA sont dimensionnées avec une marge par rapport à la pression de fonctionnement ;
- Le système de traitement de l'huile est situé à l'intérieur du secteur de feu de la cuve à huile. Une alarme prévient de tout fonctionnement du dispositif de chauffage en l'absence de circulation d'huile ;
- Passage des tuyauteries de graissage dans une galerie étanche, ou passage des tuyauteries d'alimentation dans les tuyauteries retour (double enveloppe), afin d'empêcher l'inflammation en cas de fuites, notamment à proximité des zones chaudes de la turbine ;
- Les moteurs peuvent fonctionner sous aspersion d'eau.

Les dispositions fonctionnelles suivantes sont prises dans le cadre de l'utilisation du circuit de graissage :

- Pendant le virage de la ligne d'arbre, la montée en vitesse et le ralentissement du groupe turboalternateur, le graissage des paliers est assuré par la pompe attelée et les deux motopompes auxiliaires ;
- Pendant le fonctionnement au voisinage de la vitesse nominale, la pompe principale, attelée à la ligne d'arbres du groupe turboalternateur, assure seule le graissage ;
- Une soupape manostatique de décharge régule la pression dans le circuit de graissage et protège le circuit ;
- La pression est surveillée par :
 - 3 transmetteurs analogiques, qui constituent l'une des protections fondamentales de la turbine du système GSE (cette protection fonctionne à manque : la perte de 2 des 3 informations conduit au déclenchement du GTA),
 - 3 transmetteurs analogiques, distincts des précédents, qui assurent la reprise en secours entre les pompes auxiliaires et le démarrage de la pompe de secours ;
- L'autonomie des batteries d'accumulateurs permet si besoin d'assurer l'alimentation de la motopompe de secours pendant toute la période de ralentissement du groupe turboalternateur ;
- En outre, au démarrage ou à vitesse réduite, le circuit de graissage alimente un dispositif de soulèvement de la ligne d'arbres par injection d'huile sous pression, afin de diminuer le couple résistant ;
- En cas d'indisponibilité du vireur électrique, un vireur auxiliaire hydraulique est utilisé.

3.6. ALTERNATEUR

L'alternateur est dimensionné pour une puissance apparente de [] MVA avec un facteur de puissance nominal de []. L'excitation est réalisée par un système à diodes tournantes sans balais. L'énergie est évacuée par deux caissons de bornes assurant l'interface entre les traversées isolées de l'alternateur et les gaines coaxiales acheminant l'énergie jusqu'au transformateur principal.

L'alternateur est réfrigéré :

- par de l'hydrogène sous une pression de [] MPa relatif, circulant à l'intérieur du rotor et du stator. L'étanchéité est assurée par des joints statiques et par un joint dynamique à circulation d'huile sous pression utilisant un système à triple circuit au niveau de l'étanchéité entre stator et rotor. Chaque circuit est alimenté par des motopompes différentes. Le circuit « côté air » peut assurer seul l'étanchéité en cas de fonctionnement dégradé. Dans ce but, il comporte [] pompes fonctionnant en normal / secours ainsi que des accumulateurs permettant de passer les transitoires lors des basculements de pompes ;
- par de l'eau déminéralisée circulant à l'intérieur des barres conductrices constituant le bobinage du stator.

Protections :

L'alternateur est protégé contre les défauts internes. Ces protections isolent l'alternateur par ouverture du disjoncteur de couplage 400 kV, provoquant la désexcitation de la machine et le déclenchement de la turbine.

L'alternateur est également protégé contre les défauts externes. Les relais de protection isolent l'alternateur par ouverture du disjoncteur de ligne 400 kV, celui-ci débitant alors uniquement sur les auxiliaires.

3.7. PROTECTIONS DE LA TURBINE

La protection de la turbine est assurée contre les incidents pouvant mettre en cause sa tenue mécanique (les plus importants étant le manque de lubrification, la survitesse et les surpressions) par un système de sécurité (GSE) qui déclenche la turbine sur incident, et par des soupapes (ou membranes) qui limitent la pression de vapeur.

Le contrôle des organes d'admission réglants et non réglants est réalisé par un « circuit hydraulique de commande » servant à piloter les servomoteurs (TOR ou réglants) associés aux organes d'admission. Ce circuit hydraulique est lui-même sous la dépendance d'un équipement électronique de protection du groupe turboalternateur qui agit par l'intermédiaire d'un ensemble de 3 trois électrovannes associées à une chaîne de protection.

Le système de sécurité est structuré pour fonctionner suivant une redondance de type 2 sur 3. Ce mode de fonctionnement impose la mise en œuvre de trois chaînes électriques de commande distinctes. Chaque chaîne est traitée [], par l'intermédiaire d'un commutateur de puissance, un électro distributeur qui permet de piloter 2 clapets. La structure du circuit hydraulique de commande et l'arrangement des clapets sont tels que l'ouverture de deux chaînes électriques suffit pour réaliser l'action de sécurité qui consiste en la mise à la décharge du circuit d'huile de commande entraînant la fermeture de l'ensemble des organes d'admission et de réadmission (non réglants ou réglants).

Chaque chaîne de protection peut déclencher par :

- une action [],
- un ordre de déclenchement donné par la protection contre les survitesses,
- un ordre de déclenchement issu de l'équipement de protection du groupe turboalternateur.

L'équipement de protection du groupe turboalternateur réalise le traitement :

- des protections fondamentales : vide au condenseur, pression dans les séparateurs surchauffeurs, pression de graissage,
- de la protection contre la perte de fluide de commande des organes d'admission turbine,
- des ordres de déclenchement réacteur (issus du PS, du RCSL ou du LAX (AAR diversifié)),
- des ordres de déclenchement issus des protections électriques de la tranche,
- des ordres de déclenchement issus des système de surveillance ou de régulation du groupe turboalternateur,
- des ordres de déclenchement issus des autres systèmes élémentaires : ces déclenchements sont regroupés au sein du contrôle commande standard de la tranche. Le raccordement filaire entre le contrôle commande standard de la tranche et l'automate de protection du groupe turboalternateur est fiabilisé pour éviter les ordres intempestifs de déclenchement et pour détecter la perte du contrôle commande standard,
- de la surveillance permanente de son bon fonctionnement.

La protection fondamentale contre les survitesses est réalisée par un équipement spécifique constitué de 3 voies distinctes réalisant chacune l'acquisition et le traitement d'une mesure de vitesse, l'élaboration de l'ordre, le déclenchement de la chaîne de protection qui lui est associée.

L'équipement de régulation du groupe turboalternateur permet de réaliser le traitement :

- de l'armement turbine,
- de la surveillance permanente de certains paramètres,
- des auto-tests périodiques de fonctionnement de l'équipement de protection.

Les clapets de non-retour, en aval des soutirages sur lesquels ils sont nécessaires, sont assistés en fermeture.

3.8. DISPOSITIONS DE PROTECTION

Risque d'émission de projectiles par la turbine

En application de la RFS 1.2.b (voir paragraphe 3.2.2 de la section 1.7.0), la conception mécanique de la turbine, le haut niveau de fiabilité des chaînes de protection contre les survitesses et les dispositions concernant le contrôle en fabrication et en exploitation ainsi que le résultat du calcul probabiliste associé, permettent de ne pas retenir le risque d'émission de projectiles.

Par ailleurs, des dispositions sont prises pour assurer la protection de la turbine par :

- des circuits redondants de détection de défaut et de déclenchement de la turbine, par fermeture rapide des organes d'admission vapeur et des soutirages, obtenue par manque de fluide moteur,
- des protections contre les surpressions anormales de vapeur dans les enveloppes des séparateurs et les tuyauteries de liaison entre le corps HP et MP, par des soupapes de sûreté, des disques de rupture et des membranes d'éclatement.

Des dispositions sont également prises pour empêcher les détériorations de la ligne d'arbres et son blocage (risquant d'entraîner un projectile de faible énergie) :

- redondance des pompes de graissage : normal secours,
- diversification de la motorisation et de l'alimentation redondante des pompes : réseau secouru, continu sur batteries...,
- surdimensionnement des tuyauteries de graissage,
- détection redondante de la perte de pression d'huile,
- surveillance des niveaux d'huile « dans la caisse à huile ».

Protection vis-à-vis de l'incendie

Le réservoir d'huile et les motopompes de graissage du groupe turboalternateur sont placés dans un secteur de feu et équipés d'une protection incendie.

Par ailleurs, des dispositions sont prises pour éviter les fuites d'huile à proximité de la turbine par l'utilisation de tuyauteries à double enveloppe et passage en galeries étanches.

Pour la manoeuvre des organes d'admission vapeur, le fluide de sécurité utilisé est un ester-phosphate difficilement inflammable.

Le réservoir d'huile et les motopompes du circuit d'étanchéité alternateur (GHE) sont placés dans un secteur de feu équipé d'une détection et protection incendie.

En cas d'incendie en salle des machines, il est possible d'initier une vidange rapide de l'hydrogène contenu dans l'alternateur suivie d'un inertage automatique à l'azote depuis la salle de commande.

Protection vis-à-vis des risques d'explosion

Pour empêcher les risques d'explosion de l'hydrogène utilisé pour le refroidissement de l'alternateur, les dispositions suivantes sont prises :

- balayage de l'alternateur à l'azote avant remplissage en hydrogène et avant passage en air, afin d'éviter les mélanges explosifs air-hydrogène,
- mise en place d'inter verrouillages logiques sur les commandes des vannes motorisées pour empêcher l'admission d'air lorsque l'alternateur est sous hydrogène et vice versa,
- mise en place d'un flexible sur le circuit d'alimentation en gaz (GRV), celui-ci étant orienté soit sur l'air, soit sur l'hydrogène,
- contrôle continu de la pureté d'hydrogène dans l'alternateur, afin de la maintenir en permanence au-dessus de 96%,
- utilisation de tuyauteries double enveloppe entre les postes 1^{ère} et 2^{ème} détente : la pression de l'espace inter enveloppe est surveillée en continu avec coupure de l'alimentation d'hydrogène en cas de baisse ou d'augmentation de pression,
- mise en place d'une hotte de collecte au-dessus du poste 2^{ème} détente,
- vidange rapide et inertage de l'alternateur soit depuis la salle de commande, soit sur perte de l'étanchéité dynamique,
- redondance des dispositifs destinés à assurer la sécurité (extracteurs, motopompes, vannes motorisées...),
- mise en place des dispositions constructives permettant de limiter la consommation globale d'hydrogène en fonctionnement normal à Nm³ par jour,
- contrôle en continu de la concentration en hydrogène sur le circuit de ventilation de la caisse à huile du circuit d'étanchéité de l'alternateur (GHE),
- étanchéité le long de l'arbre de l'alternateur afin d'empêcher les fuites hors de la machine, et contrôle en continu de l'absence d'hydrogène en bout d'arbre.

Etanchéité vapeur des sorties d'arbres de la turbine :

Cf. sous-chapitre 10.4.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

Action de déclenchement du groupe turboalternateur vis-à-vis de l'arrêt d'urgence du réacteur

L'AAR entraîne le déclenchement du groupe turboalternateur (chaque division du système de protection du réacteur envoie un ordre de déclenchement turbine à l'automate de sécurité turbine qui réalise un vote []).

En complément du déclenchement turbine, la fermeture de l'auxiliaire GSS est réalisée. Cette action contribue à la réduction de l'appel de puissance du secondaire et joue à ce titre un rôle vis-à-vis du risque de sur-refroidissement du coeur.

Par ailleurs, au titre de la protection contre les surpressions primaires et secondaires pour les situations de fonctionnement de deuxième catégorie, l'information secondaire indisponible, élaborée à partir des informations de pression condenseur, turbine déclenchée et disjoncteur de ligne ouvert, entraîne l'arrêt automatique du réacteur (AAR). Ce signal de protection est non classé.

Le système GRE participe à certaines fonctions de limitation en initiant des baisses de charge rapides de la turbine.

4.1. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ

Le système GSE a fait l'objet d'un écart avec information de l'ASN sur l'utilisation de matériels non classés F1A pour la réalisation de la fonction de déclenchement turbine. Cet écart est jugé acceptable en raison de l'utilisation de ces matériels en continu pour le fonctionnement normal de la tranche. A ce titre, ils font l'objet d'une surveillance automatique des chaînes de déclenchement (auto-tests); d'une surveillance automatique intrinsèque (autosurveillance) ainsi que d'une surveillance permanente de fiabilité et de disponibilité de la part des équipes de conduite et de maintenance, y compris via la réalisation d'essais. L'architecture du système intègre le principe de redondance, une logique à manque sur la partie actionnement et des positions de sécurité sur perte de système support, le besoin de réalisation d'essais, l'utilisation de composants qualifiés et un contrôle-commande dédié éprouvé. Cet écart est présenté en détail dans le tableau 6 de la section 3.2.2 "Synthèse des exceptions".

Le système GSS a fait l'objet d'un écart avec information de l'ASN quant à son absence de classement F1A au titre de la fonction d'isolement des auxiliaires en cas de déclenchement turbine. Cet écart est justifié par l'utilisation des équipements concernés en fonctionnement normal, par la surveillance mise en place, par la réalisation d'essais et enfin par l'utilisation de composants du plus haut niveau d'exigence. Cet écart est présenté en détail dans le tableau 6 de la section 3.2.2 "Synthèse des exceptions".

Le système GRE a fait l'objet d'un écart avec information de l'ASN quant à son absence de classement F2 au titre des fonctions de limitation auxquelles il participe pour assurer la baisse de charge rapide nécessaire en cas de sollicitation du Partial Trip. Cet écart est jugé acceptable en raison de l'utilisation des matériels associés à cette fonction en continu, pour le fonctionnement normal de la tranche. A ce titre, il font l'objet d'une surveillance permanente de fiabilité et de disponibilité de la part des équipes de conduite et de maintenance, y compris via la réalisation d'essais. L'architecture du système intègre le principe de redondance, le besoin de réalisation d'essais, l'utilisation de composants qualifiés et un contrôle-commande dédié éprouvé. Cet écart est présenté en détail dans le tableau 6 de la section 3.2.2 "Synthèse des exceptions".

5. ESSAIS

Le système de sécurité turbine (GSE) fait l'objet d'autotests et d'essais au titre de la disponibilité, de la DESP et de la RFS 1.2.b. Les autotests ont lieu pendant la marche normale de la turbine et ont pour objectif de vérifier l'aptitude au déclenchement en cas de besoin en détectant des défaillances dans les équipements du contrôle commande. En cas d'anomalie, une information est remontée à l'opérateur. Les autotests n'interdisent pas le fonctionnement des protections.

Les essais du système GSE concernent :

- les essais de fermeture des vannes d'arrêt (HP) et des vannes d'interception de la turbine (MP),
- l'assistance à la fermeture des clapets de non-retour,

- les essais de survitesse en réel,
- l'étanchéité des organes d'admission turbine.

Ces essais n'interdisent pas le fonctionnement des protections.

Le système de régulation turbine (GRE) fait également l'objet d'essais de fermeture des soupapes réglantes (HP) et des soupapes de modération (MP) de la turbine. Ces essais sont réalisés régulièrement.

FIG-10.2.1 VUE 3D DE LA TURBINE



FIG-10.2.2 COUPE LONGITUDINALE DU GROUPE TURBOALTERNATEUR

□

FIG-10.2.3 VUE EN PLAN DU GROUPE TURBOALTERNATEUR

SOMMAIRE

.10.3 CIRCUIT DE VAPEUR PRINCIPALE (VVP PARTIE CLASSÉE DE SÛRETÉ)	5
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.1.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	6
0.1.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	6
0.2. CRITERES FONCTIONNELS	6
0.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	6
0.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	6
0.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	6
0.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	7
0.3. EXIGENCES RELATIVES A LA CONCEPTION	7
0.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT SÛRETÉ	7
0.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	8
0.3.3. AGRESSIONS	10
0.3.4. DIVERSIFICATION	10
0.3.5. RADIOPROTECTION	10
0.3.6. EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	10
0.4. ESSAIS	11
0.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	11
0.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	11
0.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	11
0.4.4. MAINTENANCE	11
1. RÔLE DU SYSTÈME	11

1.1. RÔLE DU SYSTEME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	11
1.2. RÔLE DU SYSTEME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 A 4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	11
2. BASES DE CONCEPTION	12
2.1. HYPOTHÈSES GENERALES DE FONCTIONNEMENT	12
2.2. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT	12
2.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	12
2.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	13
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	13
2.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	13
2.3. AUTRES HYPOTHESES	14
3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT	15
3.1. DESCRIPTION	15
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	15
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	15
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	18
3.2. FONCTIONNEMENT	18
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	18
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	18
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	19
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	21
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	21
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	21
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	21
4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	21
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	21
4.2.4. CONTRIBUTION INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	22
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	22
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	22
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	23



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 3

PAGE 3/31

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

4.3.3. AGRESSIONS	24
4.3.4. DIVERSIFICATION	24
4.3.5. RADIOPROTECTION	25
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	25
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	25
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	25
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	25
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	25
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	25
4.4.4. MAINTENANCE	26
5. SCHEMA DE PRINCIPE	26



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 3

PAGE 4/31

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TABLEAUX :

TAB-10.3.1 CONSÉQUENCES D'UNE DÉFAILLANCE UNIQUE 27

FIGURES :

FIG-10.3.1 SCHEMA DE PRINCIPE DE LA VANNE D'ISOLEMENT

VAPEUR 29

FIG-10.3.2 TRAINS ELECTRIQUES ASSOCIES A LA PARTIE CLASSEE DU

SYSTEME VVP (EXEMPLE DU TRAIN 1) 30

FIG-10.3.3 SCHÉMA MÉCANIQUE SIMPLIFIE DU SYSTEME VVP 31

.10.3 CIRCUIT DE VAPEUR PRINCIPALE (VVP PARTIE CLASSÉE DE SÛRETÉ)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Les contributions du système de circuit de vapeur principale (VVP) au contrôle de la réactivité doivent être les suivantes :

- isolement des lignes vapeur principale (ligne VVP) en conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A conduisant à une augmentation excessive du débit de vapeur, afin de limiter le refroidissement du circuit primaire et ainsi contrôler la réactivité,
- limitation du débit de décharge vapeur en cas d'ouverture intempestive d'une soupape de sûreté des GV, afin de limiter le refroidissement du circuit primaire et ainsi contrôler la réactivité,
- ouverture de la ligne de by-pass vapeur du GV affecté, en cas de rupture d'un tube dans un générateur de vapeur (RTGV), lorsque les pompes primaires sont arrêtées, et que le système VDA du GV affecté est considéré comme défaillant, afin de permettre au système VDA d'un autre GV de dépressuriser le GV affecté, pour minimiser le débit RTGV inversé et ainsi limiter les risques de retour en criticité dans le cœur.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les contributions du système VVP à l'évacuation de la puissance résiduelle doivent être les suivantes :

- évacuation de la puissance résiduelle par décharge de la vapeur à l'atmosphère via les lignes VVP, en condition de fonctionnement PCC-2 à 4 ou lors des séquences RRC-A.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système VVP au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

- 1^{ère} barrière de confinement :
Le système VVP ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.
- 2^{ème} barrière de confinement :
 - L'isolement de la ligne VVP est requis en cas de brèche secondaire, afin de limiter la dépressurisation du GV affecté et le refroidissement du circuit primaire, et ainsi empêcher la rupture fragile de la cuve.
- 3^{ème} barrière de confinement :
 - l'isolement de la ligne VVP du GV affecté en cas de RTGV, afin de confiner les substances radioactives dans le GV affecté,
 - l'isolement des lignes VVP, en cas de brèche secondaire à l'intérieur de l'enceinte, afin de limiter la montée en pression dans l'enceinte et préserver ainsi son intégrité,
 - l'ouverture des soupapes de sûreté des GV dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A, afin de protéger le circuit secondaire contre les surpressions de manière à garantir son intégrité,
 - En condition accidentelle de brèche primaire, les parties du système VVP situées à l'intérieur du bâtiment réacteur appartiennent à la 3^{ème} barrière telle que définie au sous-chapitre 3.1.
 - En situation d'accident grave, les pénétrations enceinte du système VVP doivent être isolées.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Le système VVP doit contribuer indirectement au contrôle de la réactivité par la refermeture des soupapes de sûreté des GV après sollicitation en condition de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A, afin d'éviter le sur-refroidissement du circuit primaire.

Le système KRT doit contribuer indirectement au confinement des substances radioactives en tant que support de la fonction détection d'activité secondaire par le système KRT. A ce titre, le système VVP doit assurer un débit de vapeur pour permettre la surveillance de l'activité secondaire (surveillance de l'intégrité des GV) et, en cas de rupture de tube(s) de générateur de vapeur (RTGV), la détection du (des) GV affecté(s).

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Le système ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Le système ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

0.2. CRITERES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Fermeture des vannes d'isolement des lignes VVP

Le système VVP doit permettre la fermeture des vannes d'isolement des lignes vapeur (VIV) dans un délai suffisamment court, dans certaines conditions de fonctionnement PCC-2 à 4 et séquences RRC-A conduisant à une augmentation excessive du débit de vapeur, afin de limiter le refroidissement du circuit primaire.

Limitation du débit vapeur à une valeur maximale

Le système VVP doit limiter le débit vapeur en cas d'ouverture intempestive d'une soupape de sûreté des GV, afin d'éviter le sur refroidissement du circuit primaire qui pourrait conduire à un retour en criticité dans le cœur.

Décharge de vapeur à un débit minimal par la ligne de by-pass de la vanne d'isolement vapeur

Le système VVP doit fournir un débit de décharge minimum de vapeur par l'ouverture de la ligne de by-pass de la vanne d'isolement vapeur du GV affecté, en cas de RTGV cumulée à la défaillance à l'ouverture du VDA du GV affecté, et lorsque les pompes primaires sont arrêtées, afin de permettre au VDA d'un autre GV de dépressuriser suffisamment le GV affecté pour éviter une rétrovidange qui pourrait conduire à un retour en criticité dans le cœur.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

En condition de fonctionnement accidentel, l'évacuation de la puissance résiduelle est assurée par le système VDA via les lignes VVP. Le respect des exigences de sûreté associées à cette fonction est ainsi garanti par le système VDA.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

- 1^{ère} barrière de confinement :
Le système VVP ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.
- 2^{ème} barrière de confinement :

Le système VVP doit permettre la fermeture des vannes d'isolement des lignes vapeur dans les conditions de fonctionnement PCC-2 à 4, et séquences RRC-A, notamment en cas de brèche secondaire, afin de limiter la dépressurisation du GV affecté et le refroidissement du circuit primaire et ainsi empêcher la rupture fragile de la cuve.

- 3^{ème} barrière de confinement :

Isolement du système VVP

Le système VVP doit isoler le GV affecté en cas de RTGV, afin de garantir le confinement des substances radioactives dans le GV affecté, la pression de tarage des soupapes de sûreté des GV doit être au dessus de la pression de refoulement des pompes ISMP, pour que les soupapes ne soient pas sollicitées.

Les vannes d'isolement de la ligne de by-pass, des lignes de purge ainsi que la vanne d'isolement de la ligne vapeur du GV affecté (après la phase de refroidissement automatique) doivent être fermées.

Fermeture des vannes d'isolement des lignes VVP

Le système VVP doit permettre la fermeture des dispositifs d'isolement des lignes vapeur pour isoler la ligne endommagée en cas de brèche secondaire à l'intérieur de l'enceinte, pour limiter les masses et énergies libérées dans l'enceinte de manière à ce que la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement ne soit pas dépassée.

Ouverture des soupapes de sûreté des GV pour protéger le circuit secondaire contre les surpressions

Les caractéristiques des soupapes de sûreté des GV (point de tarage et capacité) doivent permettre d'assurer la protection du circuit secondaire contre les surpressions par le respect des critères associés.

Isolement enceinte

En conditions accidentelles de brèche primaire, l'enveloppe externe des parties du système VVP situées à l'intérieur du bâtiment réacteur et constituant l'enveloppe secondaire des générateurs de vapeur doit assurer une barrière de confinement vis-à-vis des substances radioactives de l'ambiance régnant dans l'enceinte de confinement.

L'enveloppe externe des parties du système VVP doit répondre aux exigences de « circuits fermés dans l'enceinte » telles que définies dans la section 6.2.1.

En situation d'accident grave, les pénétrations enceinte du système VVP doivent être isolées afin d'assurer le confinement des substances radioactives.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Au titre de sa contribution indirecte au contrôle de la réactivité, le système VVP doit satisfaire le critère fonctionnel suivant :

- La pression de tarage des soupapes de sûreté des GV doit permettre leur refermeture après sollicitation.

Au titre de sa contribution indirecte au confinement des substances radioactives, la détection de l'activité secondaire est possible sous réserve d'avoir un débit de vapeur suffisant.

0.3. EXIGENCES RELATIVES A LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues du classement sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système VVP jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Les fonctions du système VVP classées F1 doivent être robustes à l'application de la défaillance unique.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des composants du système VVP nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

0.3.1.4. Séparation physique/géographique

Les fonctions classées F1 du système VVP doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants constitutifs :

- séparation physique des 4 trains.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système VVP doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classements ESPN, mécanique, électrique Contrôle-Commande et sismique

Les équipements du système VVP redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Les équipements du système VVP redevables d'un classement ESPN doivent être classés conformément à la réglementation applicable (cf. section 3.6.2).

