

# IRSN

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 14 mars 2012

Pôle sûreté des installations  
et des systèmes nucléaires

Service de sûreté des réacteurs  
à eau sous pression

PSN-EXP/SSREP/2012- 00 A09

Monsieur TONNOIR  
Délégué d'État Major « Sûreté Nucléaire »  
EDF/DPN  
CAP AMPERE  
1, place Pleyel

93282 SAINT DENIS CEDEX

Objet : REP - Vidange potentielle de la piscine de stockage du combustible en raison de l'absence de dispositif casse-siphon sur la tuyauterie de son circuit de refroidissement.

Monsieur,

Veillez trouver, ci-joint, le projet de rapport concernant l'incident cité en objet, en vue d'une déclaration à l'« International Reporting System ».

Je souhaite connaître votre avis sur ce rapport avant transmission à l'AIEA.

Sans réponse de votre part dans un délai de 5 semaines, je considérerai que vous n'avez pas de remarque à formuler.

Je vous prie de croire, Monsieur, à l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Adresse Courrier  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

Tél. +33 (0)1 58 35 78 33  
Fax +33 (0)1 46 54 35 60  
didier.wattrelos@irsn.fr

Siège social  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
Standard +33 (0)1 58 35 88 88  
RCS Nanterre B 440 546 018

F. BIGOT  
Chef du SSREP



P.J.: Projet de rapport pour l'IRS.

Copies :

EDF/DPN MM. M. LAMBERT, B. de MAGONDEAUX, C. COUTURE

EDF/Cattenom M. le directeur du CNPE de Cattenom

ASN/DCN

ASN/Division de Strasbourg

**ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT  
NUCLEAR ENERGY AGENCY**

**INTERNATIONAL REPORTING SYSTEM**

MAIN REPORT

RESTRICTED

<b>IRS N°</b>	<b>EVENT DATE</b>	<b>DATE RECEIVED</b>
	21 décembre 2011	
<b>EVENT TITLE</b>		
Vidange potentielle de la piscine de stockage du combustible en raison de l'absence de dispositif casse-siphon sur la tuyauterie de son circuit de refroidissement		
<b>COUNTRY</b>	<b>PLANT &amp; UNIT</b>	<b>REACTOR TYPE</b>
FRANCE	CATTENOM 2 et 3	PWR
<b>INITIAL STATUS</b>	<b>RATED POWER (MWe NET)</b>	
En puissance	1300 MWe	
<b>DESIGNER</b>	<b>1<sup>st</sup> COMMERCIAL OPERATION</b>	
FRAMATOME	Février 1988 et Février 1991	

## ABSTRACT

Suite au rappel du rôle des dispositifs casse-siphons dans un rapport WANO (the World association of nuclear operators), l'exploitant de Cattenom a contrôlé l'opérabilité des dispositifs casse-siphons prévus sur les tuyauteries de refoulement du circuit de refroidissement du système PTR (système de réfrigération et de filtration des piscines). Il a constaté que ces dispositifs consistant en un orifice de diamètre 20 mm n'existaient pas sur les tuyaux plongeant dans les piscines des réacteurs 2 et 3 car ils n'avaient pas été percés lors de la construction. Les contrôles de conformité au plan réalisés avant la première mise en service n'avaient pas permis de détecter l'écart. Les intervenants avaient certainement prévu de percer les orifices après épreuve du circuit mais n'ont pas réalisé cette tâche.

La tuyauterie de refoulement du circuit PTR plonge jusqu'au fond du compartiment d'entreposage de la piscine, au niveau des pieds des racks d'entreposage. En cas d'erreur de lignage ou de brèche sur une tuyauterie connectée à la piscine de stockage du combustible (BK), un phénomène de vidange par siphonage peut s'amorcer. En l'absence de dispositif casse-siphon, cette vidange ne peut être interrompue sans action des opérateurs de conduite. Or, les procédures de conduite en vigueur et l'instrumentation actuellement en place ne favorisent pas une interruption rapide d'une vidange accidentelle. Une vidange non maîtrisée risque d'entraîner le découvrement partiel ou total des assemblages de combustible entreposés et leur fusion dans un bâtiment non confiné.

