

Nos références : **PEC-DP2DPP-00005-ASN**

Date d'envoi : 28/11/2018

Interlocuteur(s) : **[]**

Tour CEDRE - 7 Allée de l'Arche
92938 La Défense

**A l'attention de Monsieur le Président de
l'Autorité de Sûreté Nucléaire**

15 Rue Louis Lejeune
92120 Montrouge

Accessibilité :	Restreinte	Réponse requise	Non
Réponse à la réf. :		Réponse attendue avant le :	N/A

Objet : Projet Piscine d'Entreposage Centralisé – Courrier de synthèse des échanges relatif à l'instruction du Dossier d'Option de Sûreté

Courbevoie, le 28/11/2018

Monsieur,

Dans le cadre de l'instruction du Dossier d'Options de Sûreté du Projet Piscine d'EDF, nous vous transmettons en annexe au présent courrier une synthèse des éléments et précisions apportés à l'IRSN au cours de l'instruction en amont du courrier de projet de positions et actions [1] *PEC_DP2DPP_00004_ASN* du 15/11/2018.

Ce courrier vient compléter le Dossier d'Options de Sûreté et les deux documents techniques qu'EDF a adressés à l'ASN en amont de l'instruction, courriers :
[2] *PEC_DP2DPP_00002_ASN* du 24/10/2017 traitant des choix de conception de l'installation, et
[3] *PEC_DP2DPP_00003_ASN* du 17/11/2017 traitant des conditions de site retenues pour sélectionner l'implantation de la Piscine vis-à-vis de la sûreté.

Vous en souhaitant bonne réception, je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

[]

Copies : ASN/DRC – IRSN/PSN – EXP/SSTC

Pièces jointes : N/A

Annexe : Synthèse des échanges techniques durant l’instruction du Dossier d’Option de Sûreté du projet Piscine.

TABLE DES MATIERES

1	FONCTIONS DE L’INSTALLATION.....	5
1.1	UF2 – DECHARGEMENTS DES EMBALLAGES	5
1.2	UF3 – ENTREPOSAGE DES ASSEMBLAGES COMBUSTIBLES	5
1.3	UF5 – FONCTIONS SUPPORTS	5
1.3.1	Distribution électrique	5
1.3.2	Gestion des effluents	8
1.3.3	Gestion des déchets	9
2	CHOIX DE CONCEPTION RETENUS.....	10
2.1	CONCEPTION GENERALE.....	10
2.1.1	Cellule de déchargement.....	10
2.1.2	Bassin.....	10
2.1.3	Exclusion du risque de fuite	11
2.2	SUPPORTAGE BASSIN	12
2.3	LINER.....	12
2.4	PANIER D’ENTREPOSAGE.....	13
2.4.1	Principe de conception des paniers.....	13
2.4.2	Opération de remplacement des paniers	13
2.5	VENTILATION ET EVACUATION DE LA CHALEUR.....	14
2.5.1	Hypothèses.....	14
2.5.2	Généralités sur les ventilations de la Piscine	16
2.5.3	Ventilation Hall Piscine (DWH)	17
2.6	BASSIN D’ENTREPOSAGE	19
2.7	SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DE L’EAU DES BASSINS - PTA.....	19
2.7.1	Fonction du système	19
2.7.2	Principe de fonctionnement.....	20
2.7.3	Critère de Défaillance Unique (CDU)	22
2.7.4	Situations accidentelles – performances attendues.....	22
2.7.5	Maintenance	23
2.7.6	Situation DEC dans le bassin.....	24
3	CELLULE DE DECHARGEMENT	25
3.1	TRANSFERT D’UN AC DANS LA CELLULE	25
3.2	MONTEE EN TEMPERATURE DES ASSEMBLAGES DANS LA CELLULE (DEC).....	25
3.3	VENTILATION CELLULE DE DECHARGEMENT (DWK).....	27

3.3.1	Fonction du système	27
3.3.2	Principe de fonctionnement.....	27
3.4	AUTRE	28
3.5	APPOINT EN EAU NORMAL – WAN	28
4	SURVEILLANCE DES ASSEMBLAGES	29
4.1	RECEPTION DES ASSEMBLAGES IDENTIFIES INETANCHES	29
4.2	ENTREPOSAGE LONG TERME.....	30
4.3	SURVEILLANCE DES AC EN ENTREPOSAGE	31
4.3.1	Surveillance envisagée	31
4.3.2	Principe de Surveillance envisagée.....	32
4.3.3	Cycles thermiques.....	33
5	ANALYSE DES RISQUES	34
5.1	RISQUES D'ORIGINE INTERNE	34
5.1.1	Risque de criticité	35
5.2	RISQUES D'ORIGINE EXTERNE	35
5.2.1	Chute d'avion.....	35
5.2.2	Séisme	38
5.2.3	Cumul d'agressions.....	38
6	DOMAINE D'EXTENSION DU DIMENSIONNEMENT (DEC)	39
6.1	DEFINITION	39
6.2	SCENARIO 1 : PERTE TOTALE ET PROLONGEE DU REFROIDISSEMENT DU BASSIN	40
6.3	SCENARIO 2 : PERTE TOTALE DE LA VENTILATION DE LA CEULLULE DE DECHARGEMENT CUMULEE A UN BLOCAGE DES ENGINS DE MANUTENTION .	40
6.4	SCENARIO 3 : MANQUE DE TENSION ELECTRIQUE GENERALISE.....	41
6.5	APPOINT EN EAU ULTIME	41
6.6	REPRISE PROGRESSIVE DE L'EXPLOITATION	42
7	ELIMINATION PRATIQUE	42
7.1	ENJEUX DE SURETE ET CONDITIONS RETENUES	43

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Architecture envisagée pour l'alimentation électrique de la Piscine	6
Figure 2 : Architecture de la distribution électrique de secours.....	7
Figure 3 : Architecture alternative si le bilan de puissance secourue est inférieure à 4,5MVA	7
Figure 4 : Vue maquette - Zone de manutention des équipements sur le « plancher piscine »	11
Figure 5: Schéma des zones de ventilation	17
Figure 6 : Tableau des systèmes de ventilation.....	17
Figure 7 : Schéma du système de ventilation DWH.....	18
Figure 8 : Schéma de présentation du système de refroidissement de la piscine.....	21
Figure 9 : Schéma détaillé du système de refroidissement de la piscine.....	21
Figure 10 : Immobilisation d'un AC en cours de manutention.....	26
Figure 11 : Calcul des températures atteintes dans l'emballage immobilisé au poste d'accostage	26
Figure 12 : Schéma principe de fonctionnement du système WAN.....	29
Figure 13 : Examens dimensionnels, mesure d'épaisseur d'oxyde.....	33
Figure 14 : Vue en coupe - Position des joints structurels interface plancher/cellule	37
Figure 15 : Vue en plan - Position d'un joint structurel interface plancher/cellule	37
Figure 16 : Principe de conception d'un plancher déconnecté.....	37
Figure 17: Schéma de principe du système SEG.....	42

1 FONCTIONS DE L'INSTALLATION

Les fonctions principales de l'installation sont regroupées en cinq unités fonctionnelles (UF) détaillées dans le DOS. Parmi celles-ci, le projet souhaite compléter les informations transmises dans les précédents documents [1] et [2].

1.1 UF2 – DECHARGEMENTS DES EMBALLAGES

L'emballage de référence retenu par découplage, en attendant la conception détaillée de l'emballage dédié au transport des AC RNR, possède les caractéristiques suivantes :

- Masse = [] tonnes
- Longueur hors tout = [] mm
- Diamètre cavité (pertinent pour l'accostage) = [] mm (idem emballages MARK2 et TNG3).

Au stade des études, l'installation de déchargement, y compris l'accostage de la cellule, sera conçue pour recevoir cet emballage de référence (et donc les MARK2 et TNG3). Par la suite, c'est la conception des emballages qui devra s'adapter aux contraintes d'accostage.

1.2 UF3 – ENTREPOSAGE DES ASSEMBLAGES COMBUSTIBLES

A ce stade du projet, il est prévu à *minima* de réaliser un inventaire systématique des matières radioactives à la réception et au départ des assemblages.

L'objectif du projet est de disposer d'un processus simple et fiable pour la gestion de l'entreposage des combustibles.

A la réception / départ :

- Référencement des colis qui arrivent ou partent du site avec connaissance de l'origine et du contenu des assemblages – suivi papier et informatique des réceptions et des départs ;

L'entreposage sera géré de manière à :

- Enregistrer dans une base de données informatisée la localisation de l'assemblage dans le bassin permettant de connaître les positions de chacun des assemblages dans le bassin à un instant donné.
- Disposer du bilan des matières fissiles dans le bassin [] et donc de disposer d'un inventaire de matière.

1.3 UF5 – FONCTIONS SUPPORTS

1.3.1 Distribution électrique

L'architecture de la distribution électrique de la Piscine s'appuie notamment sur les principes du RCC-E 2016 pour les équipements classés « C1 » et sur les exigences contenues dans le DOS.

Cette architecture découle des bilans de puissance préliminaires en fonctionnement normal et accidentel, intégrant les premiers pré-dimensionnements des principaux systèmes de la Piscine : ventilation, réchauffage, climatisation et circuit de refroidissement.

L'architecture actuelle de la distribution électrique se compose principalement :

- de [] sources externes (aussi indépendantes que possible) associées à une distribution électrique normale composée de [] divisions principales séparées physiquement, à l'image des trains mécaniques du circuit de refroidissement (pour faciliter la maintenance),
- de [] sources internes de secours par bassin composées de groupes électrogènes de secours (GES) associées à leur distribution électrique de secours,
- de sources internes d'ultimes secours.

Cette architecture pourra évoluer pour tenir compte de l'avancement des études.

1.3.1.1 Distribution électrique normale

Suite aux premières études, les bilans de puissance appelés sont compris entre [] MVA par bassin. Ainsi, les raccordements possibles de l'installation, en accord avec le domaine de tension de raccordement de référence pour une installation (consommateur) selon l'Arrêté du 4 juillet 2003, seraient de [] kV.

La distribution alternative interruptible est composée de Tableaux Généraux Basse Tension (TGBT) [].

L'architecture envisagée pour l'alimentation de la Piscine à partir de [] sources externes aussi indépendantes que possible serait :



Figure 1 : Architecture envisagée pour l'alimentation électrique de la Piscine

1.3.1.2 Distribution électrique de secours

L'architecture envisagée pour la distribution électrique interne de secours est présentée de façon synthétique à la Figure 2 ci-après.

Le principe retenu est d'avoir [] GES classés de sûreté par voie électrique et par bassin, dimensionnés pour secourir :

- [] TGBT hors période de maintenance. En cas de maintenance d'un GES ou TGBT d'une voie, une réalimentation par les autres TGBT de la voie est prévue.
- [] TGBT en période de maintenance (cette période est choisie de façon favorable vis-à-vis du bilan de puissance). Les communs de site sont secourus par les diesels



Figure 2 : Architecture de la distribution électrique de secours

Dans le cas où le bilan de puissance secourue reste inférieur à [] MVA, une autre architecture de la source interne de secours serait envisageable :

- [] GES classé par voie et par bassin ;
- En cas de maintenance d'un GES ou TGBT d'une voie, recours à [] GES diversifié de site ;
- [] GES diversifié pour l'ensemble du site.

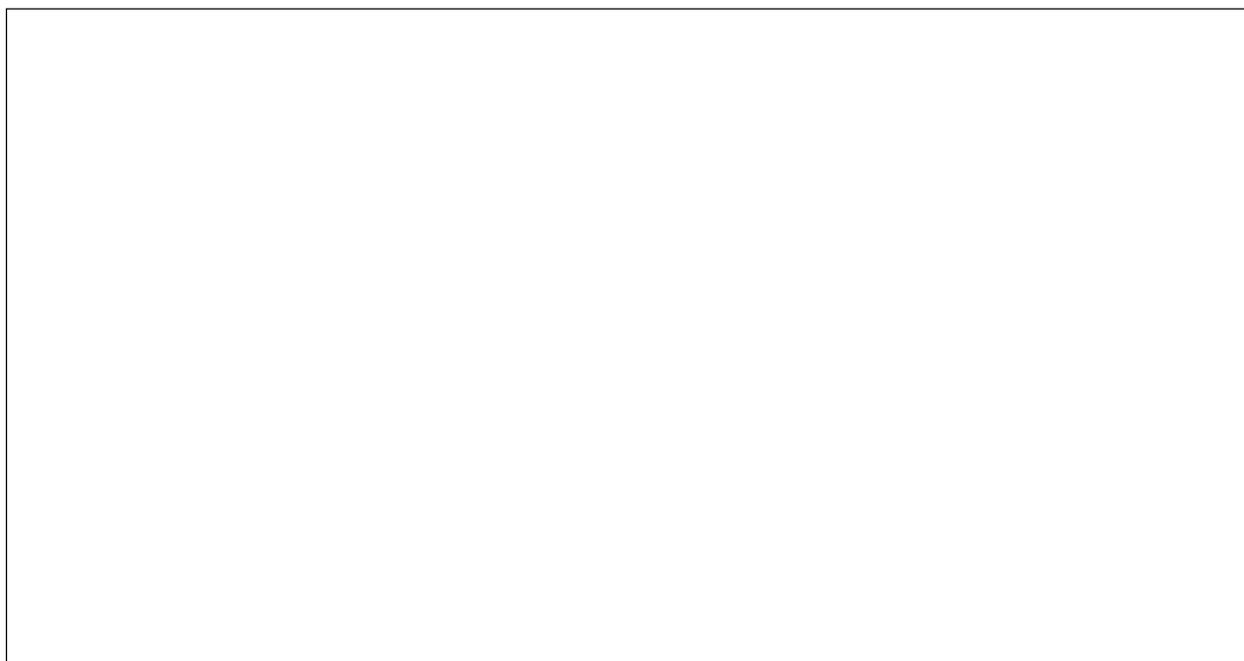


Figure 3 : Architecture alternative si le bilan de puissance secourue est inférieure à [] MVA

A ce jour, la nécessité de maintenir une alimentation électrique ultime sur certaines fonctions comme la supervision de l'installation (capteurs de niveau et température de l'eau du bassin par exemple) ou manutention ne conduit pas à la mise en œuvre d'un groupe électrogène d'ultime secours. L'autonomie envisagée pour l'installation est de [].

1.3.1.3 Système d'alimentation sans interruption

L'architecture envisagée est :

- systèmes de distribution indépendants, l'un en courant alternatif, l'autre en courant continu, sont envisagés pour chaque voie de chaque bassin ;
- Niveaux de tension envisagés:
 - V ou V pour la distribution « courant continu » ;
 - V ou V pour la distribution « courant alternatif ».

La conception détaillée de ce système s'inscrit dans les phases ultérieures du projet.

