



<b>REDACTEUR</b>		<b>VERIFICATEUR</b>		<b>APPROBATEUR</b>		<b>DATE DE VALIDATION (FOURNISSEUR) OU TAMPON D'ESTAMPILLAGE (MOE)</b>	
[REDACTED]		[REDACTED]		[REDACTED]			
METIER (MOE) RESPONSABLE : [REDACTED]				REFERENCE(S) ET VERSION(S) GEIDE D'ORIGINE : [REDACTED]			
REFERENCES PROJET	FOURNISSEUR / PARTENAIRE / STE <i>Contractor</i>			FOURNISSEUR / PARTENAIRE / STE		REVISION	
	MAITRE D'ŒUVRE <i>Prime contractor</i>  <b>Orano Projets</b>			Référence MOE [REDACTED]		REVISION [REDACTED]	
DONNEES PROJET	<b>DIFFUSION LIMITEE</b> N° DM : [REDACTED] <b>APS DENSIFICATION DES PISCINES C, D ET E</b>						
ATELIER : <i>Facility</i>		UNITE : <i>Unit</i>		DIFFERENCIEATEUR : <i>Item</i>		SALLE : <i>Room</i>	NIVEAU : <i>Level</i>
Piscines C, D et E							
LIBELLE : Wording : <b>Dossier d'options de sûreté</b>							
REFERENCES INITIALES	FOURNISSEUR <i>Contractor</i>						
	MAITRE D'ŒUVRE <i>Prime contractor</i> <b>Orano Projets</b>			[REDACTED]			
		1 <sup>ère</sup> Emission – <i>Initial issue</i> –					
<b>DATE</b> <i>Date</i>	<b>ETABLI</b> <i>Prepared by</i>	<b>MODIFICATIONS</b> <i>Revisions</i>			<b>VERIFIE</b> <i>Checked by</i>	<b>APPROUVE</b> <i>Approved by</i>	
 <b>orano</b>			N°BART :		Spec. Techn.	[REDACTED]	
			N°GEIDE : [REDACTED]		Type de doc	[REDACTED]	
					Page	<b>1 / 40</b>	
A UTILISER CONFORMEMENT AU DOCUMENT [REDACTED] et [REDACTED]		CE DOCUMENT NE PEUT ETRE UTILISE, COMMUNIQUE OU REPRODUIT SANS AUTORISATION ECRITE DE ORANO <i>This document belongs to ORANO, it cannot be reproduced and/or transmitted without authorisation</i>					

REF. GEIDE	[REDACTED]	
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE	[REDACTED]	REV [REDACTED]

## HISTORIQUE DES REVISIONS

Rév.	Signataire et repérages des paragraphes modifiés
<b>A</b>	<p>Période de validation : 06/2020</p> <p>Rédacteur : [REDACTED]  Vérificateur : [REDACTED]  Approbateur : [REDACTED]</p> <p>Création du document</p>
<b>B</b>	<p>Période de validation : 09/2020</p> <p>Rédacteur : [REDACTED]  Vérificateur : [REDACTED]  Approbateur : [REDACTED]</p> <p>Prise en compte des commentaires Orano Cycle :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présentation de la stratégie de qualification et de surveillance du matériau neutrophage [REDACTED]</li> <li>- objectif de modification des prescriptions techniques relatives à la limite de température de l'eau des piscines en exploitation normale : de 45 à 50°C ;</li> <li>- considération d'une température extérieure estivale décennale (21,9°C) pour la situation d'exploitation normale ;</li> <li>- évaluation des délais et du besoin en eau de refroidissement dans le cadre du scénario « Noyau Dur ».</li> </ul>
<b>C</b>	<p>Période de validation : 09/2020</p> <p>Rédacteur : [REDACTED]  Vérificateur : [REDACTED]  Approbateur : [REDACTED]</p> <p>Prise en compte des commentaires Orano Cycle</p>



DIFFUSION LIMITEE

REF. GEIDE	[REDACTED]	
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE	[REDACTED]	REV [REDACTED]

**D** Période de validation : 09/2020

Rédacteur : [REDACTED]

Vérificateur : [REDACTED]

Approbateur : [REDACTED]

Prise en compte des commentaires Orano Cycle

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

## SOMMAIRE

REFERENCES.....	7
LISTE DES ABREVIATIONS.....	9
1 CONTEXTE ET OBJET DU DOCUMENT .....	10
2 DESCRIPTION DES MODIFICATIONS ENVISAGEES.....	10
2.1 PERIMETRE AVANT MODIFICATIONS .....	10
2.1.1 Entreposage et transfert de paniers d'assemblages combustibles .....	11
2.1.2 Refroidissement de l'eau des piscines .....	12
2.1.3 Alimentation électrique des systèmes de refroidissement .....	13
2.2 NOUVEAUX PANIERS [REDACTED] .....	13
2.3 MODIFICATION DES INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT ....	15
2.4 ÉVOLUTION DES EQUIPEMENTS MECANIQUES ET CONTROLE-COMMANDE .....	15
2.5 STRATEGIE DE QUALIFICATION ET DE SURVEILLANCE DU MATERIAU NEUTROPHAGE [REDACTED] .....	15
3 OPTIONS DE SURETE.....	17
3.1 INTRODUCTION.....	17
3.2 REGLEMENTATION ET OBJECTIFS GENERAUX DE SURETE .....	17
3.2.1 Réglementation .....	17
3.2.2 Objectifs Généraux de Sécurité (OGS).....	17
3.3 ÉLÉMENTS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION (EIP) .....	18
3.4 SYSTEMES, STRUCTURES ET COMPOSANTS NOYAU DUR OU EN INTERFACE (SSC ND OU EI).....	19
3.5 RISQUES NUCLEAIRES.....	20

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

<b>3.5.1</b>	<b>Exposition externe .....</b>	<b>20</b>
3.5.1.1	<i>Présentation du risque .....</i>	20
3.5.1.2	<i>Options de sûreté.....</i>	20
<b>3.5.2</b>	<b>Criticité.....</b>	<b>21</b>
3.5.2.1	<i>Présentation du risque .....</i>	21
3.5.2.2	<i>Dispositions générales de prévention du risque de criticité .....</i>	21
3.5.2.3	<i>Sûreté-criticité du nouveau panier [REDACTED] .....</i>	23
3.5.2.4	<i>Options de sûreté.....</i>	24
<b>3.5.3</b>	<b>Risques liés aux dégagements thermiques.....</b>	<b>25</b>
3.5.3.1	<i>Présentation des risques.....</i>	25
3.5.3.2	<i>Vérification de la température d'équilibre de l'eau des piscines.....</i>	25
3.5.3.3	<i>Modification des prescriptions techniques relatives à la température de l'eau des piscines de 45°C à 50°C.....</i>	28
3.5.3.4	<i>Options de sûreté.....</i>	29
<b>3.6</b>	<b>RISQUES NON NUCLEAIRES D'ORIGINE INTERNE : RISQUES LIES A LA MANUTENTION .....</b>	<b>29</b>
3.6.1	<i>Présentation des risques.....</i>	29
3.6.2	<i>Options de sûreté.....</i>	29
3.6.2.1	<i>Qualification des nouveaux paniers [REDACTED] .....</i>	29
3.6.2.2	<i>Dispositifs mécaniques de sûreté pour les palonniers de préhension des paniers.....</i>	30
3.6.2.3	<i>Verrouillages électriques de sécurité des systèmes de conduite .....</i>	30
3.6.2.4	<i>Systèmes de transferts des paniers .....</i>	30
<b>3.7</b>	<b>RISQUES NON NUCLEAIRES D'ORIGINE EXTERNE .....</b>	<b>31</b>
3.7.1	<i>Risques liés aux activités industrielles et voies de communication.....</i>	31
3.7.1.1	<i>Présentation des risques.....</i>	31
3.7.1.2	<i>Options de sûreté.....</i>	31
3.7.2	<i>Risques liés à la chute d'avion .....</i>	31
3.7.2.1	<i>Présentation du risque .....</i>	31
3.7.2.2	<i>Options de sûreté.....</i>	31
3.7.3	<i>Risques liés aux aléas externes.....</i>	32