Par ailleurs, des études réalisées bien avant cet incident dans le cadre des réexamens de sûreté ont montré qu'un casse-siphon d'un diamètre interne de 20 mm permet de stopper une vidange initiée par une erreur de lignage (jusqu'à un débit de l'ordre de 800 m<sup>3</sup>/h) mais ne démontre pas qu'il pourrait faire face à une rupture guillotine d'un collecteur principal du circuit PTR. L'exploitant s'est donc engagé à agrandir le diamètre des dispositifs casse-siphons (à 40 mm) sur toutes ses tranches, au plus tard lors de leur prochaine visite décennale.

Les contrôles réactifs réalisés suite à cet incident ont révélé que le diamètre interne du casse-siphon équipant la tuyauterie de refoulement PTR des tranches de type P4 (Flamanville 1 et 2, Paluel 1 à 4, Saint Alban 1 et 2) n'est que de 10,4 mm. Une autre particularité de ces 8 tranches de 1300 MWe est qu'une partie du circuit PTR n'est dimensionnée au séisme. La rupture d'une tuyauterie non dimensionnée au séisme et le sous dimensionnement du casse-siphon sont susceptibles de générer un début de découvrement des assemblages entreposés en piscine BK sous environ 1 heure. Cet accident grave provoquerait des rejets importants dans l'environnement en interdisant de surcroît tout accès au site.

L'exploitant a pris des dispositions correctives rapides sur les 2 tranches de Cattenom. Les dispositifs casse-siphons ont été percés dans un délai d'environ un mois après détection, tranche en fonctionnement, par des plongeurs spécialisés.

**VIDANGE POTENTIELLE DE LA PISCINE DE DÉSACTIVATION EN RAISON DE L'ABSENCE DE DISPOSITIF CASSE-SIPHON SUR LA  
TUYAUTERIE DE SON CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT  
CATTENOM 2 ET 3 - DÉCEMBRE 2011**

## **1. INTRODUCTION**

En France, chaque réacteur électronucléaire comporte une piscine d'entreposage des assemblages de combustible usé afin de permettre leur refroidissement avant évacuation vers l'usine de retraitement AREVA de La Hague. Lors des phases de remplacement du combustible usé par du combustible neuf, cette piscine permet également l'entreposage temporaire de l'ensemble du combustible du cœur du réacteur ainsi que de la recharge de combustible neuf. Afin d'assurer la sûreté de cet entreposage, il est nécessaire de garantir en permanence le maintien d'un niveau d'eau suffisant au-dessus des assemblages entreposés - ou manutentionnés entre le réacteur et la piscine - ainsi que l'évacuation de l'énergie résiduelle du combustible. Selon le type de réacteur, la profondeur des piscines varie entre 12 et 13 m.

L'eau de la piscine est refroidie en permanence par le système de réfrigération et de filtration de l'eau des piscines (PTR). L'eau est aspirée en partie supérieure de la piscine puis refroidie dans des échangeurs de chaleur et refoulée par une tuyauterie plongeant en fond de piscine, au niveau des pieds des racks d'entreposage des assemblages.

En cas de fuite, de rupture ou d'erreur de lignage sur une tuyauterie PTR, un phénomène de siphonage peut s'amorcer sur cette ligne de refoulement et provoquer la vidange de la piscine avec découverture partiel ou total des assemblages. Afin d'interrompre le phénomène de siphonage, un dispositif passif « casse-siphon » a été prévu à la conception. Il consiste en un percement, dans la zone supérieure de la partie immergée de la tuyauterie, d'un orifice circulaire dont le diamètre correspond environ au dixième de celui de la tuyauterie (voir figure 1).