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Le système VVP est concerné spécifiquement par les textes officiels suivants :

- le décret n° 2016-1925 du 28 décembre 2016 relatif au suivi en service des appareils à pression,
- l'arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples,
- l'arrêté du 30 décembre 2015 modifié (aussi appelé arrêté ESPN) relatif aux équipements sous pression nucléaires,
- le décret 2007-534 du 10/04/2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3,
- l'arrêté du 10/11/1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression,
- le décret n° 2007-534 du 10 avril 2007 modifié autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3, comportant un réacteur nucléaire de type EPR, sur le site de Flamanville (Manche) :

L'exigence applicable au système concerne l'index III-2.1.1a :

« Des systèmes de refroidissement permettent, pour toutes les situations normales d'exploitation, d'assurer en permanence l'évacuation de la puissance thermique des assemblages de combustible en garantissant, avec des marges suffisantes, l'intégrité de ces assemblages ».

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système VVP appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, il doit respecter la décision n° 2012-DC-0283 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juin 2012 et décision n° 2014-DC-0403 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système VVP n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles Fondamentales de Sûreté

Le système VVP n'est pas concerné par une Règle Fondamentale de Sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives Techniques

Le système VVP est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques (voir les sections ci-dessous de la section 1.7.0) :

- section A.1.3 – « Les suppressions du circuit primaire doivent aussi être évitées autant que nécessaire par des dispositions de conception et des procédures d'exploitation de manière à contribuer en particulier à l'exclusion de la rupture de la cuve de réacteur ».
- section B.1.3 – « Les possibilités de défaillance de cause commune des tuyauteries principales de vapeur et des tuyauteries principales d'alimentation en eau doivent être réduites autant que possible par une séparation adéquate des circuits ».
- section B.2.3.1 – Fonction de contrôle de la réactivité :
 - « Concernant les ouvertures intempestives des vannes du circuit secondaire de même que les brèches des lignes secondaires, le concepteur doit préciser si le réacteur peut redevenir critique après l'arrêt d'urgence du réacteur au cours de tels transitoires, incidents ou accidents ; les équipements de contrôle-commande doivent être classés en conséquence ».
- section B.2.3.4 – Fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires :
 - « La fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires mérite une attention particulière. Elle doit avoir la capacité d'évacuer la chaleur du cœur du réacteur via les générateurs de vapeur en association avec les vannes de décharge des générateurs de vapeur et de l'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur pendant les transitoires, incidents et accidents de référence. Après un arrêt du réacteur, la transition du côté primaire de l'état sous-critique à chaud à des conditions intermédiaires doit être assurée par cette fonction pour permettre ensuite l'obtention de l'état sous-critique à froid par la fonction d'évacuation de la chaleur résiduelle côté primaire. ».
 - « Pour des événements particuliers (petite brèche primaire et rupture d'un tube de générateur de vapeur), la fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires doit avoir la capacité d'assurer de manière fiable le refroidissement du circuit primaire jusqu'aux conditions permettant le fonctionnement du système de refroidissement de secours du cœur (fiabilité du système de démarrage et d'arrêt, fiabilité du contournement au condenseur). ».
- section B.2.3.7 – Fonction de protection contre les suppressions dans les circuits secondaires :
 - « La fonction de protection contre les suppressions dans les circuits secondaires peut être réalisée par une association de lignes de décharge de vapeur isolables et de soupapes de sûreté implantées entre le bâtiment du réacteur et les vannes d'isolement de vapeur principales. Le caractère adéquat de cette association de lignes de décharge et de soupapes de sûreté doit être vérifié en considérant aussi l'évacuation de la puissance résiduelle, la limitation des rejets radioactifs et la prévention d'un refroidissement excessif du cœur du réacteur »,
 - « Les vannes de décharge et les soupapes de sûreté doivent être qualifiées pour les conditions de fluides qui pourraient survenir pendant leur utilisation »,
 - « Plus précisément, du point de vue de la sûreté, la fonction de protection contre les suppressions secondaires pourrait être accomplie pour chaque générateur de vapeur par deux soupapes de sûreté, chacune d'elles ayant une capacité de décharge de Q , en plus d'une ligne de décharge de vapeur (avec une vanne d'isolement et une vanne de décharge régulée) ayant une capacité de décharge de Q . Le point de consigne pour l'arrêt d'urgence du réacteur serait fixé à une valeur inférieure ou égale à la pression de conception des générateurs de vapeur. Les points de consigne et les caractéristiques d'ouverture des

soupapes de sûreté et des vannes de décharge devraient être choisis de telle sorte qu'il n'y ait pas de sollicitation des soupapes de sûreté en cas de rupture d'un tube de générateur de vapeur. »,

- « Ce concept implique le classement des lignes de décharge de vapeur comme systèmes F1A ; de plus, une fiabilité adéquate des vannes correspondantes doit être clairement démontrée ».

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système VVP n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.2.4. Autres textes

Le système VVP est concerné par la norme suivante :

- NF EN 764-7 de juillet 2002 relative aux équipements sous pression - Partie 7 : Systèmes de sécurité pour équipements sous pression non soumis à la flamme : Les exigences applicables au système VVP concernent la protection des équipements sous pression contre tout dépassement de ses limites admissibles.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système VVP doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

Le concept d'exclusion de rupture s'applique à la tuyauterie principale des lignes du système VVP à l'intérieur de l'enceinte, entre la sortie du GV et le point fixe de la traversée enceinte, et à l'extérieur de l'enceinte, entre la traversée enceinte et le premier point fixe en aval de la vanne d'isolement vapeur, y compris les piquages des trois lignes connectées les plus grosses, à savoir celui du système VDA jusqu'à la vanne d'isolement et les deux piquages des soupapes de sûreté des GV (VVP).

En particulier, en dépit de l'hypothèse d'Exclusion de Rupture, et au titre de la défense en profondeur, la rupture des piquages implantés sur les lignes vapeur doit être analysée en tant qu'agression.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système VVP doivent être protégées contre les conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Le système ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

0.3.5. Radioprotection

Le système VVP n'est pas concerné par une exigence de radioprotection.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Le système VVP n'est pas concerné par une exigence liée au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme dans la gestion long terme après accident.

0.4. ESSAIS

0.4.1. Essais de démarrage

Le système VVP doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 0.2.](#)

0.4.2. Surveillance en exploitation

Le système VVP doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel compte tenu en particulier des exigences liées à la démonstration d'exclusion de rupture (cf. section 3.4.2.3).

0.4.3. Essais périodiques

La partie classée du système VVP doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système VVP doit être conçu pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système VVP assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTEME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

En fonctionnement normal, le système VVP est conçu pour assurer les fonctions suivantes :

- alimenter en vapeur la turbine et tous les autres consommateurs de vapeur dans la salle des machines,
- évacuer la puissance résiduelle vers le GCT depuis l'arrêt à chaud jusqu'à la connexion du système RIS-RA en mode RA,
- assurer le conditionnement en température et en pression des tronçons de tuyauterie vapeur en aval des vannes d'isolement des lignes VVP lors du démarrage de la tranche,
- isoler la ligne de by-pass (vannes motorisées en position fermée) lors du fonctionnement en puissance, du refroidissement et lors du démarrage,
- permettre l'évacuation d'éventuels condensats dans les lignes VVP lors du démarrage de la tranche.

De plus, le GCT gère les déséquilibres de puissance primaire/secondaire.

1.2. RÔLE DU SYSTEME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 A 4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

Dans les conditions de PCC-2 à 4 et RRC-A, et dans les situations d'agression, le système VVP assure les fonctions suivantes :

- En cas de rupture de tuyauterie vapeur (RTV) ou d'ouverture intempestive du VDA ou soupape de sûreté des GV, la partie classée de sûreté du système VVP assure l'isolement des lignes VVP pour atteindre l'état contrôlé.
- En cas de RTGV, lorsque les pompes primaires sont arrêtées, et que le système VDA du GV affecté est considéré comme défaillant, le système VVP assure l'ouverture de sa ligne de by-pass pour atteindre l'état d'arrêt sûr (RIS-RA en mode RA connecté).
- En cas d'événements PCC-2 à 4 et RRC-A, le système VVP assure l'ouverture des soupapes de sûreté des GV pour la protection du GV et du circuit secondaire principal contre les surpressions.
- En cas de RTGV cumulée à la défaillance de l'isolement du GV affecté suite au blocage en position ouverte de la VIV à cause du refus de déclenchement au niveau d'une cellule électrique, la fermeture de la VIV défaillante est forcée en local via l'action d'un intervenant sur le tableau électrique associé afin d'assurer le confinement des substances radioactives dans le GV affecté.
- En situation accident grave, la partie classée de sûreté du système VVP assurent l'isolement des pénétrations enceinte.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Les hypothèses générales de fonctionnement du système VVP s'appuient sur les principes suivants :

- La conception et l'implantation des vannes VVP, y compris leurs dispositifs de régulation et leurs systèmes support, sont telles que les exigences relatives aux tests fonctionnels périodiques, à la maintenance préventive, à la réparation et à l'inspection sont respectées.
- En ce qui concerne le fonctionnement en puissance, le système VVP est conçu conformément au diagramme de charge de la tranche.
- En fonctionnement à pleine puissance, les 4 trains VVP assurent l'évacuation de la puissance totale vers la salle des machines.
- En plus du système VDA, chaque GV est protégé contre les surpressions par 2 soupapes de protection.
- La tuyauterie vapeur principale y compris ses vannes ainsi que les supports est conçue pour résister aux charges d'eau statiques nécessaires pour l'épreuve de pression, ainsi qu'aux charges dynamiques résultant d'une suralimentation des GV avec de l'eau alimentaire.

2.2. HYPOTHESES DE DIMENSIONNEMENT

2.2.1. Contrôle de la réactivité

Fermeture des vannes d'isolement des lignes VVP

Le temps de fermeture des vannes VIV est défini sur la base de la condition de fonctionnement de l'accident de RTV, et considère comme hypothèses de dimensionnement un temps maximal de fermeture de la vanne d'isolement vapeur principale t_{max} sous débit de brèche (voir section 15.2.4b).

Limitation du débit vapeur à une valeur maximale

Le débit maximal de décharge de vapeur des soupapes de sûreté des GV est défini sur la base de la condition de fonctionnement de l'accident d'ouverture intempestive d'une des soupapes de sûreté GV, et considère comme hypothèse de dimensionnement un débit maximal Q_{max} de vapeur saturée par soupape Q_{max} .

Décharge de vapeur à un débit minimal par la ligne de by-pass de la vanne d'isolement vapeur

Le débit minimal de décharge de vapeur par la ligne de by-pass est défini sur la base de la condition de fonctionnement de l'accident de RTGV cumulée à la défaillance à l'ouverture du VDA du GV affecté avec MDTE, et considère comme hypothèse de dimensionnement un débit minimal [1].

2.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

En condition de fonctionnement accidentel, l'évacuation de la puissance résiduelle est assurée par le système VDA via les lignes VVP. Le respect des exigences de sûreté associées à cette fonction est ainsi garanti par le système VDA.

Aucune hypothèse de dimensionnement n'est prise en compte pour le système VVP.

2.2.3. Confinement des substances radioactives

2^{ème} barrière de confinement :

Il n'y a pas de critère quantitatif associé au critère fonctionnel du § 0.2.3..

3^{ème} barrière de confinement :

Isolement du système VVP

L'isolement de la ligne VVP est défini sur la base de la condition de fonctionnement de l'accident de RTGV, et considère comme hypothèses de dimensionnement une pression maximale de tarage des soupapes de sûreté des GV [1] supérieure à la pression de refoulement des pompes ISMP.

Il n'y a pas de critère quantitatif associé au critère fonctionnel du § 0.2.3. pour la fermeture des vannes d'isolement de la ligne de by-pass, des lignes de purge ainsi que de la vanne d'isolement de la ligne vapeur du GV affecté.

Fermeture des vannes d'isolement des lignes VVP

Il n'y a pas de critère quantitatif associé au critère fonctionnel du § 0.2.3..

Ouverture des soupapes de sûreté des GV pour protéger le circuit secondaire contre les surpressions

L'ouverture des soupapes de sûreté des GV est définie sur la base de la condition de fonctionnement de l'accident d'ATWS avec fermeture intempestive de toutes les vannes d'isolement vapeur et des études de surpressions secondaire (voir sous-chapitre 3.6), et considère comme hypothèses de dimensionnement :

- un débit minimum [1] de vapeur saturée par soupape [1],
- une pression maximale de tarage des soupapes de sûreté des GV [1],
- une accumulation maximale [1] de la pression de tarage des soupapes de sûreté des GV.

Isolement enceinte

Les vannes d'isolement enceinte du système VVP appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites dans la Chap6.2.3.

2.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

La refermeture des soupapes de sûreté des GV après sollicitation est assurée par une pression minimale de tarage des soupapes de sûreté des GV [1].

Il n'y a pas de critère fonctionnel du système VVP associé à la surveillance de l'intégrité des GV.

2.3. AUTRES HYPOTHESES

Les caractéristiques des fluides sont les suivantes :

- PCC-1 :
 - Le fluide véhiculé par la ligne VVP est de la vapeur saturée.
 - Le débit massique du système VVP par train à pleine puissance □.
 - La pression de la vapeur principale □ à pleine puissance, (voir figure 5.1 FIG 2).
 - L'humidité de la vapeur est inférieure à 0,25 % à la sortie du GV.
 - La vitesse de la vapeur est de 40 à 50 m/s dans la ligne VVP.
- PCC-2 :
 - Le fluide véhiculé par la ligne VVP est de la vapeur saturée.
- PCC-3 :
 - Le fluide véhiculé par la ligne VVP est de la vapeur saturée ou un mélange vapeur/eau.
- PCC-4 :
 - Le fluide véhiculé par la ligne VVP est de la vapeur saturée ou un mélange vapeur/eau.
- RRC-A :
 - Le fluide véhiculé par la ligne VVP est de la vapeur saturée, un mélange vapeur/eau ou de l'eau.

Note sur les états des fluides

- Le mélange eau/vapeur présent dans les lignes VVP résulte d'un débordement de GV.
- Les vannes d'isolement vapeur sont conçues pour se fermer même si de l'eau ou un mélange vapeur/eau s'écoule à travers elles. En effet, dans certains scénarios de rupture de tuyauterie vapeur doublement débattue (RTV 2A), le front vapeur/eau résultant de la vaporisation peut atteindre la vanne d'isolement vapeur avant qu'elle ne soit complètement fermée.
- Les informations relatives à l'état des fluides et accessibles à l'opérateur en salle de commande sont les suivantes pour chaque train :
 - la pression de la vapeur,
 - le débit vapeur.

Les hypothèses liées à l'exclusion de rupture sont les suivantes :

Les portions de tuyauteries suivantes du système VVP sont considérées à l'exclusion de rupture (cf. paragraphe 3 de la section 3.4.2) :

- de la sortie du GV jusqu'au premier point fixe en aval de la vanne d'isolement vapeur. La fermeture de la vanne d'isolement vapeur du générateur de vapeur affecté permet de confiner l'activité,
- les piquages extrudés des trois lignes connectées, à savoir celui du VDA et les deux piquages des soupapes de sûreté des GV.

L'exclusion de rupture n'est pas appliquée à la ligne de by-pass.

3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

Le système VVP se compose de quatre trains identiques classés de sûreté. Chaque train comporte (voir [FIG-10.3.3](#)) :

- une vanne d'isolement vapeur avec actionneur oléopneumatique,
- deux soupapes de protection à ressort,
- la tuyauterie allant du limiteur de débit du générateur de vapeur à la sortie des compartiments VVP,
- une ligne de by-pass avec une vanne de régulation motorisée classée de sûreté, et une vanne d'isolement motorisée classée de sûreté en amont de la vanne de régulation,
- des lignes de purge et d'éventage,
- une connexion avec le train VDA associé.

La partie classée de sûreté est séparée strictement en quatre trains. En particulier les lignes situées entre les traversées enceinte et les vannes d'isolement vapeur sont localisées dans des casemates qui assurent la séparation géographique entre lignes vapeur.

La connexion VDA et les deux soupapes de sûreté des GV sont disposées le long de la tuyauterie se trouvant entre la pénétration de l'enceinte et la VIV. Il a été prévu aussi peu de soudures que possible pour permettre la mise en œuvre du concept d'Exclusion de Rupture.

3.1.2. Description des matériels principaux

Le système VVP est constitué des matériels principaux suivants :

3.1.2.1. Vanne d'isolement Vapeur (VIV)

La VIV est soudée sur une partie droite de la tuyauterie entre la pénétration de l'enceinte et un point fixe situé en aval. C'est un robinet-actionneur oléopneumatique : la chambre supérieure de l'actionneur est remplie d'azote sous pression, la chambre inférieure est remplie d'huile.

Un schéma de principe de la VIV est présenté sur la [FIG-10.3.1](#).

La commande se fait grâce à quatre électrovannes pilotes. Ces électrovannes sont disposées par deux en série dans deux lignes de commande redondantes, chaque groupe de deux électrovannes en série actionnant un distributeur de fermeture rapide. Chaque distributeur assure la fermeture rapide de la VIV.

La désexcitation des deux électrovannes en série provoque leur ouverture et ainsi l'ouverture du distributeur de fermeture rapide. L'huile est alors chassée de la chambre inférieure du fait de la pression d'azote, et la VIV se ferme.

Cette disposition sert à éviter qu'une défaillance d'une électrovanne pilote ne provoque une fermeture intempestive (deux pilotes en série) ou un défaut de fermeture (deux lignes de commande redondantes) de la VIV.

Sur chaque ligne de vidange, un distributeur additionnel, dit d'exercice, est actionné par une électrovanne additionnelle. Ce distributeur est utilisé pour les tests de fermeture partielle ou pour réaliser une fermeture lente. Lorsque la VIV est ouverte, l'électrovanne d'exercice est désexcitée et la VIV est configurée pour une fermeture rapide.

Les vannes d'isolement enceinte du système VVP appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites dans la section 6.2.3.

Commandes accessibles à l'opérateur

L'opérateur dispose de commandes groupées en salle de commande pour l'ouverture et la fermeture des VIV. La désexcitation/excitation des pilotes est commandée via ces commandes groupées, ainsi que les commandes d'essais périodiques de fermeture partielle et rapide (par ligne de commande).

Une commande groupée de déverrouillage doit être validée par l'opérateur avant toute demande de fermeture par l'opérateur via le Moyen de Commande Principal (MCP). Cette commande limite le risque de fermeture intempestive d'une VIV, ayant pour cause un intempestif émis par le MCP.

Informations accessibles à l'opérateur

Sont indiquées dans la salle de commande :

- la position de toutes les électrovannes et des distributeurs,
- la position de la vanne principale,
- la position des vannes manuelles d'isolement des lignes de commande,
- la pression d'huile,
- l'état de la pompe à huile,
- la pression d'azote.

Alimentations électriques et contrôle-commande

Pour chaque train, les électrovannes des lignes d'isolement vapeur et la pompe à huile sont alimentées électriquement, commandées et supervisées par les appareils de contrôle commande.

Les alimentations électriques de la vanne d'isolement vapeur et de ses composants sont conçues de la manière suivante (voir [FIG-10.3.2](#)) :

- Chacune des 4 électrovannes pilotes de chaque vanne d'isolement vapeur est alimentée en courant continu par une division électrique différente.
- La pompe à huile de la vanne d'isolement vapeur est alimentée par une alimentation normale de la même division électrique que la division mécanique de la vanne d'isolement vapeur.

3.1.2.2. Soupapes de sûreté des GV

Les deux soupapes de sûreté des GV sont des robinets à soupape d'angle à ressort. Chaque soupape de sûreté est directement soudée sur la partie de la ligne vapeur principale se trouvant entre la pénétration de l'enceinte et les vannes d'isolement vapeur (VIV).

Commandes accessibles à l'opérateur

Pas de commande accessible à l'opérateur.

Informations accessibles à l'opérateur

La position des soupapes de sûreté (non fermées/fermées) est indiquée en salle de commande.

Alimentations électriques et contrôle-commande

Les soupapes de sûreté (soupapes à ressort) fonctionnent de manière passive et n'ont pas besoin d'alimentation électrique ni de contrôle commande.

3.1.2.3. Ligne de by-pass

La ligne de by-pass comporte une vanne d'isolement motorisée et une vanne réglante motorisée.

Commandes accessibles à l'opérateur

La vanne d'isolement et la vanne réglante de chaque ligne peuvent être commandées depuis le MCP et le MCS.

Informations accessibles à l'opérateur

La position des vannes d'isolement et des vannes réglantes de chaque train est indiquée en salle de commande.

Alimentations électriques et contrôle-commande

Pour chaque train, les moteurs de la vanne d'isolement et de la vanne réglante de la ligne de by-pass sont alimentés électriquement, commandés et supervisés par les appareils de contrôle commande.

Les alimentations électriques de la vanne réglante et de la vanne d'isolement de la ligne de by-pass sont conçues de la manière suivante (voir [FIG-10.3.2](#)) pour le train 1 :



De cette manière, la perte d'une division électrique n'entraîne pas la perte de l'isolement.

3.1.2.4. Lignes de purge

Le système VVP comporte plusieurs lignes de purge :

- les lignes de purge en aval des soupapes de sûreté des GV connectées au RPE,
- les lignes de purge de la vanne vapeur principale.

Les lignes de purge de la vanne vapeur principale sont installées en amont et en aval de la vanne d'isolement vapeur. Il y a trois vannes motorisées sur ces lignes : 1 sur chaque ligne de purge (une ligne de purge en amont de la VIV, une ligne de purge en aval de la VIV), et 1 vanne sur la partie commune aux deux lignes de purge.

Les lignes de purge des soupapes de sûreté des GV ne comportent aucune vanne au sein du système VVP.

Commandes accessibles à l'opérateur

Les trois vannes motorisées situées sur les lignes de purge de la ligne vapeur principale peuvent être commandées depuis le MCP et le MCS.

Informations accessibles à l'opérateur

La position des trois vannes motorisées des lignes de purge de la ligne vapeur principale est indiquée en salle de commande.

Alimentations électriques et contrôle-commande

Pour chaque train, les moteurs des vannes d'isolement des lignes de purge de la ligne vapeur principale sont alimentés électriquement, commandés et supervisés par les appareils de contrôle commande.

Les alimentations électriques des vannes des lignes de purge de la ligne vapeur principale sont conçues de la manière suivante, [] :

[]

[] la perte d'une division électrique n'entraîne pas la perte de l'isolement puisqu'il y a deux vannes en série de divisions électriques différentes en amont et en aval de la VIV.

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

L'installation générale du système VVP doit permettre de respecter les exigences décrites au [§ 2.2.](#)

Les vannes VVP séparées par train se trouvent dans les [] bâtiments de sauvegarde 1 et 4.

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

Fonctionnement en puissance

L'état normal du système correspond au fonctionnement en puissance du réacteur. Les quatre trains du système VVP sont en fonctionnement et amènent la vapeur des générateurs de vapeur vers la turbine.

Lors du fonctionnement en puissance :

- La vanne d'isolement de la ligne VVP est maintenue ouverte par la pression d'huile de la chambre de piston inférieure. Les électrovannes pilotant le distributeur de commande sont maintenues excitées. L'électrovanne pilotant le distributeur d'exercice est désexcitée. Si la pression d'huile diminue, la pompe à huile est activée automatiquement.
- Les soupapes de sûreté des GV sont fermées.
- La ligne de by-pass est fermée et ses deux vannes motorisées sont maintenues fermées.
- Les lignes de purge sont fermées et ses trois vannes d'isolement motorisées sont maintenues fermées.

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

Attente à chaud via le GCT

Le réacteur est à l'arrêt et les quatre trains du système VVP déchargent la vapeur des GV vers le circuit de contournement GCT, ligne de purge est maintenue fermée.

[]

Arrêt intermédiaire sur GV

La puissance résiduelle et la puissance des pompes primaires sont évacuées par le GCT vers le condenseur.

La VIV est ouverte. La ligne de by-pass est fermée.

Lors d'un démarrage de la tranche, les lignes de purge avec leurs trois vannes motorisées sont ouvertes pour collecter les condensats dus au conditionnement du système VVP. Lors d'un repli de la tranche, les lignes de purge sont isolées.

[]

Arrêt sur RIS-RA en mode RA

La température du circuit primaire est inférieure à 120°C, le système RIS-RA est connecté en mode RA et assure l'évacuation de la puissance résiduelle et la puissance des pompes primaires.

Lors d'un démarrage de la tranche, les lignes de purge avec leurs trois vannes motorisées sont ouvertes pour collecter les condensats dus au conditionnement du système VVP, la VIV est ouverte dès 90 °C, et la ligne de by-pass est fermée. Lors d'un repli de la tranche, les lignes de purge sont isolées, il n'y a pas de requis sur la VIV, la ligne de by-pass est fermées.

