	CENTRALES NUCLEAIRES	<b>RAPPORT DEFINITIF DE SURETE</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD3	VOLUME : III
	PALIER 900 MWe		CHAPITRE : 4 SECTION : 6.2.3 PAGE : 2

### III-4.6.2.3. SUPPRESSION DE L'ENCEINTE (U5)

#### 1. PRESENTATION GENERALE

La procédure U5 a pour but, en cas d'accident grave hypothétique, d'éviter toute ruine de l'enceinte par montée lente de la pression, dans le bâtiment réacteur, en effectuant des rejets contrôlés par un dispositif de pré-filtration et de filtration utilisant des cartouches métalliques ou du sable.

Ceci est rendu possible par l'installation d'un dispositif de décompression-filtration de l'enceinte de confinement.

La procédure U5 qui concerne une situation d'accident grave, fait partie intégrante du Guide d'Intervention en Accident Grave (GIAG). Le recours (éventuel) à la procédure U5 fait donc obligatoirement suite à l'entrée dans le GIAG.

#### 2. JUSTIFICATION DU DISPOSITIF

A la fin des années 1970, l'Autorités de Sûreté Nucléaire française a conclu, à partir de l'adaptation de l'analyse de risque du rapport WASH 1400 (1975) aux REP français, à l'intérêt d'une réduction substantielle des rejets, par voie atmosphérique, consécutifs à un accident grave hypothétique pouvant entraîner la ruine de l'enceinte de confinement par surpression interne (cf. [Réf. \[4\]](#) ).

L'objectif de l'étude de conception de ce dispositif a été de ramener les conséquences externes d'un tel accident à une valeur inférieure au terme source S3, correspondant dans les premières études IRSN à des scénarios où une part importante des rejets était filtrée (en particulier par le sol) avant rejet à l'extérieur (cf. [Réf. \[4\]](#) ).


Le phénomène que l'on cherche à éviter correspondrait à une perte différée non filtrée de l'intégrité de l'enceinte de confinement suite à une augmentation de pression avec dépassement de la pression de « tenue ultime ».

En effet, si l'on imagine que tous les moyens de refroidissement du cœur et de l'enceinte de confinement sont défaillants, il en résulte une augmentation de pression liée, d'une part à la puissance résiduelle non évacuée et d'autre part à la formation d'incondensables (CO - CO2 essentiellement) provenant de la décomposition du béton du radier de l'enceinte par le corium, après percement de la cuve.

La pression de dimensionnement de l'enceinte peut être dépassée au bout d'une période supérieure à 24 heures. Bien que les études effectuées montrent que l'on dispose encore de marges de conception, il a été décidé d'écarter la pression de l'enceinte de confinement à la valeur de 0,6 MPa.

Le délai dont on dispose laisse le temps à l'opérateur d'engager les actions nécessaires tout en limitant les rejets (cf. [Réf. \[3\]](#) ) : c'est la procédure U5.

Elle consiste à détendre et filtrer l'atmosphère du bâtiment réacteur à travers un préfiltre à cartouches métalliques, situé dans l'enceinte du bâtiment réacteur, puis un caisson de filtration à lit de sable, relié à la cheminée de rejets des effluents par un conduit spécifique installé à l'intérieur. L'utilisation de cette procédure U5 au bout de 24 heures (décomptées à partir de l'entrée dans le GIAG), grâce à la présence du préfiltre et du filtre à sable, tend à rendre compatible la mise en œuvre des plans d'urgence.

	CENTRALES NUCLEAIRES	<b>RAPPORT DEFINITIF DE SURETE</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD3	VOLUME : III
	PALIER 900 MWe		CHAPITRE : 4 SECTION : 6.2.3 PAGE : 3

### 3. DESCRIPTION DU DISPOSITIF

A l'origine le dispositif de décompression enceinte pouvait être utilisé lors de la décompression des enceintes après une épreuve périodique (initiale ou décennale).

L'installation ne permettant pas de filtrer finement et de contrôler les rejets lors de cette épreuve périodique et compte tenu des risques induits par cette procédure (nécessité d'une membrane de protection sur le filtre pour la décompression périodique induisant un risque de rejet direct en cours d'utilisation ou accident en particulier), la séparation des fonctions décompression après épreuve et décompression post-accidentelle a été retenue.