## **2. DESCRIPTION DE L'INCIDENT**

Suite à l'analyse d'un compte rendu d'incident émis par WANO (the World association of nuclear operators), l'exploitant de Cattenom a contrôlé l'opérabilité des dispositifs casse-siphons prévus sur les tuyauteries de refoulement du circuit de refroidissement PTR. Il a constaté que ces dispositifs consistant en un orifice de diamètre 20 mm n'existaient pas sur les tuyaux plongeant dans les piscines des réacteurs 2 et 3 car ils n'avaient pas été percés lors de la construction. Des contrôles réactifs sur l'ensemble des réacteurs du parc n'ont pas révélé d'autre absence de dispositif casse-siphon. Cependant, sur certaines tranches, le diamètre des casse-siphons est inférieur à 20 mm. C'est notamment le cas des réacteurs de type P4 (Flamanville 1 et 2, Paluel 1 à 4, Saint Alban 1 et 2) sur lesquels le diamètre du dispositif casse-siphon de la ligne de refoulement PTR n'est que de 10,4 mm.

Sur les 8 tranches de type P4, aucune action corrective n'a été prise par l'exploitant.

A plus long terme, cet incident met en lumière l'intérêt d'examiner pour les réacteurs actuellement en exploitation des solutions permettant d'éviter le découverture d'un ou plusieurs assemblages de combustible dans le BK en cas de défaillance d'un dispositif casse-siphon. Le réacteur de Flamanville 3 de type EPR en cours de construction dispose, en plus du dispositif casse-siphon, d'un clapet anti-retour sur les lignes de refoulement PTR, constituant ainsi une ligne de défense supplémentaire en cas de siphonage.

Enfin, un incident de baisse de niveau accidentelle de la piscine d'entreposage du combustible s'était produit à River Bend aux États-Unis en septembre 1987. Cette baisse de niveau significative qui avait donné lieu à un rapport IRS n°928 montre l'intérêt d'analyser et de prendre en compte le retour d'expérience.

L'incident a été classé au niveau 2 de l'échelle INES.

**CODED WATCHLIST**

1 -Reporting category	1.3.2	
2 -Plant status prior to the event	2.0	
3 -Failed/affected systems	3.DA	
4 -Failed/affected components	4.6.6	
5.1 -Cause		
5.3 -Inadequate human action - plant staff involved		
5.4 -Inadequate human action - type of activity	5.4.13	
5.5 -Human performance related causal factors and root causes	5.5.11	
5.6 -Management related causal factors and root causes		
5.7 -Equipment related causal factors and root causes		
6 -Effect on operation	6.0	
7 -Characteristics of the incident	7.4	7.6
8 -Nature of failure/error	8.2	
9 -Nature of recovery actions	9.1	

### 3. CAUSES

Les dispositifs casse-siphons sont présents sur les plans d'étude et de réalisation. Il s'agit donc d'un écart survenu lors de la construction. L'origine de l'évènement étant ancienne (il y a plus de 25 ans), la cause exacte est difficile à déterminer. Deux hypothèses ont néanmoins été faites :

#### 1. *Nécessité d'éprouver le tronçon*

À la construction, une fois le circuit assemblé, celui-ci est éprouvé. Les intervenants avaient certainement prévu de percer les orifices après épreuve du circuit mais n'ont pas réalisé cette tâche.

#### 2. *Contrôle de conformité inadapté*

Les contrôles de conformité de l'installation par rapport aux plans, réalisés avant la mise en service de l'installation, n'ont peut être pas été exhaustifs ce qui n'a pas permis de détecter l'écart.

Il convient de rappeler que lors d'une instruction consacrée à la sûreté de l'entreposage du combustible en piscine de désactivation (voir également IRS n° 7764), ayant donné lieu à une réunion du Groupe Permanent en charge des réacteurs en novembre 2002, l'exploitant s'était engagé à mettre en œuvre, sous six mois, un contrôle périodique d'absence d'obturation des dispositifs casse-siphons. Lors des réexamens de sûreté qui ont suivi cette instruction, l'IRSN et l'ASN ont constaté que l'exploitant n'avait pas respecté son engagement et ont rappelé la nécessité de s'assurer de la conformité et du caractère opérationnel de ces dispositifs. Finalement, l'exploitant a intégré dans ses programmes de maintenance préventive (fin 2009 sur les réacteurs de 900 MWe, en août 2010 sur les réacteurs de 1300 MWe et en avril 2011 sur les réacteurs de 1450 MWe) le contrôle périodique (tous les 3 ans) de l'absence d'obturation des dispositifs casse-siphons équipant les tuyauteries du circuit PTR. Cependant, ces contrôles n'avaient pas été mis en application sur le site de Cattenom.