1.3.2 Gestion des effluents

Les fonctions associées à la gestion des effluents sont :

- collecter les différents types d'effluents séparément suivant leur nature et leur activité,
- entreposer ces effluents collectés,
- échantillonner et contrôler la qualité chimique et radiochimique des effluents,
- rejeter les effluents dans l'environnement en respectant les limites de rejets ou les évacuer via une filière de traitement des déchets radioactifs liquides,
- avoir la possibilité de traiter les effluents avant rejet ou évacuation avec un procédé mobile de traitement.

1.3.2.1 Collecte

Un système de collecte des effluents sera prévu sur l'installation. Ce système permettra de récupérer les effluents liquides radioactifs des principales sources de production qui sont réparties en 3 catégories :

- les opérations de rinçage de composants démontables,
- les vestiaires chauds (lavabo/douche) et la laverie,
- les drains de planchers et les eaux de lavage.

1.3.2.2 Entreposage

Pour chaque catégorie d'effluent, des bâches dédiées sont à l'étude. En l'état actuel de la conception, il est proposé de disposer en permanence de bâches pour chaque catégorie d'effluent .

1.3.2.3 Echantillonnage et contrôle

Un contrôle chimique et radiologique des effluents en sortie des bâches sera mis en œuvre. Ce contrôle permettra de définir vers quelle bâche les effluents iront :

- soit une bâche destinée aux rejets,
- soit une bâche permettant leur épuration.

1.3.2.4 Traitement et rejet

Le système de gestion des effluents devra pouvoir intégrer la mise en place d'un système de traitement mobile si les caractéristiques physico-chimiques de l'effluent ne permettent ni son rejet, ni son évacuation.

A ce stade des études, l'exutoire des effluents collectés sur l'installation n'est pas encore défini. Cette orientation dépendra du choix de site.

Le système de gestion des effluents liquides (TEU) est un système classé de sûreté compte tenu de son contenu radiologique potentiel.

1.3.3 Gestion des déchets

Le système de gestion des déchets assure la collecte sélective, l'entreposage, le conditionnement, le contrôle et l'évacuation vers les filières appropriées, des déchets solides radioactifs produits au cours de l'exploitation de la Piscine. Un bâtiment de traitement des effluents (BTE – en cours de conception) sera dédié au traitement des déchets de procédés (résines, filtres) ou des déchets technologiques (vinyles, chiffons, etc...).

Les principes de la gestion des déchets reposent sur :

- la collecte et l'entreposage des déchets en attente de traitement,
- le contrôle et le conditionnement des déchets selon le procédé conforme aux spécifications de la filière appropriée aux caractéristiques radiologiques et physicochimiques du déchet,
- le contrôle avant l'évacuation des colis de déchets conditionnés.

Les déchets solides se composent principalement

- Des résines échangeuses d'ions (REI) utilisées pour l'épuration de l'eau de la piscine,
- Des cartouches usées des filtres implantés sur les différents circuits (eau, ventilation),
- Des déchets technologiques (outils, papiers, chiffons, vinyles, éventuellement contaminés).

Le système de gestion des déchets participant à la protection des populations et du personnel vis-à-vis de la limitation des rejets radioactifs et du confinement des substances radioactives sera classé de sûreté.

Le système de traitement des déchets est dimensionné pour le conditionnement en mode autonome, des déchets solides générés par les deux bassins de la Piscine.

1.3.3.1 Gestion des Résines Echangeuses d'Ions (REI)

Les REI en provenance des cartouches des échangeurs immergés dans les bassins sont collectées, transférées et entreposées dans un (ou des) réservoir(s) d'entreposage en attente de leur transfert vers le système de traitement.

Le système de traitement envisagé à ce jour consiste à []. Ce procédé est mis en œuvre par l'Unité Mobile d'Enrobage (UME) MERCURE qui conditionne les REI par campagnes de conditionnement. L'UME est alors raccordée aux réservoirs d'entreposage et le procédé d'enrobage des REI peut alors débuter.

Une fois constitués, les colis sont transférés vers une zone tampon où ils pourront faire l'objet d'opérations complémentaires de finalisation du colis (séchage, bouchage, ...)

Les colis sont ensuite contrôlés en attente d'évacuation vers une filière adaptée.

1.3.3.2 Gestion des filtres

Les filtres sont transférés des installations vers le système de traitement dans un emballage approprié au transport. Ces filtres sont contrôlés et transférés à l'aide des moyens de manutention adaptés vers la zone d'entreposage tampon en attente de traitement.

Le traitement des filtres s'effectue dans des locaux adaptés aux caractéristiques radiologiques du déchet (dosimétrie, confinement statique et dynamique, propreté radiologique,..) et au procédé de conditionnement retenu et équipés des moyens de manutention appropriés.

Une fois constitués, les colis sont transférés vers une zone tampon où en fonction du procédé retenu ils pourront faire l'objet d'opérations complémentaires de finalisation du colis (séchage, bouchage,...). Les colis sont ensuite contrôlés en attente d'évacuation vers une filière adaptée.

1.3.3.3 Gestion des déchets technologiques

Les déchets « technologiques » sont liés principalement à l'exploitation et à la maintenance de l'installation elle-même. La majorité de ces déchets sera peu ou pas radioactive. Ils seront collectés et conditionnés puis contrôlés et évacués vers une filière adaptée.

Pour rappel : il est pris comme hypothèse que les effluents et déchets produits par l'installation ne contiennent pas de matière fissile et leur puissance thermique n'est pas significative et n'induit pas de risque particulier au titre de la sûreté.

2 CHOIX DE CONCEPTION RETENUS

2.1 CONCEPTION GENERALE

Il n'est pas prévu, à ce stade des études, de mettre en place une enceinte géotechnique autour du bâtiment usine.

Etant donnée la durée de vie de l'installation, prévue de l'ordre d'une centaine d'années, des dispositions sont en cours d'étude sur les formulations adaptées de béton répondant aux conditions du site mais aussi à sa durée de vie. De plus, des dispositifs de surveillance et d'auscultation sont en cours d'étude afin d'assurer le suivi des ouvrages de GC sur toute la durée de vie.

2.1.1 Cellule de déchargement

Le joint structurel entre la dalle inférieure de la cellule et le canal de transfert fait l'objet d'une analyse spécifique prenant en compte les contraintes :

- radiologiques (continuité de la barrière de confinement et de la protection radiologique),
- d'installation et de process (manutention des assemblages au niveau de la trémie)
- liées au comportement des structures de Génie Civil (déplacements différentiels entre le canal et la cellule sous chargements sismiques notamment).

L'objectif recherché est de limiter l'utilisation de joints dont la durée de vie ne pourrait pas être démontrée pour la durée d'exploitation envisagée et d'étudier d'autres solutions techniques pour gérer la protection radiologique et le confinement (REX La Hague).

2.1.2 Bassin

La première option de conception consistant à ancrer le pont lourd sur les voiles de la structure externe renforcée a été supprimée. La manutention des échangeurs, paniers, ou autres matériels à installer dans le bassin se fera dans une zone dédiée du bassin en cours de conception.

Cette zone ne sera pas à proximité immédiate des paniers d'entreposage (voir Figure 4). Les matériels seront acheminés sur le « plancher piscine » par l'intermédiaire du sas d'accès matériel donnant sur la partie process du bâtiment usine.



Figure 4 : Vue maquette - Zone de manutention des équipements sur le « plancher piscine »

2.1.3 Exclusion du risque de fuite

L'exigence d'étanchéité en situations accidentelles de dimensionnement (DBC) ou d'extension du dimensionnement (DEC) est portée par le revêtement métallique (liner) situé dans le bassin. La conception du revêtement métallique intègre les différents chargements liés à ces situations.

Concernant l'agression particulière de la chute de charges, il est postulé un poinçonnement du liner, cependant la structure GC encaissera les efforts induits. Les éléments en béton armé des bassins seront dimensionnés à l'agression chute de charges afin de garantir la non ruine du bassin, et l'absence de baisse significative et rapide du niveau dans le bassin.

Les parois en béton ne sont pas précontraintes. Le critère de fissuration codifié dans le RCC-CW permet de prendre en compte les déformations du béton appliquées au liner.

Le projet a retenu comme principe de conception de son installation l'élimination pratique de rejets massifs par l'exclusion des scénarios de fuite massive non compensable en partie basse d'un bassin ou d'un canal de transfert.

Du fait de ce principe, il n'est pas prévu de revêtement d'étanchéité en face interne de la partie basse du hall d'entreposage.

Concernant l'équilibre en fond de bassin Il est difficile de définir et de quantifier une « grosse brèche non compensable ». A titre d'exemple, le calcul de débit de manière laminaire sans ralentissement du débit par la rugosité de l'ouverture ni par la longueur de l'ouverture avec une brèche de [] pouces [] montre que le bassin met [] à atteindre le niveau de [] (ce qui ne permet pas de découverture des AC). Cependant, il est à noter qu'aucun initiateur ne peut générer une telle brèche.

2.2 SUPPORTAGE BASSIN

A ce stade de la conception, le supportage du bassin est constitué d'un ensemble de plots béton supportant des appuis permettant de laisser libre les déplacements horizontaux du bassin sous chargements thermiques mais également de filtrer les accélérations en fond de bassin afin de favoriser la stabilité en cas de séisme des paniers entreposés en free-standing.

La hauteur du supportage, non définie à ce jour, doit permettre l'inspectabilité et la réparabilité du fond de bassin, ainsi que la jouvence des appuis durant toute la durée d'exploitation de la piscine. L'accès à la zone sous bassin se fera via la zone de déchargement, au niveau le plus bas de l'installation.

Les éléments en béton armé du bassin et du supportage seront dimensionnés conformément au RCC-CW.

Les appuis, dont la conception sera précisée à un stade ultérieur des études, feront l'objet d'une qualification dans les domaines de dimensionnement et d'extension du dimensionnement.

Le projet a bien intégré dans ses réflexions le retour d'expérience du projet *Diesel Ultime Secours du Parc* et les problématiques soulevées par les appuis néoprène fretté, notamment lors de leur fabrication.

Le travail de conception du supportage du bassin est en interface avec la conception des paniers et la justification de leur stabilité sous séisme. Un programme de travail itératif est prévu entre la conception du supportage du bassin et l'étude des paniers.

La conception du Génie Civil sera adaptée pour intégrer ces caractéristiques et un calcul de stabilité des paniers sera effectué pour un niveau de séisme extrême. L'aléa utilisé (de type spectre ou accélérogramme de plancher) sera calculé selon les méthodes classiques issue de la RFS2001-01 et du guide ASN 2-01.

Le séisme extrême est l'initiateur le plus probable d'une perte totale du refroidissement du bassin (situation DEC).

Indépendamment des suites données par le projet au courrier CODEP-DRC-2018-032074 du 8 août 2018, relatif au dimensionnement des éléments du noyau dur à l'aléa séisme extrême, le dimensionnement du bassin, de ses appuis parasismiques et du liner se basera a minima sur le séisme de dimensionnement (DEH) qui correspond au Séisme Majoré de Sécurité (SMS).

Le cumul de la perte totale du refroidissement (système PTA) et d'un séisme de dimensionnement (DBH) a été écarté à la conception en dimensionnant le PTA au séisme DBH.

2.3 LINER

L'orientation prise par le projet piscine est de réaliser une conception à partir des études des ouvrages déjà réalisés, type EPR, avec comme option la réalisation de soudures dites « bout à bout » par exemple. Les liaisons seront adaptés en fonction de la réalisation et de l'avancement des études sur le liner.

La volonté du projet est de réaliser à la construction 100% de contrôles volumiques sur les soudures radiographiables. Pour les soudures non radiographiables des moyens seront mis en œuvre pour assurer la qualité de réalisation (exemple : mesures compensatoires : ressuage entre couches et boîte à vide).

La surveillance du liner envisagée est celle réalisée sur les piscines de désactivation du Parc. Il n'est pas prévu de réaliser des contrôles des soudures en exploitation.

Afin de permettre un entreposage des paniers en free-standing, il est proposé d'étudier un arase-ment des soudures du liner en fond de bassin.

Concernant la localisation des fuites, le projet envisage de réaliser un compartimentage précis des fuites comme cela a été réalisé sur FLAMANVILLE3 en adaptant le zonage de surveillance à la piscine. []

Les bassins d'entreposage sont prévus d'être remplis en eau claire. L'exigence sur le taux de chlore dans la composition du béton est commune avec ce qui a été établi sur FLAMANVILLE3.

Le REX [] EDF va enrichir la connaissance sur la corrosion sous contrainte et son apparition en milieu piscine. Cette analyse complètera les exigences de conception, réalisation et maintenance du projet Piscine. Le REX sera étendu au recensement des techniques de réparation mis en œuvre et les méthodologies qualifiées à disposition pour les piscines du Parc. Les méthodes utilisées pour les réparations des liners du Parc seront utilisables pour la maintenance de la Piscine.

2.4 PANIERS D'ENTREPOSAGE

2.4.1 Principe de conception des paniers

Les paniers seront conçus sur la base de techniques de fabrication éprouvées.

Les caractéristiques des paniers combustibles ainsi que les enjeux liés à la maîtrise du vieillissement sont en cours de définition.

Les critères de remplacement des paniers ne sont pas identifiés à date. Néanmoins, à titre conservatoire, l'installation est conçue pour rendre possible le remplacement des paniers s'il s'avérait nécessaire.

EDF considère que le cas le plus défavorable pour la manutention d'un panier sur la durée de vie du projet est d'environ [] manutentions, soit 1 manutention tous les [].

Les matériaux envisagés pour le neutrophage ont des qualités éprouvées de résistance au vieillissement (acier boré par exemple). Cependant, à ce stade des études, le vieillissement du neutrophage ne devrait pas constituer un critère de remplacement. De même pour les sollicitations mécaniques (insertions d'AC, manutention ...) qui seront limitées pendant la durée d'exploitation. EDF considère à date qu'il n'y a pas d'obstacles flagrants à faire un contrôle durant l'exploitation mais n'en voit pas la nécessité.

Enfin les paniers qui subiraient une agression seront inspectés et si nécessaire remplacés.

2.4.2 Opération de remplacement des paniers

L'opération de remplacement, si nécessaire, d'un panier d'entreposage (plein d'assemblages combustibles intègres) par un autre, sera réalisée dans la cellule de déchargement, dans la trémie des paniers. Les paniers seront sous eau dans une configuration identique à celle requise pour une opération normale de déchargement des assemblages. []

Les principales étapes seront :

- positionnement en une fois des paniers plein et vide dans la trémie grâce au descenseur,
- prise des assemblages du panier plein (à remplacer) au panier nouveau (vide). Les assemblages passeront du panier (dans l'eau) à la cellule (dans l'air) au panier nouveau (dans l'eau),
- positionnement du nouveau panier plein dans le bassin à la place du panier à remplacer,
- décontamination et nettoyage du panier remplacé,
- sortie du panier à l'extérieur du hall piscine pour son entreposage comme déchet.