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

3.7.3.1	<i>Risques liés au séisme</i> .....	32
3.7.3.2	<i>Conditions météorologiques ou climatiques exceptionnelles</i> .....	33
3.7.3.3	<i>Comportement mécanique des bassins vis-à-vis des nouvelles sollicitations thermiques et cas de charges</i> .....	33
3.8	<b>RISQUES LIES AUX FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS (FOH)</b> .....	35
3.9	<b>IMPACT SUR LES SCENARIOS D'ACCIDENTS GRAVES « NOYAU DUR »</b> .....	36
3.9.1	<b>Évolution de la cinétique de montée en température et d'atteinte de l'effet falaise</b> .....	36
3.9.2	<b>Besoins en eau de refroidissement</b> .....	37
4	<b>CONCLUSION</b> .....	39

REF. GEIDE	[REDACTED]	
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE	[REDACTED]	REV [REDACTED]

## REFERENCES

- [1] Décret 12 mai 1981 modifié autorisant la Compagnie générale des matières nucléaires à modifier l'installation nucléaire de base UP2-800 située sur le site de La Hague
- [2] Décret du 12 mai 1981 modifié autorisant la Compagnie générale des matières nucléaires à modifier l'installation nucléaire de base UP3-A située sur le site de La Hague
- [3] [REDACTED]  
Rapport de Sûreté de l'atelier Piscine C
- [4] [REDACTED]  
Rapport de Sûreté de l'atelier T0 - Piscine D
- [5] [REDACTED]  
Rapport de Sûreté de l'atelier Piscine E
- [6] [REDACTED]  
Note Technique – Liste des Éléments Importants pour la Protection (EIP) - Atelier Piscine C
- [7] [REDACTED]  
Note Technique – Liste des Éléments Importants pour la Protection (EIP) - Ateliers Piscine D et Piscine E
- [8] [REDACTED]  
Note Technique – Méthodologie d'indentification des EIP des INB du site Orano La Hague
- [9] [REDACTED]  
Note Technique – ECS La Hague – Liste des Systèmes, Structures et Composants classés « Noyau Dur » et « en interface »
- [10] RFS I.3.c  
Règle Fondamentale de Sûreté – Série U – Risques de criticité – 18 octobre 1984
- [11] [REDACTED]  
Arrêté du 20 novembre 2014 portant homologation de la décision n°2014–DC–0462 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 7 octobre 2014 relative à la maîtrise du risque de criticité dans les installations nucléaires de base
- [12] [REDACTED]  
Note Technique – Définition des aléas « Grand Chaud » et « Grand Froid » du site de La Hague
- [13] [REDACTED]  
Règles Générales d'Exploitation des ateliers T0/Piscine D, Piscine C et Piscine E
- [14] RFS I.1.a et I.1.b ([REDACTED])  
Règles Fondamentales de Sûreté applicables aux installations nucléaires de base autres que les réacteurs nucléaires relatives à la prise en compte des risques liés aux agressions externes  
RFS I.1.a : Prise en compte des risques liés aux chutes d'avion  
RFS I.1.b : Prise en compte des risques liés aux activités industrielles et aux voies de communication
- [15] [REDACTED]  
Guide Technique – Définition des aléas sismiques du site de La Hague



REF. GEIDE	[REDACTED]	
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE	[REDACTED]	REV [REDACTED]

- [16] [REDACTED]  
Note Technique – Définition des aléas naturels climatiques du site de La Hague
- [17] [REDACTED]  
Évaluation complémentaire de la sûreté des installations nucléaires de base – Site de La Hague
- [18] [REDACTED]  
Scénario hors dimensionnement pour le PUI – Gestion des situations Noyau Dur



REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

## LISTE DES ABREVIATIONS

DED: Débit d'Équivalent de Dose  
 ED : Exigence Définie  
 EI : En Interface  
 EII : Échangeur Ionique Immergé  
 EIP: Élément Important pour la Protection  
 ETI: Échangeur Thermique Immergé  
 FIS : Fonction Importante pour la Sûreté  
 FOH: Facteurs Organisationnels et Humains  
 GV : Grande Vitesse  
 INB : Installation Nucléaire de Base  
 MOX : Mélange d'oxydes d'uranium et de plutonium  
 ND : Noyau Dur  
 NPH : atelier Nouvelle Piscine la Hague  
 OGS : Objectifs Généraux de Sûreté  
 PV : Petite Vitesse  
 REP : Réacteur à Eau sous Pression  
 SDD : Séisme De Dimensionnement  
 SMB-TU : Suivi des Matières de Base – Tête d'Usine  
 SMS : Séisme Majoré de Sécurité  
 SND : Séisme Noyau Dur  
 SSBU : Sous Station Bâtiment Unité  
 SSC : Systèmes, Structures et Composants  
 SSRE : Sous Station de RÉpartition  
 TIP : Transfert Inter-Piscines  
 tMLi : tonne de Métal Lourd initial  
 UOX : Uranium sous forme d'OXYde

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

## 1 CONTEXTE ET OBJET DU DOCUMENT

Afin d'éviter une saturation des entreposages de combustibles usés sur le site de la Hague, il est envisagé d'augmenter la capacité d'entreposage des piscines C, D et E.

Les décrets d'autorisation en vigueur limitent l'occupation des piscines C, D et E à un tonnage total de 15600 tMLi (tonnes de Métal Lourd initial) (cf. décrets référencés [1] et [2]).

La capacité d'entreposage actuelle est de 11990 tMLi (cf. rapports de sûreté référencés [3], [4] et [5]).

Il est envisagé d'augmenter la capacité d'entreposage, sans dépasser les limites de tonnage fixées par décret, soit :

- Piscine C : 4800 tMLi,
- Piscine D : 4600 tMLi,
- Piscine E : 6200 tMLi.

La puissance thermique maximale de la charge en combustible entreposée augmenterait de 34 à 40 MW. [REDACTED]

La solution retenue pour augmenter la capacité d'entreposage consiste à créer de nouveaux paniers pour l'entreposage des assemblages combustibles en piscines. Les adaptations nécessaires concernent en particulier :

- les systèmes de refroidissement, qui doivent être modifiés en cohérence avec l'augmentation de la puissance thermique entreposée ;
- les équipements de manutention et de contrôle-commande, qui doivent être adaptés à l'utilisation des nouveaux paniers.

Ce document présente les principales options de sûreté retenues dans le cadre de cette modification.

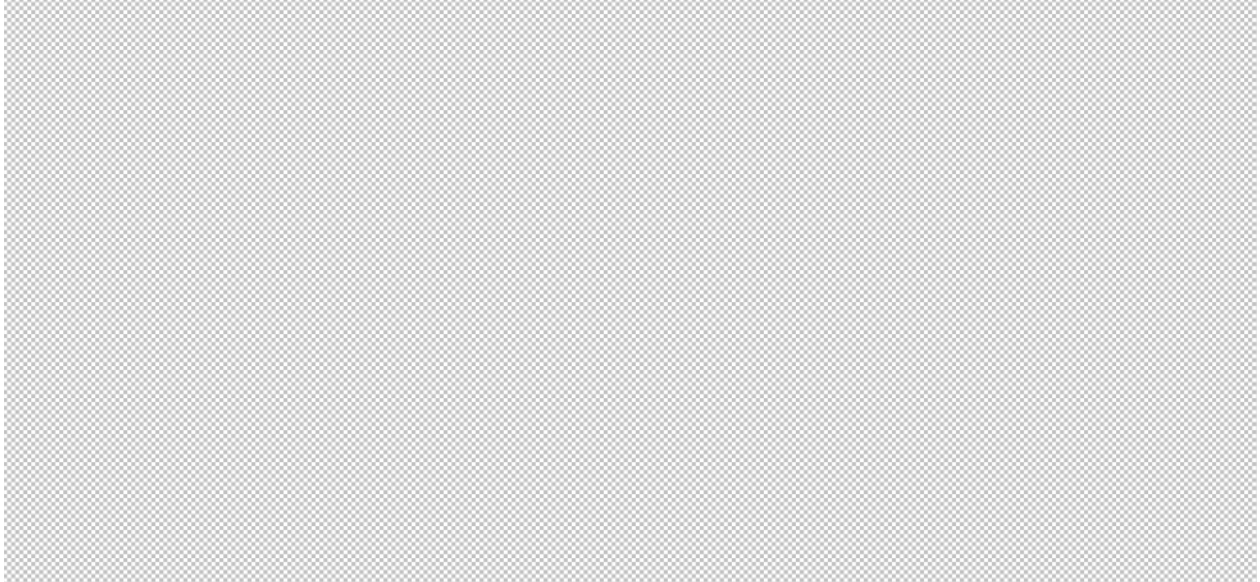
## 2 DESCRIPTION DES MODIFICATIONS ENVISAGEES

### 2.1 PERIMETRE AVANT MODIFICATIONS

La Figure 1 présente l'implantation des installations concernées par la modification :