L'écart de conformité découvert en décembre 2011 à Cattenom aurait donc pu être détecté et traité de façon plus précoce si l'exploitant avait appliqué le programme sur lequel il s'était engagé fin 2002.

### 4. CONSÉQUENCES SUR LA SÛRETÉ

#### 4.1. CONSÉQUENCES RÉELLES

Étant donné que depuis la première divergence des réacteurs 2 et 3 du site de Cattenom, il n'y a pas eu de vidange accidentelle de la piscine BK par amorce de siphonage sur la ligne de refoulement PTR, cet écart n'a pas eu de conséquence réelle sur la sûreté.

## 4.2. CONSÉQUENCES POTENTIELLES

### *Cas d'une absence de dispositif casse-siphon*

Une erreur de lignage ou une brèche sur un circuit connecté aux piscines entraîne une baisse de niveau d'eau incontrôlée. La cinétique de vidange dépend des configurations de lignage ou de la taille de la brèche et peut dépasser, dans différents scénarios, 10 cm/min. Dans la première phase de la vidange accidentelle, au moins une pompe du circuit de refroidissement est en fonctionnement. La pression de refoulement de cette pompe empêche toute amorce de siphonage à partir de la tuyauterie de refoulement. Cependant, cette pompe peut être arrêtée manuellement par un opérateur - dans le cadre des actions à entreprendre pour arrêter la vidange, par exemple pour pouvoir isoler la tuyauterie d'aspiration - ou automatiquement sur détection d'une baisse de pression à l'aspiration. En l'absence de dispositif casse-siphon, un phénomène de vidange par siphonage peut alors s'amorcer. Sans action manuelle des opérateurs de conduite, la poursuite de la vidange est susceptible de conduire au découvrément partiel ou total des assemblages de combustible entreposés et à leur fusion dans un bâtiment non confiné.

Des procédures de conduite accidentelle d'une situation de vidange à cinétique rapide sont en cours de rédaction et d'examen sur les réacteurs de 900 MWe (action décidée dans le cadre des suites du dernier réexamen de sûreté de ces réacteurs). Cependant, dans l'attente de la mise en application effective de ces procédures et de leur généralisation à l'ensemble du parc, seules des procédures de conduite incidentelle, principalement axées sur la recherche et le traitement de faibles fuites (sur les linéris des piscines, sur les tapes d'obturation des générateurs de vapeur, etc.), permettent de guider les opérateurs en cas de baisse de niveau incontrôlée de la piscine de désactivation.

Une baisse de niveau d'eau dans la piscine de désactivation n'est détectable depuis la salle de commande qu'à partir de capteurs de niveau « tout ou rien » (stats de niveau bas et très bas), situés respectivement à environ 30 cm et 130 cm sous le niveau nominal de la piscine. En dessous du niveau très bas, les opérateurs en salle de commande n'ont plus de moyen de suivre une évolution à la baisse du niveau de la piscine et donc ne peuvent pas connaître l'efficacité des actions qu'ils pourraient avoir à entreprendre pour arrêter la vidange.

De plus, les vannes d'isolement du circuit PTR sont des vannes manuelles, généralement situées sur des tuyauteries de diamètre important (de l'ordre de 250 mm). Une fois la source de la vidange correctement identifiée, l'action d'isolement peut prendre un certain délai.

Ainsi en cas d'amorçage d'une vidange, les procédures en vigueur, l'instrumentation actuellement en place et les moyens d'action à disposition de l'exploitant ne favorisent pas une récupération rapide de la situation, augmentant ainsi les risques de découvrément des assemblages de combustible.

### *Cas des dispositifs casse-siphons dont le diamètre interne est inférieur à 20 mm*

La problématique du dimensionnement du dispositif casse-siphon de la ligne de refoulement du circuit PTR et, de manière plus générale, la sûreté de l'entreposage en piscine de désactivation ont déjà été abordées dans l'IRS



n° 7764 publié en 2005 et intitulé : « Augmentation du risque avéré de découverture des assemblages de combustible en piscine de désactivation ».