Le dispositif U5 est installé sur chaque tranche (cf. [Réf. \[1\]](#) ) Il est intégré au système ETY (voir [II-4.2.5.](#)), exceptée la mesure de l'activité rejetée, réalisée par le système KRT (voir [III-5.5.](#)) et le système de conditionnement / préchauffage réalisé par le circuit DVN.

Il comprend (voir [F-II-4.6.2.3.1.](#)) :


- Un préfiltre à cartouches métalliques (ETY 150 FI) situé à l'entrée du dispositif, dans le BR.

Le préfiltre est constitué de 4 parties :

- un ensemble d'éléments filtrants disposés sur 2 plaques tubulaires symétriques. Les 92 éléments filtrants ont une longueur de 800 mm et un diamètre de 60 mm,
- une sortie du filtre vers la tuyauterie d'amenée au filtre à sable, collectant le gaz filtré,
- une cheminée destinée à la convection naturelle permettant la dissipation calorifique après rétention d'aérosols radioactifs,
- quatre entrées du gaz à filtrer : 2 entrées basses et 2 entrées hautes.

Les éléments filtrants, appelés "cartouches" sont constitués par (de l'intérieur vers l'extérieur de l'élément) :

- une âme interne perforée sur laquelle s'appuient les média filtrants,
  - une couche support en tissage métallique,
  - une couche de médium filtrant PMF FH200 (médium fibre métallique PMF),
  - une couche de médium filtrant PFM40 (en fibre métallique), constituant le préfiltre,
  - une couche de protection, en tissage métallique.
- Un clapet à battant (ETY 080 VA) permettant le contournement du préfiltre si celui-ci est encrassé, ce clapet est situé dans le BR.
  - Une traversée enceinte (T406) équipée de deux vannes d'isolement (ETY 040 VA et 070 VA), à commande manuelle, manœuvrables à distance, sous une différence de pression correspondant à la limite haute de la plage de pression d'ouverture retenue et disposée à l'extérieur de l'enceinte.
  - Un diaphragme ETY 071 DI assurant la détente du fluide à filtrer et amenant la pression de celui-ci à une valeur inférieure à celle correspondant au dimensionnement du caisson de filtration à sable. Le diaphragme est situé dans le BAN.
  - Un caisson de filtration dit « filtre à sable » (ETY 101 FI) de forme cylindrique, de 7,30 m de diamètre et d'environ 2,50 m de hauteur. Ce caisson de filtration utilise comme filtre un lit de sable de 0,80 m d'épaisseur et d'environ 42 m<sup>2</sup> de surface.
  - Un dispositif de mesure de l'activité rejetée (KRT 513 MA pour la mesure dans la tuyauterie et KRT 514 MA pour la mesure du bruit de fond) comportant une partie fixe (sonde) et une partie mobile (1 baie par site pour l'exploitation de la mesure) ; La partie fixe est installée sur la conduite de rejet en amont de la cheminée du BAN.

	CENTRALES NUCLEAIRES	<b>RAPPORT DEFINITIF DE SURETE</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD3	VOLUME : III
	PALIER 900 MWe		CHAPITRE : 4 SECTION : 6.2.3 PAGE : 4

- Les tuyauteries de liaison correspondantes.

La liaison entre les vannes et le caisson de filtration est assurée par une tuyauterie en acier noir cheminant dans les locaux et en toiture. Bien que non classée au séisme (voir [T-II-1.2.1.](#)), cette tuyauterie est supportée de manière à ne pas constituer un risque pour les matériels et bâtiments ayant une exigence de tenue sismique et susceptibles d'être agressés à proximité.

- Un conduit du rejet de diamètre 0,4 m disposé à l'intérieur de la cheminée du BAN.
- Un dispositif "de conditionnement/préchauffage" du circuit par balayage d'air provenant du système de ventilation du BAN (DVN soufflage), raccordé en aval du diaphragme, et comportant :
  - une filtration absolue (DVN 261 FA),
  - un ventilateur (DVN 271 ZV),
  - une batterie chaude électrique (DVN 271 RS),
  - une vanne d'isolement (ETY 100 VA),
  - un clapet anti-retour (ETY 150 VA).

Hormis le clapet anti-retour ETY 150 VA situé dans le BW, les autres composants du dispositif de conditionnement / réchauffage sont situés dans le BAN.