- les piscines C, D et E ;
- la centrale de refroidissement de ces piscines ;
- la Sous-Station Bâtiment Unité [REDACTED] ;
- le bâtiment T0 et l'atelier NPH utilisés pour le déchargement des assemblages combustibles ;
- les ateliers de cisailage et de dissolution R1 et T1.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV



**Figure 1 : Implantation et bâtiments associés aux piscines C, D et E**

Les principales fonctions assurées par ces installations, étudiées dans le présent document, sont les suivantes :

- l'entreposage et le transfert de paniers d'assemblages combustibles ;
- le refroidissement de l'eau des piscines ;
- l'alimentation électrique des systèmes de refroidissement ;
- le chargement et le transfert de paniers (dans T0 et NPH) et le déchargement de paniers (dans R1 et T1).

### 2.1.1 Entreposage et transfert de paniers d'assemblages combustibles

Les piscines C, D et E permettent d'entreposer des assemblages combustibles irradiés avant leur traitement par les chaînes d'UP2-800 et d'UP3-A. Les assemblages combustibles sont préalablement mis en panier d'entreposage dans la partie déchargement de l'atelier T0 ou dans l'atelier NPH (atelier Nouvelle Piscine la Hague).

Des chariots implantés dans des canaux immergés permettent de transférer les paniers entre :

- les piscines C et D ;
- les piscines D et E ;
- la piscine D et les ateliers T0 et T1 ;
- la piscine NPH et l'atelier R1

La nacelle du sas de Transfert Inter-Piscines (TIP) assure le transfert de paniers entre la piscine C et la piscine de l'atelier NPH.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 2.1.2 Refroidissement de l'eau des piscines

Les piscines C, D et E possèdent chacune leur propre système de refroidissement, constitué par des Échangeurs Thermiques Immérgés (ETI) motorisés, alimentés par la centrale de refroidissement. Cette centrale est implantée en extérieur, et comporte, pour chaque piscine :

- des aéroréfrigérants à tirage induit. Chaque aéroréfrigérant comprend deux ventilateurs à deux vitesses ;
- des pompes assurant la circulation de l'eau de refroidissement ;
- un réseau de distribution comprenant deux collecteurs. ;
- un vase de mise en charge et d'expansion du circuit, à l'aspiration des pompes, associé à un système d'appoint en eau.

La charge thermique maximale ainsi que le nombre d'ETI et d'aéroréfrigérants affectés à chaque piscine dans la configuration actuelle sont présentés ci-dessous :

	Nombre d'ETI	Nombre d'aéroréfrigérants	Nombre de pompes	Capacité maximale de refroidissement (MW)
Piscine C				
Piscine D				
Piscine E				

**Tableau 1 : Charge thermique et nombre d'ETI et d'aéroréfrigérants affectés à chaque piscine dans la configuration actuelle**

Pour chaque piscine, en fonctionnement normal :

- les unités de refroidissement de l'eau des piscines sont toujours en fonction ;
- les deux collecteurs sont en fonction ;
- une pompe ou une paire de pompe de circulation est en fonction ;
- les ETI sont affectés pour moitié sur chaque collecteur ;
- la pompe de circulation de chaque ETI est en fonction.

Chaque aéroréfrigérant et pompe des unités de refroidissement peut être branché sur l'un ou l'autre des deux collecteurs et les réseaux de refroidissement des piscines sont connectables entre eux.

REF. GEIDE	[REDACTED]	
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE	[REDACTED]	REV [REDACTED]

### 2.1.3 Alimentation électrique des systèmes de refroidissement

L'alimentation électrique des systèmes de refroidissement des piscines C, D et E est assurée par la Sous-Station de répartition [REDACTED] :

- [REDACTED] ;
- [REDACTED].

### 2.2 NOUVEAUX PANIERS [REDACTED]

Afin d'augmenter la capacité d'entreposage des piscines C, D et E, la solution retenue est de remplacer les paniers de type REP (Réacteur à Eau Sous Pression) à 9 alvéoles actuels (cf. Figure 2) par des nouveaux paniers avec une section réduite.

Les caractéristiques envisagées pour ce nouveau panier sont les suivantes (cf. Figure 3) :

- section externe hors tout : [REDACTED] ;
- pas d'entreposage : [REDACTED] ;
- 9 alvéoles en tôle d'acier inoxydable avec des chemises neutrophages [REDACTED]

Les études préliminaires ont permis de vérifier la sous-criticité de l'entreposage de ces nouveaux paniers (§ 3.5.2).

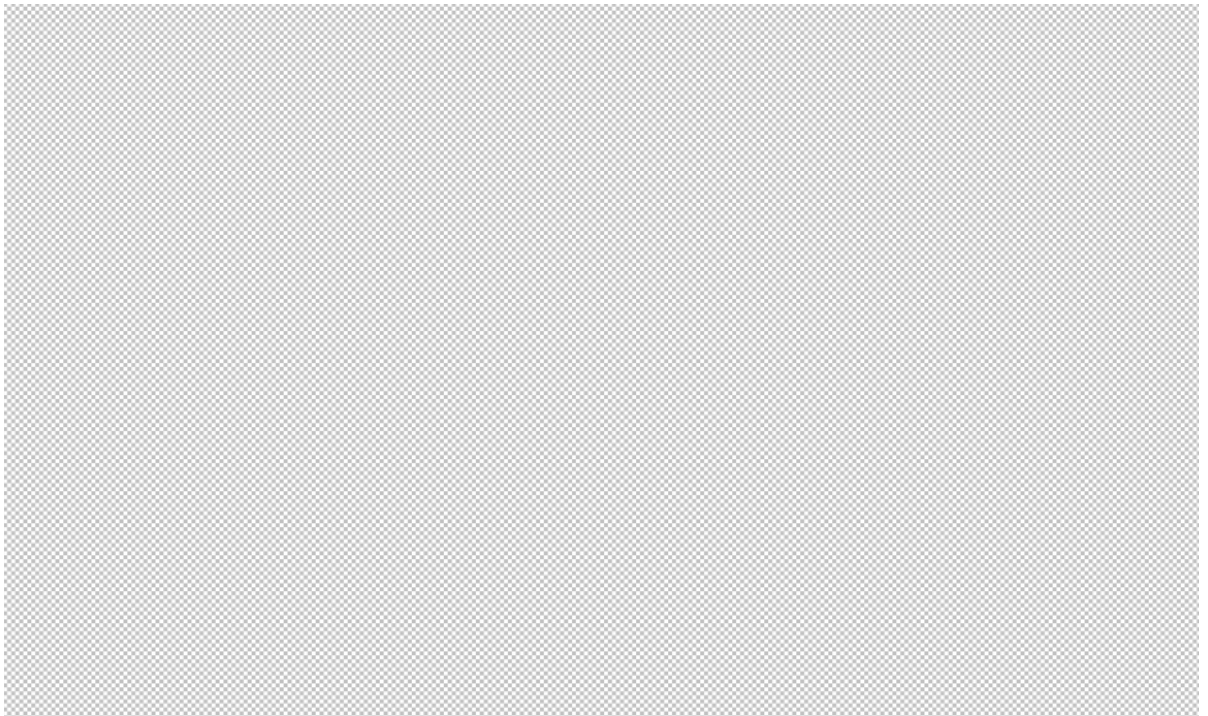
La stratégie de qualification et de surveillance du matériau neutrophage [REDACTED] est présentée au § 2.5.

Les caractéristiques du nouveau panier pourront être amenées à évoluer au fil des études, dans le respect des contraintes de criticité.