Par conception les paniers seront conçus pour conserver leur géométrie en situations normales et incidentelles. Cependant la définition d'initiateurs de conditions de fonctionnement accidentelles et les études d'agression sont en cours pour l'APS du projet. De ces études les conséquences mécaniques sur les paniers seront déterminées et intégrées dans la conception des paniers. D'une manière générale, suite à ces études, la sous-criticité des paniers pleins d'assemblages sera garantie en toutes situations.

En situation DEC, le(s) panier(s) manutentionné(s) dans la trémie de chargement/déchargement de la cellule devront atteindre, avant ébullition, leur position de repli en bas du descenseur.

En situation DEC, la perte totale du refroidissement de la piscine conduirait à l'ébullition de l'eau après [].

Comme pour le reste des paniers en fond de bassin, des marges très importantes existent au regard du découverture des assemblages (voir la problématique ébullition dans le chapitre DEC du DOS - Atteinte des cotes [] m d'eau > [] jours et [] m > [] jours).

2.5 VENTILATION ET EVACUATION DE LA CHALEUR

2.5.1 Hypothèses

Dans le cadre de la première phase de développement de la conception de la Piscine et en cohérence avec les projets EPR FA3 et EPR 2, il a été retenu le corps d'hypothèses suivant pour l'estimation des températures d'air extrêmes chaudes (des analyses complémentaires seront menées en APS et après choix de site pour confirmer ces valeurs) :

- Températures relatives au fonctionnement normal estimées avec un niveau de retour de 100 ans pour une station météo-France proche ;
- Températures relatives à l'agression « de dimensionnement » estimées en ajoutant une marge forfaitaire à celles calculées pour un niveau de retour de 100 ans pour définir un niveau DBH équivalent au niveau d'aléa correspondant à une période de retour décennale : +2°C pour les températures d'air sec.
- Prise en compte du changement climatique calculé avec le modèle climatique enveloppe entre les 2 modèles français (CNRM-CM5 développé par Météo France et IPSL-CM5A-MR développé par l'Institut Pierre-Simon Laplace) et le scénario climatique AR5 du GIEC le plus pénalisant (RCP 8.5).
- Calculs réalisés pour les périodes suivantes :
 - 2011-2040,
 - 2041-2070,
 - 2071-2100.
- Incertitudes retenues sur les calculs : borne supérieure de l'intervalle de confiance supérieur à [].

A date les températures de référence qui ont été retenues pour les études sont les suivantes (ces températures seront à confirmer/ajuster en fonction du choix de site) :

Pour le refroidissement de l'eau des bassins (PTA) :

Fonctionnement normal et incidentel (DBC1/2) : []°C (T_{max} sur 3 j, hyp pour niveau de retour 100 ans)

Evénements internes DBC3/4 : []°C (T_{max} sur 3 j, hyp pour niveau de retour 100 ans)

Agressions climatiques DBH : []°C (T_{\max} sur 3 j, hyp pour niveau de retour 10 000 ans)
[]°C (T_{\max} sur 12 h, hyp pour niveau de retour 10 000 ans)
[]°C (T_{\max} instantanée, hyp pour niveau de retour 10 000 ans)

Pour la ventilation en cellule de déchargement (DWK) :

Fonctionnement normal et incidentel (DBC1/2) : []°C (T_{\max} sur 12 h, hyp pour niveau de retour 100 ans)
Evénements internes DBC3/4 : []°C (T_{\max} sur 12 h, hyp pour niveau de retour 100 ans)
Agressions climatiques DBH : []°C (T_{\max} sur 12 h, hyp pour niveau de retour 10 000 ans)
[]°C (T_{\max} instantanée, hyp pour niveau de retour 10 000 ans)

La différence essentielle entre ces deux systèmes de refroidissement concerne l'inertie de l'installation.

En effet, en piscine, les volumes d'eau ainsi que les volumes de béton permettent de supporter des pics de températures de courte durée [] avec un dimensionnement du système de refroidissement sur la base d'une température externe maximale moyennée sur 3 jours [], alors que dans d'autres locaux et en cellule de déchargement où les cinétiques d'évolution des températures sont beaucoup plus rapides, il est nécessaire de palier à des pics de température plus élevés, ces derniers considérant des températures externes maximales moyennées sur des durées plus courtes.

La période considérée comme représentative de la charge thermique maximale en piscine est la fin de période active d'entreposage (2041-2070). Cette période, la plus contraignante, a été considérée pour le dimensionnement du circuit de refroidissement du bassin qui plus est dans le contexte du pic de charge associé à l'Aléa La Hague.

En ce qui concerne DWK (Système de ventilation de la cellule de déchargement), afin d'assurer l'entreposage/désentreposage quelle que soit la période, la température de [] est retenue au titre de l'agression climatique. Le choix de [] h est motivé par des procédés différents (cellule, emballage) à mettre en œuvre durant les [] heures nécessaires au désentreposage. Il est ainsi considéré que sur [] h, la prise en compte des [] h les plus contraignantes permettent le cycle complet d'évacuation de l'emballage.

La période considérée comme la plus pénalisante, à charge thermique constante en cellule, est la période de désentreposage (potentiellement 2071-2100).

Par ailleurs, la température maximale instantanée d'environ []°C (correspondant à cette dernière période) est celle qui dimensionne les ventilations permettant le fonctionnement des EIP nécessaires au maintien des fonctions de sûreté pendant et après agression climatique.

Afin de définir les températures de dimensionnement des SSC classés de sûreté, il convient de s'intéresser aux conditions de fonctionnement et d'utilité de ces SSC. En effet, certains SSC doivent être dimensionnés pour fonctionner en permanence (par exemple le système PTA), alors que d'autres ne sont utiles que lors de certaines opérations du procédé (par exemple la ventilation accidentelle en cellule lors des manutentions combustible).

Dans l'état actuel de la conception, le projet pense appliquer deux types de températures extérieures pour protéger les SSC valorisés dans la démonstration de sûreté :

- une plage de températures en fonctionnement normal (NR 100 ans) ;

Cette plage de température couvrira les périodes de réception de combustibles usés jusqu'en 2050, mais aussi la période suivante (jusqu'en 2100), afin d'assurer le désentreposage et le refroidissement des locaux contenant des SSC de sûreté nécessaires après agression (PCP, pomperie PTA, diésels, CC, distribution électrique DBC1 ou batteries, capteurs, etc..). Hypothèse pour cette dernière période de prendre en compte la température []°C (à confirmer selon le modèle climatique présenté précédemment).

- une plage de température en fonctionnement accidentel.

En cas d'agression, cette plage de température permettra le refroidissement des locaux et des systèmes supports du refroidissement des emballages en locaux confinés ou non. Pour les locaux contenant des SSC de sûreté nécessaires après agression, pendant et au-delà de la période de réception combustible (locaux identiques à ceux listés précédemment), une température maxi instantanée de []°C est retenue.

Nota : Pour les autres locaux, les choix d'exploitation sont encore en cours de définition.

2.5.2 Généralités sur les ventilations de la Piscine

2.5.2.1 Fonction du système

La ventilation de la piscine permet le maintien des conditions d'ambiance adéquates pour le bon fonctionnement des matériels et des accès du personnel. De plus, la ventilation permet de réaliser le confinement des zones contaminables et d'un point de vue sûreté d'assurer la fonction d'évacuation de la puissance résiduelle.

2.5.2.2 Principe de fonctionnement de la ventilation de l'installation

Il est nécessaire de distinguer deux types de ventilation, en fonction des types de zones ventilées. Le schéma ci-dessous présente la distinction des zones pour le projet piscine.

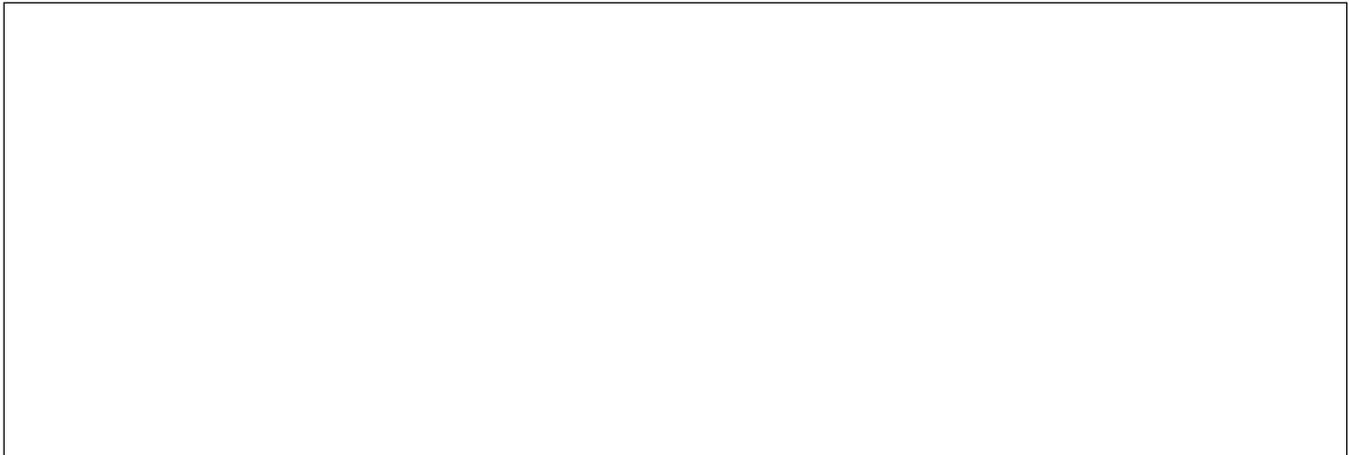


Figure 5: Schéma des zones de ventilation

Système HVAC	Désignation	Bâtiment
7DVT	Système de ventilation du bâtiment de gestion des transports et de mise sur châssis	7HKT
7DVM	Système de ventilation du bâtiment d'accueil des colis	7HKM
5DVN	Système de ventilation du bâtiment d'accès et des auxiliaires - zone non contaminable	5HKN
5DWN	Système de ventilation du bâtiment d'accès et des auxiliaires - zone contaminable	5HKN
5DVV	Système de ventilation du bâtiment technique de ventilation	5HKV
5DWO	Système de ventilation du bâtiment de déchargement	5HKO
5DWK	Système de ventilation de la cellule de déchargement	5HKO
5DCL	Système de ventilation du poste de commande procédé	5HKO
5DVU	Système de ventilation des locaux électriques d'ultime secours	5HKO
5DWH	Système de ventilation du Hall d'entreposage	5HKH
5DVD	Système de ventilation des bâtiments diesel	5HDA/HDB
5DVL	Système de ventilation du bâtiment électrique (locaux électriques et contrôle commande)	5HLA/HLB
5DVP	Système de ventilation des bâtiments de pomperie du système de refroidissement du bassin	5HP-
7DWQ	Système de ventilation du bâtiment de traitement des déchets et effluents et atelier chauds	7HQ-
7DVQ	Système de ventilation des bâtiments d'entreposage	7HQ-
7DVP	Système de ventilation du bâtiment de production d'eau	7HP-
5DFL	Système de désenfumage des bâtiments de la tranche	5xxx
7DFL	Système de désenfumage des bâtiments communs de tranches	7xxx

Systèmes de ventilation des zones contaminables

Figure 6 : Tableau des systèmes de ventilation

2.5.3 Ventilation Hall Piscine (DWH)

2.5.3.1 Fonction du système

La ventilation du hall piscine doit permettre de :

- Maintenir des conditions d'ambiance adéquates,
- Limiter la condensation sur les parois,
- Maintenir une légère dépression vis-à-vis de l'extérieur,
- Isoler le bâtiment,
- Limiter les niveaux d'activités rejetées à l'environnement.

Ainsi le conditionnement et le confinement dynamique du hall relève du fonctionnement normal de l'installation. Pour les autres situations, plusieurs cas se présentent :

- En situation accidentelle DBC 2 à 4, les organes d'isolement du circuit DWH sont redondés et robustes au MDTE et un confinement statique du hall d'entreposage est réalisé,
- En situation DEC, les organes d'isolement du circuit DWH sont robustes au MDTG et un confinement statique du hall d'entreposage est réalisable,
- En situation DBC4 avec rupture d'assemblage(s), la fonction de filtration de l'air n'est pas requise car la filtration est majoritairement assurée par l'eau du bassin.

Ainsi à ce stade des études, la ventilation n'est pas valorisée dans la démonstration de sûreté pour atteindre les critères de doses. La stratégie retenue pour la piscine est que le système permet l'isolement de la ventilation, la temporisation éventuelle et sa réutilisation si la ventilation est disponible.

Cet isolement est mis en place pour gérer des situations à court terme, EDF mettra en place des dispositions pour gérer une remise en fonctionnement de la ventilation sur la gestion de situation à long terme.

Les premières analyses montrent qu'en l'absence de ventilation lors de la mise en place d'un confinement statique, le taux de dihydrogène dans le hall bassin reste inférieur à la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE), fixée à 5%. Un benchmark international (Sellafield notamment) confirme la pré-analyse réalisée sur le sujet. Ceci s'explique par le fait que la faible puissance résiduelle unitaire des assemblages combustibles n'induit pas de production significative de dihydrogène.

Le système de ventilation DWH n'est pas utilisé pour évacuer la puissance résiduelle du hall.

De plus, à partir des études faites à ce jour sur les conséquences radiologiques, il n'est pas nécessaire de rajouter des pièges à iode.

2.5.3.2 Principe de fonctionnement

Le système DWH est composé d'un seul circuit utilisé en fonctionnement normal, l'isolement du bâtiment d'entreposage est réalisé par [] organes d'isolement sur chaque traversée de l'enceinte. A titre d'information, le débit de ventilation est d'environ [] m³/h.

Afin d'éviter que le système de ventilation ne devienne agresseur potentiel du bassin, il n'est pas prévu sur l'installation d'accrocher des éléments lourds du système sur la coque avion. Compte tenu de leur conception, les gaines de ventilation ne sont pas considérées comme des agresseurs pouvant remettre en cause la sûreté des paniers entreposés en fond de piscine.

De plus la conception limitera le plus possible le nombre de traversées de l'enceinte du bâtiment (coque avion) et de l'espace sous bassin.

Le schéma du système de ventilation DWH est présenté ci-dessous :



Figure 7 : Schéma du système de ventilation DWH

La maintenance du circuit est réalisable en fonctionnement. Le système est composé de [] files réparties sur les [] voies électriques.

2.6 BASSIN D'ENTREPOSAGE

L'installation doit avoir la capacité de prendre temporairement le relais de La Hague pour la réception des combustibles usés depuis les CNPE et donc de pouvoir assurer la réception de l'ordre de [] emballages par an ainsi que leur réexpédition. La puissance thermique de l'afflux temporaire des combustibles UNE usés lié à cet aléa, se rajoutant à celle du flux normal des combustibles MOX et URE usés, doit pouvoir être évacuée. Ce surplus thermique est pris en compte dans le dimensionnement de la puissance thermique à évacuer de [] MW par bassin. En l'absence de prise en compte de cet aléa, la puissance thermique de dimensionnement est estimée à environ [] MW par bassin.