Les rôles de ce dispositif sont les suivants :

- En fonctionnement normal de la tranche : conditionnement pour bonne conservation du circuit, en particulier pour se prémunir contre l'humidification du sable du filtre. Ce conditionnement est assuré par un balayage permanent de l'installation par de l'air prélevé dans une gaine de soufflage du système de ventilation du BAN (DVN). Dans cette configuration, la batterie chaude électrique est à l'arrêt.
- En cas d'accident : préchauffage (alimentation de la batterie chaude électrique) du circuit pour éviter la formation d'un mélange combustible par condensation de la vapeur d'eau présente dans le fluide à évacuer de l'enceinte de confinement.
- Un capteur de pression enceinte gamme large [0,1 ; 1] MPa abs (ETY 105 MP), situé sur la traversée T222 à l'extérieur de l'enceinte permettant de suivre en salle de commande l'évolution de la pression enceinte et ainsi de retarder l'ouverture du dispositif U5.

L'ensemble des tuyauteries de la ligne U5 extérieures au BR et le filtre sont calorifugés, à l'exception du conduit de rejet dans la cheminée qui est en résine armée et du dispositif de conditionnement.


Le dispositif est commun à une paire de tranches à l'exception des équipements de tranche énumérés ci-après :

- le préfiltre dans le BR,
- la traversée d'enceinte avec ses vannes d'isolement,
- le dispositif de conditionnement et de préchauffage,
- la tuyauterie de liaison, avec le filtre à sable.

#### **4. UTILISATION DU DISPOSITIF**

En cas d'accident grave hypothétique et après entrée dans le GIAG, il est procédé aux opérations manuelles suivantes (cf. [Réf. \[4\]](#) et [Réf. \[5\]](#)) :

- première phase de « mise en attente du dispositif » dès l'entrée dans le GIAG : mise en service du préchauffage de la tranche concernée et de la tranche voisine pour prévention du risque hydrogène à l'ouverture et branchement de la baie mobile KRT/U5,

	CENTRALES NUCLEAIRES	<b>RAPPORT DEFINITIF DE SURETE</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD3	VOLUME : III
	PALIER 900 MWe		CHAPITRE : 4 SECTION : 6.2.3 PAGE : 5

- deuxième phase d'ouverture du dispositif subordonnée à l'atteinte de trois critères dits E1, E2 et E3 (définis ci-dessous),
- fermeture des vannes ETY 100 VA des deux tranches et arrêt du dispositif de préchauffage des deux tranches,
- ouverture des vannes isolement enceinte ETY 040 VA et ETY 070 VA (on ouvre d'abord la vanne aval, soit ETY 070 VA).

Ces vannes sont munies d'un dispositif de verrouillage à clef prisonnière vanne ouverte. La clef est à récupérer sur la vanne d'isolement des dispositifs de conditionnement/préchauffage ETY 100 VA des deux tranches jumelles.

La décision de mise en œuvre du dispositif est de la responsabilité du chef du PCD (Poste de Commandement Direction) du site après concertation avec les différents échelons locaux et nationaux de l'Autorité chargée de la gestion de crise.

La sûreté s'appuie sur le confinement des substances radioactives et ce principe fondamental ne saurait être remis en cause par l'existence d'un dispositif de décompression permettant d'ouvrir une brèche contrôlée dans ce confinement. En conséquence, il y a lieu de différer (et bien entendu si possible d'éviter) au maximum la mise en service du dispositif.

Celle-ci est subordonnée à trois critères E1, E2 et E3, qui doivent se trouver simultanément réunis :

- E1 : il s'est écoulé au moins 24 heures depuis l'entrée dans le GIAG de l'accident : on cherche ici à éviter une mise en œuvre précipitée sur un transitoire à court terme (APRP de dimensionnement par exemple).

Ce délai est suffisant pour :

- la mise en œuvre par les autorités compétentes des mesures éventuelles de protection des populations avant ouverture du dispositif U5,
- permettre un dépôt suffisant des aérosols dans l'enceinte de façon à limiter les rejets.
- E2 : le niveau de pression atteint résulte d'une évolution progressive et ne correspond pas à un pic qui pourrait être généré par un phénomène de combustion d'hydrogène,
- E3 : le niveau de pression dans l'enceinte se trouve dans la plage d'ouverture fixée entre 0,5 et 0,55 MPa absolus.

Nota : Conformément aux préconisations du GIAG, compte tenu des caractéristiques du circuit U5 et des valeurs estimées pour la tenue des enceintes REP au-delà de leur pression de dimensionnement, il est envisageable de porter la pression absolue d'ouverture à 6 bar maximum. Dans ces conditions, on laisse la possibilité aux Centres Nationaux de Crise de décider, en fonction des éléments spécifiques à leur disposition, d'une ouverture à une pression plus haute que la valeur supérieure de la plage d'ouverture définie ci-dessus mais bornée impérativement à 6 bars absolus.