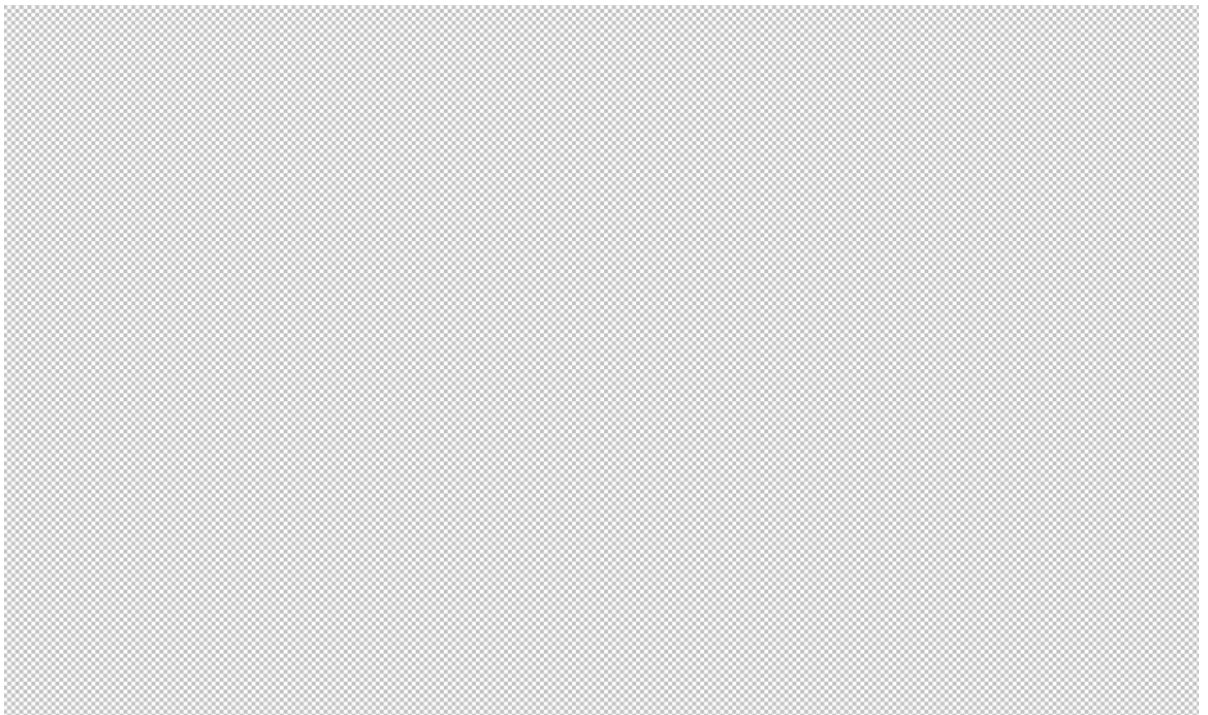
Les paniers REP existants [REDACTED] seront progressivement remplacés par les nouveaux paniers REP [REDACTED], qui coexisteront avec l'ensemble des paniers [REDACTED] existants (dont les paniers REB 16 alvéoles).

D'un point de vue mécanique, les principes de manutention des paniers actuels sont reconduits pour les nouveaux paniers [REDACTED].

REF. GEIDE	[REDACTED]	
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE	[REDACTED]	REV [REDACTED]



**Figure 2 : Paniers [REDACTED] actuels**



**Figure 3 : Nouveaux paniers [REDACTED]**

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 2.3 MODIFICATION DES INSTALLATIONS DE REFROIDISSEMENT

Afin d'augmenter la puissance thermique entreposée dans les piscines, les capacités de refroidissement des piscines C, D et E sont améliorées par l'ajout :

- de [ ] ETI sur les emplacements en réserve de la piscine E ;
- de [ ] aéroréfrigérants supplémentaires et dont l'affectation pourra être distribuée entre les 3 piscines C, D et E.

Ces équipements sont raccordés sur les réseaux de distribution de l'eau de refroidissement existants (utilisation des pompes et collecteurs existants).

[ ]

### 2.4 ÉVOLUTION DES EQUIPEMENTS MECANIQUES ET CONTROLE-COMMANDE

Plusieurs modifications sont nécessaires au niveau des équipements mécaniques et des systèmes de contrôle-commande, afin de permettre les transferts et l'entreposage des deux types de paniers.

Les principales modifications sont les suivantes :

- mise en œuvre d'une nouvelle cartographie d'entreposage des paniers en piscines (piscines C, D, E et NPH), prenant en compte les 2 types de paniers ;
- remplacement des palonniers des ponts-perches (piscines C, D, E et NPH) par des palonniers polyvalents permettant la préhension des deux types de paniers [ ] ;
- modification du système anti-collision des ponts-perches (piscines C, D, E et NPH) ;
- mise en place de nouveaux supports adaptés à l'entreposage des couvercles des nouveaux paniers (couvercle [ ]) ;
- adaptation des capteurs et modifications des automates affectés à la conduite des équipements mécaniques (notamment ponts-perches, chariots de transfert et nacelle du TIP).

### 2.5 STRATEGIE DE QUALIFICATION ET DE SURVEILLANCE DU MATERIAU NEUTROPHAGE [ ]

Le matériau [ ] est utilisé par le groupe Orano pour des applications en entreposage à sec et en emballage de transport. Hors Orano, ce type de matériau bénéficie également d'une maturité industrielle éprouvée et d'un fort retour d'expérience aux Etats-Unis où il est utilisé pour l'entreposage de combustibles usés en piscines.

Le choix de ce matériau fait l'objet d'une démarche de qualification et de surveillance. Le Tableau 2 synthétise la stratégie de qualification et de surveillance pour les différentes exigences fonctionnelles identifiées à ce jour.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

Exigence fonctionnelle	Paramètres associés	Stratégie retenue
Performance neutrophage	Répartition homogène [redacted] avec respect d'une densité surfacique minimale	[redacted]
Qualité du matériau à l'approvisionnement	Taille des particules [redacted] Porosité du matériau faible Teneur en impuretés faible	[redacted]
Tenue au vieillissement Durée de vie : 30 ans environ	Corrosion généralisée Corrosion localisée par piqûres Couplage galvanique  Objectif : respect de la densité surfacique minimale [redacted]	[redacted]
Tenue à l'irradiation Durée de vie : 30 ans environ	Conservation des performances neutrophages Conservation des caractéristiques mécaniques	[redacted]
Tenue mécanique	Fluage : déformation négligeable	[redacted]
	Tenue en cas de chute	[redacted]

**Tableau 2 : Stratégie de qualification envisagée pour le matériau neutrophage [redacted]**



REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3 OPTIONS DE SURETE

#### 3.1 INTRODUCTION

Les options de sûreté sont présentées pour les risques significativement impactés par la modification, à savoir :

- risques d'exposition externe ;
- criticité ;
- risques liés aux dégagements thermiques ;
- risques liés à la manutention ;
- risques liés aux activités industrielles et voies de communication ;
- risques liés à la chute d'avion ;
- risques liés aux aléas externes :
  - o risques liés au séisme ;
  - o risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques exceptionnelles ;
- risques liés aux Facteurs Organisationnels et Humains (FOH).

Par ailleurs, une analyse préliminaire de l'impact sur les scénarios d'accidents graves retenus au titre du « Noyau Dur » est présentée au § 3.9.

Concernant les autres risques, il n'a pas été identifié d'impact significatif sur le référentiel de sûreté existant des installations. Les études de détail comprendront néanmoins l'analyse exhaustive de tous les risques, en cohérence avec les méthodologies d'analyse de sûreté en vigueur.

#### 3.2 REGLEMENTATION ET OBJECTIFS GENERAUX DE SURETE

##### 3.2.1 Réglementation

Le contexte réglementaire est celui de l'Arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base.

##### 3.2.2 Objectifs Généraux de Sûreté (OGS)

Pour toute INB, l'objectif général est de limiter l'exposition des travailleurs, des personnes du public, de l'environnement et de façon générale des intérêts protégés, aux rayonnements ionisants et aux substances chimiques, voire dans certains cas, à certains effets thermiques ou mécaniques.