Cet IRS mentionnait que des actions de vérification du dimensionnement correct des dispositifs casse-siphon étaient en cours. Depuis, les études réalisées par l'exploitant sur les réacteurs de type 900 MWe CPY ont montré qu'un dispositif casse-siphon d'un diamètre interne de 20 mm permet de stopper des vidanges initiées par une erreur de lignage. Le scénario enveloppe redouté conduit dans ce cas à un débit de vidange de l'ordre de 800 m<sup>3</sup>/h. Par contre, on ne peut exclure que la section de passage du casse-siphon soit insuffisante pour arrêter une vidange correspondant à une rupture guillotine du collecteur principal du circuit PTR.

De ce fait, l'exploitant s'est engagé dans le cadre des réexamens de sûreté à modifier les dispositifs casse-siphons afin d'augmenter leur section de passage (à une section équivalente à un orifice de 40 mm).

Les contrôles de conformité réalisés suite à la découverte de l'absence de casse-siphon sur deux tranches du site de Cattenom ont montré que sur les réacteurs de type 900 MWe, 1300 MWe P'4 et 1450 MWe les diamètres des casse-siphons sont conformes à l'attendu, sauf sur les tranches de Golfech 1 (17 mm) de Belleville 1 (15 mm). Par ailleurs, l'ensemble des 8 réacteurs de type 1300 MWe P4 sont équipés d'un casse-siphon d'un diamètre interne n'excédant pas 10,4 mm.

Dans le cas particulier des réacteurs de type P4, il doit être pris en considération que le circuit de traitement et de purification de l'eau des piscines, connecté au circuit de refroidissement, n'est pas dimensionné au séisme (particularité de ce type de réacteurs). De plus, les tuyauteries de ce circuit (d'un diamètre d'environ 100 mm) sont difficilement inspectables sur toute leur longueur du fait de l'ambiance radiologique induite par les filtres et des déminéraliseurs. Par le passé, des fissurations traversantes ont déjà été détectées sur ces portions de tuyauteries.

Ce circuit de traitement et de purification est isolé du circuit de refroidissement par une vanne à commande pneumatique et un clapet anti-retour. En cas de baisse de niveau de la piscine, la fermeture de la vanne pneumatique n'est pas automatique et nécessite une action manuelle de l'opérateur.

Un séisme susceptible d'entraîner une rupture brutale de la ligne du circuit de traitement et de purification des piscines a une forte probabilité de conduire simultanément à une perte totale des alimentations électriques externes, donc à un arrêt automatique du réacteur et à la mise en œuvre des procédures de conduite accidentelle des Règles générales d'exploitation. L'entrée dans ces procédures amènerait l'équipe de conduite à ignorer toutes les alarmes et procédures « incidentelles » relatives à la piscine de désactivation. Compte tenu du dimensionnement actuel du casse-siphon des réacteurs de type P4, un tel événement conduirait à une forte probabilité de dénoyage total des assemblages de combustible entreposés en piscine de désactivation et donc d'accident grave.

## 5. ACTIONS CORRECTIVES

Les dispositifs casse-siphons des tuyauteries de refoulement PTR des réacteurs 2 et 3 du site de Cattenom ont été percés dans un délai d'environ un mois après détection de l'écart, tranche en fonctionnement.

Les casse-siphons des réacteurs de Golfech 1 et de Belleville 1 ont été remis en conformité dans le courant du mois de janvier.

L'exploitant n'a pas pris d'action corrective sur les réacteurs de type P4.

## 6. ENSEIGNEMENTS

L'importance particulière des dispositifs casse-siphons dans la prévention d'un risque de dénoyage d'assemblages de combustible dans la piscine de désactivation a été soulignée par l'IRSN lors de la réunion du Groupe permanent du 28 novembre 2002 consacré à la sûreté de l'entreposage du combustible en piscine de désactivation. Suite à cette réunion, l'exploitant s'était engagé à mettre en place, sous 6 mois, un programme de contrôle périodique de non obstruction de ces dispositifs. L'écart de conformité découvert en décembre 2011 sur Cattenom aurait donc pu être détecté et traité de façon plus précoce si l'exploitant avait appliqué le programme sur lequel il s'était engagé fin 2002

Par la suite, les études réalisées dans le cadre du réexamen de sûreté des tranches de 900 MWe ont permis de montrer qu'un dispositif casse-siphon d'un diamètre interne de 20 mm permet de stopper une vidange initiée par une erreur de lignage mais elles ne démontrent pas qu'il pourrait faire face au scénario enveloppe à envisager, à savoir la rupture guillotine du collecteur principal du circuit PTR.