Arrêt à froid

Le réacteur est à l'arrêt et le circuit primaire est refroidi à une température inférieure à 55°C. La puissance résiduelle est évacuée par le RIS-RA en mode RA.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Démarrages normaux du système

Le démarrage du système VVP consiste en une procédure de réchauffage de la tuyauterie vapeur et des composants. Les vannes d'isolement vapeur sont ouvertes avant le réchauffage pour permettre le réchauffage en parallèle du primaire et du secondaire. Dans ce mode, le gradient de réchauffage du circuit secondaire suit le gradient de réchauffage du circuit primaire.

Arrêts normaux du système

Lors d'un repli du réacteur, les vannes d'isolement de la ligne VVP sont ouvertes, le système VVP assure automatiquement le refroidissement du circuit primaire via le GCT avec le soutien de l'ARE, de l'arrêt à chaud jusqu'aux conditions requises pour la connexion des trains RIS-RA qui intervient lorsque le circuit primaire est à 120°C / 30 bar.

PCC-2 à 4

Lors d'événements PCC-2 à 4, les vannes d'isolement de la ligne VVP sont fermées automatiquement si l'un des seuils suivants est atteint :

- chute de pression vapeur supérieure à un seuil maximal (RTV ou RTE),
- pression enceinte supérieure à un seuil maximal (RTV),
- pression vapeur inférieure à un seuil minimal (RTV ou RTE),
- niveau GV supérieur à un seuil maximal (RTGV) si le refroidissement partiel est terminé. Ce signal n'isole que le GV affecté.

Les états transitoires du système VVP résultent des événements PCC-2 à 4 suivants :

Augmentation excessive du débit de vapeur

Dans ce cas les vannes de régulation du GCT sont fermées automatiquement par le système PAS. Si cette mesure échoue, les signaux RPR (chute de pression vapeur importante ou pression vapeur faible) sont activés, ce qui ferme les vannes d'isolement vapeur.

RTV / RTE

A la suite de la rupture d'une tuyauterie vapeur ou de la rupture d'une tuyauterie d'eau alimentaire, le réacteur est arrêté et les vannes d'isolement vapeur sont fermées par les signaux RPR chute de pression vapeur importante ou pression vapeur faible. Si la rupture de la tuyauterie vapeur se produit dans l'enceinte, les vannes d'isolement vapeur sont fermées par les signaux RPR d'augmentation de pression dans l'enceinte. Si la rupture de la tuyauterie vapeur se produit en aval des vannes d'isolement vapeur, elle est isolée après la fermeture automatique des vannes d'isolement vapeur.

En dépit du concept d'Exclusion de Rupture, une rupture de la tuyauterie vapeur en amont des vannes d'isolement vapeur est également postulée. Après fermeture automatique de toutes les vannes d'isolement vapeur, les trois générateurs de vapeur non affectés sont isolés de la rupture.

RTGV

Lors d'une RTGV les fonctions qu'assure le système VVP sont :

- vis-à-vis de l'isolement du GV affecté pour retenir l'activité, ce qui se traduit par les actions suivantes :

□

- □

- □

Refroidissement jusqu'à l'obtention des conditions de connexion du RIS-RA en mode RA

Après avoir atteint l'état contrôlé d'un événement PCC, les lignes principales du système VVP participent à faire baisser la température et la pression du circuit primaire en dessous de 180° C / 30 bar abs en cas de PCC3 et 4, et 135° C / 30 bar abs en cas de PCC-2, pour permettre l'évacuation à long terme de la puissance résiduelle grâce au RIS-RA en mode RA. Le refroidissement est assuré par le GCT ou par le VDA si le GCT est indisponible.

RRC-A

Les accidents RRC-A s'appliquant au système VVP sont :

- ATWS,
- petite brèche + perte de l'ISMP,
- RTGV + VIV bloquée en position ouverte,
- perte totale des alimentations électriques.

ATWS

Le déroulement de ces séquences dépend fortement de l'initiateur qui provoque la demande d'arrêt automatique du réacteur.

En ce qui concerne la surpression du côté secondaire, l'accident initiateur de conception est la fermeture intempestive de toutes les vannes d'isolement vapeur.

Lors d'un ATWS avec perte du système de protection, les vannes d'isolement vapeur sont fermées automatiquement sur température branche froide inférieure au seuil min1.

Lors d'un ATWS aucune défaillance unique ne doit être envisagée, c'est-à-dire que tous les VDA et toutes les soupapes de sûreté des GV fonctionnent ensemble pour limiter les contraintes côté primaire et secondaire à des valeurs inférieures à celles spécifiées dans le RCC-M. En outre, s'il est disponible au cours de l'accident, le GCT participera à la protection contre la surpression.

Perte totale des alimentations électriques

En cas de MDTE, chacun des deux générateurs diesel d'ultime secours alimente le VDA dans sa division (ainsi que la pompe ASG dédiée). Ces deux trains VDA maintiennent la centrale en arrêt à chaud à long terme. Les quatre trains VDA étant alimentés par batterie (capacité de □), on peut également tenir compte de l'inventaire en eau des générateurs de vapeur dans les deux trains qui ne sont pas alimentés par les générateurs diesel d'ultime secours.

RTGV + VIV bloquée en position ouverte

En cas de RTGV cumulée à la défaillance de l'isolement du GV affecté par sa VIV bloquée en position ouverte, à cause du refus de déclenchement au niveau d'une cellule électrique, [].

Accident Grave

En situation de fusion du cœur à basse pression, [].

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système VVP est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Les études de transitoires incidentels / accidentels du sous-chapitre 15.2 et du sous-chapitre 19.1 faisant intervenir des fonctions du système VVP correspondant aux critères fonctionnels énoncés au § 0.2.1. sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au § 2.2. (cf. sous-chapitre 15.1 et section 19.1.1) :

- temps maximal de fermeture de la vanne d'isolement de la ligne VVP,
- débit minimal de décharge vapeur de la ligne de by-pass,
- débit maximal de décharge vapeur des soupapes de sûreté des GV.

Pour chaque transitoire concerné, ces études (cf. sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1) :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire ;
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

4.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitres 15.2 et 19.1 faisant intervenir des fonctions du système VVP correspondant aux critères fonctionnels énoncés au § 0.2.3. sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au § 2.2. (cf. sous-chapitre 15.1) :

- débit minimal de décharge vapeur des soupapes de sûreté des GV,
- pression de tarage des soupapes de sûreté des GV,
- accumulation maximale de la pression de tarage des soupapes de sûreté des GV.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

Les études de surpressions secondaires de la section 3.6.3.1 sont réalisées en considérant, pour les caractéristiques des soupapes du système VVP, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au paragraphe 2.2.

Ces études montrent que le dimensionnement de ces dispositifs est tel qu'il permet de respecter leurs critères d'acceptabilité.

Pour les critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.3](#), n'ayant pas de critère quantitatif :

- Les vannes d'isolement des lignes vapeur sont disponibles à la fermeture.
- Les vannes d'isolement de la ligne de by-pass sont disponibles à la fermeture.
- Les vannes d'isolement des lignes de purge sont disponibles à la fermeture.

Les matériels et les tuyauteries du système VVP sont conçus pour résister aux pressions et températures régnant dans l'enceinte en situation d'ambiance dégradée.

4.2.4. Contribution indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Les hypothèses de dimensionnement du système VVP énoncées dans le paragraphe 2.2 sont cohérentes avec les requis des équipements servis correspondants :

- la pression de tarage des soupapes de sûreté des GV permet leur refermeture après sollicitation afin d'éviter le sur-refroidissement du circuit primaire.

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

□

Les classements des équipements du système VVP jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Défaillance unique active

La conception du système VVP est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 0.3](#), notamment sur les points suivants :

- l'isolement vapeur : la redondance est assurée par les quatre trains VVP identiques, le critère de défaillance unique est porté par une ligne de commande ou par une VIV en fonction de l'initiateur. La défaillance mécanique à la fermeture d'une vanne d'isolement des tuyauteries de vapeur principale en cas de rupture d'un ou plusieurs tubes de générateurs de vapeur est exclue lors de l'application du critère de défaillance unique à la conception. Cette exception est identifiée au sous-chapitre 3.2 et au sous-chapitre 15.0 du Rapport de Sûreté.
- la protection contre les surpressions secondaires : les soupapes de sûreté des GV assurent la redondance fonctionnelle du système VDA.
- Le système VVP bénéficie de l'architecture 4 divisions du contrôle-commande et des alimentations électriques.

En ce qui concerne la contribution à l'évacuation de la puissance résiduelle, le critère de défaillance unique ne s'applique pas formellement au système VVP car les éléments qui y contribuent sont passifs. Néanmoins, en cas d'évènement PCC-2 à 4, l'évacuation de la puissance résiduelle et le refroidissement du circuit primaire restent possibles en considérant la défaillance unique sur le VDA d'un train, cumulé à la perte d'un train VVP (évènement initiateur).

Le [TAB-10.3.1](#) montre que la conception du système VVP répond bien à la prise en compte du critère de défaillance unique.

Défaillance unique passive

La défaillance passive n'est pas prise en compte pour ce système ne fonctionnant que pendant un temps limité.

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception du système VVP est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- En cas de MDTE, l'alimentation électrique des équipements du système VVP assurant des fonctions F1 est secourue par les groupes diesels principaux.
- Les pilotes des VIV sont secourus par les diesels de secours ainsi que par des batteries . De plus, les pilotes des VIV des divisions 1 et 4 sont secourus par les diesels d'ultime secours.
- Les commandes des vannes de la ligne de by-pass et de purge sont secourues par les diesels de secours, d'ultime secours et par des batteries AG pour couvrir les situations d'accidents graves.

4.3.1.4. Séparation physique / géographique

La conception du système VVP est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique, notamment sur les points suivants :

- Les 4 trains sont séparés 2 par 2 dans les BAS 1 et 4 et séparés les uns des autres par un casematage.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système VVP relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

La conformité des classements, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système VVP jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées dans le [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité du classement ESPN des équipements du système VVP aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du rapport de sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité aux textes officiels spécifiquement applicable au système, listés au [§ 0.3.2.](#), est assuré par :

- les études de surpression du circuit secondaire,
- un classement ESPN suffisant lorsque nécessaire,
- le transport de la vapeur du générateur de vapeur vers l'îlot conventionnel par le circuit VVP en fonctionnement normal.

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité du système VVP aux décisions n° 2012-DC-0283 du 26 2012 et n° 2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

La conformité aux réglementations internationales spécifiquement applicable au système, listés au § [0.3.2.](#), est assurée par :

- les études de surpression du circuit secondaire.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives techniques

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicable au système, listées au § [0.3.2.](#) est assurée par :

- la séparation physique des systèmes ARE et VVP,
- la présence de quatre lignes vapeur indépendantes, classées de sûreté F1A,
- l'autonomie de chacun des trains (capacité à assurer 100% de la fonction d'isolement),
- l'association des lignes de décharge à l'atmosphère et des soupapes de sûreté des GV pour les études de surpression,
- la qualification et le classement des soupapes de sûreté des GV (le système VDA étant qualifié en eau, les soupapes ne sont pas sollicitées en eau),
- les caractéristiques d'ouverture des soupapes de sûreté des GV.

4.3.2.3. Texte EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

Bien que non redevable d'une exigence diversification, la conception du système VVP bénéficie d'une diversification sur les points suivants :

- diversification du contrôle-commande par le PAS/SAS en cas de perte de perte du système PS,
- diversification de l'alimentation électrique : les organes électriques (divisions 1 et 4) sont alimentés par des tableaux électriques différents bénéficiant d'une réalimentation par les diesels SBO afin de permettre la gestion d'une situation de MDTG.

De plus, la conception du système VVP bénéficie au titre de la robustesse d'une diversification de la technologie des vannes d'isolement et réglante sur les lignes de by-pass et de purge.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système VVP fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- débit minimal de décharge de la ligne de by-pass,
- temps maximal de fermeture de la vanne d'isolement vapeur principale,
- pression de tarage des soupapes de sûreté des GV.

4.4.2. Surveillance en exploitation

Surveillance fonctionnelle en exploitation normale de l'aptitude du système à accomplir ses missions de sûreté

Les critères de sûreté suivants font l'objet d'une surveillance en exploitation :

- position fermée des soupapes de sûreté des GV,
- isolement vapeur principale (position fermée de la vanne d'isolement de la ligne de by-pass, position ouverte des distributeurs d'exercice).

Surveillance des composants mécaniques

Les tuyauteries du système VVP faisant partie du CSP sur lesquelles porte une exigence d'exclusion de rupture font l'objet d'une surveillance en exploitation spécifique conformément au sous-chapitre 10.5.

Inspection en service

Les tuyauteries du système VVP faisant partie du CSP sur lesquelles porte une exigence d'exclusion de rupture font l'objet d'inspections en exploitation conformément au chapitre 10.5 :

- Les contrôles des soudures sont réalisés.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système VVP font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- temps de fermeture de la vanne d'isolement vapeur principale pour chaque ligne de commande,

4.4.4. Maintenance

Le système VVP fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

Aucune maintenance préventive n'est prévue pour les composants de la partie classée de sûreté du système VVP en dehors des phases d'arrêt.

5. SCHEMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système VVP est présenté en figure [FIG-10.3.3](#). Le train 1 est donné comme exemple.

TAB-10.3.1 CONSÉQUENCES D'UNE DÉFAILLANCE UNIQUE

Composant	Fonction	Défaillance unique	Conformité
Vanne d'isolement vapeur	Isolement vapeur	Indisponibilité d'une ligne de commande	La fermeture de la vanne d'isolement vapeur est assurée par la 2eme ligne de commande (voir FIG-10.3.2).
Vanne d'isolement vapeur	Isolement vapeur	Défaut de fermeture de la vanne principale	La défaillance mécanique à la fermeture d'une vanne d'isolement des tuyauteries de vapeur principale en cas de rupture d'un ou plusieurs tubes de générateurs de vapeur est exclue lors de l'application du critère de défaillance unique à la conception. Pour les autres PCC pour lesquels l'isolement vapeur est requis, les conséquences de la non fermeture d'une vanne d'isolement vapeur sont acceptables vis-à-vis des critères associés.
Vanne d'isolement de la ligne de by-pass	Isolement vapeur	Défaut de fermeture	La redondance repose sur la vanne réglante de la ligne de by-pass du GV affecté. De plus, les vannes de d'isolement et réglante des lignes de by-pass sont fermées pour la plupart des états de fonctionnement normal de la tranche.
Une vanne d'isolement de la ligne de purge	Ouverture et fermeture des lignes de by-pass de la VIV	Défaut de fermeture	La redondance repose sur les autres vannes d'isolement.
Une soupape de sûreté des GV	Protection contre les surpressions	Défaut d'ouverture	PCC 2 – 4 : après l'AAR la capacité des autres soupapes de sûreté des GV est suffisante pour l'OPP (protection contre la surpression). RRC A : lors d'un ATWS, aucune défaillance unique n'a à être envisagée.

Composant	Fonction	Défaillance unique	Conformité
Une soupape de protection	Arrête le rejet de l'activité lors d'une RTGV	Défaut de fermeture après sollicitation	Non applicable car sans défaillance unique antérieure du VDA, les soupapes de sûreté des GV ne sont pas sollicitées.
Vanne réglante de la ligne de by-pass	Arrête le débit de vapeur excessif lors d'une RTV ou la libération d'activité lors d'une RTGV	Défaut de fermeture (si ouverte par mégarde)	La redondance repose sur la vanne d'isolement de la ligne de by-pass du GV affecté.

FIG-10.3.1 SCHEMA DE PRINCIPE DE LA VANNE D'ISOLEMENT VAPEUR

Fermeture de la VIV :
Ouvrir les pilotes par désexcitation

Ouverture de la VIV :
 Fermer les pilotes par excitation
 Enclencher la pompe à huile

Maintien en position ouverte :
 Pilotes fermés, excités

Maintien en position fermée :
 Pilotes ouverts, désexcités

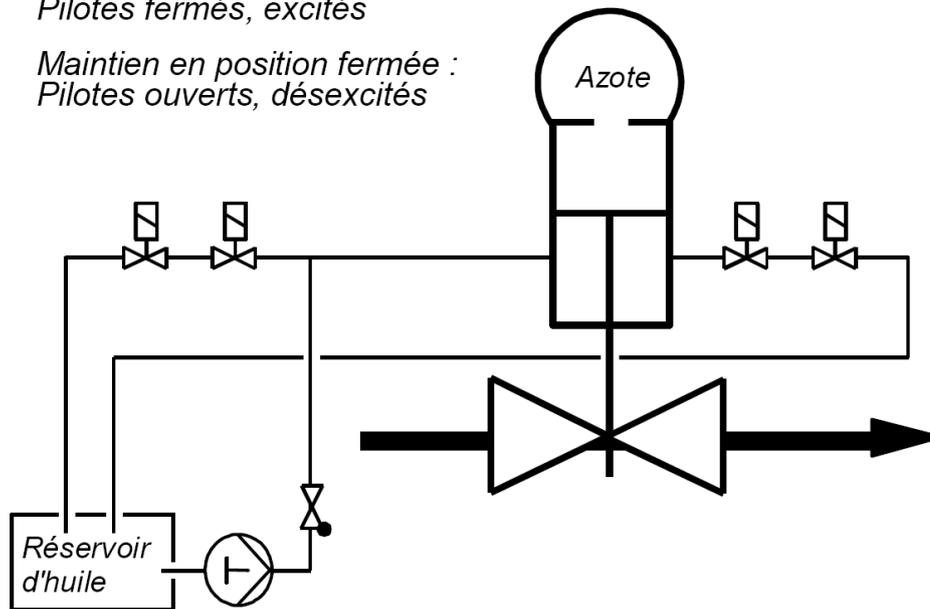
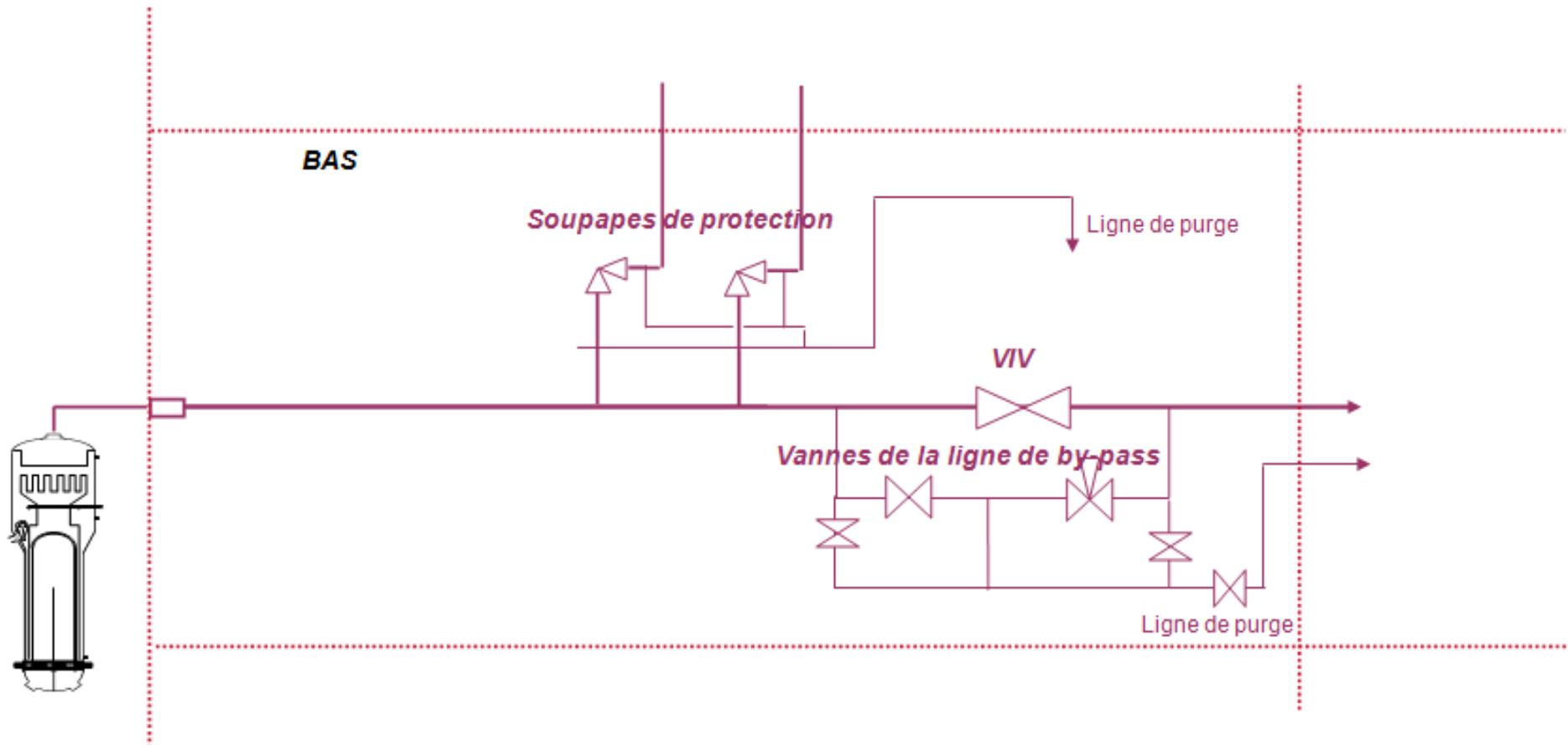


FIG-10.3.2 TRAINS ELECTRIQUES ASSOCIES A LA PARTIE CLASSEE DU SYSTEME VVP (EXEMPLE DU TRAIN 1)

□

FIG-10.3.3 SCHÉMA MÉCANIQUE SIMPLIFIÉ DU SYSTEME VVP



SOMMAIRE

.10.4 CARACTÉRISTIQUES DES CIRCUITS EAU ET VAPEUR DU SECONDAIRE	4
1. CONDENSEUR (CEX) ET CIRCUIT DE MISE ET MAINTIEN SOUS VIDE DU CONDENSEUR	4
1.1. RÔLE DES SYSTÈMES CEX ET CVI	4
1.2. BASES DE CONCEPTION	4
1.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT	4
1.4. ANALYSE DE SÛRETÉ	5
1.5. SCHÉMAS DE PRINCIPE	5
2. L'EXTRACTION DU CONDENSEUR (CEX)	5
2.1. RÔLE DU SYSTÈME D'EXTRACTION DU CONDENSEUR	5
2.2. BASES DE CONCEPTION	5
2.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT	6
2.4. ANALYSE DE SÛRETÉ	6
2.5. SCHÉMAS DE PRINCIPE	6
3. CONTOURNEMENT TURBINE (GCT)	6
3.1. RÔLE DU SYSTÈME GCT	6
3.2. BASES DE CONCEPTION	7
3.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT	7
3.4. ANALYSE DE SÛRETÉ	7
3.4.1. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	8
3.5. SCHÉMA DE PRINCIPE	8
4. LE POSTE D'EAU (ABP-ADG-APA-AHP-AAD)	8
4.1. RÔLE DU POSTE D'EAU	8
4.2. BASES DE CONCEPTION	9
4.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT	9
4.3.1. LE RÉCHAUFFAGE BASSE PRESSION	9
4.3.2. STOCKAGE/RÉCHAUFFAGE/DÉGAZAGE DE L'EAU ALIMENTAIRE	9

4.3.3. POMPAGE ALIMENTAIRE PRINCIPAL ET RÉCHAUFFAGE HAUTE PRESSION (APA, AHP)	10
4.4. ANALYSE DE SÛRETÉ	10
4.4.1. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	10
4.5. SCHÉMAS DE PRINCIPE	10
5. CIRCUIT DE CIRCULATION D’EAU BRUTE (CRF – POUR UN SITE BORD DE MER)	11
5.1. RÔLE DU CRF	11
5.2. BASES DE CONCEPTION	11
5.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT	11
5.4. ANALYSE DE SÛRETÉ	11
5.5. SCHÉMA DE PRINCIPE	11
6. ETANCHÉITÉ TURBINE (CET)	11
6.1. RÔLE DU CET	11
6.2. BASES DE CONCEPTION	12
6.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT	12
6.4. ANALYSE DE SÛRETÉ	13
6.4.1. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	13
6.5. SCHÉMA DE PRINCIPE	13

FIGURES :

FIG-10.4.1 SCHÉMA DE PRINCIPE CVI	14
FIG-10.4.2 SCHÉMA DE PRINCIPE CEX (1/2)	15
FIG-10.4.3 SCHÉMA DE PRINCIPE CEX (2/2)	16
FIG-10.4.4 SCHÉMA DE PRINCIPE GCT	17
FIG-10.4.5 SCHÉMA DE PRINCIPE ABP	18
FIG-10.4.6 SCHÉMA DE PRINCIPE ADG	19
FIG-10.4.7 SCHÉMA DE PRINCIPE APA-AAD-AHP	20
FIG-10.4.8 SCHÉMA DE PRINCIPE CET	21
FIG-10.4.9 SCHÉMA DE PRINCIPE CRF	22

.10.4 CARACTÉRISTIQUES DES CIRCUITS EAU ET VAPEUR DU SECONDAIRE

L'ensemble du circuit secondaire est décrit dans le sous-chapitre 10.1 (rôle, base de conception, analyse de sûreté). Le circuit secondaire est composé principalement du circuit eau vapeur et du groupe turbo alternateur (voir le sous-chapitre 10.2).