Le niveau d'exposition se doit d'être aussi bas que raisonnablement possible, compte tenu des technologies actuellement disponibles, à des conditions économiques acceptables.

Les OGS sont notamment appliqués pour l'identification des Équipements Importants pour la Protection (EIP) modifiés ou créés dans le cadre du projet.

La modification concernant des ateliers existants, les OGS de l'installation sont reconduits.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3.3 ÉLÉMENTS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION (EIP)

Les EIP des ateliers Piscine C, T0-Piscine D et Piscine E sont identifiés dans les documents [6] et [7].

#### Impact de la modification sur les EIP existants

Les principaux EIP impactés par la modification sont les suivants :

Désignation / Description	Risques associés aux fonctions	Rang	Impact
Revêtement inox des bassins d'entreposage (liner)	Risque de dispersion de substances radioactives (Confinement statique du premier système de confinement)	■	Augmentation de la masse de combustibles dans les piscines
Génie civil : bâtiment entreposage, bassin d'entreposage et les plots parasismiques de supportage bassin			
Ponts-perches de manutention des paniers	Risques liés à la chute de charge pour les fonctions confinement et maîtrise des réactions nucléaires	■	Modification du système anticollision des ponts-perches Remplacement des palonniers actuels par des palonniers polyvalents
Capteurs associés aux ponts-perches (présence couvercle, détecteurs d'obstacles...)	Risques liés à la chute de charge pour la fonction maîtrise des réactions nucléaires	■	
Système de transfert inter-piscine (TIP) et capteurs de sécurité associés	Risques liés à la chute de charge pour la fonction maîtrise des réactions nucléaires	■	Vérification des interfaces avec le nouveau panier Adaptation des capteurs
Chariot nacelle NPH/R1 et capteurs de sécurité associés			
Chariots nacelles D/T1 et capteurs de sécurité associés			
Chariots de transfert T0/D et capteurs de sécurité associés			
Circuits d'eau de refroidissement A et B	Risques dus aux dégagements thermiques	■	Raccordement des ETI et aéroréfrigérants sur les circuits existants avec ajouts possibles de tuyauteries

Tableau 3 : EIP impactés par le projet de densification des piscines C, D et E

REF. GEIDE	[REDACTED]	
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE	[REDACTED]	REV [REDACTED]

Prise en compte de nouveaux EIP

Les EIP créés dans le cadre des modifications sont identifiés selon la méthodologie [8]. Il s'agit des éléments suivants :

- les nouveaux paniers [REDACTED] avec couvercle et équipements internes : [REDACTED] ;
- les capteurs associés au détecteur d'obstacle du pont perche : [REDACTED] ;
- les nouveaux ETI : [REDACTED] ;
- les aéroréfrigérants supplémentaires implantés : [REDACTED] ;
- les capteurs de surveillance associés au réseau de refroidissement (vitesse rotation ventilateurs aéroréfrigérants) : [REDACTED] ;
- l'alimentation électrique des équipements participant à la sauvegarde (nouveaux aéroréfrigérants) : [REDACTED] ;
- les câbles de sauvegarde des aéroréfrigérants : [REDACTED] ;

Les Exigences Définies (ED) associées à ces éléments seront définies en application de la méthodologie en vigueur.

**3.4 SYSTEMES, STRUCTURES ET COMPOSANTS NOYAU DUR OU EN INTERFACE (SSC ND OU EI)**

Le document [9] présente la liste des Systèmes, Structures et Composants (SSC) classés en tant que « Noyau Dur » (ND) ou « En Interface » (EI).

Dans le cadre des modifications, les SSC classés ND ou EI existants ne sont pas impactés. Comme indiqué au §3.7.3.3, compte tenu des nouveaux chargements dans les piscines (charge d'exploitation et thermique), le comportement mécanique du génie civil des bassins d'entreposage et du liner des piscines (SSC classés ND EI) sera vérifié pour des situations extrêmes « Noyau Dur ».

De plus, aucun SSC-ND ou EI n'est ajouté.

L'impact des modifications sur les scénarios d'accidents graves « Noyau Dur » est analysé au § 3.9.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3.5 RISQUES NUCLEAIRES

#### 3.5.1 Exposition externe

##### 3.5.1.1 *Présentation du risque*

Les risques d'exposition externe résultent de la présence de fluides et de solides du procédé présentant une activité bêta/gamma et/ou une émission neutronique.

Dans les piscines C, D et E, le risque le plus important provient de l'activité élevée contenue dans les assemblages combustibles manutentionnés et entreposés en piscine. L'eau assure la protection contre les rayonnements.

Les autres risques proviennent :

- de l'activité des produits de corrosion et d'activation déposés sur les gaines des crayons combustibles et qui se retrouvent dans les effluents (liquides et gazeux) et les déchets solides résultant des opérations d'épuration de l'eau de la piscine ;
- du réseau de transport pneumatique des échantillons actifs implanté dans les locaux de zone 2 ou 3.

Dans le cadre des modifications envisagées, le risque d'exposition externe est considéré vis-à-vis des nouvelles configurations d'entreposage envisagées (augmentation du nombre d'assemblages combustibles entreposés et de l'activité totale dans les piscines).

##### 3.5.1.2 *Options de sûreté*

###### Évolution du Débit d'Équivalent de Dose (DED)

Dans les halls des piscines, où la hauteur d'eau garantit la protection contre les rayonnements, l'augmentation de l'activité entreposée a un impact négligeable sur le DED.

###### Baisse accidentelle du niveau d'eau

Le scénario d'accident grave étudié au titre du Noyau Dur est une baisse accidentelle du niveau de l'eau de la piscine, suite à la perte des moyens de refroidissement, pouvant entraîner un accroissement du DED dans le hall de la piscine.

L'impact sur ce scénario est étudié au § 3.9.

###### Contamination de l'eau des piscines

L'épuration de l'eau des piscines est effectuée en continu par des échangeurs ioniques immergés, afin de maintenir l'activité de l'eau en-dessous des seuils fixés dans le référentiel d'exploitation.

Les moyens d'épuration actuels permettent de maintenir l'activité volumique des eaux de piscine très en-deçà des limites d'exploitation et des valeurs prises en considération pour le dimensionnement. Les moyens d'épuration de l'eau de piscine actuels sont donc largement dimensionnés pour pallier un éventuel surcroît d'activité lié à l'augmentation des capacités d'entreposage.

Par ailleurs, l'efficacité d'épuration des échangeurs ioniques est suivie périodiquement par prise d'échantillon. Ces analyses permettent de surveiller l'évolution chimique et radiochimique de l'eau des piscines. Lorsque l'activité radiologique de l'eau des piscines augmente, les cartouches des échangeurs ioniques saturés sont remplacées.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3.5.2 Criticité

#### 3.5.2.1 Présentation du risque

Le risque de criticité est à prendre en compte principalement du fait du transfert, de la manutention et de l'entreposage d'assemblages combustibles contenant des quantités importantes de matière fissile.

Vis-à-vis des modifications envisagées, la démonstration du risque de criticité est reconsidérée afin de prendre en compte l'utilisation du nouveau panier dont les caractéristiques envisagées sont présentées au § 2.2.

En effet, la densification des paniers d'entreposage implique deux conséquences principales sur la maîtrise du risque de criticité de ces paniers :

- le rapprochement des assemblages combustibles, conduisant à une augmentation des interactions neutroniques ;
- la diminution de la lame d'eau entre les assemblages combustibles, conduisant à une diminution des absorptions neutroniques assurées par l'hydrogène de l'eau.

Chacun de ces effets conduit à une augmentation de la réactivité d'un panier plus dense.

L'analyse de criticité couvrira toutes les opérations pour lesquelles le nouveau panier peut être utilisé, c'est-à-dire :

- le chargement des assemblages combustibles en panier dans les ateliers T0 ou NPH ;
- le transfert et l'entreposage des paniers en piscine ;
- le déchargement des assemblages combustibles dans la cellule d'alimentation des ateliers T1 ou R1.