2.7 SYSTEME DE REFROIDISSEMENT DE L'EAU DES BASSINS - PTA

Le système PTA assure le refroidissement du bassin dans toutes les conditions de fonctionnement du domaine de dimensionnement.

Pour les situations du type DBC1 et 2, en fonctionnement normal et incidentel, le refroidissement PTA sera assuré par une circulation forcée en bassin. Pour les situations DBC3/4, en fonctionnement accidentel, une circulation naturelle des bassins sera mise en place (voir situation DEC).

2.7.1 Fonction du système

Ainsi la fonction principale du système PTA sera de maintenir l'eau du bassin à une température inférieure aux différentes valeurs spécifiées dans les exigences fonctionnelles pour une puissance résiduelle de [] MW par bassin.

Les exigences principales du système sont résumées ci-dessous :

- Température d'eau en fonctionnement normal entre [] et [] °C. Le dimensionnement des équipements du système de refroidissement inclura les marges nécessaires au maintien d'une température d'eau en exploitation attendu entre [] et [] °C, en cohérence avec les contraintes d'exploitation de l'installation, notamment :
 - La limitation de l'évaporation ;
 - Les conditions de travail dans le hall ;
 - La limitation de la prolifération bactériologique
- Température d'eau en fonctionnement accidentel de dimensionnement DBC inférieure à [] °C,
- Aucune circulation de l'eau du bassin vers l'extérieur,
- Ne pas traverser les voiles du bassin au-dessous du niveau d'eau,
- La déclinaison des règles d'études et des conditions DBC en cours de définition amène à considérer :
 - le fonctionnement d'au moins un train de refroidissement du système PTA en situation DBC et DBH,
 - l'indisponibilité d'un seul module, induite par la maintenance préventive des composants du système PTA et de ses systèmes supports,
- Les échangeurs thermiques et tuyauteries connectées jusqu'à l'organe d'isolement de la traversée extérieure coque avion doivent être dimensionnés de façon à garantir leur capacité fonctionnelle après une agression externe extrême.

Suite aux analyses relatives aux températures extérieures et marges afférentes, le système de refroidissement du bassin est dimensionné en ces phases préliminaires de conception au regard d'une température de []°C maximum de l'eau du bassin consécutives aux événements suivants :

- Températures centennales cumulées à la perte d'un train (cas dimensionnant),
- Températures décamillénales.

Les règles d'études précisées dans le DOS ont été appliquées en prévision de la démonstration de sûreté à apporter au stade du RPS, notamment la défaillance unique et la maintenance préventive (perte totale d'un module, reflétant une maintenance lourde de type jouvence). Les modèles climatiques considérés pour la définition des températures externes devront couvrir les incertitudes et permettre une estimation enveloppe du site.

Pour autant, une des caractéristiques de la conception est son adaptabilité dans le temps, puisque la durée d'exploitation de l'installation impose de prévoir la jouvence de tous les composants (hors GC et liner). Un éventuel ajustement complémentaire des caractéristiques des composants du système PTA s'avère donc tout à fait possible à des horizons pour lesquels les incertitudes pourraient être significatives.

L'incertitude relative aux capacités réelles du refroidissement assuré par les SSC de PTA sera quant à elle minimisée par l'utilisation de code(s) de calcul adéquat(s). Le déploiement progressif des échangeurs et aérothermes des modules pourrait permettre, si nécessaire, un test préalable des capacités réelles du module nouvellement grée, avant généralisation des modifications

Par ailleurs, compte tenu de l'inertie thermique du bassin et de sa résilience à d'éventuelles températures extrêmes de courte durée, EDF vérifiera si l'estimation de températures extrêmes moyennées à [] correspond à des données de dimensionnement satisfaisantes.

2.7.2 Principe de fonctionnement

En l'état actuel de la conception, le système PTA du projet piscine ressemble au système de La Hague, les choix de conception étant contraints par le principe de ne pas avoir de circulation d'eau hors des bassins dans les conditions de fonctionnement relevant du dimensionnement ou de l'extension du dimensionnement. La conception se base pour chaque bassin sur la charge thermique maximale avant diminution de la puissance entreposée. La mise en place des échangeurs est prévue comme étant progressive afin de répondre à l'augmentation de la puissance d'entreposage.

A ce jour, le système présente ainsi [] modules par train et [] échangeurs par modules comme le présente le schéma ci-dessous. Le nombre de moto-ventilateurs n'est cependant pas défini. Les échangeurs sont répartis sur toute la longueur du bassin [].

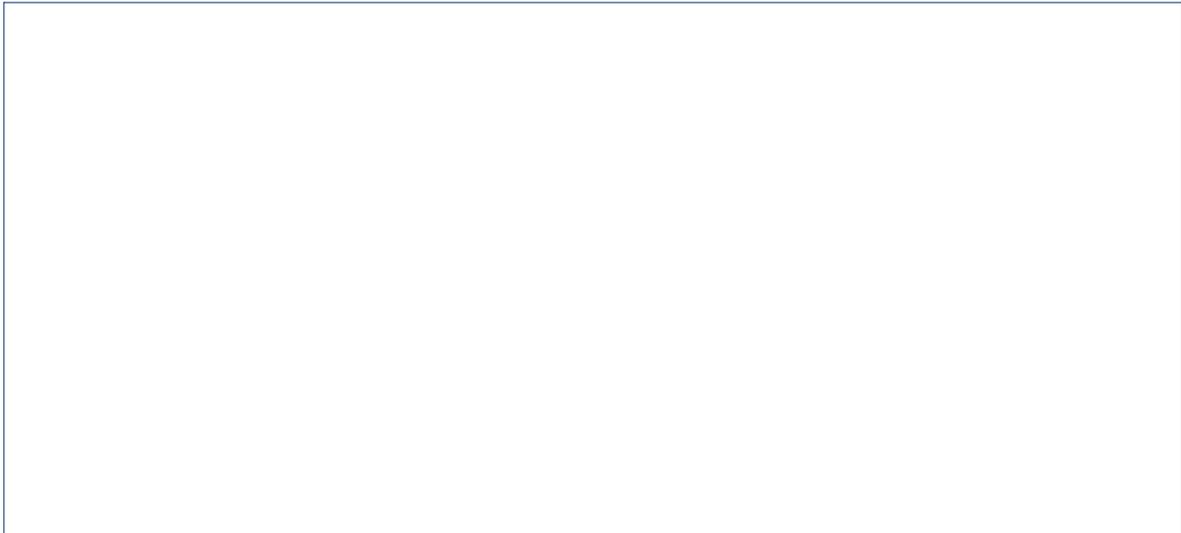


Figure 8 : Schéma de présentation du système de refroidissement de la piscine

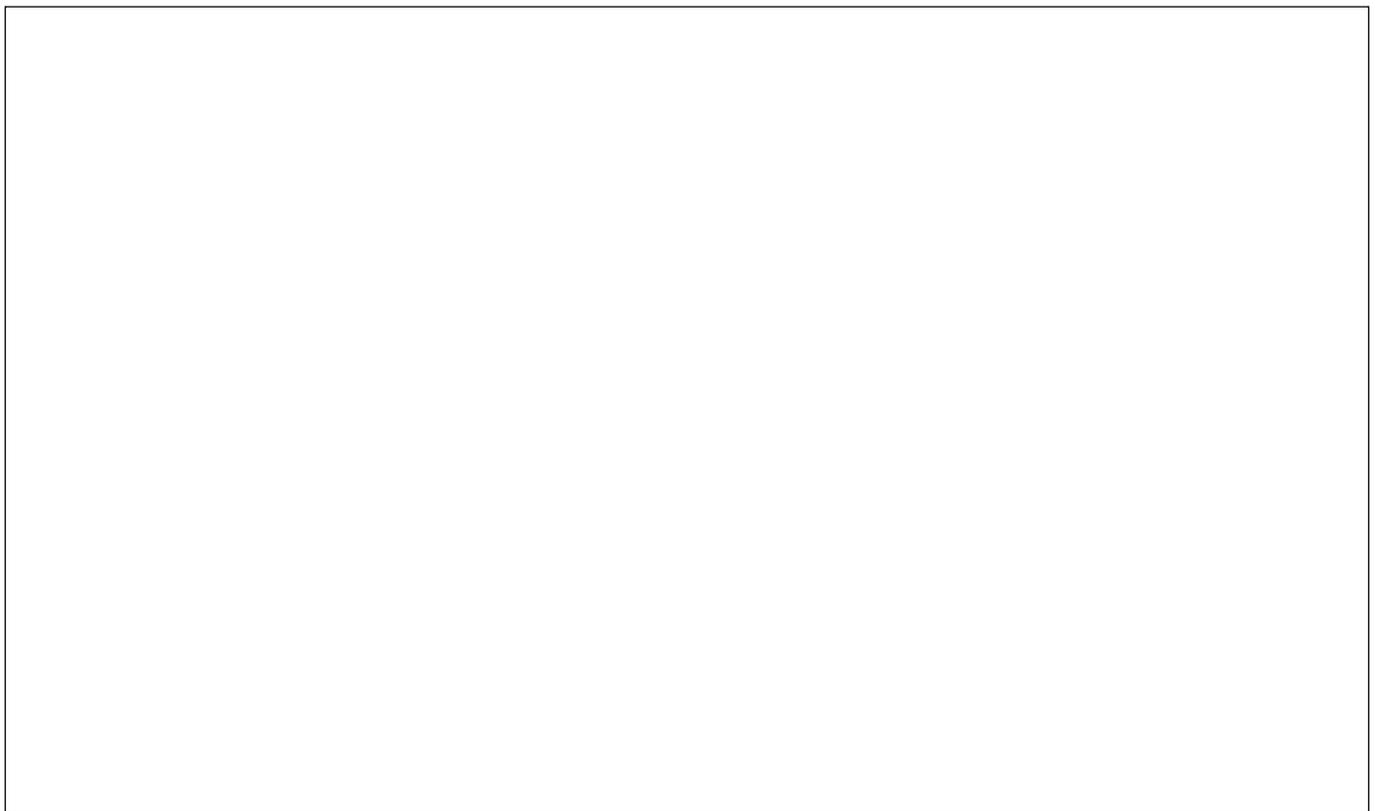


Figure 9 : Schéma détaillé du système de refroidissement de la piscine

Le collecteurs ne sont pas représentés dans le schéma ci-dessus, cependant ils sont propres à chaque module et permettent d'alimenter chacun des [] échangeurs immergés et ses aéroréfrigérants. Le modules ne comportent pas de connexions inter-modules.

Les parties du système de refroidissement qui sont situées en dehors de la coque avion ne seront pas dimensionnées pour être fonctionnelles en cas d'agressions externes extrêmes car comme présentées précédemment le PTA n'est pas valorisé en DEC ou en cas de DEH.

2.7.3 Critère de Défaillance Unique (CDU)

Le critère de défaillance unique et la maintenance sont appliqués au niveau matériel et non au niveau fonctionnel.

En situation accidentelle, la circulation de l'eau dans la partie primaire des échangeurs immergés étant garantie par une circulation naturelle, il n'est pas nécessaire que cette partie active du circuit soit résistante au CDU (absence de redondance et de secours électrique indépendant des pompes à hélice).

Le circuit secondaire du système PTA comporte [] trains de [] modules, comportant chacun [] groupes de pompage, permettant une robustesse au CDU. []

Ces [] trains seront alimentés par une alimentation électrique secourue différente (voie A et B) – voir chapitre électricité.

Le respect des dispositions définies précédemment, ainsi que la diversification des groupes de pompage secondaires, garantissent l'indépendance entre les niveaux de défense en profondeur des circuits de refroidissement d'eau.

Le grand nombre de ventilateurs ([] par module) et leur alimentation électrique garantit une robustesse jugée satisfaisante pour garantir l'échange de chaleur avec la source froide à la fois en fonctionnement normal et en accidentel.

2.7.4 Situations accidentelles – performances attendues

Le système PTA assure ses fonctions dans les conditions suivantes :

Cas de fonctionnement	Température extérieure	Température bassin maximale	Configuration
Fonctionnement normal	[]°C permanente <i>Tmax sur 3 jours</i> <i>Niveau de retour 100 ans</i>	[]°C	• []
Fonctionnement accidentel de dimensionnement	[]°C permanente <i>Tmax sur 3 jours</i> <i>Niveau de retour 100 ans</i>	[]°C	• []

Situations d'agressions couvertes	$T_{\min \text{ inst}} = []^{\circ}\text{C}$		
	$T_{3\text{jours}} = []^{\circ}\text{C}$		
	$T_{12\text{heures}} = []^{\circ}\text{C}$	$[]^{\circ}\text{C}$	• $[]$
	$T_{\max \text{ insta}} = []^{\circ}\text{C}$		
	Niveau de retour 10 000 ans		

Le système PTA sera conçu pour être robuste aux agressions externes extrêmes de référence.

Cependant PTA ne sera pas secouru par une source ultime de puissance car ce système n'est pas valorisé en DEC.

Afin de garantir le refroidissement du bassin par grand froid sec ou humide, plusieurs solutions techniques sont d'ores et déjà prévues :

- Le choix de la technologie des aérothermes externes s'est porté sur des aérothermes secs (absence de bassin et d'aspersion) ;
- Les tuyauteries d'eau situées à l'extérieur des bâtiments seront calorifugées et un traçage électrique sera assuré. L'emploi d'eau glycolée n'a pas été retenu afin de supprimer les problèmes liés à l'utilisation de ce produit : sécurité des travailleurs, pollution de l'eau du bassin et de l'environnement ;
- En cas de non utilisation temporaire, les ventilateurs d'aérothermes seront arrêtés et leurs registres d'admission d'air seront fermés ; par contre la circulation du fluide sera maintenue.

Nota : il est probable qu'EDF soit amené à adapter le nombre de ventilateurs arrêtés en fonction de l'ampleur de la vague de froid, du fait de leur multitude.

Concernant la formation de givre sur les aëroréfrigérants, ce sont les calories extraites de la piscine qui permettront un réchauffage suffisant des équipements.

Dans la conception actuelle, pour ce qui est de l'inondation externe, les locaux techniques (notamment pomperie) ainsi que les aérothermes sont situés en hauteur (actuellement à environ $[]$ m du niveau 0 de la plateforme) ce qui les met à l'abri de toute montée d'eau externe.

Les cumuls d'agressions considérés sont cohérents avec les règles d'étude définies pour la démonstration de sûreté de l'EPR FA3. Dans le Rapport De Sûreté de l'EPR FA3, chaque agression fait l'objet d'un paragraphe spécifique faisant état des potentiels cumuls étudiés. Une démarche similaire sera appliquée pour la Piscine d'Entreposage de Combustible - voir paragraphe Analyse des Risques.