Dans ce sous-chapitre 10.4, une description sommaire du circuit eau vapeur est faite. Les systèmes principaux sont :

- le condenseur, l'extraction du condenseur (CEX) et le circuit de mise et maintien sous vide du condenseur (CVI),
- le contournement turbine au condenseur (GCT),
- le poste d'eau (ABP-ADG-APA-AHP-AAD),
- le circuit de circulation d'eau brute (CRF),
- le circuit d'étanchéité turbine (CET).

1. CONDENSEUR (CEX) ET CIRCUIT DE MISE ET MAINTIEN SOUS VIDE DU CONDENSEUR

1.1. RÔLE DES SYSTÈMES CEX ET CVI

Le condenseur est constitué de modules (). Il assure la condensation de la vapeur d'échappement des corps BP de la turbine principale et de celle du contournement turbine.

Le circuit CVI a pour rôle, d'une part, d'abaisser la pression de la vapeur d'échappement de la turbine afin d'améliorer le rendement du cycle thermodynamique du circuit secondaire et, d'autre part, d'extraire les incondensables. Il assure également la mise à l'atmosphère du condenseur permettant de ralentir plus rapidement la turbine.

1.2. BASES DE CONCEPTION

Le condenseur est dimensionné, pour une tranche située en bord de mer et pour une puissance de MWth ().

Le coefficient de propreté est égal à pour le dimensionnement et pour le fonctionnement nominal. La source froide (alimentation en eau de mer) est dimensionnée pour un ΔT condenseur de °C, un vide d'environ mbar et un débit d'eau de circulation de m³/s.

L'installation de mise sous vide est dimensionnée :

- pour abaisser la pression du condenseur en phase de démarrage de bar à mbars en mn avec pompes à vide en fonctionnement,
- extraire un débit minimal d'incondensables en marche normale de kg/h. Le nombre de pompes à vide nécessaire en fonctionnement normal est .

1.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

La vapeur issue de la turbine et du système de contournement turbine au condenseur (GCT) est condensée dans le condenseur, puis pompée par le système d'extraction.

En cas de contamination du condenseur par des fuites liquides primaire-secondaire aux générateurs de vapeur, l'eau du condenseur peut être vidangée et rejetée par l'intermédiaire du circuit SEK où l'activité est contrôlée et comptabilisée.

La pression dans le circuit d'eau de circulation CRF supérieure à la pression interne du condenseur interdit toute possibilité de contamination du circuit d'eau de circulation par le circuit secondaire.

Des dispositifs de mesures chimiques de l'eau secondaire permettent de détecter les entrées d'eau brute et de prendre les dispositions nécessaires permettant de maintenir les caractéristiques de l'eau des GV dans les limites spécifiées.

Le système CVI est composé :

- de [] pompes à vide,
- de [] éjecteurs de recompression,
- d'un condenseur par surface.

En cas de fonctionnement à des vides condenseur bas, les éjecteurs de recompression sont utilisés pour remonter la pression à l'aspiration des pompes à vide et ainsi améliorer leurs conditions de fonctionnement.

En fonctionnement normal, les incondensables extraits du condenseur par le système CVI sont évacués vers le circuit de ventilation du BAN, puis filtrés et rejetés à la cheminée du BAN. Ainsi, en cas de fuites primaire-secondaire, les effluents gazeux sont contrôlés et filtrés avant rejet à l'atmosphère.

1.4. ANALYSE DE SÛRETÉ

Les systèmes CEX et CVI ne sont pas classés de sûreté.

1.5. SCHÉMAS DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système CVI est présenté en figure [FIG-10.4.1](#)

Les schémas de principe du système CEX sont présentés au [§ 2.5.](#)

2. L'EXTRACTION DU CONDENSEUR (CEX)

2.1. RÔLE DU SYSTEME D'EXTRACTION DU CONDENSEUR

Le rôle des pompes d'extraction ([]) est d'extraire l'eau du puits du condenseur et d'en assurer la circulation à travers les réchauffeurs basse pression (R1, R2, R3, R4), jusqu'à la bache ADG.

2.2. BASES DE CONCEPTION

Le dimensionnement des pompes CEX doit permettre, dans une configuration [] pompes en fonctionnement, de satisfaire un certain nombre de cas de fonctionnement :

- condensats d'une file de réchauffeur R2, R3 ou R4 envoyés en secours au condenseur,
- purges d'un sécheur envoyés en secours au condenseur,
- condensats d'une file de surchauffeurs envoyés en secours au condenseur,
- ouverture intempestive d'un débit nul d'une pompe,
- condensats d'un réchauffeur R7 envoyés en secours au condenseur,
- déclenchement turbine à pleine charge.

Le débit nominal est de [] kg/s ([]).

2.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

Les trois groupes motopompes d'extraction à vitesse fixe, à axe vertical, sont installés au niveau [] m. Ils puisent l'eau dans le condenseur et la refoulent dans le poste de vannage CEX.

Ce poste de vannage est composé principalement de [] vannes réglantes pneumatiques qui régulent le niveau de la bêche alimentaire ADG :

- une vanne petit débit,
- [] vannes gros débit ([]),

et de vannes d'isolement permettant la maintenance tranche en marche d'une des vannes gros débit.

L'eau CEX alimente également :

- les désurchauffes du contournement turbine (GCT),
- l'arrosage des fonds BP (GPV),
- le circuit de réfrigération des purges APG,
- les GV lorsque le circuit primaire est inférieur à []°C.

Par ailleurs, une ligne permettant de relier directement le refoulement du pompage CEX à la bêche ADG est prévue pour les cas de fonctionnement suivants : arrêt à chaud avec opération de maintenance sur ABP ; mise à l'arrêt de la tranche pour permettre la vidange des réchauffeurs BP tout en continuant d'alimenter les GV via CEX, ADG, AAD.

2.4. ANALYSE DE SÛRETÉ

Le système CEX n'est pas classé de sûreté.

2.5. SCHÉMAS DE PRINCIPE

Les schémas de principe du système CEX sont présentés en figures [FIG-10.4.2](#) et [FIG-10.4.3](#).

3. CONTOURNEMENT TURBINE (GCT)

3.1. RÔLE DU SYSTÈME GCT

Le rôle principal du GCT est d'évacuer le débit vapeur au condenseur lorsque la turbine est indisponible, sans ouvrir le contournement à l'atmosphère et a fortiori sans sollicitation des soupapes de sûreté des GV. Le système GCT contribue à réduire la fréquence de sollicitation des vannes de décharge à l'atmosphère (VDA) en limitant la pression dans le barillet vapeur pour les situations de 2^{ème} catégorie.

Le système GCT assure les fonctions suivantes :

- Il permet le refroidissement et le réchauffage automatique de la tranche entre la déconnexion du RIS/RA et l'état d'arrêt à chaud ;
- Il contrôle la température moyenne primaire (en complément de la régulation RGL) entre [] et [] ;
- Il permet le lancer et le couplage de la turbine en évacuant la vapeur au condenseur à basse charge ;
- Il évacue l'excès de vapeur au condenseur lors des grands transitoires normaux et incidentels d'exploitation sans provoquer l'ouverture du VDA ou l'AAR dans les cas suivants :
 - Un déclenchement turbine ou un rejet de charge,
 - Un flottage,

- Un AAR,
- Un défaut réseau éliminé (DRE),
- La perte d'une pompe primaire ou la perte d'une MPA,
- Un déclenchement turbine suite à la perte vide au condenseur.

3.2. BASES DE CONCEPTION

Le contournement turbine au condenseur doit être capable d'absorber l'excédent vapeur de la chaudière lors de transitoires (flotage, réduction de charge brutale, déclenchement turbine...). Pour cela, il est dimensionné pour passer environ \square % du débit vapeur nominal produit par le réacteur.

3.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

Le circuit GCT est essentiellement constitué de \square vannes de détente complémentaires (gros débit) et de \square vannes d'arrêt à chaud (petit débit) montées en parallèle. Les vannes sont raccordées à l'amont, par l'intermédiaire de \square vannes d'isolement (une par vanne de détente) aux tuyauteries de vapeur principale entre les vannes d'isolement des GV et les vannes d'admission à la turbine, par l'intermédiaire d'un collecteur amont en trombone permettant une répartition homogène du débit entre les vannes.

Les \square vannes de détente complémentaires débitent dans le condenseur par l'intermédiaire de \square caissons de détente de désurchauffe intégrés au condenseur, communs à \square vannes chacun.

Les \square vannes d'arrêt à chaud débitent dans \square autres caissons de détente de désurchauffe séparés et également intégrés au condenseur. On compte donc \square caissons dont \square spécifiquement dédiés aux vannes d'arrêt à chaud.

Chacune de ces vannes (vannes de détente complémentaire et vannes d'arrêt à chaud) est réglante à commande pneumatique, et est équipée de \square électrovannes permissives montées en série.

Le GCT régule la pression barillet vapeur par l'intermédiaire des \square vannes réglantes (\square vannes d'arrêt à chaud + \square vannes complémentaires).

En fonctionnement en puissance, la consigne de pression barillet vapeur est élaborée à partir de la puissance de la tranche. La consigne de pression est calée \square bar au dessus de la pression barillet vapeur avec toutefois un gradient maximal de \square bar/min avec une limite haute de \square bar abs (pression à charge nulle).

L'écart entre la consigne ainsi calculée et la pression barillet vapeur est envoyé dans un régulateur PI (Proportionnel Intégrale) qui élabore une consigne d'ouverture des vannes GCT. Cette sortie du régulateur est traitée dans \square générateurs de fonction assurant les ouvertures en série des \square vannes GCT selon la séquence choisie par l'opérateur.

En parallèle, la sortie du régulateur sert à l'élaboration de seuils permettant l'ouverture rapide des vannes.

En arrêt normal sur GV (AN/GV), le GCT est en mode refroidissement/réchauffage. L'opérateur fixe la pression à atteindre (pression cible) et fixe le gradient de température pour y parvenir. Le gradient de température est transformé en gradient de pression (par l'intermédiaire d'un Générateur de Fonction) et la consigne ainsi obtenue est envoyée au régulateur PI qui élabore la consigne d'ouverture des vannes GCT.

3.4. ANALYSE DE SÛRETÉ

Le système GCT est classé au titre de l'alarme LCO P/S sur la température moyenne primaire, élaborée par le système GCT en dessous de \square (cf. paragraphe 7.2 du sous-chapitre 15.1).

Enfin, le système GCT contribue à l'élaboration de certaines fonctions de limitations en mettant à disposition du système RGL les informations issues des capteurs de pression première roue turbine et de compte-rendu de déclenchement turbine GCT (cf. section 7.4.3).

En termes de fonctionnement, le système GCT est valorisé lorsqu'il est disponible pour évacuer de la vapeur au condenseur (notamment en cas de RTGV (Rupture tube GV) pour limiter les rejets à l'atmosphère).

Toutefois, le GCT n'est pas requis pour les transitoires autres que PCC-1. La fonction est alors assurée par le système VDA et par les soupapes GV.

- Les vannes de détente se ferment par manque fluide ou par manque de signal de régulation.
- La non ouverture d'une vanne de contournement peut entraîner l'ouverture du VDA.
- En cas de maintien ouvert d'une soupape GCT entraînant un refroidissement primaire, un signal de protection réacteur viendra donner un ordre d'isolement vapeur.

3.4.1. Système tel que réalisé

Le système GCT a fait l'objet d'un écart avec information ASN sur l'absence de classement de son contrôle-commande hébergeant des traitement participant à la fonction LCO de surveillance de la température moyenne primaire en deçà de \square . Cet écart est jugé acceptable, d'un point de vue matériel, car la plate-forme hébergeant ces traitements respecte les exigences associées au système de contrôle-commande PAS classé E2 à l'exception des activités liées à son installation. Cet écart est jugé également acceptable, d'un point de vue fonctionnel, car l'indisponibilité de la régulation de pression au barillet vapeur par le GCT, et par conséquent de la fonction LCO GCT ne remet pas en cause le respect des conditions initiales des études de sûreté de par l'action, si nécessaire, du VDA. Par ailleurs, la fonction est redevable de l'application d'un programme d'essais périodiques couvrant les armoires PAS du BLNC ainsi que les capteurs de pression barillet vapeur.

L'exception aux règles de classement relative à GCT est détaillée dans la tableau 6 de la section 3.2.2 "Synthèse des exceptions".

3.5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système GCT est présenté en figure [FIG-10.4.4](#).

4. LE POSTE D'EAU (ABP-ADG-APA-AHP-AAD)

4.1. RÔLE DU POSTE D'EAU

L'ensemble des circuits qui compose le poste d'eau est présenté ci-dessous.

- ABP : il permet de réchauffer l'eau en la faisant traverser des réchauffeurs basse pression (3 R1, 3 R2, 1 R3 et 1 R4). L'eau passe ainsi d'une température de \square °C à l'aval des pompes CEX à environ \square °C à l'entrée de la bache alimentaire.
- ADG : la bache alimentaire permet de dégazer et de réchauffer (R5) l'eau venant de ABP.
- APA : ce système, composé de \square motopompes \square à vitesse variable, permet de refouler l'eau alimentaire dans les générateurs de vapeur au travers des réchauffeurs HP et des vannes réglantes (de niveau GV) ARE (petit débit et grand débit) ; le débit d'eau alimentaire est de \square kg/s/GV pour une puissance nominale de \square MWth.
- AHP : il permet de réchauffer l'eau alimentaire en passant dans 2 files de réchauffeurs HP (R6 + R7). L'eau transitant dans ces 2 étages de réchauffage passe d'environ \square °C à l'entrée du réchauffeur 6 à environ \square °C à la sortie du réchauffeur 7. Chaque file de réchauffeur est surchargeable à \square % et permet de passer la totalité du débit d'eau alimentaire (\square).
- AAD : ce système fonctionne à basse charge \square . Une pompe située en SDM assure le débit d'eau alimentaire suffisant pour assurer l'arrêt de la tranche (refroidir l'eau primaire jusqu'à \square °C) et le

redémarrage de la tranche jusqu'à [] , le système APA assurant le débit de l'eau alimentaire au delà de cette charge. Sous []°C, l'alimentation des GV est assurée par CEX.

4.2. BASES DE CONCEPTION

Les fonctions de l'ensemble de ces systèmes doivent être garanties :

- pour toute variation de charge lors de la montée entre le passage en arrêt normal sur les générateurs de vapeur (AN/GV ([])) et [], ainsi que lors de l'arrêt du réacteur de [] au passage en arrêt normal RIS en mode RA ([]),
- lors des suivis de charge,
- lors de la perte d'une pompe CEX ou d'une pompe APA avec pompe en secours disponible,
- lors des transitoires de fonctionnement particulier :
 - perte d'une pompe APA ou CEX sans pompe en secours disponible, dans ce cas une baisse de charge est générée automatiquement,
 - flottage, déclenchement turbine,
 - variations de charge dites « d'urgence » :
 - baisse de charge de [] et le minimum technique,
 - prise de charge instantanée de [] sur une amplitude globale de [],
 - prise de charge de [] entre le [].

4.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

4.3.1. Le réchauffage basse pression

Le poste de réchauffage est constitué de quatre étages de réchauffage.

Les [] premiers étages de réchauffage (R1 et R2) sont constitués de [] files de réchauffeurs [] dans le condenseur entre les échappements BP turbine, au dessus des faisceaux du condenseur. Ces réchauffeurs sont alimentés par de la vapeur issue des soutirages 1 et 2. Les condensats des R1 sont renvoyés au condenseur. Les condensats des R2 s'écoulent de manière gravitaire vers [] bâches de reprise des condensats, d'où ils sont réinjectés par des pompes de reprise (une par file) en aval des réchauffeurs R2.

Les postes de réchauffage R3 et R4 sont composés d'une seule file alimentée par de la vapeur issue des soutirages 3 et 4. Les condensats s'écoulent gravitairement dans un ballon de reprise des condensats puis sont réinjectés par pompe de reprise en aval de chaque réchauffeur. En dehors du by-pass complet d'ABP ([]), ces réchauffeurs ne sont pas bypassables.

4.3.2. Stockage/réchauffage/dégazage de l'eau alimentaire

La bache alimentaire recueille l'eau d'extraction en aval du poste de réchauffage basse pression.

Elle joue les rôles suivants :

- Stockage tampon en amont des motopompes alimentaires (APA et AAD). Les effets de dilatation du fluide secondaire et du taux de vide du GV en fonction de la charge sont repris au niveau de la bache, la consigne de niveau étant variable en fonction de la charge ;
- Réchauffage de l'eau alimentaire (la bache joue le rôle de réchauffeur 5) ;
- Dégazage de l'eau alimentaire ;
- Maintien d'un NPSH minimum pour le fonctionnement des pompes alimentaires (APA et AAD).

La bêche alimentaire recueille également la vapeur du ballon d'éclatement des purges APG.

On dispose de trois systèmes d'alimentation en vapeur de la bêche ADG : vapeur auxiliaire (SVA), vapeur vive (VPU) ou soutirage 5 de la turbine.

En cas de dépressurisation rapide, les vannes de soutien vapeur sont également sollicitées pour contrôler la dépressurisation de la bêche et éviter la cavitation des pompes alimentaires. Ces vannes sont donc munies d'un dispositif d'ouverture rapide. En complément, elles disposent également d'un dispositif de verrouillage contre les risques de surpression de la bêche.

Par ailleurs, l'ouverture de ces vannes de soutien constitue, en complément de l'action du GCT, un moyen supplémentaire d'évacuation de vapeur VPU et limite ainsi la sollicitation du VDA et des soupapes de sûreté VVP.

4.3.3. Pompage alimentaire principal et réchauffage haute pression (APA, AHP)

Le pompage alimentaire normal est assuré par 3 groupes de pompage motorisés à vitesse variable (pompe APA), un 4^{ème} groupe étant disponible en secours.

Les pompes APA reçoivent l'eau de la bêche ADG et la refoulent vers le poste de vannage ARE via le poste de réchauffage haute pression AHP.

Le poste de réchauffage HP comporte deux files de réchauffage (réchauffeurs R6 et R7) qui débitent dans un collecteur commun. Ils sont alimentés en vapeur par les soutirages S6 et S7 piqués sur le corps HP de la turbine. Chaque file est isolable et surchargeable à 100%. L'isolement des soutirages correspondants est possible.

En cas de basculement TS/TA, la pompe AAD démarre pour éviter de solliciter l'ASG.

Les cas de défaillance communs d'AAD et APA sont les suivants :

- perte eau de refroidissement SRI,
- perte des alimentations 10 kV,
- niveau très bas dans la bêche ADG.

4.4. ANALYSE DE SÛRETÉ

Ces systèmes du poste d'eau ne sont pas classés.

En complément du déclenchement turbine initié sur AAR, la fermeture de l'auxiliaire ADG est réalisée. Cette action contribue à la réduction de l'appel de puissance du secondaire et joue à ce titre un rôle vis-à-vis du risque de sur-refroidissement du coeur. Cette fonction est classée F1A cependant seul le signal issu du système RPR est classé.

4.4.1. Système tel que réalisé

Le système ADG a fait l'objet d'un écart avec information de l'ASN quant à son absence de classement F1A au titre de la fonction d'isolement de l'auxiliaire ADG en cas de déclenchement turbine. Cet écart est justifié par l'utilisation des équipements concernés en fonctionnement normal, par la surveillance permanente de fiabilité et de disponibilité mise en place, par la réalisation d'essais. A ce titre l'architecture intègre le principe de redondance, 100% des positions de sécurité sur perte de système support, le besoin de réalisation d'essais et l'utilisation de composants qualifiés. La justification complète de cette exception aux règles de classement est présentée dans le tableau 6 de la section 3.2.2 "Synthèse des exceptions".

4.5. SCHÉMAS DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système ABP est présenté en figure **FIG-10.4.5**.

Le schéma de principe du système ADG est présenté en figure [FIG-10.4.6](#).

Le schéma de principe du pompage alimentaire et réchauffage haute pression (APA, AAD, AHP) est présenté en figure [FIG-10.4.7](#).

5. CIRCUIT DE CIRCULATION D'EAU BRUTE (CRF – POUR UN SITE BORD DE MER)

5.1. RÔLE DU CRF

Le circuit d'eau de circulation (CRF) a pour rôle essentiel de refroidir le condenseur.

5.2. BASES DE CONCEPTION

Le circuit CRF est dimensionné de façon à optimiser le débit CRF passant dans le condenseur pour un échauffement compris entre $\square^{\circ}\text{C}$ et $\square^{\circ}\text{C}$ en considérant les températures d'eau brute, d'air et l'humidité moyennes mensuelles.

5.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

Le système CRF doit alimenter le condenseur de manière équilibrée dans tous les cas de fonctionnement à un débit suffisant pour assurer son refroidissement et donc le maintien de son vide. Pour ce faire l'eau transite principalement par :

- les tambours filtrants CFI,
- les deux pompes de circulation CRF,
- les tuyauteries BONNA de diamètre \square mm à l'amenée et au rejet,
- les poumons condenseur (\square).

5.4. ANALYSE DE SÛRETÉ

Le système CRF n'a pas de mission de sûreté.

Toutefois, le déclenchement des pompes de circulation du système CRF a un rôle dans la mitigation des agressions : « arrivée massive de colmatants » (cf. section 3.3.8), « hydrocarbures » (cf. section 3.3.8), « niveau bas de la source froide » (cf. section 3.3.8), « ensablement et envasement » (cf. section 3.3.8) et « inondation externe » ("aléa RCE", cf. section 3.3.5).

L'arrêt des deux pompes CRF dans les états de tranche RP et AN/GV entraîne une perte rapide du vide au condenseur et de ce fait est redevable d'une entrée en conduite APE.

Le système CRF tel que réalisé est conforme aux exigences de sûreté.

5.5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système CRF est présenté en figure [FIG-10.4.9](#).

6. ETANCHÉITÉ TURBINE (CET)

6.1. RÔLE DU CET

Le circuit CET (circuit d'étanchéité turbine) assure l'étanchéité au niveau des sorties d'arbres turbine et le long des tiges de manœuvre des vannes et soupapes d'admission HP de façon à empêcher :

- les fuites de vapeur au niveau des organes en surpression par rapport à l'atmosphère (corps turbine HP, organes d'admission HP),

- les entrées d'air au niveau des organes en dépression (bouts d'arbres BP).

Le rôle du circuit CET consiste également à :

- établir un barrage entre les zones d'admission HP et MP du corps HMP,
- équilibrer les poussées entre la veine HP et la veine MP.

Chaque labyrinthe (ou « boîte étanche ») situé en bout d'arbres comporte plusieurs séries de lamelles (léchettes) séparées par des chambres annulaires collectant la vapeur de fuite. L'ensemble de ces chicanes disposées en série créent un laminage important, limitant les fuites vapeur.

On distingue 2 circuits reliant les chambres entre elles :

- Le circuit de barrage (ou circuit à pression réglé), relié aux chambres internes. Sa pression est réglée à \square mbar par rapport à l'atmosphère. Ce collecteur est alimenté :
 - à l'arrêt et au démarrage par la vapeur principale (VPU) ou la vapeur auxiliaire (SVA),
 - en marche normale par la vapeur principale (VPU) et la vapeur issue des chambres d'étanchéité HMP et des fuites de tiges des organes vapeur ;
- Le circuit des buées, relié aux chambres externes. Ce circuit est relié à un condenseur des buées réfrigéré par le circuit d'eau de réfrigération (SRI) et maintenu en légère dépression par un motoventilateur.

A l'échappement du corps HP, les labyrinthes comportent une troisième chambre côté turbine, reliée en équilibrage de pression avec l'échappement MP.

Pour équilibrer les poussées entre la veine HP et la veine MP, deux chambres de recueil des fuites sont situées dans la partie centrale du rotor HMP et sont reliées à différents points de la détente.

Les organes d'admission MP disposent d'une étanchéité statique. Ces organes ne sont pas raccordés aux circuits CET.

6.2. BASES DE CONCEPTION

Le système CET est dimensionné de façon à assurer l'étanchéité de la turbine et l'équilibrage de la poussée HMP pour tous les régimes de fonctionnement de la turbine.

Pour un dimensionnement conservatif du système CET, les vannes de régulation en vapeur peuvent réguler jusqu'à \square mbars par rapport à l'atmosphère dans le réseau réglé.

6.3. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

Les entrées d'air sont interdites en assurant un barrage de vapeur dans les chambres intérieures (circuit à pression réglée). Pour éviter les fuites de vapeur vers l'extérieur, une légère dépression est maintenue dans la chambre externe des boîtes étanches.

Lorsque la turbine est à charge nominale, les chambres HP et MP fournissent de la vapeur au circuit à pression réglée alors que les chambres en bouts d'arbres BP sont déficitaires et donc consommatrices de vapeur.

Le circuit d'étanchéité est conçu pour évacuer les buées (mélange d'air et de vapeur) issues des boîtes étanches. Ces buées sont dirigées vers un condenseur mis en dépression par un dispositif de ventilation. Les condensats issus du condenseur des buées sont renvoyés au condenseur principal (CEX) en marche normale, ou évacués vers le circuit SEK en cas d'incident (vide insuffisant ou rupture de tubes du condenseur des buées). Les incondensables sont évacués directement à l'atmosphère par le ventilateur des buées.