#### 3.5.2.2 Dispositions générales de prévention du risque de criticité

##### 3.5.2.2.1 Objectifs et principes généraux de sûreté

Les dispositions générales relatives à la maîtrise du risque de criticité lors des opérations étudiées sont définies dans le respect de la Règle Fondamentale de Sûreté I.3.c [10] et en conformité avec la décision ASN n°2014-DC-0462 [11].

Conformément au principe de défense en profondeur, des dispositions matérielles ou organisationnelles et humaines sont définies et mises en œuvre, permettant de prévenir le risque de criticité, surveiller l'installation afin de détecter toute dérive susceptible de remettre en cause la maîtrise du risque et limiter les conséquences en cas d'accident de criticité.

Au titre d'une démarche de conception prudente, le principe suivant est appliqué :

- un accident de criticité ne doit en aucun cas découler d'une seule anomalie ;
- si un accident de criticité peut découler de l'apparition concomitante de deux anomalies, il est alors démontré que :
  - o les deux anomalies sont indépendantes,
  - o la probabilité d'occurrence de chacune des deux anomalies est suffisamment faible,

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

- chaque anomalie est mise en évidence à l'aide de moyens appropriés et fiables, permettant la réparation ou la mise en place de mesures compensatoires dans un délai adéquat.

Dans le cas où ce principe ne peut pas être appliqué, des dispositions techniques et organisationnelles sont mises en œuvre, permettant de rendre les scénarios d'accidents en cause extrêmement improbables avec un haut degré de confiance. En particulier, aucune situation accidentelle de dimensionnement ne doit conduire à un accident de criticité.

### 3.5.2.2.2 Définition des modes de contrôle

#### Chargement des assemblages combustibles en panier dans les ateliers T0 ou NPH

Les modes de contrôle pour le chargement des assemblages combustibles dans les paniers sont :

- la géométrie des assemblages combustibles lors de l'opération de transfert d'un assemblage combustible [redacted] ;
- la géométrie des assemblages combustibles et des paniers associée à l'empoisonnement hétérogène apporté par les matériaux de structure des paniers lorsque les assemblages combustibles sont en position entreposage dans le panier.

#### Transfert et entreposage des paniers dans les piscines C, D et E

Le mode de contrôle pour les opérations d'entreposage en piscine des paniers d'assemblages combustibles et de transfert des paniers entre piscines est la géométrie des assemblages et des paniers associée à l'empoisonnement hétérogène apporté par les matériaux de structure des paniers.

#### Déchargements des assemblages combustibles dans la cellule d'alimentation des ateliers R1 ou T1

Les modes de contrôle pour la réception et le déchargement des d'assemblages combustibles sont :

- pour les interfaces piscine D/T1 ou piscine NPH/R1 : la géométrie des assemblages et des paniers associée à l'empoisonnement hétérogène apporté par les matériaux de structure des paniers ;
- pour les cellules alimentation R1 et T1 : la limitation de la modération (volume d'eau accompagnant l'assemblage combustible lors de son émergence).

### 3.5.2.2.3 Milieux fissiles de référence

Les milieux fissiles retenus pour les assemblages combustibles sont des réseaux de crayons d'UO<sub>2</sub> ou d'(U+Pu)O<sub>2</sub> gainés de zirconium (de type REP 17x17), modérés par de l'eau.

La masse volumique de l'oxyde est prise égale à [redacted].

La masse volumique du zirconium est prise égale à [redacted].

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3.5.2.3 *Sûreté-criticité du nouveau panier*

Durant les études préliminaires, plusieurs calculs ont été réalisés pour vérifier l'admissibilité du design du nouveau panier et optimiser le matériau neutrophage constituant les chemises insérées dans les alvéoles de ce panier.

#### Combustibles considérés

Les calculs préliminaires ont été réalisés en considérant les combustibles suivants :

- REP UOX 17x17, d'enrichissement initial en <sup>235</sup>U égal à 4,55 %, avec 254 crayons et de combustion massique prise égale à 3500 MWj/tU ;
- REP UOX, de section 21,45 x 21,45 cm<sup>2</sup>, d'enrichissement initial en <sup>235</sup>U égal à 4,55 %, à nombre quelconque de crayons et de combustion massique prise égale à 6500 MWj/tU ;
- REP MOX 17x17, avec 254 crayons, de composition isotopique massique :
  - o [REDACTED],
  - o [REDACTED],
  - o Pu / (U + Pu) = 8,78 % ;
- REP MOX, de section 21,45 x 21,45 cm<sup>2</sup>, à nombre quelconque de crayons, de composition isotopique massique :
  - o [REDACTED],
  - o [REDACTED],
  - o Pu / (U + Pu) = 7,58 %.

Ces combustibles ont été retenus en première approche afin de couvrir au maximum le domaine de combustible autorisé en panier 9 alvéoles. Lors des études de détail, l'admissibilité du nouveau panier sera vérifiée vis-à-vis de l'ensemble des combustibles prévus d'y être entreposés.

#### Configurations d'études considérées

En situation normale, la configuration étudiée est un réseau infini de paniers [REDACTED]. Il a été préalablement vérifié que cette situation couvrait celle du réseau infini de paniers avec assemblages décentrés dans les alvéoles [REDACTED].

Pour les situations incidentelles, les configurations suivantes ont été étudiées :

- l'expansion d'un assemblage sur toute la hauteur de l'alvéole centrale d'un panier isolé [REDACTED] ;
- la chute d'un assemblage le long d'un panier [REDACTED] ;
- le dépassement de la partie active des assemblages hors des chemises d'un panier.

Ces configurations d'études couvrent la plupart des situations de fonctionnement normales et incidentelles associées aux opérations pour lesquelles le nouveau panier [REDACTED] peut être utilisé et présentées dans les démonstrations de sûreté-criticité des ateliers Piscine C, T0/piscine D, Piscine E, NPH, R1 et T1. L'ensemble des configurations sera étudié lors des études de détail.

Les critères d'admissibilité usuellement retenus pour les configurations normales et anormales sont reconduits.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

Paramètres du panier contribuant à la démonstration du risque de criticité

Les caractéristiques principales de la chemise retenues sont une épaisseur maximale de [REDACTED], dont la densité surfacique [REDACTED] minimale admissible dépend des autres paramètres du panier (dont principalement la section interne de la chemise).

La densité surfacique minimale [REDACTED] a été évaluée à [REDACTED] pour une chemise de section interne maximale [REDACTED]

Comme présenté dans le Tableau 2 (§ 2.5), l'utilisation du matériau neutrophage [REDACTED] pour les chemises du nouveau panier [REDACTED] fera l'objet d'une stratégie de qualification et de surveillance.

Vis-à-vis de la configuration de dépassement de la partie active des assemblages combustibles hors des chemises du panier, la hauteur maximale admissible de dépassement de la partie active des assemblages hors des chemises en cas de renversement du panier [REDACTED]. Les dispositions existantes vis-à-vis de cette exigence et qui permettent d'éviter l'atteinte d'une telle situation seront reconduites pour le nouveau panier [REDACTED]. Ces dispositions sont les suivantes :

- lors de la préparation des paniers et du chargement des assemblages combustibles :
  - o des cales adaptées à la hauteur des assemblages combustibles entreposés dans le nouveau panier seront utilisées afin que la section fissile des assemblages soit entourée par la chemise neutrophage des alvéoles sur toute leur hauteur,
  - o lors de la préparation des paniers, chaque mise en place de cale fait l'objet d'un pigeage pour garantir sa bonne position et sa bonne longueur,
  - o un examen visuel du panier qui vient d'être chargé est réalisé par l'opérateur afin de vérifier le non dépassement des assemblages ;
- lors des opérations de transfert et d'entreposage des paniers, en cas de renversement ou de chute de panier, les nouveaux paniers seront équipés de couvercles verrouillés limitant le glissement des assemblages. L'espace entre le couvercle et la zone neutrophage (partie supérieure des chemises) sera adapté de telle sorte que la partie fissile des assemblages susceptible de dépasser soit inférieure à la limite définie par les études de criticité.

Ces paramètres seront confortés dans la suite des études.

**3.5.2.4 Options de sûreté**

Les modes de contrôle de la sûreté-criticité actuels sont reconduits pour les nouveaux paniers [REDACTED].

Des calculs de criticité permettront de valider les paramètres des nouveaux paniers [REDACTED] nécessaires à la démonstration de sûreté-criticité.