2.7.5 Maintenance

L'indisponibilité complète d'un module pour maintenance est prévue dans la conception de l'installation.

L'isolement complet d'un module en gardant tous les autres opérationnels (notamment $[]$ par train pour garantir la démonstration de sûreté) est prévu.

Les principes de maintenance restent à déterminer et le seront dans le cadre de la mise en service de l'installation.

Le nettoyage des échangeurs immergés se fera mécaniquement en bassin de façon à minimiser les manutentions de ces équipements (minimisation du risque de chutes de charge en bassin). La conception détaillée des échangeurs n'est pas réalisée à ce jour mais elle devra permettre un nettoyage *in situ*. Les échangeurs seront déplacés principalement pour leur jouvence et dans le cadre du déploiement progressif

2.7.6 Situation DEC dans le bassin

2.7.6.1 Mise en état sûr des AC

Il est rappelé que dans le bassin, seuls des paniers contenant des AC sont manutentionnés, soit par le descenseur soit par le pont perche panier.

Pour le panier en cours de remplissage la position sûre est la position basse du descenseur. Si un AC est en cours de manutention dans la cellule, cet AC est ramené dans le panier en cours de chargement, puis ce dernier est descendu au fond du bassin. La mise en état sûr interviendra dans un délai inférieur au délai d'ébullition dans le bassin.

Compte tenu de la faible hauteur de manutention du panier dans le bassin, aucune mise en position sûre dans le bassin n'est nécessaire. Toutefois, le pont de manutention sera conçu de manière à garantir la possibilité de déposer la charge à la verticale.

2.7.6.2 Délai de grâce

A partir des conditions du fonctionnement normal (eau du bassin à []°C) et en considérant un comportement totalement adiabatique du bassin, les calculs préliminaires indiquent pour une puissance entreposée de [] MW les délais suivants :

- Entrée en ébullition : environ [] heures
- Atteinte de la cote de [] m d'eau > [] jours
- Atteinte de la côte de [] m d'eau > [] jours

2.7.6.3 Critère d'acceptation

En situation de perte totale et prolongée du refroidissement, le critère d'acceptation concernant le niveau d'eau est fixé à [] m. Cette valeur est une valeur de découplage permettant à EDF de dimensionner les différents SSC.

La préservation de ce niveau d'eau, permet notamment de garantir, par découplage :

- La protection radiologique conférée par la hauteur d'eau au-dessus des AC (environ [] m) ;
- Le maintien de l'évacuation de la puissance résiduelle par l'eau du bassin ;
- Le caractère monophasique de l'eau au niveau des paniers des assemblages (par souci de simplification de la démonstration de sûreté criticité).

2.7.6.4 Système d'appoint d'eau

Le système de raccordement à l'appoint ultime d'eau (SEG) est un dispositif [] permettant d'alimenter en eau le bassin []. En situation DEC, les moyens mobiles de secours (pompage) seront connectés à ce dispositif dans le but de rétablir le niveau d'eau dans un premier temps et de compenser les pertes d'eau engendrées par l'ébullition.

En complément de l'appoint d'eau utilisé en exploitation normale, une connexion (en interne bloc usine) de SEG au circuit incendie sera également rendue possible (via une manchette) afin de gérer

des conditions de fonctionnement ou agressions (notamment séisme) du domaine de dimensionnement pouvant impliquer des températures bassin supérieures à []°C. Cette connexion n'est pas valorisée au titre de la démonstration de sûreté.

2.7.6.5 Gestion de la surpression engendrée par l'ébullition

Au stade de l'avancement des études, la stratégie de gestion de l'ébullition consiste à limiter la montée en pression du hall en réalisant une ouverture permettant l'évacuation de la vapeur du hall. Les différentes possibilités pour réaliser cet exutoire sont en cours d'analyse, dans le cadre de l'APS du projet Piscine. A ce stade des études, EDF estime que l'ouverture de cet exutoire devra intervenir avant l'atteinte de l'ébullition dans le bassin ([] heures au minimum)

2.7.6.6 Gestion Post DEC du Refroidissement

En cas de DEC, la perte de refroidissement conduisant à l'ébullition de l'eau du bassin, la priorité est bien de remettre de l'eau dans les bassins de façon à relancer le système et les différents modules. Le niveau d'eau doit être supérieur à la cote de la boîte à eau d'admission en partie supérieure de l'échangeur pour permettre l'échange coté primaire.

3 CELLULE DE DECHARGEMENT

3.1 TRANSFERT D'UN AC DANS LA CELLULE

Le transfert d'un élément combustible depuis le conteneur de transport jusqu'au panier d'entreposage comporte les étapes suivantes :

- Approche du pont de manutention du combustible au-dessus de l'emballage ;
- Lecture, identification de l'Assemblage Combustible (AC) ;
- Préhension de l'AC par le grappin du pont de manutention ;
- Déplacement vertical de l'AC pour la sortie de l'emballage ;
- Translation de l'AC vers le dispositif de thermalisation ;
- Descente de l'AC dans le dispositif de thermalisation ;
- Remontée de l'AC à l'issue de la thermalisation ;
- Translation de l'AC vers une alvéole du panier d'entreposage ;
- Descente dans le panier d'entreposage ;
- Déverrouillage du grappin ;
- Retour du pont de manutention vers l'emballage.

Au stade actuel des études, la durée effective pour réaliser l'ensemble de ces opérations est estimée à [].

Lors du déchargement des assemblages, l'évacuation de la puissance résiduelle est assurée par échange naturel avec l'atmosphère de la cellule (convection et rayonnement). Le temps de manutention des AC en cellule ne présente pas de risques particuliers.

3.2 MONTEE EN TEMPERATURE DES ASSEMBLAGES DANS LA CELLULE (DEC)

Dans la cellule de déchargement, les conditions de fonctionnement du domaine d'extension du dimensionnement font actuellement l'objet d'études pour les besoins de la version préliminaire du rapport de sûreté qui sera déposé dans le cadre de la demande de Décret d'Autorisation de Création (DAC) de l'installation. Pour cela, deux situations sont à l'étude.

La première situation concerne l'assemblage en cours de déchargement immobilisé dans la cellule de déchargement.

[]



Figure 10 : Immobilisation d'un AC en cours de manutention

Le second scénario étudié concerne l'emballage accosté à la cellule avant son déchargement.

[]

Pour les besoins de la version préliminaire du rapport de sûreté, EDF réalisera une étude thermique visant à affiner ces résultats préliminaires.

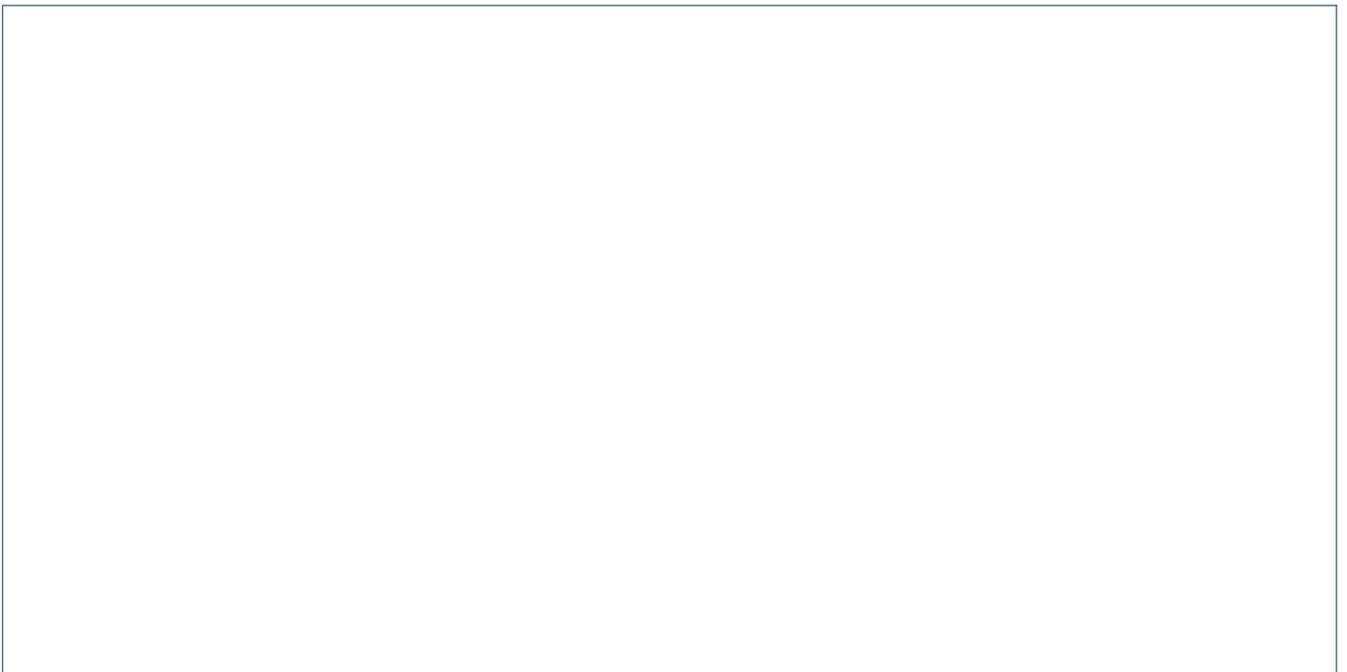


Figure 11 : Calcul des températures atteintes dans l'emballage immobilisé au poste d'accostage

Au stade actuel des études, pour l'AC en cours de manutention dans la cellule, aucune disposition particulière n'est requise au titre de l'évacuation de la puissance résiduelle en DEC. Les moyens de manutention de la cellule de déchargement seront prévus pour permettre la mise en état sûr de l'AC, dans le panier d'entreposage.

Pour les AC contenus dans l'emballage, EDF évalue actuellement les conséquences potentielles de l'atteinte de telles températures sur les gaines. Le cas échéant, EDF mettra en place des parades pour limiter la montée en température ou les conséquences de cette montée en température.

3.3 VENTILATION CELLULE DE DECHARGEMENT (DWK)

3.3.1 Fonction du système

La ventilation de la Cellule de Déchargement doit permettre de :

- Maintenir des conditions d'ambiance adéquates,
- Confiner de la cellule vis-à-vis de l'extérieur,
- Limiter des niveaux d'activités rejetées à l'environnement,
- Isoler la cellule.

Pour la cellule de déchargement le système de ventilation assure l'évacuation de la puissance résiduelle en plus du conditionnement et du confinement. Il assure ses fonctions dans les conditions suivantes :

- En DBC 1, la ventilation doit maintenir une température acceptable pour l'assemblage en tout point de la cellule de déchargement [].
- En DBC 2/3/4, il doit maintenir une température acceptable pour l'assemblage en tout point de la cellule de déchargement [].
- En situation DEC, la fonction de confinement de la cellule de déchargement est assurée par confinement statique (T°Gaine). Le système DWK permettra un isolement passif de la cellule de déchargement (position de repli d'organes d'isolement et absence de rôle actif du circuit)

Les valeurs des températures sont des critères de conception et feront l'objet de précision dans le cadre de la version préliminaire du rapport de sûreté.

3.3.2 Principe de fonctionnement

La cellule de déchargement est la zone où les assemblages combustibles seront déchargés de leur emballage et transférés à l'intérieur des paniers d'entreposage. []

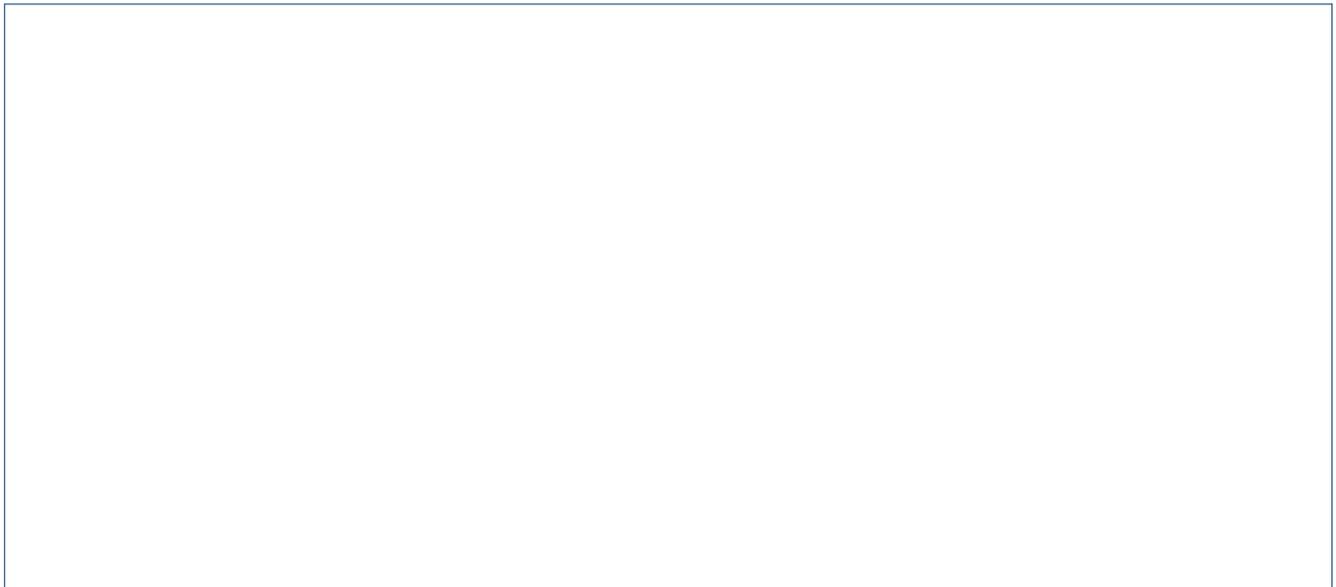
La zone de raccordement au bassin est conçue afin d'éviter qu'il n'y ait une communication entre l'atmosphère du bassin et l'atmosphère de la cellule même en cas d'ébullition. []

Le système DWK est composé de deux circuits : un circuit normal et un circuit accidentel petit ou grand débit. Le circuit normal est isolé en cas de problème, ainsi les organes d'isolement sont donc redondés et robustes au MDTE. Le circuit accidentel est mis en service par ouverture d'organes d'isolement normalement fermés, ces organes d'isolement sont donc aussi redondés et robustes au MDTE. De plus le circuit accidentel est redondé et secouru électriquement. Hors des opérations de chargement et déchargement, une ventilation à faible débit sera maintenue pour réaliser un certain nombre d'opérations.

En situation DEC, l'isolement de la cellule est réalisé par des organes d'isolement qui sont redondés et robustes au manque de tension.

La position des filtres de ventilation de la cellule n'est pas définie à ce jour. [] Pour la piscine, les premiers filtres seront probablement dans les zones blindées (intérieur cellule). Les éventuelles ruptures avant registre d'isolement feront l'objet d'une analyse de pertinence au moment de la définition des événements DBC à prendre en compte pour l'installation.