En cas de fuites primaire / secondaire, les rejets gazeux radioactifs évacués par le ventilateur sont négligeables, étant donné le faible débit transitant dans le condenseur des buées par rapport au débit transitant dans le condenseur principal. L'activité rejetée directement par ce circuit est négligeable.

Par ailleurs, la détection d'incondensables pollués par les gaz radioactifs dans le condenseur principal est assurée par le circuit de mise sous vide (CVI), qui permet le contrôle et la comptabilisation des rejets (cf. sous-chapitre 10.1).

6.4. ANALYSE DE SÛRETÉ

Le système CET n'est pas classé de sûreté.

En complément du déclenchement turbine initié sur AAR, la fermeture de l'auxiliaire CET est réalisée. Cette action contribue à la réduction de l'appel de puissance du secondaire et joue à ce titre un rôle vis-à-vis du risque de sur-refroidissement du cœur.

6.4.1. Système tel que réalisé

Le système CET a fait l'objet d'un écart avec information de l'ASN quant à son absence de classement F1A au titre de la fonction d'isolement des auxiliaires en cas de déclenchement turbine. Cet écart est justifié par l'utilisation des équipements concernés en fonctionnement normal, par la surveillance mise en place, par la réalisation d'essais et enfin par l'utilisation de composants du plus haut niveau d'exigence. La justification complète de cette exception aux règles de classement présentée dans le tableau 6 de la section 3.2.2 "Synthèse des exceptions".

6.5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système CET est présenté en figure [FIG-10.4.8](#).

FIG-10.4.1 SCHÉMA DE PRINCIPE CVI

FIG-10.4.2 SCHÉMA DE PRINCIPE CEX (1/2)

FIG-10.4.3 SCHÉMA DE PRINCIPE CEX (2/2)

FIG-10.4.4 SCHÉMA DE PRINCIPE GCT

□

FIG-10.4.5 SCHÉMA DE PRINCIPE ABP

FIG-10.4.6 SCHÉMA DE PRINCIPE ADG

FIG-10.4.7 SCHÉMA DE PRINCIPE APA-AAD-AHP

FIG-10.4.8 SCHÉMA DE PRINCIPE CET

□

FIG-10.4.9 SCHÉMA DE PRINCIPE CRF

□

SOMMAIRE

.10.5 MISE EN ŒUVRE DE L'EXCLUSION DE RUPTURE POUR LES LIGNES VAPEUR PRINCIPALES À L'INTÉRIEUR ET À L'EXTÉRIEUR DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT	3
0. EXIGENCES DE SÛRETÉ	3
1. INTRODUCTION GÉNÉRALE	3
2. DESCRIPTION DES LIGNES VAPEUR À L'INTÉRIEUR ET À L'EXTÉRIEUR DE L'ENCEINTE	3
2.1. DOMAINE D'APPLICATION DE L'EXCLUSION DE RUPTURE	3
2.2. MISE EN ŒUVRE DE L'EXCLUSION DE RUPTURE DANS L'INSTALLATION	4
3. EXCLUSION DE RUPTURE	4
3.1. EXIGENCES ASSOCIÉES À LA DÉMONSTRATION DE L'EXCLUSION DE RUPTURE	5
3.1.1. CONCEPTION DES TUYAUTERIES VVP INTÉRIEURES ET EXTÉRIEURES BR « EXCLUSION DE RUPTURE »	6
3.1.2. MÉTHODOLOGIE DE DÉMONSTRATION DE TOLÉRANCE AUX GRANDS DÉFAUTS RELEVANT D'UNE DÉMONSTRATION CONVENTIONNELLE DE RUPTURE BRUTALE	8
3.1.3. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	8
3.2. NIVEAUX SUPPLÉMENTAIRES DE L'APPROCHE DE SÛRETÉ	8
3.2.1. BASE ET COHÉRENCE DES ÉVÈNEMENTS PCC-3 ET PCC-4	9
3.2.2. DISPOSITIONS TECHNIQUES ADDITIONNELLES	9
3.2.3. PROCÉDURE D'ÉVALUATION DES DÉFAUTS TRAVERSANTS	9
3.2.4. DÉTECTION DE FUITE VIA LES LIGNES VVP INTÉRIEUR BR	10
LISTE DES RÉFÉRENCES	11



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 5

PAGE 2/14

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

TABLEAUX :

TAB-10.5.1 HYPOTHÈSE D'EXCLUSION DE RUPTURE 12

**TAB-10.5.2 HYPOTHÈSES DANS LE CONTEXTE DU BP SUR LES LIGNES
VAPEUR 13**

.10.5 MISE EN ŒUVRE DE L'EXCLUSION DE RUPTURE POUR LES LIGNES VAPEUR PRINCIPALES À L'INTÉRIEUR ET À L'EXTÉRIEUR DE L'ENCEINTE DE CONFINEMENT

Le sous-chapitre 10.5 présente les fondements techniques qui confortent l'hypothèse d'Exclusion de Rupture (Break Preclusion ou BP) mise en œuvre pour les lignes vapeur principales (VVP) à l'intérieur et à l'extérieur de l'enceinte du Bâtiment Réacteur (BR).

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

Voir section 3.4.2.

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'Exclusion de Rupture signifie qu'une défaillance complète et brutale d'une ligne VVP est éliminée de façon déterministe comme hypothèse de conception des composants et des structures environnantes. Cette hypothèse s'appuie sur les exigences suivantes : des mesures préventives basées sur la conception, la vérification de la conception, la fabrication et le contrôle de la fabrication, ainsi que des mesures de surveillance en exploitation (dont l'inspection en service) (voir tableau [TAB-10.5.1](#)).

En conséquence de l'hypothèse d'Exclusion de Rupture, aucun dispositif anti-fouettement n'est requis pour limiter les déplacements de tuyauteries en cas de brèche guillotine doublement débattue (2A).

Cependant, et en dépit de la mise en œuvre de l'hypothèse d'Exclusion de Rupture, une brèche 2A d'une ligne VVP est prise en compte dans le cadre de la conception du GV, de l'enceinte de confinement, des études d'accident et de la qualification des équipements aux conditions d'ambiance. Ces dispositions additionnelles et leurs modalités de prise en compte, sont présentées dans le tableau [TAB-10.5.2](#).

Le [§ 2.](#) définit le domaine où l'Exclusion de Rupture est mise en œuvre ; le [§ 3.](#) est entièrement consacré aux principales caractéristiques de l'hypothèse d'Exclusion de Rupture. Le [§ 3.1.](#) a pour but de lister toutes les données amont connues ou nécessaires pour satisfaire aux exigences du BP. Le [§ 3.1.2.](#) présente les procédures d'évaluation des défauts relevant d'une démarche conventionnelle de prévention de la rupture brutale et des défauts de surface, en fonction du mode de défaillance concerné. Quant au [§ 3.1.3.](#), il est consacré aux dispositifs de surveillance en exploitation et au programme d'inspection en service. Le [§ 3.2.](#) présente les dispositions prises au titre des événements PCC-4 ou au titre de la limitation des conséquences d'accidents, dans le cadre de niveaux de défense en profondeur supplémentaires.

2. DESCRIPTION DES LIGNES VAPEUR À L'INTÉRIEUR ET À L'EXTÉRIEUR DE L'ENCEINTE

2.1. DOMAINE D'APPLICATION DE L'EXCLUSION DE RUPTURE

L'hypothèse d'Exclusion de Rupture « Break Preclusion ou BP » est mise en œuvre sur les tronçons 30" des lignes vapeur classés de sûreté, y compris les piquages extrudés sur ces lignes. Les limites d'application du BP sont les tubulures GV, y compris les soudures de raccordement à ces tubulures, d'un côté et les points fixes et les soudures de raccordement à ces points fixes situés en aval des vannes d'isolement vapeur VIV de l'autre côté.

L'hypothèse de BP n'est pas mise en œuvre sur les tuyauteries raccordées aux lignes vapeur 30". À l'intérieur du BR, aucune tuyauterie n'est raccordée aux lignes 30", sauf les petites lignes d'instrumentation et d'éventage, où les ruptures peuvent être négligées. À l'extérieur du BR, l'hypothèse de BP n'est mise en œuvre ni sur les lignes de contournement des isolements vapeur ni sur leurs soudures de raccordement aux piquages sur les lignes vapeur.

À l'extérieur du BR, la vanne d'isolement de la décharge VDA et les soupapes de sûreté vapeur sont soudées directement sur les embouts extrudés des VVP 30". L'hypothèse de BP est également mise en oeuvre sur ces soudures de raccordement.

2.2. MISE EN ŒUVRE DE L'EXCLUSION DE RUPTURE DANS L'INSTALLATION

Concernant les lignes VVP situées à l'intérieur de l'enceinte, la mise en oeuvre du BP entraîne, par comparaison à une conception sans BP, les modifications d'installation suivantes :

- Suppression de tous les dispositifs de protection contre les ruptures de lignes vapeur. On note cependant la présence de butées latérales dont le rôle principal est d'assurer la tenue de la ligne sous chargement sismique.
- Installation de cintres au lieu de coudes en aval du piquage GV. Cette disposition permet de plus d'éloigner les soudures des sorties du coude (zone de concentration de contraintes importante).
- Allongement de l'embout du flasque de pénétration d'enceinte afin d'éloigner la soudure du corps du flasque.

3. EXCLUSION DE RUPTURE

Le principe d'Exclusion de Rupture est présenté dans le paragraphe 3 de la section 3.4.2. Il est décliné ci-dessous pour le cas des lignes de vapeur principales.

La démonstration de l'Exclusion de Rupture telle qu'elle est mise en oeuvre sur les lignes VVP intérieur et extérieur BR a trait exclusivement aux niveaux de défense en profondeur suivants :

- Prévention des anomalies par une bonne qualité de conception et de fabrication,
- Maintien de l'installation dans le domaine autorisé par des protections (soupapes...) et surveillance en exploitation (dont l'inspection en service).

Ainsi, l'hypothèse de BP peut être exprimée par le fait que la défaillance complète et brutale d'une ligne VVP 30" de classe de qualité de conception et de réalisation Q1 à l'intérieur ou à l'extérieur du BR, est éliminée dans l'approche déterministe lors de la conception mécanique des structures et des composants.

Le niveau de défense en profondeur suivant est constitué, quant à lui, de deux lignes de défense supplémentaires associées soit à la limitation des conséquences d'une perte d'intégrité, soit à la maîtrise des accidents graves (voir [§ 3.2.](#)) :

- Limitation des conséquences des défaillances et/ou assurance qu'elles ne peuvent pas survenir (systèmes de sauvegarde...),
- Prise en compte des défaillances multiples et accidents graves.

Ainsi, ces lignes de défense supplémentaires expriment le fait que :

- Les ruptures des lignes non Exclusion de Rupture sont considérées comme des événements PCC-3 ou PCC-4.
- Des dispositions techniques supplémentaires sont mises en oeuvre afin d'apporter des marges de sécurité au niveau de la conception.

Ces éléments relatifs à l'étude des ruptures et à des dispositions techniques additionnelles (tolérance aux grands défauts traversants, détection de fuite, voir [§ 3.2.3.](#) et [§ 3.2.4.](#)) ne font pas partie de la démonstration d'Exclusion de Rupture.

Ces aspects sont résumés dans le tableau [TAB-10.5.1.](#)

3.1. EXIGENCES ASSOCIÉES À LA DÉMONSTRATION DE L'EXCLUSION DE RUPTURE

La démonstration de l'Exclusion de Rupture est justifiée de la manière suivante :

- Toute dégradation sérieuse des lignes VVP est évitée grâce à une conception et une construction de grande qualité et à des mesures de surveillance en service.
- Les lignes VVP sont conçues de manière à être tolérantes à la présence de grands défauts relevant d'une démarche de démonstration conventionnelle de prévention de la rupture brutale.
- Une surveillance en exploitation permet de vérifier que les hypothèses de conception ne sont pas remises en cause.

Pré-requis pour les conditions de fonctionnement

La mise en œuvre de l'hypothèse d'Exclusion de Rupture est basée sur l'anticipation correcte des conditions de fonctionnement.

Tous les chargements appropriés sont identifiés : transitoires thermiques de fonctionnement, vibrations induites, corrosion et corrosion-érosion et charges inopinées importantes.

Ces conditions ne s'appliquent pas aux lignes VVP ou sont prises en compte à la conception sur la base du retour d'expérience accumulé dans les tranches en exploitation. L'identification des endommagements et risques potentiels révélés par le retour d'expérience pour les lignes VVP fait ressortir les spécificités suivantes :

- 1) Les transitoires thermiques sont spécifiés de façon majorante à la conception et contrôlés lors de l'exploitation de la tranche. L'expérience a montré qu'ils sont de faible ampleur.
- 2) Indépendamment de l'application de l'Exclusion de Rupture, la prévention des effets dynamiques du fluide, de la stratification et de la corrosion-érosion est considérée à la conception, dans l'étude des circuits et l'installation des tuyauteries, dans le choix des matériaux, ainsi que par une construction de grande qualité :
 - Prévention des effets dynamiques du fluide (non significatifs pour les lignes VVP) : tuyauterie ayant une pente suffisante, une purge correcte, une conception de vanne appropriée (temps de fermeture).
 - Système de protection vis-à-vis de l'évènement RTGV mis en œuvre sur le réacteur EPR, permettant d'éliminer le risque d'un coup de bélier consécutif à un débordement en eau du GV (voir section 15.2.3f et section 15.2.4k où est démontré le non-remplissage des GV).
 - Aucun effet de stratification sur les lignes VVP.
 - La corrosion-érosion est évitée par une conception adéquate, des conditions stables dans le circuit et des matériaux appropriés : choix de matériaux adéquats, très faible taux d'humidité de la vapeur, vitesse de la vapeur dans la même plage que celle des tranches existantes, conception fonctionnelle des tuyauteries et vannes. Pour ce qui concerne le matériau, une précaution complémentaire est introduite par la spécification d'une teneur minimale en chrome [1].
- 3) Les effets des vibrations sont négligeables pour les lignes VVP.
- 4) La corrosion n'est pas problématique avec les matériaux utilisés et la composition chimique de l'eau en fonctionnement.
- 5) Les chargements dus aux agressions externes sont examinés de façon détaillée lors du calcul des contraintes.

Le projet EPR s'appuie, à cet égard, sur l'expérience acquise en matière de conception et d'exploitation des REP (Réacteur à Eau Pressurisée) en France et en Allemagne.

Contrôle qualité et assurance qualité

Le contrôle qualité regroupe tous les contrôles de produits. Il inclut les contrôles destructifs et non-destructifs d'échantillons et de pièces ainsi que la qualification des procédés et du personnel concernés. À cet égard, les lignes VVP sont conformes aux règles de niveau 1 du code de conception, RCC-M (voir [Réf \[1\]](#)). Afin de s'assurer de l'homogénéité des caractéristiques des matériaux, une qualification M140 (RCC-M) est mise en œuvre pour les tuyauteries VVP.

Comptabilisation des transitoires

Dans les analyses mentionnées ci-dessus, les transitoires du Dossier des Situations sont utilisés pour la détermination des contraintes. Ainsi, une comptabilisation des transitoires en exploitation est nécessaire pour la validation.

Programme d'inspection en service des lignes VVP intérieur et extérieur BR dans le cadre de la démonstration BP

Le programme d'inspection en service est une mesure prise au titre du deuxième niveau de la défense en profondeur visant à garantir l'intégrité du système (voir également [§ 3.1.3.2.](#)).

Le programme d'examen non destructifs en service sera finalisé pendant les études détaillées du projet EPR pour tenir compte de l'avancement des études et des recommandations de la SPN du 21/06/05. Pour chaque zone, il est vérifié qu'il n'y a pas de problème d'accessibilité et d'inspectabilité. De plus, il est vérifié que les performances attendues des END sont cohérentes avec la conception et la fabrication (état de surface, géométrie...).

Les études détaillées permettront de préciser les zones potentiellement sensibles à des modes d'endommagement tels que la fatigue ou la rupture brutale. Si c'est le cas, ces zones seront intégrées dans le programme d'inspection en service. Une sélection de soudures où la combinaison des contraintes et des caractéristiques des matériaux est la plus défavorable sera également intégrée dans le programme d'inspection en service, ainsi qu'une sélection de soudures non sensibles au titre de la défense en profondeur. Le programme d'inspection en service sera allégé par rapport au programme équivalent des zones sensibles si, lors des études menées, il a été vérifié qu'il n'y avait aucun risque de dommages pendant le fonctionnement, si la conception remplit aisément les critères RCC-M et s'il a été vérifié lors de la fabrication et en se basant sur les essais non destructifs qu'il n'y avait pas de défauts inacceptables dans ces zones.

3.1.1. Conception des tuyauteries VVP intérieures et extérieures BR « Exclusion de Rupture »

3.1.1.1. Composants et tracés

Afin d'appliquer l'hypothèse de BP, les lignes VVP sont conçues selon les principes suivants :

- 1) Conformité aux prescriptions générales suivantes pour la conception et la fabrication des composants de tuyauteries, garantissant un comportement sûr des lignes : tubes sans soudure (longitudinale) ; composants forgés ; caractéristiques des matériaux de grande qualité, en particulier la ténacité ; limites de contraintes conservatives ; prévention des concentrations de contraintes par une conception optimale ; garantie de l'application des technologies optimisées de fabrication et d'essais ; connaissance et évaluation des situations accidentelles.
- 2) Tracé optimisé des lignes de tuyauterie. L'Exclusion de Rupture requiert une conception dans laquelle les contraintes en fonctionnement sont établies de manière fiable. Il n'y a pas de composant de forme géométrique complexe dans l'installation des tuyauteries VVP.
- 3) Conception optimisée du supportage des tuyauteries, compromis entre les situations de fonctionnement et les situations accidentelles, et composants de supports optimisés.
- 4) Utilisation des matériaux optimaux, tels que les aciers au C-Mn, avec une résistance modérée et une forte ductilité, et avec une plage de tolérance réduite pour les compositions chimiques.
- 5) Prise en considération de tous les chargements et combinaisons de chargements appropriés.

- 6) Calcul des contraintes prévues et admissibles, en conformité avec les prescriptions des règles de conception des tuyauteries RCC-M de classe 1.
- 7) Fabrication de grande qualité.
- 8) Cohérence entre les programmes de surveillance en service et les CND en fabrication.
- 9) Prescriptions en matière de contrôles en cours de fabrication et de surveillance en service.
- 10) Des mesures sont prises afin d'éviter qu'une ligne VVP soit endommagée par la ruine d'une autre tuyauterie postulée rompue.

Les tuyauteries sont fabriquées de préférence à partir de tronçons en matériaux optimisés [1]. Des coudes sans soudure, avec des embouts droits allongés, sont utilisés lorsque cela est nécessaire. Des embouts allongés séparent également le corps du flasque des pénétrations des soudures aux tuyauteries. Les tubulures des piquages extrudés éloignent les soudures aux vannes et tuyauteries raccordées de la zone du piquage. L'utilisation de ces composants conduit au positionnement des soudures circonférentielles en dehors des zones de tuyauteries à contrainte élevée.

Concernant les composants des tuyauteries, l'utilisation de tuyaux sans soudure, de cintres et de composants spéciaux, réduit le nombre de soudures sur les lignes VVP, et répond aux prescriptions des contrôles non destructifs. Toutes les soudures sont susceptibles d'être contrôlées.

La grande qualité des produits est atteinte avec des raccords forgés et des piquages extrudés. Le désalignement des bords est minimisé entre les tuyauteries et les composants. Le traitement thermique des soudures est prévu pour réduire les contraintes. L'usinage des surfaces externes et internes (dans la mesure du possible) des tuyauteries permet des CND optimisés sur les soudures.

Les fourreaux de pénétration d'enceinte des lignes VVP, y compris l'arrangement des points d'ancrage, sont considérés dans le code ETC-C (voir [Réf \[2\]](#)). Une grande qualité est apportée à la conception des supports de tuyauteries et à leurs composants.

Les matériaux sélectionnés et les soudures ont une grande ductilité aux températures de fonctionnement et un mode de ruine ductile. L'utilisation d'un acier de construction à grain fin pour les composants des tuyauteries répond aux prescriptions et présente les avantages suivants : manipulation facile pour les procédés de fabrication et les soudures, expérience de fabrication suffisante. Les corps des vannes d'isolement vapeur VIV sont fabriqués avec un matériau au C-Mn d'une grande pureté. De nombreuses expériences positives d'utilisation dans la fabrication, le forgeage et le soudage sont disponibles pour tous les matériaux sélectionnés.

3.1.1.2. Données de conception

La mise en œuvre de l'hypothèse d'Exclusion de Rupture demande, en premier lieu, de rassembler toutes les données amont nécessaires à son application. Ces données concernent les composants, les chargements, les propriétés des matériaux et les défauts de référence. La collecte de ces informations est bien sûr une des phases les plus importantes de la procédure de BP. La représentativité et la fiabilité de ces données permettent de garantir une estimation sûre tout en réduisant les hypothèses trop pénalisantes.

Les lignes VVP sont en acier au carbone [1]. Les tubulures des piquages GV sont en acier faiblement allié [1] et les organes de robinetterie en acier faiblement allié de type C-Mn. Les soudures sont détensionnées dans toutes les zones BP [1].

Les valeurs des caractéristiques mécaniques utilisées dans les calculs sont validées pour une durée de vie de la tranche de 60 ans (vieillessement thermique).

Caractéristiques de résistance

Les valeurs des caractéristiques de résistance (limite d'élasticité et résistance à la traction, module d'Young...) sont fournies dans le code RCC-M ou dans un complément spécifique.

Ténacité

Afin de mettre en œuvre l'hypothèse de BP, il est vérifié qu'aucun transitoire significatif ne se produit à une température pouvant entraîner une rupture par clivage, ce qui est facile puisqu'il n'y a pas de chargement transitoire dans les lignes VVP à basse température.

Résistance à la déchirure ductile

La valeur de $J_{0,2}$ à l'amorçage de la fissure ainsi que la courbe de résistance $J(\Delta a)$ sur toute la plage de variation des conditions de fonctionnement ($10^{\circ}\text{C} \leq T \leq 320^{\circ}\text{C}$) sont nécessaires. □

3.1.2. Méthodologie de démonstration de tolérance aux grands défauts relevant d'une démonstration conventionnelle de rupture brutale

Cette démonstration est faite à travers les analyses de rupture brutale.

3.1.3. Surveillance en exploitation

La surveillance en exploitation doit être suffisante pour garantir la validité des hypothèses prises à la conception. Les exigences associées sont présentées au paragraphe 0.1.3 de la section 3.4.2.3.

3.1.3.1. Suivi en exploitation

Afin de vérifier l'intégrité de la 2ème et/ou 3ème barrière de confinement, les paramètres représentatifs de fuites primaires/secondaires sont surveillés. Cette surveillance est détaillée au paragraphe 4.2.3.2 du sous chapitre 9.6. Les critères associés à cette surveillance sont détaillés dans le tableau 9.6 TAB 9.

Le paragraphe 4.4.2 du sous chapitre 9.6 présente les paramètres chimiques et radiochimiques surveillés. Le tableau 9.6 TAB 11 détaille ces paramètres surveillés au titre des RGE.

3.1.3.2. Inspection en service

Mise en œuvre de l'inspection en service et de l'Exclusion de Rupture

Des exemples de prescriptions pour l'inspection en service et le contrôle visuel sont fournis ci-dessous :

- 1) Etendue de l'inspection en service : après montage, une première épreuve hydraulique (voir code RCC-M § B 5000) du système ainsi qu'un premier contrôle complet seront réalisés afin de définir une référence ; les contrôles des soudures représentatives sélectionnées seront effectués tous les 10 ans.
- 2) La conception et l'installation du système de tuyauteries doivent garantir que les examens non destructifs en service sur les soudures circonférentielles peuvent être réalisés sans difficulté.
- 3) Si des techniques d'inspection qui doivent être utilisées pour les contrôles en service, sont différentes de celles utilisées pour les contrôles en cours de fabrication, l'inspection initiale doit avoir lieu avant le démarrage initial, en utilisant les techniques qui seront appliquées par la suite lors des examens en service. L'organisme de contrôle extérieur doit avoir reçu la confirmation que ces techniques peuvent fournir les résultats appropriés.

3.2. NIVEAUX SUPPLÉMENTAIRES DE L'APPROCHE DE SÛRETÉ

Le niveau supplémentaire de l'approche sûreté (limitation des conséquences des défaillances et/ou assurance qu'elles ne surviendront pas, prise en compte des défaillances multiples et accidents graves) est constitué de deux lignes de défense associées soit à la limitation des conséquences d'une perte d'intégrité, soit à la maîtrise des accidents graves. Ce niveau est indépendant des premiers niveaux exposés au [§ 3.1.](#)

3.2.1. Base et cohérence des évènements PCC-3 et PCC-4

Des évaluations d'intégrité sont réalisées, en utilisant les chargements induits par une rupture postulée sur les lignes VVP en aval des vannes d'isolement vapeur, ou par une rupture des lignes ARE.