Ces calculs seront réalisés pour l'ensemble des combustibles susceptibles d'être entreposés dans le nouveau panier [REDACTED] et permettront de couvrir l'ensemble des situations de fonctionnement normales et incidentelles associées aux opérations pour lesquelles celui-ci est utilisé.

Par ailleurs, l'utilisation du matériau neutrophage [REDACTED] pour les chemises des nouveaux paniers [REDACTED] fera l'objet d'une stratégie de qualification et de surveillance.



REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3.5.3 Risques liés aux dégagements thermiques

#### 3.5.3.1 Présentation des risques

Les assemblages combustibles entreposés sous eau dans les bassins des piscines C, D et E présentent des dégagements thermiques importants. La défaillance totale ou partielle du refroidissement de l'eau des piscines peut avoir des conséquences sur :

- les conditions d'ambiance dans les bâtiments d'entreposage ;
- l'efficacité des systèmes d'épuration continue de l'eau des piscines ;
- le comportement mécanique des bassins et des revêtements en acier inoxydable ;
- le niveau de l'eau des piscines, dont l'abaissement pourrait induire un DED inacceptable dans le hall piscine, voire le dénoyage des assemblages combustibles avec fluage et rupture des gaines et relargage de produits radioactifs.

Dans le cadre du projet, les risques liés aux dégagements thermiques doivent être reconsidérés afin de prendre en compte les nouvelles capacités de refroidissement des piscines et l'augmentation de la puissance thermique totale des combustibles entreposés dans les piscines C, D et E.

Vis-à-vis de ces modifications, les aspects suivants seront vérifiés :

- la température d'équilibre de l'eau des piscines devra être compatible avec les critères de sûreté ;
- la tenue des bassins d'entreposage (génie civil et revêtement en acier inoxydable) devra être vérifiée aux nouvelles sollicitations thermiques et combinaisons de charges. Cet aspect est analysé au § 3.7.3.3.

Par ailleurs, il est envisagé de modifier les prescriptions techniques relatives à la température de l'eau des piscines de 45°C à 50°C. L'analyse de l'impact de cette évolution est présentée au § 3.5.3.3.

À noter que les nouveaux aéroréfrigérants et ETI implantés seront raccordés sur les systèmes refroidissement existants. L'architecture des systèmes de refroidissement est conservée (fiabilité, redondance et dispositions inchangées).

L'impact sur la cinétique de montée en température de l'eau et de diminution du niveau d'eau dans le cas d'une perte des systèmes de refroidissement ainsi que les dispositions de remédiation associées est présenté au § 3.9 (scénarios d'accidents graves « Noyau Dur »).

#### 3.5.3.2 Vérification de la température d'équilibre de l'eau des piscines

##### 3.5.3.2.1 Températures extérieures considérées

Le temps de mise à l'équilibre du système de refroidissement des piscines C, D et E a été identifié à environ 5 jours. Compte tenu de ce temps de mise à l'équilibre, les températures extérieures estivales prises en compte dans l'étude thermique sont les températures stationnaires moyennées sur 120 heures.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

Les conditions climatiques retenues dans l'étude sont les suivantes (cf. document référencé [12]) :

- « Estivales annuelles » : la température estivale annuelle moyennée sur 120 h retenue est égale à + 17,9 °C, correspondant au fractile 2 % supérieur des températures moyennes journalières relevées sur le site de la Hague (7 jours les plus chauds de l'année) ;
- « Estivales décennales » : la température estivale décennale moyennée sur 120 h retenue est égale à + 21,9°C (issue d'une projection statistique des données climatiques relevées sur le site de la Hague) ;
- « Estivales centennales » : la température estivale centennale moyennée sur 120 h retenue est égale à + 26,1 °C (issue d'une projection statistique des données climatiques relevées sur le site de la Hague).



### 3.5.3.2.2 Configurations de fonctionnement considérées

Les systèmes de refroidissement sont étudiés en considérant les différentes configurations de fonctionnement des systèmes de refroidissement :

- fonctionnement normal ;
- secours ;
- sauvegarde.

#### Configuration de fonctionnement normal

En configuration de fonctionnement normal, tous les éléments des systèmes de refroidissement des piscines C, D et E sont en fonctionnement (cf. § 2.1.2).

#### Configuration de secours

La configuration de secours correspond au scénario suivant :

- une perte de refroidissement due à la perte de l'alimentation électrique normale ;
- une reprise de l'alimentation électrique des récepteurs secours par le courant électrique secouru fourni par la Centrale Autonome du réseau 20 kV [redacted].

Dans le cadre de la modification, il est envisagé de mettre en œuvre un mode de secours optimisé par rapport au fonctionnement actuel, en réalimentant un plus grand nombre d'ETI.

Ce mode de secours envisagé est appelé : « secours 100% PV optimisé ». Les configurations de fonctionnement associées à ce mode de secours sont les suivantes :

- une pompe (ou une paire de pompes selon la piscine considérée) de circulation assure la circulation du fluide caloporteur dans le circuit ;
- tous les groupes ETI motorisés sont réalimentés ;
- tous les ventilateurs des aéroréfrigérants sont réalimentés et mis en service à petite vitesse (PV).

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### Configuration de sauvegarde

La situation de sauvegarde est la situation rencontrée à la suite d'un événement nécessitant la mise à l'état sûr de l'atelier (perte de l'alimentation électrique normale et secourue, séisme...).

Dans cette situation :

- l'alimentation électrique des récepteurs sauvegardés des systèmes de refroidissement des piscines est produite par [ ] des [ ] groupes électrogènes de sauvegarde [ ] ;
- une pompe ou une paire de pompes (selon la piscine considérée) de circulation assure la circulation du fluide caloporteur dans le circuit ;
- tous les groupes ETI fonctionnent en thermosiphon ;
- 50 % des ventilateurs des aéroréfrigérants sont réalimentés et remis en service, à grande vitesse (GV).

#### 3.5.3.2.3 Critères de sûreté

Les critères de sûreté à respecter sont définis en fonction :

- des configurations de fonctionnement du système de refroidissement (fonctionnement : normal, secours ou sauvegarde) ;
- des conditions climatiques (estivales annuelles, décennales ou centennales) ;
- des différents risques pouvant être induits par une élévation de température de l'eau.

Les critères retenus sont les suivants :

- en situation d'exploitation normale, correspondant à un système de refroidissement en fonctionnement normal (sans brumisation) et soumis à des conditions climatiques estivales décennales, la température d'équilibre de l'eau des piscines doit demeurer inférieure à 50°C. Cette limite correspond à la nouvelle prescription technique envisagée (cf. § 3.5.3.3) ;
- en situation d'exploitation exceptionnelle, correspondant à un système de refroidissement en fonctionnement normal et soumis à des conditions climatiques estivales centennales, la température d'équilibre de l'eau des piscines doit demeurer inférieure à 60°C. Cette température permet de garantir le fonctionnement des Échangeurs Ioniques Immergés (EII) assurant l'épuration de l'eau des piscines ;
- en situation de secours, la température d'équilibre de l'eau des piscines doit :
  - o pour des conditions climatiques estivales annuelles : demeurer inférieure à 60°C,
  - o pour des conditions climatiques estivales centennales : demeurer inférieure à 100°C afin de garantir la non ébullition de l'eau. Pour cette situation, compte tenu de la durée, par nature limitée, de l'épisode chaud considéré, et du cumul des deux situations dégradées considérées (conditions climatiques centennales et situation de secours), le dépassement du critère de 60°C est admis :
- en situation de sauvegarde et avec des conditions climatiques estivales annuelles, la température d'équilibre de l'eau des piscines doit demeurer inférieure à 100°C.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3.5.3.2.4 Résultats

Les résultats obtenus pour chaque situation de fonctionnement sont présentés dans le Tableau 4.