D'un point de vue général les réseaux DWH et DWK sont indépendants jusqu'à la cheminée de l'installation.



La cellule peut avoir une activité résiduelle et son classement est *a priori* de classe 4. A ce titre, il est prévu de faire les opérations de maintenance sans rentrer dans la cellule. La maintenance du circuit normal est réalisable en fonctionnement [] pour ne pas contraindre la maintenance du système et de ses supports.

La maintenance des files contribuant à la démonstration de sûreté et des organes d'isolement associés sera réalisée lors des phases de maintenance de la cellule lorsque ceux-ci ne sont pas requis.

3.4 AUTRE

Le Poste de Commande Procédé, notamment utilisé pour le repli de l'installation, disposera d'une ventilation avec purification de l'air.

3.5 APPOINT EN EAU NORMAL – WAN

Le système WAN a pour rôle d'assurer, dans les conditions de fonctionnement normal, l'appoint normal du bassin en eau déminéralisée pH=7, non conditionnée chimiquement et non dégazée afin de compenser les pertes d'eau induites par l'évaporation.

Le système ne participe pas directement à une fonction de sûreté et n'est pas valorisé dans la justification de la tenue dans le temps des gaines et du liner. Ce système ne participe pas à la défense en profondeur de l'installation.

Les exigences associées à ce système d'appoint en eau déminéralisées sont :

- La conception du circuit doit interdire la possibilité de contamination ou de dégradation de la qualité de l'eau (pas de lignage possible avec d'autres systèmes hormis le SED),
- En cas de séisme, le système ne doit pas aggraver les SSC classés de sûreté qui lui sont proches (stabilité au séisme DBH) et qui pourrait être requis respectivement pour des conditions de fonctionnement DBC/DBH,
- La conception ne doit pas remettre en cause le principe d'élimination pratique du risque de vidange (pas de traversée sous le niveau d'eau),
- Une remontée d'informations en salle de contrôle permettra de s'assurer du bon fonctionnement du système en situation normale.

Lors de la maintenance du système WAN, la perte d'inventaire en eau due à l'évaporation est suffisamment faible pour ne pas prévoir une redondance de ce système. De plus étant donné que ce système n'est pas classé de sûreté il n'est pas nécessaire que les opérations de maintenance préventives soient prises en compte, ainsi que le CDU.

Ce système est alimenté par le réseau d'eau déminéralisée SED.

Le principe de fonctionnement du système est défini avec le schéma ci-dessous :

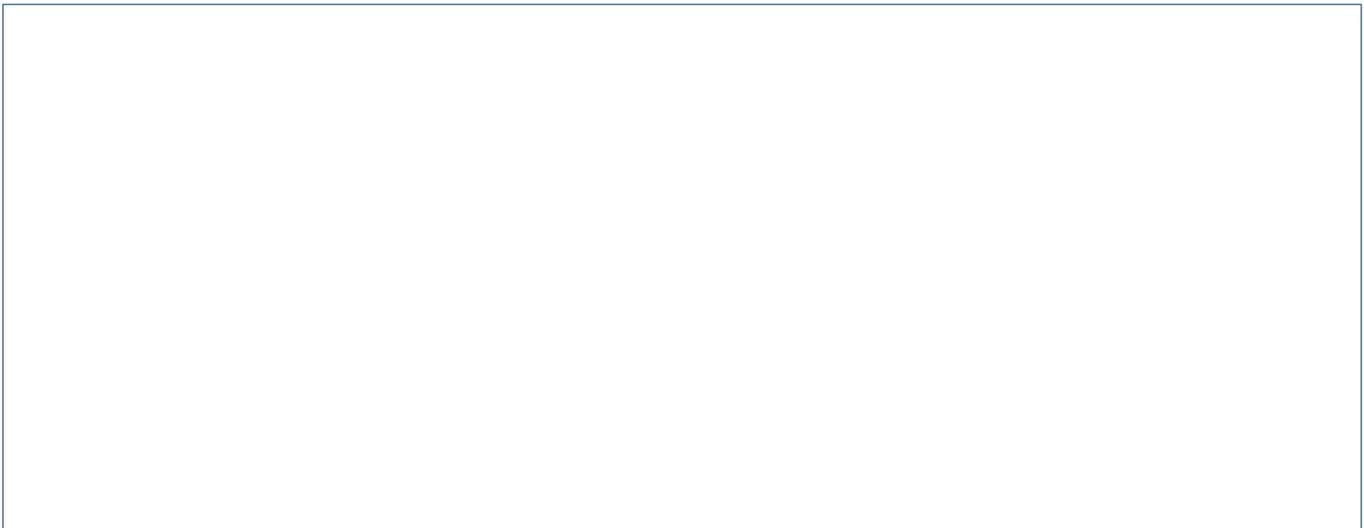


Figure 12 : Schéma principe de fonctionnement du système WAN

4 SURVEILLANCE DES ASSEMBLAGES

4.1 RECEPTION DES ASSEMBLAGES IDENTIFIES INETANCHES

L'objectif de conception de la piscine est de prévenir la dissémination des matières pour l'entreposage longue durée, pour cela lors de la présence d'assemblages inétanches, la mise en bouteille permet de recréer la première barrière de confinement des matières solides.

Pour la piscine, deux situations sont alors possibles et sont en cours d'étude :

- Réception des Assemblages Combustibles (AC) inétanches déjà en bouteille dans l'emballage transport :

L'AC mis en bouteille avant le transport sera manutentionné comme un AC au moment du déchargement. Il est inséré dans l'alvéole du panier dans sa bouteille.

- Mise en bouteille dans l'installation :

L'unité de réception des emballages permet d'accueillir en parallèle deux convois de [] wagons, ce qui permet d'avoir une gestion / décontamination « sur place » d'éventuels emballages non conformes.

En cas de détection d'un emballage contenant des AC inétanches issus du transport par analyse gaz interne de l'emballage.

La totalité des [] assemblages sera mise en bouteille dans un premier temps.

En cas de réception d'un AC inétanche avant le transport mais non transporté en bouteille, il sera mis en bouteille à son arrivée.

[]

L'action de mise en bouteille dans l'installation consiste à insérer la bouteille dans le panier avant son transfert vers la cellule. L'AC rupté inétanche est déchargé en premier et l'opération de déchargement est identique au déchargement d'un AC « sain ». L'AC est inséré dans l'alvéole du panier contenant la bouteille, la bouteille est refermée et le déchargement des autres AC se poursuit.

A l'état actuel des études, il n'existe *a priori* pas de risque lors de l'introduction de la bouteille contenant l'AC inétanche dans le puits de thermalisation.

EDF s'appuiera sur les règles de l'art et sur le REX des autres installations d'entreposage.

Pour les assemblages ruptés la mitigation du risque lié à l'oxydation de la pastille des crayons inétanches reposera sur la maîtrise de la température maximale de gaine par la limitation des AC inétanches « *réceptionnables* » qui sera déterminée en fonction des contraintes de transport et/ou au regard de la mitigation du risque d'oxydation et en cohérence avec la durée de l'opération de déchargement. L'autre solution peut consister à réaliser un inertage de l'atmosphère de la cellule.

Rappel : la durée de déchargement est d'environ [] pour un assemblage jusqu'à la mise dans son panier.

4.2 ENTREPOSAGE LONG TERME

Afin de garantir la bonne tenue des assemblages en entreposage sous eau pour des assemblages étanches avec des matériaux de gainage [] en condition normale, EDF a réalisé ou a fait réaliser des études sur les mécanismes de dégradation de la gaine (corrosion généralisée des structures en alliage de Zr, corrosion par piqûre, corrosion galvanique, corrosion microbienne, fluage, corrosion sous contrainte par l'iode, surpression dans le crayon, IPG). La conclusion de ces études est qu'il n'existe pas de risque de dégradation de la gaine en conditions normales d'entreposage sous eau pour une durée séculaire (cf. dossier Impact Cycle 2007).

Concernant les entreposages sous eau des assemblages inétanches en conditions normales (cf. dossier Impact cycle 2016). EDF a réalisé des études dans le cadre du « projet Transport et Entreposage de l'institut » (EDF/CEA/Framatome).

- []

Le projet a exclu la possibilité de rupture spontanée d'une gaine compte tenu que les mécanismes de vieillissement activés thermiquement sont inexistantes en entreposage sous eau. De plus la piscine sera en eau claire ce qui est favorable vis-à-vis de la corrosion par piqûration et la chimie de l'eau sera maîtrisée (halogénures).

De plus, EDF assurera une surveillance des AC par un échantillonnage représentatif.

Les initiateurs de rupture de gaine en bassin sont uniquement les accidents de manutention cependant cet évènement ne concernera qu'un nombre limité d'AC et ils pourront faire l'objet d'un contrôle le cas échéant et seront mis en bouteille.

Des moyens de contrôle seront disponibles []. Un contrôle périodique de la radiochimie de l'eau du bassin sera réalisé. EDF prévoit la mise en place d'un dispositif de contrôle de l'étanchéité des AC au titre du programme de surveillance.

4.3 SURVEILLANCE DES AC EN ENTREPOSAGE

L'objectif de la surveillance est de confirmer expérimentalement que l'entreposage de longue durée ne risque pas de provoquer une corrosion importante des différents composants métalliques susceptible de percer les gaines et de rendre délicates les opérations de manutention des assemblages (intégrité du squelette, déformation des assemblages), ceci en réalisant des examens sur site sur des assemblages entreposés en piscine.

De plus il permettra de prévenir toute dégradation de la gaine pouvant conduire à une perte d'intégrité de la première barrière.

EDF dispose de 25 ans d'entreposages sur les assemblages suivants :

- []

Les derniers examens réalisés, ont été réalisés entre 2008 et 2011 sur l'étanchéité, les mesures d'épaisseur de couches d'oxyde sous eau et des examens visuels et dimensionnels sous eau.

Les résultats ont été présentés dans le cadre du dossier impact cycle 2016. Ces résultats ne montrent pas d'évolution de l'épaisseur de la couche d'oxyde, pas de perte d'étanchéité et pas de modification dimensionnelle significative.

La prochaine campagne sera réalisée par EDF à l'horizon 2020.

De plus le projet rappelle que les conditions d'entreposage dans la piscine sont quasi similaires à celles des piscines des BK du parc EDF (température de l'eau, chimie, sauf absence de bore avec un effet favorable).

Enfin lors de la mise en service de la piscine, EDF disposera d'un REX de plus de 45 ans sur l'entreposage en BK.

4.3.1 Surveillance envisagée

EDF prévoit ainsi de rapatrier dans la piscine les [] assemblages MOX et URE surveillés et entreposés en BK (gainage []). Ces assemblages seront complétés par la surveillance d'AC supplémentaires en début de remplissage des bassins.

Le choix des paramètres définissant le critère de sélection des AC à surveiller n'est pas défini à ce jour.

L'objectif étant de disposer de [] AC par groupes d'AC représentatifs (niveau d'irradiation, métallurgie de la gaine). Le programme de surveillance sera établi finement aux alentours de la MSI de la piscine.

A ce jour les examens prévus dans le cadre de la surveillance sont :

- l'étanchéité,
- les mesures d'épaisseur de couches d'oxyde
- des examens visuels et dimensionnels

La périodicité est de [].

4.3.2 Principe de Surveillance envisagée

Les opérations seraient réalisées en bord de bassin dans une zone dédiée, avec des outillages mobiles, l'objectif étant de reproduire un environnement similaire à un BK avec une mutualisation des équipements entre les deux bassins. Les outillages seront des outillages analogues à ceux utilisés sur le parc EDF.

Pour ces assemblages dits « sous surveillance », il sera prévu la mise en place de paniers analogues aux paniers d'entreposage d'AC en fond de bassin, en cohérence avec la démarche de sûreté de la piscine. Ceci dans le but de réaliser des opérations en eau avec une protection radiologique suffisante et éviter les manutentions en piscine.

Les examens mettent ainsi en jeu des paniers particuliers appelés « panier outillage (PO) » dans lesquels seront positionnés les assemblages combustibles à examiner ainsi que les outillages d'intervention.

[]

Les paniers outillage et les interfaces amovibles sont en cours de développement. Ceux-ci devront permettre de transposer l'utilisation des outillages de mesure actuels dans la Piscine sans remettre en cause leurs principes de qualification.

[]

4.3.2.1 Examens dimensionnels, mesures d'épaisseurs d'oxyde

Les examens dimensionnels [] seraient réalisés grâce à l'outillage [] actuellement déployé sur le parc. Les mesures d'épaisseur d'oxyde seraient réalisées via l'outillage [] mis en œuvre par Framatome.

Pour réaliser les examens, chaque outillage sera installé dans le panier outillage (PO) suivant le processus suivant :



Figure 13 : Examens dimensionnels, mesure d'épaisseur d'oxyde

4.3.2.2 Contrôle d'étanchéité

Les techniques de ressuage par chauffage utilisés sur le parc présentent une efficacité moindre sur des crayons inétanches très froids (activité en phase gazeuse très faible). A ce jour, EDF explore plusieurs procédés alternatifs afin de permettre une détection efficace de l'étanchéité en cours d'entreposage.

EDF regarde à titre d'exemple le développement d'une cellule de ressuage qui serait installée dans un panier spécial (PR).

- []

4.3.2.3 Extraction de crayons

En marge du programme de surveillance, le projet prévoit de développer un dispositif d'extraction de crayon pour examen destructif en labo chaud.

Les extractions de crayons, réalisées aujourd'hui par EDF et ses fournisseurs, mettent en jeu des technologies non directement transposables dans la Piscine centralisé []. Le principe d'une extraction de crayon dans la Piscine serait réalisé en deux temps :

- []

Ce procédé nécessiterait un développement et une qualification dédiés. L'évacuation du crayon se ferait via un emballage de type R72 dont la réception est prévue à la conception de la Piscine centralisée.