L'objectif de sûreté est de démontrer que l'état contrôlé, puis l'état d'arrêt sûr sont atteints. Du point de vue technique cela signifie que :

- 1) La rupture initiale n'entraîne pas la ruine des zones BP, ni des vannes VIV.
- 2) L'intégrité des GV est vérifiée (critère niveau D), ainsi que l'intégrité des tubes GV.
- 3) Les effets sur l'enveloppe sous pression du circuit primaire, induits par le refroidissement (les chocs thermiques) sont pris en compte à la conception.

Avec les chargements dus à l'onde de décompression générée par une rupture VVP en aval des vannes d'isolement vapeur (hors zone BP), et l'hypothèse du critère de défaillance unique (CDU) sur la vanne VIV, l'intégrité de la zone BP des VVP, des composants et de leurs supports, ainsi que celle des GV (tubes GV inclus) est démontrée. Les tubes GV sont également conçus pour supporter la totalité de la pression différentielle entre le circuit primaire et un GV vide et sans pression. Il n'y a pas d'extension de dommage, ni au circuit primaire, ni aux zones BP.

3.2.2. Dispositions techniques additionnelles

La stabilité des GV est vérifiée pour un chargement conventionnel statique 2pA.

De plus, des brèches 2A sont postulées dans les lignes VVP afin de fournir les données de bases pour la conception de l'enceinte (montée en pression et en température) et la qualification des équipements aux conditions d'ambiance accidentelle (pression, température et humidité), si les brèches 2A postulées sur les boucles primaires ne sont pas enveloppes.

Concernant le transitoire de sur-refroidissement, aucune mesure supplémentaire n'est nécessaire car la considération d'une rupture VVP en aval de vanne VIV, avec le CDU sur cette vanne et l'hypothèse de rejet de vapeur pure, conduit au transitoire de sur-refroidissement enveloppe.

Cependant, malgré l'hypothèse d'Exclusion de Rupture, une brèche 2A est postulée en sortie de GV (voir section 15.2.4b) pour l'étude du comportement du cœur, dans une approche très pénalisante ; elle cumule la plus grande taille de brèche vapeur au point le plus pénalisant et le plus grand impact sur la réactivité dû à la superposition du CDU sur une grappe bloquée.

Des brèches 2A sur l'une des trois plus grandes tubulures des piquages extrudés des lignes VVP (soudures amont vanne d'isolement de la décharge VDA et soupapes de sûreté vapeur) sont considérées, pour des raisons de défense en profondeur. Les valeurs maximales obtenues dans les réponses dynamiques à ces ruptures postulées sont utilisées pour quantifier le chargement de rupture hors dimensionnement, traité comme un cas de charge accidentel supplémentaire. L'intégrité de la zone BP des VVP et de la pénétration du BR est vérifiée sous ce cas de charge.

Le tableau [TAB-10.5.2](#) résume ces dispositions supplémentaires, considérées malgré l'Exclusion de Rupture, et les évènements PCC-3 et PCC-4 retenus dans le cadre du BP des lignes VVP.

3.2.3. Procédure d'évaluation des défauts traversants

Le système LDS (Leak Detection System ou système de détection de fuite) est considéré comme une ligne supplémentaire de défense en profondeur, alors la marge entre le défaut traversant détectable et le défaut traversant critique est évaluée. Cette évaluation repose sur la caractérisation :

- D'une part, du défaut traversant détectable dont la taille correspond au débit de fuite minimal détectable en situation normale de fonctionnement à pleine puissance.
- D'autre part, du défaut critique traversant, dont la taille correspond à la limite supérieure admissible avant la rupture de la tuyauterie sous le chargement accidentel le plus sévère.

3.2.4. Détection de fuite via les lignes VVP intérieur BR

Selon le principe décrit au § 3., la détection de fuite contribue à prévenir la rupture des lignes vapeur à l'intérieur de l'enceinte en détectant, avant qu'elles n'atteignent une taille critique, les éventuelles fissures traversantes qui pourraient apparaître en service.

La fonction de sûreté de ce système de détection de fuite s'apparente ainsi à une limitation des conséquences d'une perte d'intégrité. Cette surveillance peut se matérialiser par des alarmes au cas où le débit dépasse les seuils.

Deux systèmes de détection différents et indépendants sont prévus à l'intérieur de l'enceinte.

Les exigences de sûreté ainsi que les performances requises sont décrites dans la section 3.4.2.

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] Code RCCM (voir sous-chapitre 1.6)

[2] Code ETCC. « EPR Technical code for civil works » (voir sous-chapitre 1.6)

TAB-10.5.1 HYPOTHÈSE D'EXCLUSION DE RUPTURE

Démonstration de l'Exclusion de Rupture	Prévention	Pré-requis sur les conditions de fonctionnement du système
		Conception des composants, choix des matériaux et fabrication
		Contrôle qualité et assurance qualité
		Tolérance aux grands défauts (relevant d'une démonstration conventionnelle de rupture brutale)
	Surveillance	Comptabilisation des transitoires
		Surveillance en service
Programme d'inspection en service		
Événements PCC-3 et PCC-4	Mitigation	Ruptures des VVP à l'extérieur de la zone de BP ainsi que des autres lignes raccordées aux GV
Mesures supplémentaires	Éviter l'effet falaise	Stabilité des GV Conception de l'enceinte (pression et température) Qualification des équipements à l'ambiance accidentelle
		Intégrité des lignes VVP et des pénétrations BR pour les ruptures 2A postulées sur les tubulures des piquages BP
		Tolérance aux grands défauts traversants
		Détection des fuites (pour les lignes situées dans l'enceinte)

TAB-10.5.2 HYPOTHÈSES DANS LE CONTEXTE DU BP SUR LES LIGNES VAPEUR

	Effets sur	Effets de	Ruptures postulées
Dispositions supplémentaires malgré l'Exclusion de Rupture	Supports de GV	Force statique 2pA au niveau des tubulures	Force « 2pA »
	Enceinte du BR	Montée en pression Température	Brèche 2A de VVP si elle n'est pas couverte par une brèche 2A des boucles primaires
	Qualification des équipements à l'intérieur du BR aux conditions d'ambiance	Pression Température Humidité	Brèche 2A de VVP si elle n'est pas couverte par une brèche 2A des boucles primaires
	Comportement de la réactivité	Transitoire de sur-refroidissement	Rupture guillotine de VVP en sortie GV (CDU sur grappe bloquée)
	Tenue mécanique de la ligne vapeur extérieure enceinte et de la traversée enceinte	Chargement mécanique	Brèche 2A du plus gros piquage BP sur la ligne vapeur extérieure enceinte, du point fixe de la traversée jusqu'au point fixe en aval de la VIV

	Effets sur	Effets de	Ruptures postulées
Evénements PCC-3 et PCC-4	GV, y compris tubes GV et zones VVP BP	Effets dynamiques de décompression	Rupture guillotine des zones non BP
	Tubes GV	Pression différentielle entre le circuit primaire et les GV dépressurisés	Rupture de VVP en aval de la vanne d'isolement vapeur (CDU sur vanne d'isolement vapeur)
	Enceinte du BR et structures internes	Pression différentielle Température Noyage	Rupture guillotine d'une autre ligne raccordée au GV (ARE ou ASG par ex.)
	Comportement de la réactivité	Transitoire de sur-refroidissement	Rupture de VVP en aval de la vanne d'isolement vapeur avec décharge de vapeur pure (CDU sur vanne d'isolement vapeur)
	Qualification des équipements à l'extérieur du BR à l'ambiance (vanne d'isolement vapeur...)	Pression Température Humidité	Brèche 2A des lignes non-BP raccordées aux VVP (contournement vanne d'isolement vapeur)

SOMMAIRE

.10.6	SYSTÈME D'EAU ALIMENTAIRE PRINCIPAL (ARE)	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	5
0.1.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE	5
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	5
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	6
0.2.2.	ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	6
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	6
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	7
0.2.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	7
0.3.	EXIGENCES RELATIVES A LA CONCEPTION	7
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	7
0.3.2.	EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	8
0.3.3.	AGRESSIONS	9
0.3.4.	DIVERSIFICATION	9
0.3.5.	RADIOPROTECTION	9
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	9
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	10
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	10
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	10
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	10
0.4.4.	MAINTENANCE	10
1.	RÔLE DU SYSTÈME	10

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	10
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS	10
2. BASES DE CONCEPTION	11
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	11
2.1.1. ALIMENTATION EN EAU DES GV	11
2.1.2. ISOLEMENT DES GV	11
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	11
2.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	11
2.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	12
2.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	12
2.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	12
2.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	12
2.3. AUTRES HYPOTHÈSES	12
2.3.1. EXCLUSION DE RUPTURE	12
2.3.2. HYPOTHÈSE FONCTIONNELLE	13
3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT	13
3.1. DESCRIPTION	13
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	13
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	13
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	14
3.2. FONCTIONNEMENT	14
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	14
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	14
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	14
3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME	14
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	15
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	15
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	15
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	15

4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	15
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	15
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	15
4.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	16
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	16
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	16
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	17
4.3.3. AGRESSIONS	18
4.3.4. DIVERSIFICATION	18
4.3.5. RADIOPROTECTION	18
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	18
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	18
4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	19
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	19
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	19
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	19
4.4.4. MAINTENANCE	19
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	19



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 6

PAGE 4/20

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-10.6.1 SCHÉMA SIMPLIFIÉ D'UN TRAIN DU SYSTÈME ARE 20

.10.6 SYSTÈME D'EAU ALIMENTAIRE PRINCIPAL (ARE)

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Les contributions du système au contrôle de la réactivité doivent être les suivantes :

- isolement des lignes ARE petit débit, grand débit et des lignes ARE principales dans certaines situations de catégories PCC-2 à 4 et RRC-A en cas de refroidissement excessif par le secondaire ou de dysfonctionnement de la régulation de niveau GV, afin d'éviter un retour en criticité.

0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Les contributions du système à l'évacuation de la puissance résiduelle doivent être les suivantes :

- isolement des lignes ARE principales dans certaines situations de catégories PCC-2 à 4, notamment en cas de perte du débit ARE ou d'une brèche sur une tuyauterie ARE, afin d'éviter la vidange des GV.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

- 1^{ère} barrière de confinement :
Le système ARE ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.
- 2^{ème} barrière de confinement :
Le système ARE ne participe pas à l'intégrité de la 2^{ème} barrière de confinement.
- 3^{ème} barrière de confinement :
En conditions accidentelles, le système ARE doit jouer le rôle de 3^{ème} barrière de confinement au niveau de ses traversées enceintes.
Les parties au niveau des traversées enceinte du système ARE appartiennent à la 3^{ème} barrière telle que définie au sous-chapitre 3.1.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Les contributions du système à la protection contre les agressions doivent être les suivantes :

- identification de la rupture d'intégrité d'un GV en cas d'inondation du bâtiment réacteur.

0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Le système ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE petit débit :

Le système ARE doit assurer la fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE petit débit dans un délai suffisamment court afin de limiter les risques de retour en criticité en cas de refroidissement excessif par le secondaire ou de dysfonctionnement de la régulation de niveau GV.

Fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE grand débit :

Le système ARE doit assurer la fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE grand débit dans un délai suffisamment court afin de limiter les risques de retour en criticité en cas de dysfonctionnement de la régulation de niveau GV ou de refroidissement excessif par le secondaire.

Fermeture des clapets des lignes ARE principales :

Le système ARE doit assurer la fermeture des clapets des lignes ARE principales afin de limiter les risques de retour en criticité en cas de refroidissement excessif par le secondaire.

0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Fermeture des clapets des lignes ARE principales :

Le système ARE doit assurer la fermeture des clapets des lignes ARE principales afin d'empêcher ou de limiter leur vidange en cas notamment de perte du débit ARE ou de brèche sur une tuyauterie ARE.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

- 1^{ère} barrière de confinement :

Le système ARE ne participe pas à l'intégrité de la 1^{ère} barrière de confinement.

- 2^{ème} barrière de confinement :

Le système ARE ne participe pas à l'intégrité de la 2^{ème} barrière de confinement.

- 3^{ème} barrière de confinement :

Fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE petit débit :

Le système ARE doit assurer la fermeture des vannes des lignes ARE petit débit dans un délai suffisamment court afin de :

- limiter les masses et énergies libérées dans l'enceinte de manière à ce que la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement ne soit pas dépassée en cas de brèche secondaire à l'intérieur du bâtiment réacteur (RTE et RTV),
- confiner les substances radioactives dans le GV affecté pour les incidents / accidents avec contamination accidentelle des GV (RTGV),
- limiter le remplissage des GV pour les séquences d'ATWS avec perte du système de protection et augmentation du débit vapeur côté secondaire.

Fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE grand débit :

Le système ARE doit assurer la fermeture des vannes des lignes ARE grand débit dans un délai suffisamment court afin de :

- limiter les masses et énergies libérées dans l'enceinte de manière à ce que la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement ne soit pas dépassée en cas de brèche secondaire à l'intérieur du bâtiment réacteur (RTE et RTV),
- confiner les substances radioactives dans le GV affecté pour les incidents / accidents avec contamination accidentelle des GV (RTGV),
- limiter le remplissage des GV pour les séquences d'ATWS avec perte du système de protection et augmentation du débit vapeur côté secondaire.

Fermeture des clapets des lignes ARE principales :

Le système ARE doit assurer la fermeture des clapets des lignes ARE principales afin de :

- limiter les masses et énergies libérées dans l'enceinte de manière à ce que la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement ne soit pas dépassée en cas de brèche secondaire à l'intérieur du bâtiment réacteur (RTE et RTV),
- confiner les substances radioactives dans le GV affecté pour les incidents / accidents avec contamination accidentelle des GV (RTGV),
- limiter le relâchement de masse et d'énergie dans les casemates ARE en cas de brèche sur les tuyauteries ARE à l'extérieur du bâtiment réacteur en amont du point fixe.

Étanchéité de l'enceinte :

En conditions accidentelles, le système ARE doit permettre l'isolement de l'enceinte de confinement au niveau de ses traversées enceinte.

Les parties au niveau des traversées enceinte du système ARE doivent répondre aux exigences de « circuit fermé dans l'enceinte » telles que définies dans la section 6.2.1.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

0.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Au titre de sa contribution spécifique à la protection contre les agressions, le système ARE doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

Limitation des inondations induites par un tubing ARE en cas de rupture dans le bâtiment réacteur

Le système ARE doit assurer la mesure des niveaux GV gamme étroite et gammes large afin d'identifier la rupture d'intégrité d'un GV en cas d'inondation du bâtiment réacteur. Cette fonction permet de garantir la disponibilité des matériels de sûreté situés dans le bâtiment réacteur lorsque l'inondation fait suite à une rupture de tubing ARE.

0.3. EXIGENCES RELATIVES A LA CONCEPTION**0.3.1. Exigences issues du classement de sûreté****0.3.1.1. classement de sûreté**

Les parties du système ARE jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de défaillance unique (active et passive)

Les fonctions du système ARE classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique.

Les fonctions du système ARE classées F2 au titre de la protection de l'installation contre les agressions internes doivent être robustes à l'application de la défaillance aléatoire conformément aux règles du paragraphe 2.3 de la section 3.4.0.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des composants du système ARE nécessaire à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

0.3.1.4. Séparation physique / géographique

Les fonctions classées F1 du système ARE doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique / géographique de leurs équipements redondants constitutifs :

- séparation physique des vannes redondantes.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système ARE doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquels ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle commande et sismique

Les équipements du système ARE redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Les équipements du système ARE redevables d'un classement ESPN doivent être classés conformément à la réglementation applicable (cf. section 3.6.2).

0.3.2. Exigences réglementaires

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Parmi l'ensemble des exigences issues des textes réglementaires présentés dans la section 1.7.0 du rapport de sûreté, le système ARE est concerné spécifiquement par les textes officiels suivants :

- le décret n° 2016-1925 du 28 décembre 2016 relatif au suivi en service des appareils à pression,
- l'arrêté du 20 novembre 2017 relatif au suivi en service des équipements sous pression et des récipients à pression simples,
- l'arrêté du 30 décembre 2015 modifié (aussi appelé arrêté ESPN) relatif aux équipements sous pression nucléaires,
- le décret 2007-534 modifié du 10/04/2007 autorisant la création de l'installation nucléaire de base dénommée Flamanville 3,
- l'arrêté du 10/11/1999 relatif à la surveillance de l'exploitation du circuit primaire principal et des circuits secondaires principaux des réacteurs nucléaires à eau sous pression,
- la lettre DSIN 0729/2004 Options de Sûreté du projet de réacteur EPR.

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système ARE appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, il doit respecter la décision n°2012-DC-0283 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 juin 2012 et la décision n°2014-DC-0403 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système ARE n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Le système ARE n'est pas concerné par une règle fondamentale de sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives Techniques

Le système ARE est concerné par les sections suivantes des Directives Techniques (voir les sections ci-dessous de la section 1.7.0) :

- section B.1.3 – exigences relatives aux tuyauteries secondaires principales : « De plus, les possibilités de défaillance de cause commune des tuyauteries principales de vapeur et des tuyauteries principales d'alimentation en eau doivent être réduites autant que possible par une séparation adéquate des circuits »,
- section B.2.3.4 – fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires : « La fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires mérite une attention particulière. Elle doit avoir la capacité d'évacuer la chaleur du cœur du réacteur via les générateurs de vapeur en association avec les vannes de décharge des générateurs de vapeur et de l'alimentation de secours en eau des générateurs de vapeur pendant les transitoires, incidents et accidents de référence. Après un arrêt du réacteur, la transition du côté primaire de l'état sous-critique à chaud à des conditions intermédiaires doit être assurée par cette fonction pour permettre ensuite l'obtention de l'état sous critique à froid par la fonction d'évacuation de la chaleur résiduelle côté primaire.
Pour des événements particuliers (petite brèche primaire et rupture d'un tube de générateur de vapeur), la fonction d'évacuation de la chaleur par les circuits secondaires doit avoir la capacité d'assurer de manière fiable le refroidissement du circuit primaire jusqu'aux conditions permettant le fonctionnement du système de refroidissement de secours du cœur (fiabilité du système de démarrage et d'arrêt, fiabilité du contournement au condenseur). »,
- section C1 – réduction des fréquences des événements initiateurs : « L'objectif de réduction des fréquences des événements initiateurs - comme demandé dans la section A.1.2 - implique d'évaluer l'expérience d'exploitation pour augmenter, autant que possible, la fiabilité des systèmes et équipements d'exploitation (par exemple le système d'alimentation normale en eau des GV) et d'éliminer aussi largement que possible l'apparition de phénomènes pouvant mettre en cause l'intégrité des équipements mécaniques comme les vibrations, la corrosion, la cavitation... ».

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système ARE n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système ARE doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système ARE doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Le système ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

0.3.5. Radioprotection

Le système ARE n'est pas concerné par une exigence de radioprotection.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Le système ARE n'est pas concerné par une exigence liée au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme dans la gestion long terme après accident.

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

0.4.1. Essais de démarrage

Le système ARE doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 0.2.](#)

0.4.2. Surveillance en exploitation

Le système ARE doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

0.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système ARE doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système ARE doit être conçu pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

Le système ARE assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles il est sollicité :

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

Dans les conditions de fonctionnement normal, le système ARE assure l'alimentation en eau des GV.

En régime permanent et lors de transitoires normaux de fonctionnement, sa principale fonction est de maintenir le niveau d'eau dans les GV à une valeur garantissant le bon fonctionnement de ces appareils à l'intérieur des limites compatibles avec les systèmes de protection de la chaudière. Le système ARE assure la régulation de l'eau alimentaire fournie par :

- les pompes APA lorsque la tranche est en puissance,
- les pompes AAD et CEX pour les phases de démarrage et d'arrêt[].

De plus, le système ARE permet d'éviter tout sur-refroidissement primaire, en assurant un débit vers les GV en adéquation avec la puissance du cœur à évacuer par l'intermédiaire d'une régulation du débit d'eau alimentaire. Aussi, il contribue, avec le système VVP, à l'évacuation de la chaleur produite par le cœur du réacteur.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS AGRESSIONS

Dans les conditions de fonctionnement PCC-2 à PCC-4, RRC-A et Accident Grave, le système ARE assure les fonctions suivantes :

- éviter les retours en criticité, en limitant le sur-refroidissement par le secondaire et en évitant un déséquilibre entre la puissance produite par le cœur et la puissance extraite aux GV,
- limiter la vidange des GV,

- limiter la pressurisation de l'enceinte, en limitant les masses et énergies libérées,
- limiter les rejets radioactifs, en évitant un sur-remplissage des GV,
- confiner les substances radioactives dans le GV affecté en cas de RTGV,
- garantir l'intégrité de la 3ème barrière de confinement.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

2.1.1. Alimentation en eau des GV

En fonctionnement normal, le système ARE est conçu pour transporter l'eau alimentaire vers les GV [1].

En puissance, les vannes réglantes ARE petit débit et grand débit sont ouvertes (à basse charge seules les vannes réglantes ARE petit débit sont ouvertes), sous contrôle de la régulation de niveau GV. Dans les phases d'arrêt et de démarrage, la vanne réglante ARE très petit débit est ouverte et est contrôlée par la régulation de niveau GV.

[1]

2.1.2. Isolement des GV

Pour éviter un remplissage excessif des GV, les vannes d'isolement ARE grand débit sont fermées :

- sur signal d'Arrêt Automatique Réacteur,
- sur signal de haut niveau GV (Max1p),
- sur signal diversifié gamme large de haut niveau GV (Max1).

Les vannes d'isolement ARE petit débit sont fermées sur le GV affecté sur signal de haut niveau GV (Max0p) représentatif d'un mauvais fonctionnement du système ARE ou d'une RTGV.

Les vannes d'isolement ARE petit et grand débit sont fermées sur signal de haute pression enceinte ou sur des signaux représentatifs d'une dilution (associés à un signal AAR).

Les vannes d'isolement ARE (petit débit, grand débit et principale) sont fermées sur des signaux représentatifs d'une dépressurisation d'un GV (RTV, RTE).

Les vannes d'isolement ARE (petit débit, grand débit et principale) sont fermées train par train par l'opérateur depuis le MCS.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

2.2.1. Contrôle de la réactivité

Fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE petit débit :

Le temps de fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE petit débit est défini sur la base des cas dimensionnant de mauvais fonctionnement du système ARE et de rupture de tuyauterie vapeur [1] :

- [1].

Fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE grand débit :

Le temps de fermeture des vannes d'isolement de la ligne ARE grand débit est défini sur la base des cas dimensionnant de mauvais fonctionnement du système ARE et de rupture de tuyauterie vapeur [1] :

- **1.**

Fermeture des clapets des lignes ARE principales :

Il n'y a pas d'hypothèse de dimensionnement associée à la fermeture des clapets lignes ARE principales.

2.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Fermeture des clapets des lignes ARE principales :

Il n'y a pas d'hypothèse de dimensionnement associée à la fermeture des clapets des lignes ARE principales.

2.2.3. Confinement des substances radioactives

- 3^{ème} barrière de confinement :

Fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE petit débit :

Le temps de fermeture des vannes d'isolement de la ligne ARE petit débit est défini sur la base des cas dimensionnant de mauvais fonctionnement du système ARE et de rupture de tuyauterie vapeur **1** :

• **1.**

Fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE grand débit :

Le temps de fermeture des vannes d'isolement de la ligne ARE grand débit est défini sur la base des cas dimensionnant de fonctionnement du système ARE et de rupture de tuyauterie vapeur **1** :

• **1.**

Fermeture des clapets des lignes ARE principales :

Il n'y a pas d'hypothèse de dimensionnement associée à la fermeture des clapets des lignes ARE principales.

Étanchéité des enceintes :

Les vannes d'isolement principal ARE appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites dans la section 6.2.3.

2.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

2.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Limitation des inondations induites par un tubing ARE en cas de rupture dans le BR :

Il n'y a pas d'hypothèse de dimensionnement associée au matériel ARE pour sa contribution à la protection contre les agressions.

2.3. AUTRES HYPOTHÈSES

2.3.1. Exclusion de rupture

Le concept d'exclusion de rupture ne s'applique pas sur les lignes ARE intérieures et extérieures enceinte pour les raisons suivantes :

- une brèche guillotine sur la tuyauterie ARE est acceptable vis-à-vis de la sûreté de la tranche (voir section 15.2.4),
- du fait de leur épaisseur moindre, les lignes ARE sont plus contraintes et moins tolérantes aux grands défauts que les lignes VVP, en particulier elles sont plus sensibles au dommage de corrosion-érosion et au dommage de fatigue,

- une rupture sur les lignes ARE à l'extérieur de l'enceinte n'a pas de conséquences induites sur les lignes vapeur, ni sur une autre ligne ARE, puisque chaque ligne ARE extérieur enceinte est située en zone casematée.

2.3.2. Hypothèse fonctionnelle

Même si aucune hypothèse de dimensionnement quantitative n'est requise pour la fermeture des vannes d'isolement de la ligne ARE principale, un temps de fermeture $t_{\text{fermeture}}$ est recommandé.