Pendant le fonctionnement du dispositif, l'opérateur suit les paramètres principaux suivants :

- l'évolution de la pression de l'atmosphère de l'enceinte,
- la mesure de l'activité au rejet.


De même que la décision d'entrer dans la procédure U5, celle de la quitter, c'est-à-dire de mettre le dispositif hors service, est du ressort du Chef du PCD de site, après concertation avec les différents échelons locaux et nationaux de l'Autorité chargée de la gestion de crise pour l'ouverture.

Cette décision s'appuie sur les critères suivants devant être réunis simultanément :

- la pression enceinte est inférieure à 0,5 MPa abs,
- un moyen d'évacuation de la puissance résiduelle (autre que U5 lui-même) a été rétabli et est suffisant.

Après refermeture de U5, les ventilations qui avaient été mises volontairement à l'arrêt, sont redémarrées.

Risque hydrogène à l'ouverture :

	CENTRALES NUCLEAIRES	<b>RAPPORT DEFINITIF DE SURETE</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD3	VOLUME : III
	PALIER 900 MWe		CHAPITRE : 4 SECTION : 6.2.3 PAGE : 6

Ce risque ne concerne qu'une très courte période (de l'ordre de quelques minutes) lors de la mise en service du filtre, dans l'éventualité d'un mélange amont contenant une quantité significative d'hydrogène.

Dans un scénario où l'hydrogène a été produit en quantité importante et n'a pas brûlé à l'intérieur de l'enclaustrée (concentration en vapeur d'eau élevée), le mélange dans la tuyauterie et le filtre, par condensation, s'enrichit en hydrogène pendant les quelques minutes du transitoire de mise en équilibre thermique des parties métalliques en amont du filtre, lors de sa mise en service (cf. [Réf. \[2\]](#) ).

Bien que la combustion de ce mélange ne soit pas certaine (pas de source d'allumage identifiée) et qu'il soit vraisemblable que cette combustion ne détruirait pas le filtre, la démonstration du contraire ne peut être apportée de façon péremptoire. Ceci conduit à prévoir des dispositions pour s'en prémunir. La solution retenue est la mise en place d'un dispositif de préchauffage à l'air chaud (ventilateur plus batterie de chauffe) de l'installation et maintien du calorifugeage.

## 5. ANALYSE DE LA SURETE

Le dispositif U5 contribue au confinement des substances radioactives, par l'étanchéité du circuit et la filtration par la disponibilité du circuit et l'efficacité du filtre à sable. Il permet surtout de limiter les conséquences d'un accident grave, vis-à-vis des populations, par écrêtement de la pression (voir [§ 2.](#) ).

Le dispositif U5 n'a pas d'interaction avec le fonctionnement normal de la tranche.

Le dispositif a été testé à l'échelle 1 (programme FUCHIA), sans pré-filtre ni préchauffage. A cette occasion, on a montré que l'objectif assigné était rempli soit :

- pour les aérosols, le filtre à sable sert de piège et la mesure effectuée sur FUCHIA (efficacité minimale de filtration pour les aérosols mesuré > 100) est directement reproductible sur l'installation U5,
- pour l'iode moléculaire (I<sub>2</sub>), c'est le dépôt sur la face interne des tuyauteries qui est responsable du piégeage.

A l'efficacité ci-dessus, il convient d'ajouter l'efficacité minimale de filtration des aérosols du préfiltre métallique qui est de :

- 10 pour les séquences maîtrisées en cuve,
- 33 pour les séquences avec rupture de la cuve et interaction corium-béton tant que le clapet de contournement n'est pas by-passé, 1 ensuite. Dans ce dernier cas, la masse d'aérosols actifs en suspension dans l'enclaustrée a décru d'un facteur au moins égal à 10, conformément au dimensionnement retenu pour le pré-filtre et le clapet taré associé.

Les mesures d'efficacité ont été effectuées lors d'essais à petite échelle chez le constructeur PALL à Portsmouth et au CEA Saclay.

### Classement de sûreté


Les hypothèses de dimensionnement de ce circuit sont du domaine Accidents Graves. La conformité de la conception et de la réalisation des matériels aux exigences découlant de l'application des règles de classement est détaillée au chapitre correspondant (voir [T-II-1.2.1.](#)).