Ce constat a amené l'exploitant à proposer de porter la section de passage des dispositifs casse-siphons à une section équivalente à celle d'un orifice de 40 mm sur l'ensemble de son parc de réacteurs, au plus tard à l'occasion leur prochaine visite décennale. Dans le cadre des Évaluations complémentaires de sûreté (ECS) post-Fukushima, l'ASN a considéré que cette modification revêtait un caractère prioritaire. *L'ASN a établi un projet de prescriptions réglementaires visant, entre autres, à améliorer la sûreté de l'entreposage en piscine de désactivation. L'une de ces prescriptions demande à l'exploitant de prendre des dispositions permettant d'éviter une vidange complète et rapide par siphonage de la piscine avant fin mars 2014.*

La découverte l'absence de casse-siphons sur deux tranches de la centrale de Cattenom, postérieure à cette prise de décision, conduit plus généralement à s'interroger sur l'approche déterministe de sûreté applicable aux réacteurs en exploitation. En effet, selon cette approche, les dispositifs casse-siphons étant des dispositifs passifs, leur défaillance peut ne pas être postulée à court terme. Cette approche a évolué lors de la réflexion sur les principes de sûreté à appliquer lors de la conception des réacteurs de troisième génération. En effet, les directives édictées par l'ASN pour la conception de ces réacteurs indiquent que « des études de sensibilité doivent être réalisées pour montrer que le cas d'une défaillance unique passive à court terme (avant 24h) est couvert par la prise en compte des défaillances uniques actives ou ne conduit pas à un effet falaise pour ce qui concerne

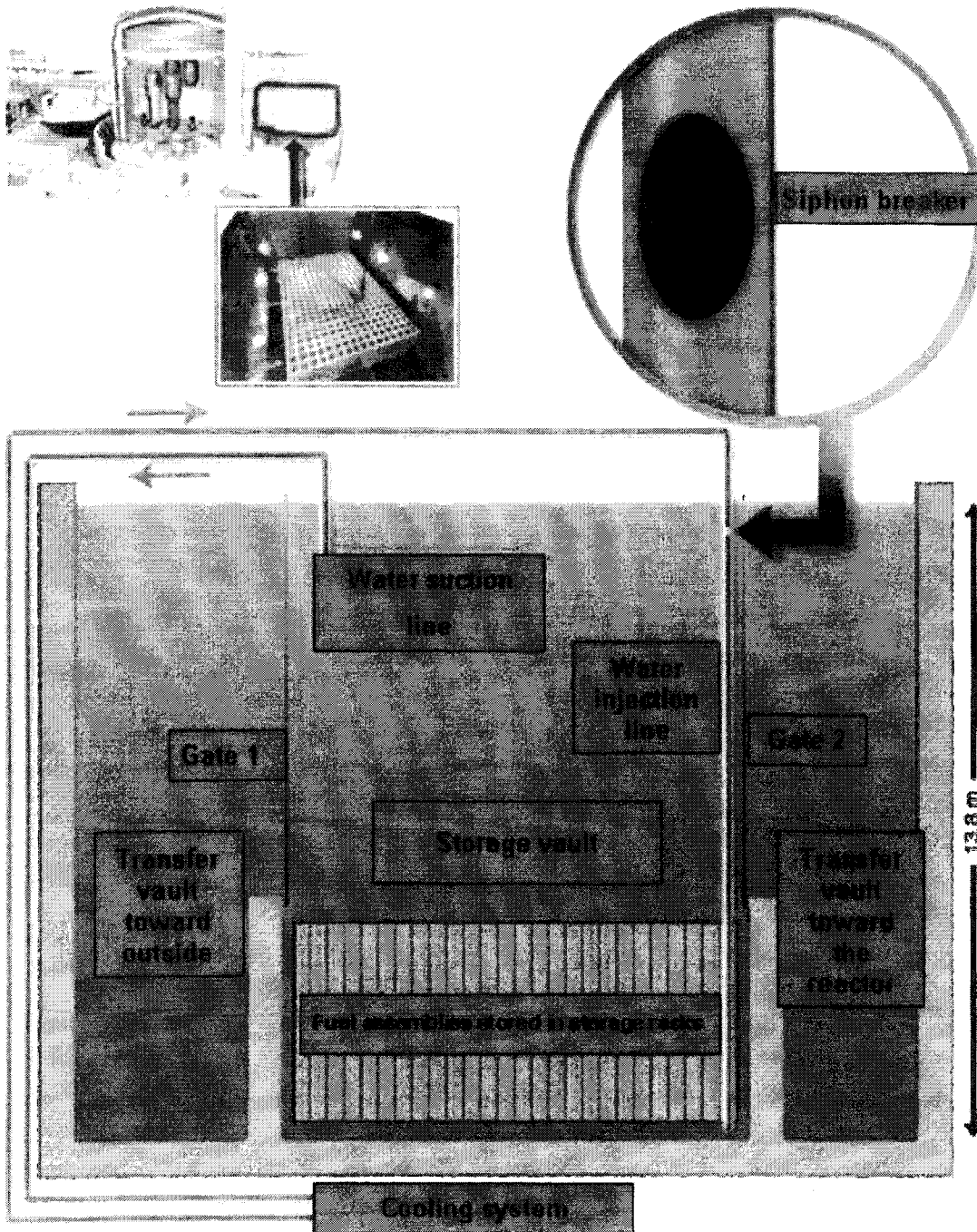
l'efficacité du système ainsi que les conséquences radiologiques ». L'application de ce principe au circuit de refroidissement de la piscine de désactivation du réacteur de type EPR en cours de construction sur le site de Flamanville a notamment conduit à ajouter, en sus du casse-siphon, un clapet anti-retour sur les lignes de refoulement PTR. Ce clapet constitue une ligne de défense supplémentaire en cas de siphonage permettant de postuler la défaillance du casse-siphon.