3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

À l'extérieur de l'enceinte de confinement du bâtiment réacteur

Une ligne principale ARE par train venant de la salle des machines arrive dans la casemate et se sépare en deux lignes, la ligne grand débit (équipée de deux vannes d'isolement et d'une vanne réglante) et la ligne petit débit (équipée de deux vannes d'isolement et d'une vanne réglante). La ligne petit débit se sépare elle-même en deux lignes, la ligne petit débit et la ligne très petit débit (équipée d'une vanne réglante). Toutes ces lignes se joignent à nouveau dans la casemate en une ligne principale (équipée d'une vanne d'isolement). Cette ligne ARE principale pénètre dans le bâtiment réacteur.

Un venturi ainsi qu'une plaque à orifice (KD) sont installés sur chaque ligne commune en amont du poste de vannage. En aval de ces derniers, un second venturi équipe également chaque ligne ARE petit débit.

Les lignes ARE grand débit, petit débit et très petit débit sont utilisées dans différentes conditions de fonctionnement afin de régler le débit adéquat dans chaque situation de la tranche.

À l'intérieur de l'enceinte du bâtiment réacteur

Un clapet est installé au plus près du GV, sur chaque ligne d'alimentation.

Le système ARE fournit également les mesures de niveau GV (4 mesures de niveau gamme étroite et 4 mesures de niveau gamme large par GV) requises à l'élaboration des signaux de sauvegarde du réacteur. Les mesures de niveau gamme étroite participent aussi à la régulation de niveau.

3.1.2. Description des matériels principaux

Le système ARE est constitué des matériels principaux suivants :

3.1.2.1. Vannes de régulation du débit

Les vannes réglantes ARE sont de technologie pneumatique.

$t_{\text{manoeuvre}}$

Le temps de manœuvre de ces vannes est suffisamment court pour maintenir le niveau des GV à la valeur du point de consigne, au cours des transitoires de fonctionnement normal et après l'arrêt automatique du réacteur.

3.1.2.2. Vannes d'isolement

Les vannes d'isolement ARE petit débit et d'isolement principal sont de technologie électrique.

Les vannes d'isolement ARE grand débit sont de technologie oléopneumatique.

3.1.2.3. Clapets

Le clapet à proximité du GV est muni d'un amortisseur pour réduire les effets de coup de bélier lors de sa fermeture en cas de rupture de la ligne ARE en amont.

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

□

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

En fonctionnement normal de la tranche, le système ARE est en régime permanent.

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

La régulation du niveau GV compense la quantité de vapeur extraite en injectant un débit d'eau alimentaire dans le secondaire du GV. L'ajustement du niveau GV à son point de consigne est assuré par le contrôle automatique des vannes réglantes ARE en fonction du niveau de puissance.

□

□ L'eau alimentaire est fournie par les pompes APA (1 à 3 pompes en fonction du niveau de puissance).

En fonctionnement normal et accidentel, les capteurs de niveau GV du système ARE fournissent des informations sûres et adaptées aux systèmes de régulation (NC), de surveillance (F2) et de protection (F1A) ainsi qu'aux opérateurs (F1B) pour contrôler le volume d'eau dans les GV et, le cas échéant, identifier une situation de fonctionnement anormale des GV.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

Dans les phases de passage de l'arrêt à chaud à l'arrêt normal sur RRA, les GV sont encore utilisés pour évacuer la puissance primaire résiduelle. Dans ces états et lorsque la température primaire est inférieure à une certaine valeur □, l'alimentation en eau par la pompe AAD est arrêtée. L'eau alimentaire est directement fournie par la pompe CEX, au travers des lignes de conditionnement thermique. Pendant cette phase, la vanne réglante ARE très petit débit assure la régulation du niveau GV.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement du système

Lors d'un fonctionnement dégradé de la tranche, un isolement est réalisé si nécessaire pour chaque GV par le système de protection du réacteur par la fermeture des vannes d'isolement ARE redondantes.

Dans le cas d'un Arrêt Automatique du Réacteur, les vannes d'isolement grand débit sont fermées automatiquement sur les 4 trains.

Les vannes d'isolement grand débit et petit débit peuvent aussi être fermées □ train par train.

Lors d'un accident concernant un seul GV, le train ARE du GV affecté est totalement isolé par la fermeture de la vanne d'isolement principale, des vannes d'isolement petit débit et des vannes d'isolement grand débit.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ

4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION

Le système ARE est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

4.2.1. Contrôle de la réactivité

Les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 faisant intervenir les fonctions du système ARE correspondant aux critères fonctionnels énoncés au § [0.2.1](#), sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au § [2.2](#). (cf. sous-chapitre 15.1 et section 19.1.1) :

- temps de fermeture des vannes d'isolement ARE petit débit,
- temps de fermeture des vannes d'isolement ARE grand débit.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

Pour ce qui est de la fermeture des clapets des lignes ARE principales, il n'y a pas d'hypothèse de dimensionnement qui leur est associée.

4.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

En ce qui concerne la fermeture des clapets des lignes ARE principales, il n'y a pas d'hypothèse de dimensionnement qui leur est associée.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études de transitoires incidentels / accidentels des sous-chapitre 15.2 et sous-chapitre 19.1 faisant intervenir les fonctions du système ARE correspondant aux critères fonctionnels énoncés au § [0.2.3](#), sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au § [2.2](#). (cf. sous-chapitre 15.1 et section 19.1.1) :

- temps de fermeture des vannes d'isolement ARE petit débit,
- temps de fermeture des vannes d'isolement ARE grand débit.

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,
- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il contribue au respect de leurs critères d'acceptabilité.

Pour ce qui est de la fermeture des clapets des lignes ARE principales, il n'y a pas d'hypothèse de dimensionnement qui leur est associée.

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Sans objet.

4.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Sans objet

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système ARE jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de défaillance unique (active ou passive)

Défaillance unique active

La conception du système ARE est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- l'isolement des lignes principales ARE,
- l'isolement des lignes ARE grand débit et petit débit.

La conformité avec le critère d'isolement de la ligne ARE principale est assurée par la vanne principale d'isolement et le clapet à l'intérieur du bâtiment réacteur :

- En cas de défaillance sur la vanne principale d'isolement, la fonction reste assurée par la fermeture passive du clapet anti-retour à l'intérieur du bâtiment réacteur.
- En cas de défaillance à la fermeture du clapet, la vanne principale d'isolement sera fermée sur des signaux représentatifs d'une dépressurisation d'un GV ou d'une pression haute dans l'enceinte, [§ 0.3.](#) L'isolement du GV sera ainsi assuré.

Pour l'isolement des lignes ARE grand débit et petit débit, la conformité à ce critère est assurée par les deux vannes d'isolement grand débit pour la ligne grand débit et les deux vannes d'isolement petit débit pour les lignes petit débit et très petit débit.

Les vannes d'isolement ARE principales sont alimentées par leur division, les deux vannes d'isolement des lignes petit débit sont alimentées par deux divisions différentes et les électrovannes pilotes de chacune des deux vannes d'isolement des lignes grand débit sont alimentées respectivement par deux divisions différentes.

Dans le cas d'un isolement manuel, ces équipements sont manœuvrés soit par une commande groupée soit par une action en local de fermeture des vannes d'isolement principales.

Défaillance unique passive

La défaillance unique passive n'est pas prise en compte pour ce système ne fonctionnant que pendant un temps limité en conditions accidentelles.

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception du système ARE est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants :

- L'alimentation électrique des équipements du système ARE assurant des fonctions F1 est secourue en cas de perte des alimentations électriques externes. Ainsi, les vannes d'isolement petit débit, les pilotes des vannes d'isolement grand débit et les vannes principales d'isolement sont secourus par les groupes diesels principaux.

- Afin de satisfaire aux exigences d'isolement de l'enceinte en cas d'accident grave, les vannes principales d'isolement sont secourues par les diesels d'ultime secours ainsi que par des batteries Accident Grave.

4.3.1.4. Séparation physique / géographique

La conception du système ARE est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique, notamment sur les points suivants :

- Les vannes redondantes sont séparées physiquement par un cloisonnement.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système ARE relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique

La conformité des classements mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système ARE jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité au classement ESPN des équipements du système ARE aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

La conformité aux textes officiels spécifiquement applicable au système, listés au [§ 0.3.2.](#), est assurée par :

- un classement ESPN suffisant lorsque nécessaire.

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

La conformité du système ARE aux décisions n°2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

4.3.2.1.3. Réglementations internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes para-réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives Techniques

La conformité aux Directives Techniques spécifiquement applicables au système, listées au [§ 0.3.2.](#), est assurée par :

- les études de rupture des tuyauteries ARE principales,

- la séparation adéquate des lignes ARE principales afin de réduire les possibilités de défaillance de cause commune,
- les études visant à vérifier la bonne tenue mécanique des lignes ARE principales à l'intérieur du bâtiment réacteur et de leurs supports,
- les études sur les supportages des lignes ARE principales à l'intérieur du bâtiment réacteur,
- le renforcement des spécifications pour éliminer le risque de sous-épaisseur due à la réalisation,
- les études pour limiter le risque de sous-épaisseur par corrosion-érosion et vérifier qu'elle reste acceptable en fin de vie,
- la suppression du piquage ASG sur le système ARE car il génère des phénomènes de fatigue importants,
- la modélisation des phénomènes thermohydrauliques locaux au niveau du piquage de l'ARE sur le GV,
- la réduction du risque de rupture des piquages dû aux vibrations.

4.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

Bien que non redevable d'une exigence de diversification, la conception du système ARE bénéficie d'une diversification, notamment sur les points suivants :

- confinement des matériels radioactifs : utilisation de 2 technologies différentes (un clapet et une vanne principale d'isolement motorisée),
- isolement de l'ARE : séparation physique des vannes d'isolement redondantes des lignes petit débit et grand débit.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

4.3.7. Système tel que réalisé

Les vannes réglantes ARE petit débit et très petit débit sont valorisées en fermeture en cas de mode commun incendie à la place des vannes d'isolement ARE petit débit. Les vannes réglantes ARE petit débit et très petit débit font l'objet d'une exception aux règles de classement afin d'effectuer cette fonction d'isolement F2. Cette exception est présentée dans le tableau 6 de la section 3.2.2.

4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système ARE fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- temps de fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE petit débit,
- temps de fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE grand débit.

4.4.2. Surveillance en exploitation

Pendant l'exploitation normale de la tranche, les actionneurs oléopneumatiques sont surveillés.

Quant aux éléments électriques, ils sont surveillés automatiquement par le contrôle-commande.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système ARE font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

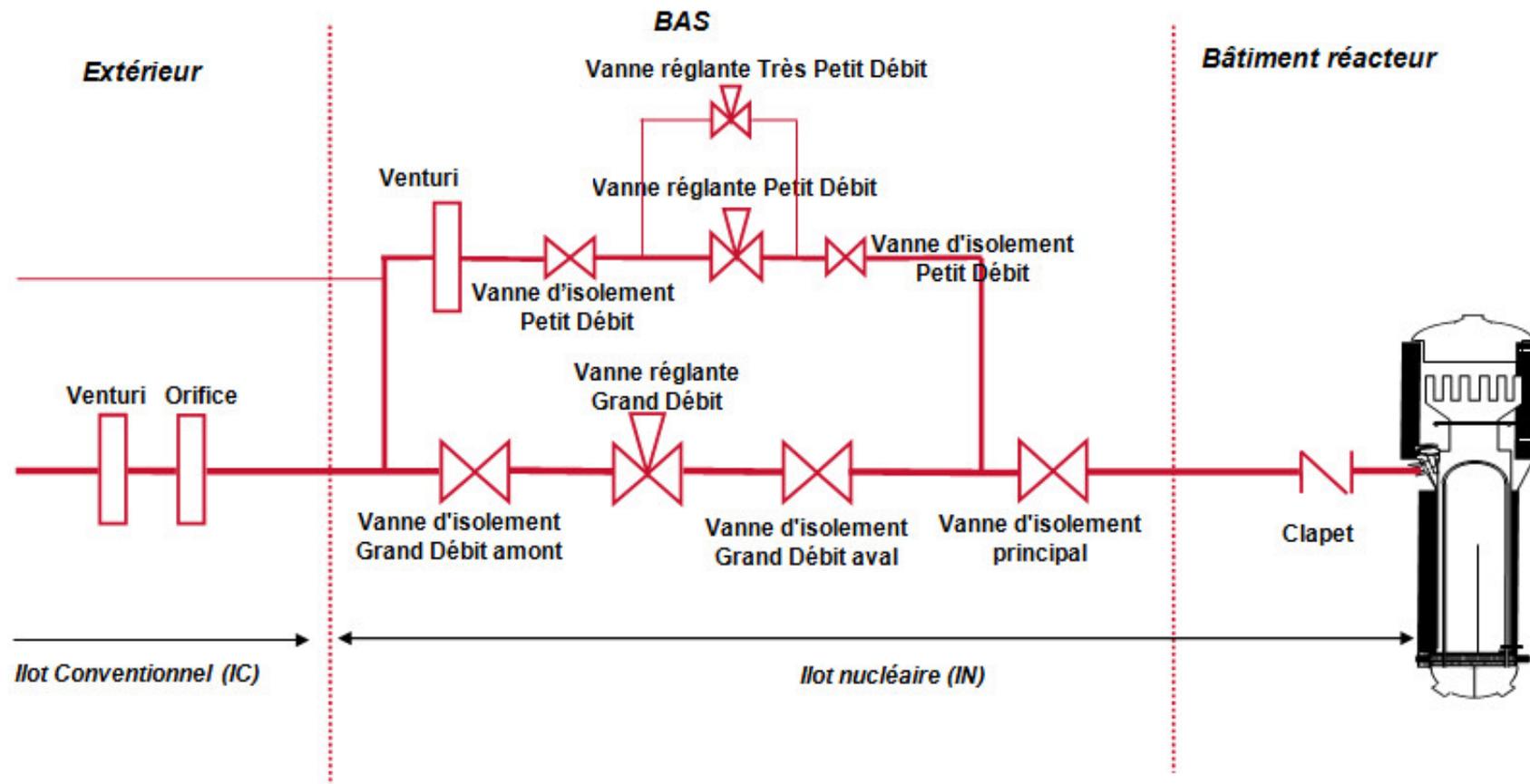
- temps de fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE petit débit,
- temps de fermeture des vannes d'isolement des lignes ARE grand débit.

4.4.4. Maintenance

Le système ARE fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système ARE est présenté en [FIG-10.6.1](#).

FIG-10.6.1 SCHÉMA SIMPLIFIÉ D'UN TRAIN DU SYSTÈME ARE


SOMMAIRE

.10.7	CIRCUIT DE PURGE DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR	5
0.	EXIGENCES DE SÛRETÉ	5
0.1.	FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	5
0.1.2.	EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	5
0.1.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	5
0.1.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	5
0.1.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	5
0.1.6.	CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION	6
0.2.	CRITÈRES FONCTIONNELS	6
0.2.1.	CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	6
0.2.2.	EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	6
0.2.3.	CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	6
0.2.4.	CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ	6
0.2.5.	CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	7
0.3.	EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION	7
0.3.1.	EXIGENCES ISSUES DES CLASSEMENTS DE SÛRETÉ	7
0.3.2.	EXIGENCES REGLEMENTAIRES	8
0.3.3.	AGRESSIONS	8
0.3.4.	DIVERSIFICATION	8
0.3.5.	RADIOPROTECTION	8
0.3.6.	EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME	9
0.4.	ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	9
0.4.1.	ESSAIS DE DÉMARRAGE	9
0.4.2.	SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	9
0.4.3.	ESSAIS PÉRIODIQUES	9
0.4.4.	MAINTENANCE	9
1.	RÔLE DU SYSTÈME	9

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE	9
1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATION AGRESSIONS	10
2. BASES DE CONCEPTION	10
2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT	10
2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT	10
3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT	11
3.1. DESCRIPTION	11
3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME	11
3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX	12
3.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES	13
3.2. FONCTIONNEMENT	13
3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE	13
3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME	13
3.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE	14
3.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME	15
4. ANALYSE DE SÛRETÉ	16
4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION	16
4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS	16
4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ	16
4.2.2. EVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE	16
4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES	16
4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ	17
4.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS	17
4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION	17
4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ	17
4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES	18
4.3.3. AGRESSIONS	19
4.3.4. DIVERSIFICATION	19



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 7

PAGE 3/22

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

4.3.5. RADIOPROTECTION	19
4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME	19
4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ	19
4.4. ESSAI, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE	19
4.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE	19
4.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION	19
4.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES	20
4.4.4. MAINTENANCE	20
5. SCHÉMA DE PRINCIPE	20
LISTE DES RÉFÉRENCES.	21



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 7

PAGE 4/22

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

FIGURES :

FIG-10.7.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'APG 22

.10.7 CIRCUIT DE PURGE DES GÉNÉRATEURS DE VAPEUR

0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

0.1.1. Contrôle de la réactivité

Le système APG ne contribue pas directement au contrôle de la réactivité.

0.1.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Le système APG ne contribue pas directement à l'évacuation de la puissance résiduelle.

0.1.3. Confinement des substances radioactives

Les contributions du système au confinement des substances radioactives doivent être les suivantes :

- Vis-à-vis de la 2ème barrière de confinement :
 - Isolement des purges APG de tous les GV sur isolement partiel manuel du GV affecté en cas de RTGV (cf. sections 15.2.3f et 15.2.4k), afin d'éviter une contamination des GV sains ;
 - transfert de l'eau du GV affecté par la RTGV vers le GV apparié, afin de contrôler son remplissage et éviter les rejets liquides.
- Vis-à-vis de la 3ème barrière de confinement :
 - Isolement de l'enceinte phase 1 et en début d'accident grave ;
 - Les traversées enceintes APG ainsi que les lignes d'isolement des purges GV appartiennent à la 3ème barrière telle que définie au sous chapitre 3.1.

0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Le système APG doit contribuer indirectement :

- au contrôle de la réactivité en permettant le transfert d'eau du GV affecté par une RTGV vers un GV sain afin de contrôler son remplissage et dépressuriser le circuit primaire en évitant une rétrovidange du GV dans le primaire avec les risques de dilution hétérogène.
- à l'évacuation de la puissance résiduelle en permettant de préserver les réserves d'eau ASG au travers de l'isolement des purges dans certaines situations incidentelles et accidentelles de catégorie PCC-2, PCC-3, PCC-4 et RRC-A.
- au confinement des substances radioactives en tant que support de la fonction de détection d'activité secondaire du système KRT.

0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Les contributions du système à la protection contre les agressions doivent être les suivantes :

- limitation des effets d'une inondation interne dans le BR en cas de fuite ou rupture d'une tuyauterie APG du circuit de refroidissement des purges en provenance du secondaire ;
- limitation des effets d'une inondation dans le BAN suite à un séisme ;
- isolement préventif des purges en cas de brèches sur APG dans le BR isolables et compensables par les régulations ARE (sans transitoire primaire ou secondaire détectable tel que prévu dans les

études d'accident de petite brèche d'eau alimentaire (cf. section 15.2.3a)), afin de limiter les volumes d'eau non-borée dans l'IRWST ;

- l'isolement d'une rupture ou d'une fuite sur les lignes de purge des condensats du circuit APG dans le BAN et les BAS afin d'éviter la vidange du circuit secondaire dans le BAN ou le BAS 4.

0.1.6. Contributions à l'élimination

Le système ne contribue pas à l'élimination pratique.

0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, le système doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

0.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

0.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

0.2.3. Confinement des substances radioactives

Vis-à-vis de la 2ème barrière de confinement le système APG doit assurer, en cas de RTGV :

- l'isolement des GV pour éviter la contamination des GV sains ;
- un débit de transfert suffisant pour permettre la réduction nécessaire du niveau du GV affecté dans un laps de temps suffisamment court pour éviter la vidange des bûches ASG, car le GV affecté doit être vidangé suffisamment rapidement pour que la connexion du RRA soit faite avant la vidange complète de la bûche, et l'indisponibilité des GV sains avant l'atteinte de l'état d'arrêt sûr.

Vis-à-vis de la 3ème barrière de confinement :

- isolement des traversées du système APG en début d'accident grave ;
- isolement de l'enceinte (sur signal IE1) ;
- les traversées enceintes et les lignes d'isolement des purges GV jusqu'aux vannes d'isolement des purges GV doivent répondre aux exigences de « circuits fermés dans l'enceinte » telles que définies dans la section 6.2.1.

0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Au titre de ses contributions indirectes à l'accomplissement des 3 fonctions de sûreté, le système APG doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

- un débit de transfert suffisant pour contrôler le remplissage du GV affecté par une RTGV et dépressuriser le circuit primaire en évitant une rétro-vidange du GV dans le primaire avec les risques de dilution hétérogène.
- l'isolement des lignes de purge des GV dans un délai inférieur à une valeur maximale pour éliminer les soutirages lors de la mise en service de l'ASG et préserver l'inventaire en eau des bûches dans l'ensemble des PCC et RRC-A.
- fourniture du fluide d'échantillonnage pour la détection d'activité secondaire.

0.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Au titre de sa contribution spécifique à la protection contre les agressions, le système APG doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

- l'isolement d'une fuite ou rupture sur une tuyauterie APG du circuit de refroidissement des purges en provenance du secondaire (APG/CEX) est nécessaire pour éviter la vidange d'un volume d'eau très important du circuit secondaire dans le bâtiment réacteur avec des conséquences inacceptables pour la sûreté (notamment dilution de l'IRWST par apport d'un volume important d'eau non-borée). Cet isolement peut être automatique (par exemple en cas d'une différence importante entre le débit entrant et sortant) ou manuel en cas d'isolement préventif (en cas de niveau élevé de l'IRWST).
- isolement préventif des purges afin :
 - de limiter, en cas de séisme, les volumes d'eau relâchés dans le BAN.
 - de détecter et d'isoler une fuite d'eau en cas de brèches sur APG dans le BR, isolables et compensables par les régulations ARE (sans transitoire primaire ou secondaire détectable tel que prévu dans les études d'accident de petite brèche d'eau alimentaire (cf. section 15.2.3a)).
- l'isolement depuis la salle de commande d'une rupture ou d'une fuite sur les lignes de purge des condensats du circuit APG dans le BAN et les BAS afin d'éviter la vidange du circuit secondaire dans le BAN ou le BAS 4.

0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

0.3.1. Exigences issues des classements de sûreté

0.3.1.1. Classement de sûreté

Les parties du système APG jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

0.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

Les fonctions du système APG classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique.

Les fonctions du système APG classées F2 au titre de la protection de l'installation contre les agressions internes doivent être robustes à l'application de la défaillance aléatoire conformément aux règles du paragraphe 3.3 de la section 3.4.0.

0.3.1.3. Alimentation électrique de secours

L'alimentation électrique des composants du système APG nécessaires à l'accomplissement des fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes diesels principaux.

L'alimentation des composants du système APG nécessaires à l'accomplissement des fonctions classées F2 doit être secourue au cas par cas afin que cette dernière soit assurée si nécessaire en cas de perte des alimentations électriques extérieures.

0.3.1.4. Séparation physique/géographique

Les fonctions classées F1 du système APG doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique/géographique de leurs équipements redondants constitutifs.

0.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements classés du système APG doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

0.3.1.6. Classements ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

Les équipements du système APG redevables d'un classement mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

Les équipements du système APG redevable d'un classement ESPN doivent être classés conformément à la réglementation applicable (cf. section 3.6.2).

0.3.2. EXIGENCES REGLEMENTAIRES

0.3.2.1. Textes réglementaires

0.3.2.1.1. Textes officiels

Le système APG n'est pas concerné spécifiquement par un texte officiel.

0.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Le système APG n'est pas concerné par une prescription technique spécifique.

0.3.2.1.3. Réglementations internationales

Le système APG n'est pas concerné par une réglementation internationale spécifique.

0.3.2.2. Textes para-réglementaires

0.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Le système APG n'est pas concerné par une Règle Fondamentale de Sûreté spécifique.

0.3.2.2.2. Directives techniques

Le système APG n'est pas concerné par une directive technique spécifique.

0.3.2.3. Textes EPR spécifiques

Le système APG n'est pas concerné par un texte spécifique EPR.

0.3.3. Agressions

0.3.3.1. Agressions internes

Les fonctions du système APG doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

0.3.3.2. Agressions externes

Les fonctions du système APG doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

0.3.4. Diversification

Le système ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

0.3.5. Radioprotection

Le système APG n'est pas concerné par une exigence de radioprotection.

0.3.6. Exigences liées au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme

Le système APG n'est pas concerné par une exigence liée au fonctionnement, à la maintenance et à l'accessibilité long terme dans la gestion long terme après accident.

0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

0.4.1. Essais de démarrage

Le système APG doit être conçu pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 0.2.](#)

0.4.2. Surveillance en exploitation

Le système APG doit être conçu pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel, et accidentel.