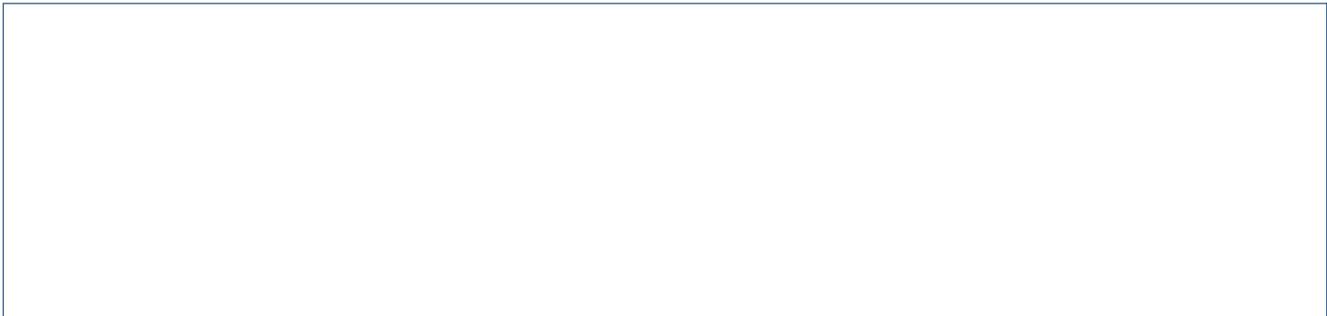
[]

4.3.3 Cycles thermiques

Les AC qui transiteront par la piscine auront subi au moins deux cycles thermiques entre le BK et l'installation finale (site de traitement ou de stockage). Par ailleurs, les AC MOX et URE entreposés

à La Hague, s'ils sont transférés vers la piscine, auront subi d'ores et déjà deux cycles thermiques : un transport en emballage entre les BK et La Hague, puis entre La Hague et la piscine.

Pendant la phase transport, l'élévation de température et l'élévation de pression interne concomitante peuvent conduire à une fragilisation de la gaine. Le mécanisme de fragilisation le plus plausible est la réorientation des hydrures sous l'effet de la contrainte ortho radiale engendrée par la pression interne du crayon.



La fragilisation est influencée par :

- La contrainte pendant la phase de refroidissement, c'est-à-dire l'évolution de la pression interne pendant le refroidissement :
 - Il existe un seuil de contrainte de l'ordre de 90 MPa en-deçà duquel il n'y a pas de fragilisation de la gaine ;
 - Ce seuil dépend faiblement (suivant notre expérience) du matériau de gainage ;
- La température atteinte pendant le transitoire :
 - Plus la température de transport est élevée, plus on risque de fragiliser :
 - La raison en est que plus la température est élevée, plus on transforme les hydrures circonférentiels en hydrures radiaux ;
 - Par ailleurs les pressions où les hydrures précipiteront seront plus élevées ;
 - Pour le M5, au-delà d'une température, il n'y a plus d'évolution car 100% des hydrures ont été réorientés.

NB : une gaine dite fragilisée reste étanche.

Comme l'ACU aura été entreposé pendant un laps de temps assez important entre deux transports, sa puissance résiduelle aura décréu et donc sa température maximale au deuxième transport (et a fortiori les suivants) sera inférieure à la température maximale du premier transport.

Néanmoins EDF a lancé un programme d'essai pour vérifier cette conclusion dont la finalisation des travaux est prévue pour 2020.

5 ANALYSE DES RISQUES

5.1 RISQUES D'ORIGINE INTERNE

A l'état actuel des études du projet piscine, les milieux fissiles de référence ne peuvent pas être précisés de manière définitive. Ils constituent une donnée d'entrée des études de criticité à mener dans la suite de la phase APS du projet.

5.1.1 Risque de criticité

La maîtrise du nombre de crayons combustibles manquants constitue un moyen de prévention du risque de criticité.

En cohérence avec l'agrément de transport des emballages, la réactivité des assemblages a été majorée en considérant un maximum de [] lacunes par AC.

Pour un assemblage UOX [] lacunes correspondent à une augmentation de la réactivité de l'AC d'environ [] pcm.

Un mode de contrôle de la criticité par la modération pourrait être retenu pour les opérations de déchargement, notamment s'il existe des phases pour lesquelles l'altération de l'intégrité du combustible est plausible.

Si nécessaire, la quantité des substances modératrices dans la cellule sera à ce titre surveillée et limitée dans les conditions de fonctionnement DBC et DEC.

5.1.1.1 Crédit burn-up

Il n'est pas envisagé de prendre en compte le crédit burn-up des assemblages combustible UOX pour justifier la sous-criticité de l'installation. Le crédit burn-up reste néanmoins valorisable au regard du Guide 26.

5.1.1.2 Entreposage vis-à-vis de la sûreté criticité

Du fait de la conception actuelle de la piscine, EDF a pris l'option de ne définir aucune zone d'entreposage spécifique afin de les attribuer aux paniers en fonction du type d'assemblages qu'ils contiennent. Ainsi, la piscine est conçue de manière à ce que tout panier (contenant n'importe quel type d'assemblage) puisse être entreposé dans n'importe quelle zone du bassin.

Pour autant, compte tenu des dimensions et des caractéristiques différentes entre assemblages UOX/MOX et RNR, ces derniers feront l'objet d'une séparation géographique, mais ceci pour d'autres considérations que la sûreté-criticité.

]

5.2 RISQUES D'ORIGINE EXTERNE

EDF précise que le dimensionnement des SSC valorisés pour la protection contre les agressions externes extrêmes est basée sur la méthode [] pour démontrer la capacité des ouvrages de Génie Civil à assurer leur fonction suite à un séisme extrême.

Le projet précise que les équipements ne seront pas étudiés selon la méthode []. Dans le cadre des études de stabilité des paniers, les données d'entrée utilisées (spectres ou accélérogrammes) seront calculés [].

5.2.1 Chute d'avion

EDF précise que la zone du bâtiment dimensionnée à la chute d'avion est définie dans le cadre du Dossier d'Orientations de Sécurité (DOSec) en lien avec la sécurité et la malveillance de l'installation.

Concernant la prise en compte de la chute d'avion d'un point de vue de la sûreté, l'approche de référence d'EDF est une approche probabiliste en accord avec la RFS I.1.a définissant la gamme

d'aviation ainsi que les critères de probabilité de chute à prendre en compte. EDF souhaite avoir une démarche identique aux BK du parc.

La RFS définit une méthode pour déterminer les risques induits par le trafic aérien à prendre en compte au titre de la sûreté dans la conception de chaque atelier pouvant donner lieu à des rejets radioactifs inacceptables. Elle définit trois familles d'aviation comme source d'agression (aviation générale, aviation commerciale et aviation militaire). En pratique, l'objectif retenu est que la probabilité globale qu'un atelier puisse être à l'origine de rejets inacceptables ne dépasse pas 10^{-7} /an et par famille d'aviation. Elle définit les cas de charge à considérer. On peut noter qu'en France, les statistiques d'accidentologie pour l'aviation militaire sont telles que ce type d'aviation ne nécessite généralement pas de disposition particulière de dimensionnement.

Sur la base des principes de la RFS, la démarche retenue par EDF vis-à-vis de la démonstration de sûreté de la piscine est donc, en tenant compte de l'évolution prévisible de l'environnement aérien :

- de retenir un cas de charge enveloppe des cas de charge correspondant à l'aviation générale, pour le dimensionnement de la protection des cibles définies dans la RFS,
- de justifier que l'ordre de grandeur limite de la probabilité de rejets inacceptables, pour chacune des trois familles d'aviation définies dans la RFS, n'est pas dépassé.

La Piscine ayant vocation à être installée sur un unique site, l'ensemble des agressions externes sera caractérisé en termes de cas de charge pour les conditions d'environnement spécifiques à ce site particulier. Le dossier support de la demande d'autorisation de création portera les études correspondantes.

S'agissant de l'aviation militaire, []

Le site d'implantation de l'installation étudiée sera choisi de manière à avoir une situation géographique éloignée des zones d'entraînement, ce qui permet d'écarter les risques de chute d'avions militaires liés à des opérations d'entraînement. Les seules missions susceptibles de s'approcher de l'installation relèveront de la police du ciel. Ces missions, peu fréquentes, sont menées par des pilotes expérimentés entraînés à réaliser les manœuvres d'urgence (éloignement des zones sensibles et sécurisation de l'appareil).

A ce stade des études, compte tenu des évaluations les plus récentes, EDF prend en référence l'hypothèse d'une probabilité de chute d'avion militaire sur l'INB Piscine de [] par an. Cette hypothèse sera à confirmer au regard du site qui sera choisi et de la nature des missions le concernant. A plus long terme, l'analyse du trafic aérien militaire montre une constante évolution à la baisse et l'ouverture de nouvelles bases ou de nouvelles zones d'entraînement est peu probable à l'échelle de la durée d'exploitation de l'installation. L'évaluation pénalisante menée ci-dessus ne serait donc pas remise en cause du fait de l'évolution prévisible du trafic aérien. Sur la base de ces éléments, EDF ne retient pas de cas de charge correspondant à la chute accidentelle d'un avion militaire dans le cadre des études de dimensionnement support à la démonstration de sûreté de la piscine centralisée.

L'évaluation probabiliste du risque sera explicitement versée à la version préliminaire du rapport de sûreté.

Vis-à-vis de la chute d'avion, le bassin étant situé en-dessous de [] m (niveau « plancher piscine »), il n'est pas soumis au risque d'impact direct. L'ébranlement induit sera limité par le découplage du plancher de circulation autour du bassin vis-à-vis de la structure externe renforcée, ce qui permettra de ne pas transmettre les accélérations directement au bassin et par conséquent aux équipements ancrés sur les voiles du bassin (pont de manutention des paniers, échangeurs...).

De la même manière, la cellule de déchargement sera découplée des planchers au-dessus de [] m pour limiter les effets de l'ébranlement induit (voir Figures 14 et 15). Un principe de conception est illustré figure 16, il peut également être envisagé pour le plancher piscine.

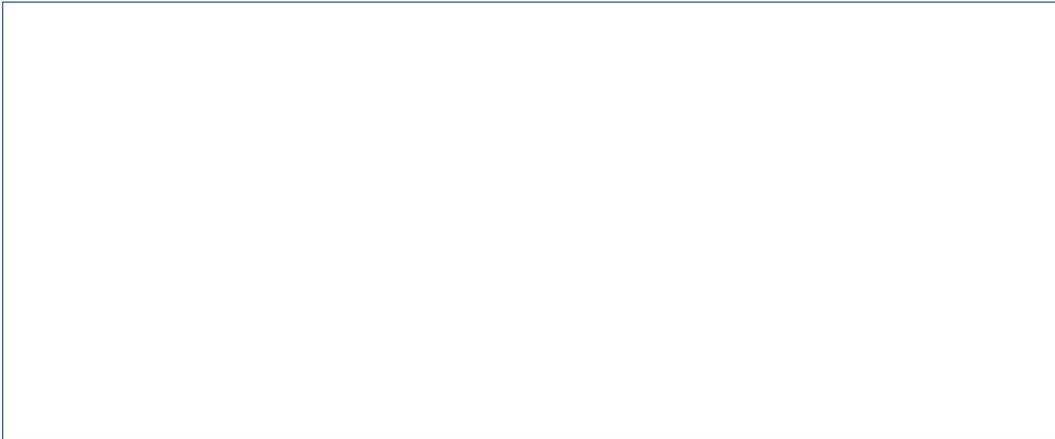


Figure 14 : Vue en coupe - Position des joints structurels interface plancher/cellule

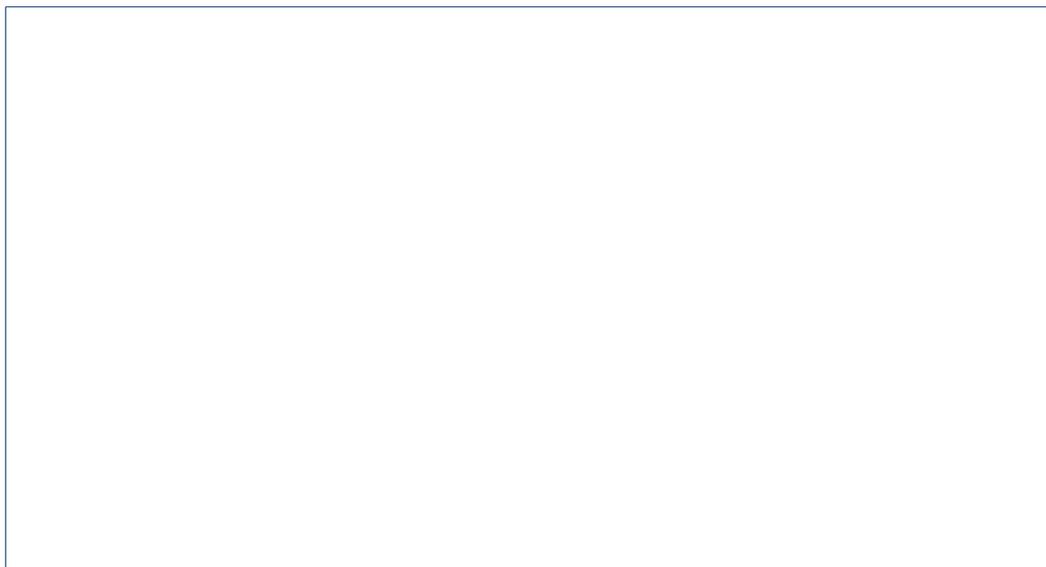


Figure 15 : Vue en plan - Position d'un joint structurel interface plancher/cellule



Figure 16 : Principe de conception d'un plancher déconnecté

Les schémas ci-dessus sont donnés à titre indicatif.

Le risque de scabbing est limité, tant par la taille des morceaux d'enrobage, leur faible énergie d'arrivée au contact du panier et la présence d'un couvercle sur ces derniers, permettant de protéger les AC.

5.2.2 Séisme

Concernant les équipements en bassin, les matériels et leurs ancrages seront dimensionnés (par essais ou calculs) au séisme DEH.

5.2.3 Cumul d'agressions

Les cumuls d'agressions à considérer sont donc cohérents avec les règles définies pour la démonstration de sûreté de l'EPR FA3, bien que certaines agressions ne soient pas prises en compte car exclusivement relatives aux REP. Les cumuls envisagés à ce stade du projet et communiqués ci-après sont ceux d'un site favorable pour l'implantation de la Piscine.

[]

Pour plus de clarté, les principaux cumuls d'agressions sont résumés dans le tableau suivant, en précisant le caractère plausible¹ ou le caractère conventionnel de la combinaison envisagée².

Nota : le tableau précise également les cumuls liés à la prise en compte du guide ASN n°13 pour l'inondation externe. Ce guide définit les Situations de Référence pour le risque d'Inondation (SRI) à considérer à partir des événements ou des conjonctions d'événements. La liste des SRI à étudier sera établie en fonction des caractéristiques du site « A ».