Compte tenu des risques encourus (fusion de combustible dans un bâtiment non confiné), l'incident de Cattenom met en lumière l'intérêt d'examiner, sur le parc en exploitation, des solutions permettant d'éviter le découverture d'un ou plusieurs assemblages de combustible dans le BK en cas de défaillance d'un dispositif casse-siphon.

De plus, cet incident met à nouveau en exergue l'insuffisance des moyens actuels de gestion d'une situation accidentelle de vidange (procédure de conduite et instrumentation disponible). Il montre la nécessité de les renforcer et d'examiner leur suffisance dans le cadre de la poursuite des ECS.

Enfin, un incident de baisse de niveau accidentelle de la piscine d'entreposage du combustible s'était produit à River Bend aux États-Unis en septembre 1987. Cette baisse de niveau significative qui avait donné lieu au rapport IRS n°928 montre l'intérêt d'analyser et de prendre en compte le retour d'expérience.

Figure 1 : localisation du casse siphon sur la tuyauterie de refoulement du refroidissement de la piscine de désactivation



Copies internes avec P.J :

IRSN/DAI/DDI	MM.	BERTRAND
IRSN/DGASN	M.	CHARLES
PSN-EXP	MM.	DURETZ
		QUENTIN
		MENAGE
PSN-RES	M.	MICAELLI
PSN-SRDS	MMe	CADET-MERCIER
PND-END/SESD		
PSN-EXP/SSRD		
PSN-EXP/SSTC		
PSN-EXP/SES		
PSN-EXP/SNC		
PSN-SRDS/SSyR		
PSN-SRDS/SCOREX		
PSN-SRDS/SFORE		
PSN-RES/SA2I		
PSN-RES/SAG		
PSN-RES/SCA		
PSN-RES/SEMIA		
PSN-EXP/SSREP	MM.	BIGOT
		HOLBE
		WATTRELOS
		BODINEAU
		DUCAMP
		ELSENSHON
		GILLOTEAU
		PIGNOLET
		WALLE
		FARGES
		FATOUX