### Alimentations électriques

L'utilisation de sources électriques en particulier avant l'ouverture du dispositif a été limitée au maximum.

### Conception mécanique

- les vannes d'isolement enclaustrées ainsi que la tuyauterie entre la traversée et les vannes sont RCC-M niveau 2,
- le reste de l'installation est RCC-M non classé. Cependant il a été vérifié que la présence du dispositif ne remet pas en cause la tenue de matériels et bâtiments calculés au séisme.

	CENTRALES NUCLEAIRES	<b>RAPPORT DEFINITIF DE SURETE</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD3	VOLUME : III
	PALIER 900 MWe		CHAPITRE : 4 SECTION : 6.2.3 PAGE : 7

### Tenue des matériels à l'ambiance

La vérification de la tenue des matériels du dispositif U5, excepté le système de préchauffage, aux conditions Accidents Graves auxquelles ils sont soumis lors de l'accomplissement de leur mission a été réalisée. Le registre d'isolement entre le préchauffage et le reste du circuit l'est également.

### Essais

Les essais pré-opérationnels ont permis de s'assurer de la conformité du fonctionnement du dispositif vis-à-vis de la conception. En particulier chaque matériel a été contrôlé individuellement, l'efficacité du filtre à sable a été contrôlée par des essais sur maquettes. Les matériels du dispositif U5 font également l'objet d'essais périodiques. Ces essais concernent le fonctionnement général du dispositif, la manœuvrabilité des registres, et le contrôle d'étalonnage des différents capteurs.

Avec le dispositif U5, d'autres dispositions matérielles spécifiques contribuent à la gestion d'une situation d'accident grave avec montée en pression de l'enceinte :

- le suivi et le contrôle de l'évolution de la pression enceinte sur le capteur à gamme élargie,
- le renforcement de la boulonnerie du tampon d'accès matériel pour supporter les sollicitations correspondant à ces situations.


La portion du circuit U5 comprise entre la vanne d'isolement enceinte (ETY 070 VA) et la sortie du filtre à sable (ainsi que le circuit spécifique équivalent des tranches de CRUAS) est un élément constitutif de l'extension 3<sup>ème</sup> barrière, au sens de la définition de celle-ci (voir III-3.1.) au titre des situations d'accident graves (cf. Réf. [6] ). En conséquence, elle fait l'objet des exigences correspondantes à ce statut (voir III-3.1.).

## **6. CAS SPECIFIQUE DE CRUAS**

Il est à noter par ailleurs la création d'une règle de conduite U5 (cf. Réf. [5] ) spécifique au site de CRUAS intégrant la mise en place d'un dispositif de décompression complémentaire au circuit U5, dit « U5 CRUAS ».

En effet, la présence d'un espace non confiné entre le sol et le radier de l'îlot nucléaire de CRUAS rend nécessaire de ramener la pression à l'intérieur du B.R. à une valeur voisine de la pression atmosphérique dans un délai inférieur au temps que mettrait le corium pour fissurer le radier (soit 3 jours). Une installation complémentaire permet d'assurer une décompression de 0,32 MPa abs. à 0,125 MPa abs. dans une durée comprise entre 1 jour et 2,5 jours après l'accident.

Cette procédure U5 spécifique aux 4 tranches de CRUAS est décrite (voir III-4.6. du RdS de centrale de Cruas).

	CENTRALES NUCLEAIRES	<b>RAPPORT DEFINITIF DE SURETE</b>  <b>- RAPPORT STANDARD -</b>  Edition VD3	VOLUME : III
	PALIER 900 MWe		CHAPITRE : 4 SECTION : 6.2.3 PAGE : 8

### LISTE DES REFERENCES

**[1]** Note EPERE860098 ind. F

Procédure U5 – Conception et dimensionnement de l'installation de décompression

**[2]** Note ESEIN860123 ind. C

Dispositif U5 - Etude de la condensation dans le circuit.

**[3]** Note ENSIN900087 ind. A

Conditions de mise en service de U5

**[4]** Note ENGSIN040469 ind. B

Règle de conduite U5 hors CRUAS – Version n° 6

**[5]** Note ENGSIN040470 ind. B

Règle de conduite U5 spécifique à CRUAS – Version n° 4

**[6]** Note ENSIN970034 ind. A

Comportement du circuit U5 au-delà du dimensionnement de l'enceinte de confinement