0.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système APG doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

0.4.4. Maintenance

Le système APG doit être conçu pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

1. RÔLE DU SYSTÈME

1.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

Le Circuit de Purge des Générateurs de Vapeur APG est utilisé, en conjonction avec le RES, pour maintenir les caractéristiques radioactives et chimiques de l'eau secondaire dans les limites autorisées dans toutes les conditions de service de la centrale (cf. sous-chapitre 9.6), par le prélèvement continu de l'eau secondaire : en effet, le secondaire peut être pollué par des produits de corrosion, par une fuite interne du condenseur ou par une fuite primaire-secondaire.

Les paramètres de contrôle sont la conductivité cationique, la teneur en sodium, le pH, la conductivité totale et les différentes teneurs (ammoniaque, morpholine, calcium, solides en suspension, silice ionisée, chlorures...). La conception de l'APG permet de régler le débit de purge de chaque GV (jusqu'au débit maximum), pour que les caractéristiques de l'eau secondaire restent convenables.

L'APG est également utilisé pour :

- la vidange partielle ou complète de l'eau secondaire des GV,
- le retraitement des échantillons d'eau secondaire provenant du RES.

Après le traitement, les purges sont normalement recyclées vers le condenseur ou exceptionnellement orientées vers le KER.

1.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATION AGRESSIONS

Dans les conditions de PCC-2 à PCC-4 et RRC-A et dans les situations d'agression, lorsque le niveau dans les GV baisse et/ou que le système ASG est en service, l'isolement des purges GV permet de préserver la capacité des bâches ASG. Par ailleurs, en situation de RTGV, le système APG permet d'assurer le confinement de l'activité dans un GV et le transfert d'eau secondaire du GV affecté vers un autre GV nécessaire pour garantir un contrôle du niveau du GV affecté, éviter des rejets ultérieurs ainsi qu'une éventuelle rétro-vidange du GV dans le primaire.

Le système APG permet également de limiter les effets :

- d'une inondation interne dans le BR suite à une fuite ou rupture d'une tuyauterie APG du circuit de refroidissement des purges (CEX),
- d'une inondation interne dans le BAS 4 et le BAN en cas de fuite ou rupture sur les lignes de purge des condensats du circuit APG,
- d'une inondation interne dans le BR en cas de brèche sur APG isolable et compensable par ARE, n'initiant pas de transitoire détectable tel que prévu dans les études d'accident de petite brèche d'eau alimentaire,
- d'une inondation dans le BAN suite à un séisme.

2. BASES DE CONCEPTION

2.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Le système APG est requis en fonctionnement normal et accidentel. Compte tenu de son rôle, il est utilisé dans tous les états de tranche.

La conception de l'APG prend en compte les règles d'application du critère de défaillance unique ; pour chaque paire de GV les lignes de transfert sont donc redondantes (□), ainsi que les vannes d'isolement des purges et les organes d'isolement enceinte.

2.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

Les hypothèses de dimensionnement du système APG sont les suivantes :

- Isolement des lignes de purges des GV dans un délai inférieur à une valeur maximale
L'isolement des purges est requis dans un délai inférieur à □ secondes à partir du moment de réception du signal de bas niveau GV. Le transitoire le plus pénalisant pris en compte pour ce critères est la RTE (cf. section 15.2.4c).
- Débit de transfert
Le débit minimal de la ligne de transfert d'un GV doit être suffisant pour permettre la réduction nécessaire du niveau du GV affecté dans un laps de temps suffisamment court pour éviter la vidange des bâches ASG et l'indisponibilité des GV sains avant l'atteinte de l'état d'arrêt sûr. Le GV affecté doit être vidangé suffisamment rapidement pour que la connexion du RRA soit faite avant la vidange complète de la bêche ASG.
Le transitoire le plus pénalisant pris en compte pour ce critère est □
De ce fait, la valeur de débit de transfert retenue correspond à un débit massique de □ kg/s selon les conditions suivantes :

□

3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

3.1. DESCRIPTION

3.1.1. Description générale du système

Chaque générateur de vapeur EPR est équipé de lignes de collecte de purge constituées de deux drains côté branche chaude et d'un drain côté branche froide. Ces trois drains sont situés au niveau de la plaque tubulaire GV.

Deux lignes RES sont raccordées à ces lignes :

- une sur la ligne de collecte de purge côté branche froide,
- l'autre sur la ligne (commune) de collecte de purge côté branche chaude.

Chacune des lignes de collecte de purge côté branche chaude et froide est équipée d'une vanne automatique d'isolement du secondaire GV (vanne motorisée). Chaque ligne de purge de GV est équipée de 2 vannes automatiques d'isolement du secondaire GV (vannes motorisées), utilisées comme second moyen d'isolement.

Les lignes de transfert permettant de relier les GV1 et GV2, et respectivement les GV3 et GV4, sont raccordées aux lignes de collecte de purge côté branche chaude afin de transférer le volume d'eau excédentaire du GV affecté vers le GV non affecté en cas de RTGV.

Chaque purge de GV est dirigée vers sa vanne de détente dédiée. Le débit de purge de chaque GV est réglé par ces vannes situées en amont du ballon d'éclatement, le plus près possible de ce dernier. Ensuite, les purges sont détendues dans le ballon d'éclatement.

La pression de détente dans le ballon d'éclatement est réglée par une vanne de régulation située sur la ligne qui évacue la vapeur détendue vers le réservoir d'eau alimentaire (ADG). Le niveau d'eau dans le ballon d'éclatement est réglé par une vanne de régulation située en aval de l'échangeur-régénérateur.

Ensuite le refroidissement de l'eau détendue des purges est effectué par un échangeur-régénérateur refroidi par le CEX.

Le circuit comprenant le ballon d'éclatement et l'échangeur-régénérateur est protégé contre les surpressions par une soupape automatique située sur la ligne de rejet vapeur.

Les échantillons non pollués d'eau secondaire provenant du RES sont retraités par l'APG par un renvoi en aval de l'échangeur-régénérateur et en amont du premier filtre de la chaîne de traitement.

Après avoir été refroidies par l'échangeur-régénérateur, les purges sont purifiées dans la chaîne de traitement. La chaîne de traitement est isolable et protégée contre les températures excessives par les vannes d'isolement de l'enceinte situées en amont.

Après une première filtration, les purges peuvent être dirigées vers :

- le système de rejet des effluents liquides s'il est impossible de recycler les purges vers le condenseur.
- la chaîne de traitement.

A la sortie de la chaîne de traitement, les purges purifiées sont rejetées au condenseur, via une garde hydraulique constituée d'un piquage d'alimentation en eau déminéralisée SER.

Le traitement chimique des purges repose sur  à cartouche et déminéraliseurs non régénérables.

3.1.1.1. Systèmes en interfaces avec le système APG

Le système APG est en interface avec les systèmes suivants :

- Circuit primaire : interface avec la partie secondaire des GV.
- Bâche alimentaire ADG pour le rejet de la vapeur détendue depuis le ballon d'éclatement APG.
- Système de Réchauffage Basse Pression ABP pour le retour de l'eau de refroidissement de l'échangeur-régénérateur.
- Système d'Extraction des Condensats CEX :
 - pour le retour des purges vers le condenseur après le traitement,
 - pour le refroidissement de l'échangeur-régénérateur.
- Système d'échantillonnage de la partie secondaire des GV RES :
 - pour l'échantillonnage de la purge et le contrôle chimique de la chaîne de traitement,
 - pour le recyclage des échantillons de purge non pollués.
- Système de traitement des déchets solides TES pour le rejet de la résine usée du déminéraliseur.
- Système de rejet des effluents liquides SEK, KER, TER pour le rejet des purges, en cas d'impossibilité de recyclage de la purge vers le condenseur.
- Système de distribution d'eau déminéralisée SED pour la purge des déminéraliseurs.
- Système de distribution d'eau déminéralisée SER pour l'appoint en eau nécessaire au maintien de la garde hydraulique en sortie de la chaîne de traitement.
- Système d'évent et de purge de l'îlot nucléaire RPE pour la collecte des événements et des purges de l'APG.

3.1.2. Description des matériels principaux

Le système APG est constitué des matériels principaux suivants :

3.1.2.1. Ballon d'éclatement

Le ballon d'éclatement est conçu pour permettre la collecte et la détente des purges GV.

La pression de détente dans le ballon est réglée entre \square et \square bar r par une vanne de régulation située sur la ligne qui évacue la vapeur. Le ballon est équipé d'une soupape de sécurité qui garantit une pression inférieure à \square bar r (pression de fonctionnement maximale admissible). Le niveau d'eau est réglé par une vanne de régulation située en aval de l'échangeur-régénérateur.

Le volume total du ballon est de \square m³. Ce volume suffit à maintenir la pression et le niveau dans une plage limitée en fonctionnement normal.

3.1.2.2. Echangeur-régénérateur

L'échangeur-régénérateur de purges est constitué de 2 demi-échangeurs. Il est conçu pour refroidir le condensat du ballon de détente de \square °C. La température ne doit pas dépasser \square °C en fonctionnement normal.

Le refroidissement est assuré par le CEX et la température de sortie du condensat principal doit rester inférieure à \square °C.

L'échangeur-régénérateur est capable d'évacuer une puissance d'environ \square MW.

3.1.2.3. Chaîne de traitement

L'eau refroidie issue des purges est traitée dans la partie du système dédiée à la purification et à la déminéralisation de la purge. L'eau est purifiée des produits de corrosion et des impuretés ioniques. La chaîne de traitement est composée de :

□

3.1.3. Description des dispositions d'installations principales

Les purges sont prélevées des générateurs de vapeur à un niveau de □ m .

Les tuyauteries APG suivent une pente constante jusqu'au ballon de détente. La connexion au ballon d' éclatement se fait au niveau □ m.

Le ballon d'éclatement et l'échangeur-régénérateur sont situés dans le BR au □ m. La partie supérieure du ballon d'éclatement est situé dans le local au-dessus à □ m.

Le circuit transite dans le BAS entre □ m et □ m.

La partie de circuit dédiée à la déminéralisation est située dans le BAN, entre □ m et □ m.

La ligne de vapeur depuis le ballon d'éclatement jusqu'à la bêche alimentaire sort du BR à □ m.

3.2. FONCTIONNEMENT

3.2.1. Fonctionnement en régime normal de la tranche

Le système APG est en état de marche en fonctionnement normal de la tranche (états A à F).

3.2.2. Fonctionnement en régime permanent du système

3.2.2.1. Purge des GV

Puissance supérieure à □% PN

Les conditions de service normal de l'APG (□) sont définies ci-dessous :

- les quatre GV sont purgés en permanence uniquement côté branche chaude,
- le débit de purge normal est réglable jusqu'à □ t/h par GV à pleine puissance (environ □% du débit total d'eau alimentaire),
- les purges sont détendues par les vannes de détente, puis elles sont séparées en deux phases (liquide et gazeuse) dans le ballon d'éclatement (la pression de détente dépend de l'Ilôt Conventionnel et est liée à la pression du réservoir d'eau alimentaire). Elles sont ensuite refroidies par l'eau du CEX dans l'échangeur-régénérateur,
- enfin, les purges sont filtrées et traitées avant d'être recyclées dans le condenseur,
- la vapeur issue de la détente est renvoyée au réservoir d'eau alimentaire.

Puissance inférieure à □% PN

Dans des conditions de service normal avec □, les quatre GV sont purgés en permanence et simultanément côté branches chaudes et froides, ensuite le traitement est le même que dans les conditions de service décrites précédemment.

En outre, l'utilisation de l'échangeur-régénérateur dans les conditions susmentionnées requiert au moins la disponibilité du condenseur, d'une pompe CEX et du réservoir d'eau alimentaire.

3.2.2.2. Echantillonnage des GV

Les caractéristiques radioactives et chimiques des purges de GV sont contrôlées au travers des chaînes RES/KRT.

Ces contrôles sont effectués au travers des raccordements APG/RES prévus :

- à la sortie du GV, sur les lignes de purge côté branches chaude et froide (car la concentration en impuretés peut être différente entre les branches chaude et froide), et en amont des vannes d'isolement GV, afin d'échantillonner le secondaire GV et mesurer ses caractéristiques chimiques et radioactives même si les GV sont isolés.
- en aval des équipements de la chaîne de traitement.

Tous les échantillons d'eau secondaire provenant du RES sont réinjectés en aval de l'échangeur-régénérateur.

3.2.2.3. Régimes permanents particuliers

Les régimes permanents particuliers suivants peuvent être utilisés, en particulier lors de transitoires conduisant à d'importantes mises en suspension de particules solides dans les GV et dans le poste d'eau alimentaire (démarrage/arrêt de la tranche, fuite interne condenseur, RTGV) :

Purge préférentielle d'un GV

Le débit maximal de purge d'un GV est d'environ \square t/h (environ $\square\%$ du débit total d'eau alimentaire). Les purges des 3 autres GV sont alors réduites pour ne pas dépasser le débit maximum global des purges (\square t/h).

Vidange de GV

Il est possible de vidanger les GV avec l'APG lorsqu'un stockage humide et froid, ou un stockage sec des GV est requis.

La vidange peut être partielle ou totale. Elle est réalisée à l'aide d'une pompe mobile.

L'eau de vidange est dirigée vers le condenseur ou, si cela est impossible, vers le système KER ou le système de purge et d'évent RPE de l'îlot nucléaire.

3.2.3. Fonctionnement en régime transitoire

3.2.3.1. Démarrage normal

La bêche alimentaire ADG et une pompe CEX sont disponibles.

L'échangeur-régénérateur est disponible.

Après l'ouverture des vannes internes et externes d'isolement de l'enceinte, le conditionnement en pression et température s'effectue en ouvrant les vannes d'isolement secondaires GV.

Ensuite, les vannes de détente sont ouvertes jusqu'à obtention du débit total de purge nécessaire (\square).

La vanne de régulation de niveau du ballon d'éclatement ajuste le débit afin d'en obtenir le niveau d'eau de fonctionnement.

La vanne de régulation de pression du ballon d'éclatement ajuste la pression à sa valeur de fonctionnement.

Les purges sont dirigées vers l'échangeur-régénérateur, puis vers la chaîne de traitement ou le système de rejet des effluents liquides KER.

3.2.3.2. Arrêt normal

L'arrêt de l'APG s'effectue de la manière suivante :

- fermeture graduelle des vannes de détente,
- isolement de la chaîne de traitement afin de maintenir un volume d'eau minimum dans le ballon d'éclatement et donc une pression de purge suffisante pour la sous-saturation dans l'échangeur-régénérateur (afin d'éviter les coups de bélier),
- fermeture des vannes internes et externes d'isolement de l'enceinte,
- fermeture des vannes d'isolement du secondaire GV.

3.2.3.3. Situations incidentelles/accidentelles

Isolément de la purge GV

L'isolement des lignes de purge des générateurs de vapeur est requis pour limiter le volume d'eau alimentaire perdu pour le refroidissement et préserver la capacité des bâches ASG. Cet isolement est automatique et requis GV par GV en cas de niveau GV (GL) < Min2 et sur les 4 GV en cas de signal d'IS + MDTE. De plus, cet isolement est requis en cas de niveau GV (GE) < Min1 dans certains transitoires pour lesquels l'isolement sur niveau GV (GL) < Min2 interviendrait trop tard.

En outre les purges GV sont aussi automatiquement isolées après activation du signal d'isolement d'enceinte.

Isolément Enceinte

Toutes les vannes APG d'isolement de l'enceinte et les vannes de purge sont fermées sur signal d'Isolément Enceinte phase 1.

Transfert d'eau GV en cas de RTGV

Afin d'éviter tout rejet de liquide à cause d'une augmentation du niveau du GV affecté en cas de RTGV, l'APG est utilisé pour transférer l'eau du GV affecté vers le GV voisin non affecté.

Une seule ligne de transfert APG au maximum doit être utilisée entre deux GV, les lignes de purge des GV concernés devant être isolées du ballon d'éclatement. Ensuite, la vanne d'isolement de la ligne de transfert est ouverte.

3.2.3.4. Fonctionnement en cas d'agression

Les purges APG sont isolées préventivement en cas de séisme, afin de limiter les volumes d'eau relâchés dans le BAN.

Les purges APG sont isolées préventivement sur niveau élevé de l'IRWST (suite à une brèche isolable et compensable sur une ligne en provenance des GV, ou à une fuite ou rupture sur une ligne en provenance du secondaire (ABP/CEX)) ou automatiquement dès détection d'un écart entre les mesures de débit amont et aval de l'échangeur APG (en cas d'une fuite ou rupture sur une ligne en provenance du secondaire (ABP/CEX)) afin de limiter l'apport d'eau non borée dans l'IRWST.

Les lignes de purges des condensats du circuit APG dans le BAS 4 et le BAN sont isolées après détection d'un niveau élevé dans les puisards RPE de ces bâtiments et diagnostic en local.

3.2.4. Autres régimes de fonctionnement du système

Lignage des purges vers les rejets

Ce lignage des purges vers le système de rejet des effluents liquides intervient dans les cas suivants :

- indisponibilité du condenseur ;
- pollution du circuit secondaire : mauvaises caractéristiques radioactives, paramètres chimiques dégradés, ou présence de particules solides en suspension. En fonction de la nature de la pollution, la ligne de bypass des résines sera utilisée pour éviter leur détérioration précoce.

Détection d'activité dans les purges

Cet événement peut entraîner la pollution de l'eau secondaire.

Si une activité est détectée dans les échantillons prélevés côté branches chaudes ou froides, l'isolement du GV affecté est réalisé en fermant ses vannes d'isolement et la vanne interne d'isolement de l'enceinte.

Augmentation inadmissible de la pression dans le ballon d'éclatement

En cas d'augmentation inadmissible de la pression dans le ballon d'éclatement les vannes de réglage des purges et les vannes d'isolement sont fermées automatiquement et le système APG est arrêté.

Augmentation ou diminution inadmissible du niveau d'eau dans le ballon d'éclatement

En cas d'augmentation inadmissible du niveau d'eau dans le ballon, les vannes de réglage des purges, les vannes d'isolement et la vanne sur la ligne de refroidissement des purges sont fermées automatiquement.

En cas de diminution inadmissible du niveau d'eau dans le ballon les vannes d'isolement enceinte sur la ligne de refroidissement des purges sont fermées et le système APG est arrêté.

4. ANALYSE DE SÛRETÉ**4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION**

Le système APG est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir le sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogation particulière.

4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS**4.2.1. Contrôle de la réactivité**

Sans objet.

4.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

4.2.3. Confinement des substances radioactives

Les études de transitoires de RTGV des sections 15.2.3f et 15.2.4k faisant intervenir :

- l'isolement GV,
- et le transfert d'eau du GV affecté vers un GV sain,

correspondant aux critères fonctionnels énoncés au § 0.2.3., sont réalisées en considérant pour le débit de transfert une valeur cohérente avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au § 2.2..

Pour chaque transitoire concerné, ces études :

- présentent les effets de ces fonctions sur le déroulement du transitoire,

- montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet de contrôler le niveau du GV rupté et donc d'assurer le confinement des substances radioactives.

Les dispositions de conception et d'installation appliquées aux enveloppes mécaniques du système APG situées à l'intérieur du bâtiment réacteur et constituant l'enveloppe secondaire des générateurs de vapeur assurent leur intégrité en cas d'accident grave dans l'enceinte de confinement.

Au titre de leur contribution au critère global de fuite de l'enceinte, les tests d'étanchéité des vannes d'isolement enceinte et des vannes □ sont décrits dans la section 6.2.5.

Les vannes d'isolement enceinte du système APG et les vannes □ appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites 6.2.3 et 6.2.5.

4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté

Les études de transitoires incidentels/accidentels des sous-chapitres 15.2 et 19.1, et notamment le transitoire de RTE, qui font intervenir la fonction d'isolement des purges APG sont réalisées en considérant pour le délai d'isolement une valeur cohérente avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au § 2.2. et montrent que le dimensionnement de ce critère permet d'éviter la vidange des bâches ASG et l'indisponibilité des GV sains avant l'atteinte de l'état d'arrêt sûr.

L'étude de RTGV prend en compte la fonction APG de mise à disposition de fluide d'échantillonnage pour la détection d'activité secondaire.

4.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

Les études d'agressions des sous-chapitres 3.3 et 3.4 faisant intervenir le système APG, sont réalisées en considérant les fonctions d'isolement décrites au § 0.2.5..

4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté

4.3.1.1. Classement de sûreté

Les classements des équipements du système APG jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

4.3.1.2. Critère de Défaillance Unique (active et passive)

La conception du système APG est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au § 0.3., notamment sur les points suivants :

- toutes les vannes d'isolement GV sont redondantes. Elles concernent les vannes au niveau de la collecte des purges côté branche froide et côté branche chaude du GV et sur la file de collecte commune. Elles concernent également les vannes de collecte de l'échantillonnage RES côté branche froide et côté branche chaude (la seconde vanne appartient au système RES).
- tous les organes d'isolement enceinte sont doublés.
- les lignes de transfert entre GV sont redondantes.

Le dispositif d'isolement des traversées de l'enceinte du système APG, constitué d'un organe d'isolement à l'intérieur du BR et d'un organe d'isolement situé à l'extérieur dans un bâtiment périphérique, est redondant.

La conception du système APG est conforme à l'exigence de robustesse à la défaillance aléatoire énoncée au § 0.3..

4.3.1.3. Alimentation électrique de secours

La conception du système APG est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au [§ 0.3.](#), notamment sur les points suivants : les vannes d'isolement des purges, les vannes sur les lignes de transfert et les vannes d'isolement enceinte sont secourues par les batteries [] heures et les groupes diesels principaux.

4.3.1.4. Séparation physique/géographique

La conception du système APG est conforme à l'exigence de séparation physique/géographique, notamment sur les points suivants :

- les vannes d'isolement sur la ligne de purge côté branche chaude et branche froide et les premières vannes d'isolement sur le tronçon commun, sont géographiquement séparées des deuxièmes vannes d'isolement sur le tronçon commun (I),
- les deux organes d'isolement de chaque traversée enceinte du système APG sont séparés physiquement du fait de leur installation, un étant à l'intérieur du bâtiment réacteur, l'autre à l'extérieur dans un bâtiment périphérique.

4.3.1.5. Qualification aux conditions accidentelles

Les équipements du système APG relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

4.3.1.6. Classement ESPN, mécanique, électrique, Contrôle-Commande et sismique

La conformité aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) des classements mécanique, électrique, contrôle-commande et sismique des équipements du système APG jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté est détaillée dans la section 3.2.2.

La conformité aux exigences énoncées au [§ 0.3.](#) du classement ESPN des équipements du système APG est détaillée dans la section 3.2.2.

4.3.2. Exigences réglementaires

4.3.2.1. Textes réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.1.1. Textes officiels

Sans objet.

4.3.2.1.2. Prescriptions techniques

Sans objet.

4.3.2.1.3. Réglementations Internationales

Sans objet.

4.3.2.2. Textes para-réglementaires

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

4.3.2.2.1. Règles fondamentales de sûreté

Sans objet.

4.3.2.2.2. Directives Techniques

Sans objet.

4.3.2.3. Texte EPR spécifiques

Sans objet.

4.3.3. Agressions

4.3.3.1. Agressions internes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

4.3.3.2. Agressions externes

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

4.3.4. Diversification

Sans objet.

4.3.5. Radioprotection

Sans objet.

4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

4.3.7. Système tel que réalisé

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

4.4. ESSAI, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

4.4.1. Essais de démarrage

Le système APG fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- délai d'isolement,
- débit de transfert.

La vérification du débit de transfert n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement accidentelles (RTGV) dans lesquelles ce dernier doit être satisfait, sa vérification doit être faite de façon transposée.

Au titre de leur contribution au critère global de fuite de l'enceinte, les tests d'étanchéité des vannes d'isolement enceinte et des vannes  sont décrits dans la section 6.2.5.

Les vannes d'isolement enceinte du système APG et les vannes  appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites 6.2.3 et 6.2.5.

4.4.2. Surveillance en exploitation

La surveillance des alarmes et des positions des vannes du système APG est réalisée en exploitation normale au titre de la surveillance en continu.

4.4.3. Essais périodiques

Les parties classées du système APG font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- délai d'isolement,
- débit de transfert.

La vérification du débit de transfert n'étant pas possible de façon directe du fait que les conditions d'essais diffèrent des conditions de fonctionnement accidentelles (RTGV) dans lesquelles ce dernier doit être satisfait, sa vérification doit être faite de façon transposée.

Au titre de leur contribution au critère global de fuite de l'enceinte, les tests d'étanchéité des vannes d'isolement enceinte et vannes □ sont décrits dans la section 6.2.5.

Les vannes d'isolement enceinte du système APG et les vannes □ appartiennent à la troisième barrière. A ce titre, les hypothèses de dimensionnement de ces vannes sont décrites dans les sections 6.2.3 et 6.2.5.

4.4.4. Maintenance

Le système APG fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

5. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de principe du système APG est présenté en figure [FIG-10.7.1](#).



RAPPORT DE SURETE

— DE FLAMANVILLE 3 —

Version Publique

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 10

SECTION 7

PAGE 21/22

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

LISTE DES RÉFÉRENCES

[1] D305117000434 : « Conception des systèmes valorisés pour l'isolement des purges des générateurs de vapeur sur signal d'isolement enceinte phase 1 ».

FIG-10.7.1 SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'APG