Tableau 1 : cumuls plausibles d'agressions et cumuls conventionnels d'agressions

Événement 1	Événement 2	Cumul : Plausible/concomitance Plausible/lien de cause à effet conventionnel	Commentaires
Foudre DBH	Pluie DBH	Plausible / concomitance	La foudre ne doit pas affecter la capacité d'évacuation de la pluie DBH
Vent de fréquence d'occurrence 10-2/an	Inondation externe DBH	Plausible / concomitance	(guide ASN n°13) Les SSC valorisés pour l'inondation externe doivent être conçus pour résister à un vent 10-2/an.
Grands froids DBH	Incendie interne	Conventionnel	(la sectorisation incendie classée de sûreté)
Grands chauds DBH	Incendie interne	Conventionnel	(la sectorisation incendie classée de sûreté)
Séisme de dimensionnement (DBH)	Inondation externe DBH	Plausible / lien de cause à effet	(guide ASN n°13) : étude du SRI « Dégradations ou Dysfonctionnement d'Ouvrages, de Circuits ou d'Équipements » (DDOCE)
Chute d'avion	Inondation externe DBH	Plausible / lien de cause à effet	(guide ASN n°13) : (conséquences théoriquement couvertes par celles du SRI DDOCE)
Explosion externe (environnement industriel, voies de communication et routes)	Inondation externe DBH	Plausible / lien de cause à effet	(guide ASN n°13) : étude du SRI DDOCE
Séisme de dimensionnement (DBH)	Explosion interne	Plausible / lien de cause à effet	
Séisme de dimensionnement (DBH)	Ruptures de tuyauteries, réservoirs, pompes et vannes	Plausible / lien de cause à effet	
Séisme de dimensionnement (DBH)	Inondation interne	Plausible / lien de cause à effet	
Séisme de dimensionnement (DBH)	Incendie interne	Plausible / lien de cause à effet	L'élimination pratique du cumul est recherchée. Les DPCI créditées du statut d'EIP ainsi que celles représentant un risque d'agression d'un SSC sont munies d'exigences sismiques.
Séisme de dimensionnement (DBH)	Incendie interne	Conventionnel	Incendie indépendant postulé 15 jours après atteinte de l'état sûr.
Foudre DBH	Explosion interne	Plausible / lien de cause à effet	
Foudre DBH	Incendie interne	Plausible / lien de cause à effet	L'élimination pratique du cumul est recherchée à la conception (parafoudre, réseau de terre et mise à la terre...).
Projectiles générés par le grand vent DBH	Explosion interne	Plausible / lien de cause à effet	On étudie ici exclusivement les projectiles générés par le grand vent et ses conséquences sur le risque explosion interne (les éventuelles protections doivent tenir au vent de dimensionnement)
Ruptures de tuyauteries, réservoirs, pompes et vannes	Inondation interne	Plausible / lien de cause à effet	
Ruptures de réservoirs, pompes et vannes	Projectile interne	Plausible / lien de cause à effet	
Ruptures de réservoirs, pompes et vannes	Incendie interne	Plausible / lien de cause à effet	

¹ : concomitance de deux phénomènes associés à un même phénomène naturel, ou lien éventuel de cause à effet (agression initiant ou induisant une seconde agression).

² : événements indépendants mais dont la fréquence d'occurrence est jugée suffisamment probable, ou combinaisons purement conventionnelles.

Incendie interne	Explosion interne	Plausible / lien de cause à effet	
------------------	-------------------	-----------------------------------	--

Un second tableau précise quelques combinaisons indépendantes qui seront également analysées. Il s'agit de combinaisons entre des agressions et des conditions de fonctionnement de référence (dans l'analyse envisagée dans ce tableau, la condition de fonctionnement n'est pas induite par l'agression combinée considérée).

Tableau 2 : combinaisons indépendantes à étudier

Événement 1	Événement 2	Combinaison d'événements indépendants	Cumul crédible / commentaire
DBC2	Grands chauds DBH ou Grands froids DBH	conventionnel	Cumul indépendant
DBC3-4 et DEC non induit par une agression	Températures chaudes ou froides de fréquence d'occurrence 10-2/an	conventionnel	Cumul indépendant (les températures considérées sont les températures chaudes/froides centennales retenues pour le dimensionnement, et non les valeurs équivalentes au 10-4/an)
DBC2-3-4	Incendie interne	conventionnel	Incendie indépendant postulé en phase long terme post-accidentelle après atteinte de l'état sûr.

La règle d'étude particulière « Manque De Tension Externe (MDTE) » sera quant à elle appliquée comme suit :

- Le MDTE n'est pas considéré dans les études d'agressions internes, et en particulier pour les études de conditions de fonctionnement induites par une agression interne.
- Le MDTE est considéré dans les études d'agressions externes lorsque qu'il existe un lien de causalité avéré entre l'agression et le MDTE, ou lorsque l'agression est susceptible d'affecter la disponibilité du réseau électrique.
- Le MDTE est considéré dans l'analyse d'un scénario d'agression lorsque la prise en compte de cette hypothèse est plus pénalisante que l'inverse.

Les combinaisons indépendantes applicables aux conditions de fonctionnement DEC sont à préciser ultérieurement, si possible dans le cadre de la préparation du GP.

6 DOMAINE D'EXTENSION DU DIMENSIONNEMENT (DEC)

6.1 DEFINITION

L'objectif du projet piscine est de ne pas observer de séquence relative au niveau 4 de la défense en profondeur. En effet si on considère l'arrêté INB, les conditions DEC correspondent aux niveaux 3 et niveau 4 du domaine de défense en profondeur (maîtrise des accidents et gestion post-accidentelles) – art. 3.1. 1^{er} alinéa tirets 3 & 4.

Le niveau 4 correspond aux accidents qui n'ont pas pu être maîtrisés. Ainsi l'intention du projet est bien de ne pas observer de séquences relatives au niveau 4, elles doivent être éliminées en pratiques. Pour cela, le projet considère qu'il n'y a pas d'accidents graves sur la Piscine du fait que la conception ne présente aucun initiateur simple ou combinaison d'événement pouvant potentiellement conduire à des conséquences inacceptables.

Le REX de l'accident de Fukushima est pris en compte au travers de la définition des agressions externes extrêmes naturelles DEH plus sévères que le niveau de référence de l'agression.

A noter que pour la gestion et prise en compte des agressions externes extrêmes, la piscine suit le référentiel utilisé par EPR2.

- En bassin :

L'enjeu de sûreté est d'assurer une évacuation de la puissance thermique des assemblages par de l'eau monophasique avec un bassin à saturation en subsurface.

L'état sûr correspond quant à lui à maintenir une hauteur d'eau supérieure à la cote de [] m à *minima*.

- En cellule :

L'enjeu de sûreté est de limiter l'enclenchement de phénomènes hors du dimensionnement des gaines combustibles (fluage) ou des pastilles (oxydation pour AC inétanches)

L'état sûr est de maintenir une température de gaine des AC présents en dessous d'une valeur permettant de se prémunir de tout effet falaise au regard des phénomènes précités, présentant au stade DEC des conséquences limitées et une cinétique d'évolution lente.

Le DOS précise que les conditions de fonctionnement retenues sont :

- []

6.2 SCENARIO 1 []

Ce scénario affecte potentiellement les assemblages entreposés ou manutentionnés sous eau. Il conduit à l'échauffement de l'eau d'un bassin d'entreposage jusqu'à son ébullition.

Cette ébullition entraîne une diminution progressive de l'inventaire en eau qui devra être compensée afin d'éviter, à terme, un découvrement des assemblages. L'ébullition conduit aussi à une augmentation de la pression dans le hall piscine, la vapeur d'eau sera relâchée vers l'extérieur par l'ouverture d'un exutoire. La contamination environnementale induite par ce relâchement de vapeur d'eau légèrement contaminée est jugée acceptable sans filtration. Les équipements du hall piscine seront qualifiés à ces conditions d'ambiance (pression, température et hygrométrie).

Calcul à titre d'exemple :

[]

L'inventaire en eau permettant de respecter les exigences précitées (notamment cote [] m) est pris en compte à la conception du bassin (niveau d'eau à la côte initiale de [] m). Compte tenu des volumes d'eau à mettre en jeu, le choix a été fait d'avoir une conception avec des marges sur la hauteur d'eau du bassin. Ce choix permet d'avoir une conception plus robuste que le besoin de créditer un réservoir (ou bassin), des tuyauteries voire même des piquages permettant la remise en eau compte tenu de la conception des bassins et des structures de GC les abritant.

Cette conception est complétée par la mise en œuvre d'un appoint ultime mobile au-delà de la durée d'autonomie de l'installation.

6.3 SCENARIO 2 []

Ce scénario conduit à un échauffement de l'air de la cellule de déchargement et de l'assemblage immobilisé dans la cellule. La température maximale des gaines de l'assemblage ne dépassera pas []°C même en cas d'immobilisation prolongée []. En cours de chargement des paniers, le repli s'effectue en deux étapes grâce à :

- Système de remorquage en cellule : moyen de manutention ultime permettant le repli pérenne de l'assemblage manutentionné.
- Descenseur : repli gravitaire du panier en cours de chargement vers le fond du bassin

Pour tout type d'AC, tout type de panier, un index fixe (x, y, z) sera mis en place permettant de repérer et déposer l'AC dans le panier de façon sûre avant la descente de ce dernier au descenseur.

L'état sûr visé est un AC en panier et le panier en fond de bassin. Les contraintes de temps pour réaliser les opérations sont acceptables avant ébullition [].

6.4 SCENARIO 3 []

Ce scénario conduit à la perte totale des alimentations électriques sur le site. L'intérêt de l'étude de ce scénario est d'amener à privilégier des options de conception permettant d'assurer un refroidissement passif des fonctions de sûreté (dont la fonction de sûreté refroidissement). Comme évoqué précédemment le volume d'eau dans le bassin est dimensionné avec des marges permettant d'assurer la radioprotection des travailleurs ([] m au-dessus des assemblages) ainsi en cas de perte de refroidissement, la réserve d'eau « excédentaire » permet de compenser l'évacuation de la puissance résiduelle du combustible pendant [].

L'isolement statique du hall piscine et de la cellule de déchargement sera assuré de façon passive par une position de repli « fermée » des organes d'isolement en cas de perte d'alimentations électriques. Le repli vers une position sûre des assemblages manutentionnés pourra se faire sans alimentation électrique.

6.5 APPOINT EN EAU ULTIME

Le système SEG permet la continuité du refroidissement en situation post DEC par raccordement à un dispositif mobile d'appoint ultime. Grâce à cet appoint, l'échange thermique s'effectue toujours en circulation naturelle dans le bassin (ébullition) sans atteinte de la cote [] m. Le raccordement SEG est qualifié mécaniquement à toute agression (DBH et DEH), deux points de raccordement SEG sont prévus.

L'intervention de la FARN est prévue au bout de [], délai correspondant à une perte d'inventaire en eau de l'ordre de []. Avec une ébullition de l'ordre de [] m³/h il est prévu de dimensionner *a minima* la connectique d'appoint pour compenser et restaurer le niveau d'eau avec [] m³/h.

Le schéma de principe du système SEG est présenté ci-dessous:

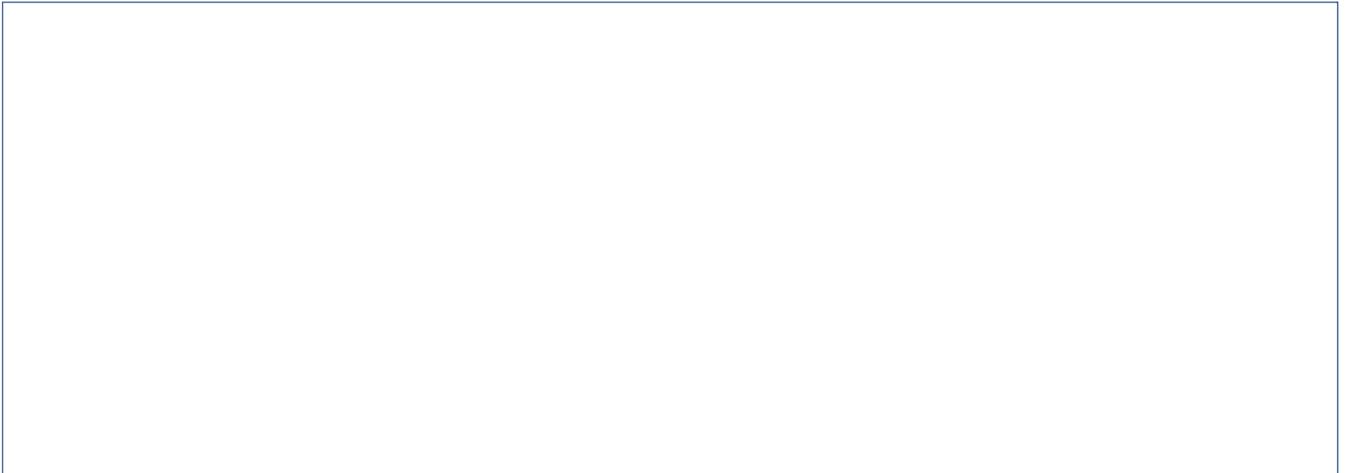


Figure 17: Schéma de principe du système SEG

Le système d'appoint ultime est à adapter au site choisi. La solution n'est pas définie à ce jour.

6.6 REPRISE PROGRESSIVE DE L'EXPLOITATION

La reprise d'exploitation doit pouvoir s'effectuer :

- Sans aucun besoin d'accéder à l'intérieur du hall piscine
- En continuant d'utiliser l'instrumentation post-accidentelle qui sera qualifiée pour tenue aux agressions DEH.

La sensibilité des SSC nécessaires à la gestion post DEC est peu importante vis-à-vis de la qualité de l'eau utilisable au titre de l'appoint ultime suite à une remise en service du système de filtration dans un délai raisonnable après [].

Au niveau du refroidissement la reprise de l'exploitation doit pouvoir s'effectuer du fait que :

- Les échangeurs et les équipements du hall piscine restent en capacité d'assurer le refroidissement dès lors que l'inventaire en eau le permet,
- Les moyens mobiles ne recirculeront pas l'eau hors du bassin,
- Le circuit secondaire de PTA reste intègre et permet la connexion de ces moyens mobiles sous quinze jours,
- La connexion des moyens post-accidentels et de leur fonction support (notamment distribution électrique) est prévue à la conception.

7 ELIMINATION PRATIQUE

Les arguments justifiant l'élimination pratique (cf. DOS) doivent avant tout se fonder sur :

- la mise en œuvre de dispositions de conception et, le cas échéant de dispositions d'exploitation (dont de contrôle et d'inspection en service),
- une démonstration déterministe complétée, si nécessaire, par une évaluation probabiliste, en tenant compte des incertitudes associées aux phénomènes mis en jeu.

7.1 ENJEUX DE SURETE ET CONDITIONS RETENUES

Les enjeux de sûreté sont liés aux effets fautive afférents aux 3 fonctions de sûreté, ceci en tout point de l'installation :

- Maîtrise de la sous-criticité : exclusion du risque de criticité ;
- Refroidissement, par élimination en pratique :
 - de la fusion du combustible (en bassin),
 - du feu d'assemblage et de la rupture généralisée de gaines par « déboutonnage » (en cellule).
- Confinement, par élimination en pratique du cumul de la perte de cette fonction en présence d'un terme source important en conditions accidentelles.

Les conditions retenues au titre de l'élimination en pratique sont précisées dans le DOS du projet Piscine.

L'élimination en pratique de ces conditions doit prendre en compte les agressions (externes et internes) et événements internes.