Situation de fonctionnement	Température extérieure	Brumisation <sup>(1)</sup>	Température d'équilibre de l'eau des piscines	Critère de sûreté
Exploitation normale	18,2°C <sup>(2)</sup>	Non	44,1°C	Teq<50°C <sup>(3)</sup>
	21,9°C		47,2°C	
Exploitation exceptionnelle	26,1°C	Oui	47,9°C	Teq<60°C
Secours 100% PV optimisé	18,2°C <sup>(2)</sup>	Non	54,4°C	Teq<60°C
	21,9°C		58,3°C	Teq<100°C
	26,1°C		62,7°C	Teq<100°C
Sauvegarde	18,2°C <sup>(2)</sup>		93,0°C	Teq<100°C

(1) le système de brumisation des aéroréfrigérants est mis en fonctionnement en fonction de la température de l'eau des circuits de refroidissement et des prévisions météorologiques, afin d'améliorer la capacité de refroidissement de l'installation de production d'eau de refroidissement des piscines. Le système de brumisation actuel sera étendu pour les nouveaux aéroréfrigérants.

(2) la température extérieure estivale annuelle qui sera considérée dans les études de détail sera de 17,9°C (valeur actualisée selon le nouveau guide en vigueur)

(3) dans le cas d'une température extérieure estivale annuelle, la température reste inférieure à 45°C.

**Tableau 4 : Températures d'équilibre de l'eau des piscines pour chaque situation de fonctionnement (études préliminaires)**

Les critères de sûreté définis au § 3.5.3.2.3 sont respectés pour l'ensemble des situations de fonctionnement.

### 3.5.3.3 Modification des prescriptions techniques relatives à la température de l'eau des piscines de 45°C à 50°C

Les prescriptions techniques 3.1.1.6 et 5.1.1.6 (cf. Chapitre 0 des RGE [13]) limitent actuellement la température de l'eau des piscines à 45°C en exploitation normale.

Il est envisagé de modifier ces prescriptions techniques pour porter cette limite à 50°C. Cette nouvelle limite permettra ainsi de conserver une marge d'exploitation pour des conditions climatiques estivales décennales (température d'équilibre de l'eau des piscines sans brumisation évaluée à 47,2°C).

La cinétique de montée en température de l'eau et de dénoyage des piscines en cas de perte des moyens de refroidissement (scénario « Noyau Dur ») est étudiée au § 3.9. À partir de la température d'équilibre de l'eau des piscines en situation normale sans brumisation (47,2°C), les nouveaux délais estimés restent suffisants pour la mise en œuvre des actions de remédiation.

Vis-à-vis du génie civil, comme présenté au § 3.7.3.3, le dimensionnement mécanique des bassins d'entreposage (liner et génie civil) sera vérifié pour les nouvelles sollicitations thermiques et cas de chargement dans les différentes situations de fonctionnement.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

Le fonctionnement des Échangeurs Thermiques Immérgés (ETI) (hélices et motopompe) et des Échangeurs Ioniques Immérgés (EII) (résines) reste assuré pour une température de l'eau de piscine de 50°C (aucun impact jusqu'à 60°C). Les équipements de procédé immergés ne sont donc pas impactés.

Enfin, pour une température de l'eau de 50°C, la ventilation du hall des piscines reste opérationnelle et le risque de colmatage des filtres THE par de l'air humide n'est pas retenu compte tenu de la présence de réchauffeurs électriques permettant d'éviter les effets de condensation.

Compte tenu de ces éléments, aucun impact sur la sûreté des installations n'est identifié pour une augmentation de la température de l'eau des piscines de 45°C à 50°C.

### 3.5.3.4 Options de sûreté

L'amélioration des performances de refroidissement des piscines (via l'ajout de ■ ETI et ■ aéroréfrigérants) permet de respecter les critères de sûreté définis au § 3.5.3.2.3 pour chaque situation de fonctionnement.

La modification des prescriptions techniques relatives à la température de l'eau des piscines en exploitation normale n'a aucun impact sur la sûreté des installations.

## 3.6 RISQUES NON NUCLEAIRES D'ORIGINE INTERNE : RISQUES LIES A LA MANUTENTION

### 3.6.1 Présentation des risques

Les risques de chute de charges et de collisions sont analysés vis-à-vis des modifications à mettre en œuvre pour adapter les moyens de manutention aux nouveaux paniers ■.

Les aspects suivants sont étudiés :

- qualification des nouveaux paniers ■ vis-à-vis des incidents de manutention ;
- dispositifs mécaniques de sûreté à considérer pour les nouveaux palonniers polyvalents ;
- impact des modifications sur les verrouillages électriques de sécurité des systèmes de conduite ;
- impact des modifications sur les systèmes de transfert des paniers.

### 3.6.2 Options de sûreté

#### 3.6.2.1 Qualification des nouveaux paniers ■

Afin de garantir l'absence de conséquences à la suite d'une chute ou d'un renversement, les nouveaux paniers ■ seront conçus en reconduisant les exigences de sûreté des paniers actuels ■

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

**3.6.2.2 Dispositifs mécaniques de sûreté pour les palonniers de préhension des paniers**

Les dispositifs mécaniques de sûreté existants sur les palonniers actuels pour la préhension des paniers et des couvercles devront être reconduits sur les palonniers polyvalents afin d'éviter :

- la prise intempestive d'un panier lorsque les logements de préhension couvercles sont en position « couvercle verrouillé sur palonnier » ;
- le déverrouillage d'un couvercle sur panier lorsque les crochets sont en position « panier pris » ;
- le lâcher d'un couvercle en prise en cas de défaillance du circuit de commande ;
- le lâcher d'un panier en prise et le déverrouillage d'un couvercle en cas de défaillance du circuit de commande.

**3.6.2.3 Verrouillages électriques de sécurité des systèmes de conduite**

[Redacted text block]

- [Redacted text]
- [Redacted text]

Les modifications prendront en compte l'adaptation des verrouillages de sécurité aux nouveaux paniers [Redacted]. Les verrouillages de sécurité existants seront reconduits et adaptés pour les nouveaux palonniers polyvalents et le nouveau système de détection d'obstacles.

**3.6.2.4 Systèmes de transferts des paniers**

Les systèmes de transfert (chariots et nacelles) des paniers seront adaptés pour permettre la réception des deux types de paniers.

Les éventuelles modifications à réaliser sur ces systèmes de transfert concerneront :

- le positionnement et la stabilité des paniers sur ces systèmes de transfert ;
- les systèmes de détection de la présence des paniers ;
- le paramétrage des automates des ponts-perches ou des ponts-basculateurs pour le positionnement et le centrage des paniers sur ces systèmes de transfert.

Ces équipements seront adaptés aux dimensions du nouveau panier [Redacted], tout en reconduisant les exigences de sûreté [Redacted]

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3.7 RISQUES NON NUCLEAIRES D'ORIGINE EXTERNE

#### 3.7.1 Risques liés aux activités industrielles et voies de communication

##### 3.7.1.1 *Présentation des risques*

Les risques induits par les activités industrielles et les voies de communication sont reconsidérés afin de prendre en compte :

- l'ajout d'aéroréfrigérants supplémentaires (les installations de refroidissement situées à l'extérieur constituent une cible vis-à-vis des agresseurs liés aux activités industrielles et voies de communication) ;
- les éventuelles modifications de voirie associées (éventuel décalage de la voirie pour implanter les [REDACTED] aéroréfrigérants supplémentaires [REDACTED]).

##### 3.7.1.2 *Options de sûreté*

L'analyse des risques induits par les activités industrielles et les voies de communication est réalisée en respectant les objectifs de la RFS I.1b référencée [14].

L'analyse consistera à vérifier l'impact des scénarios étudiés dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB 116, sur les installations de refroidissement modifiées.

Ces scénarios peuvent induire des effets thermiques et de surpression.

Dans le cas des risques liés aux transports de matières dangereuses par voies routières, la longueur des tronçons dangereux et les probabilités d'atteinte des aéroréfrigérants pour la nouvelle implantation seront réévaluées.

Le cas échéant, des dispositions seront mises en œuvre (dimensionnement des nouvelles installations de refroidissement vis-à-vis des effets thermiques et/ou de surpression engendrés par les scénarios étudiés, réduction des sources de dangers, etc.) pour permettre le respect de l'objectif probabiliste et assurer le maintien des fonctions de sûreté.

#### 3.7.2 Risques liés à la chute d'avion

##### 3.7.2.1 *Présentation du risque*

Les risques liés à la chute d'avion sont pris en compte du fait de l'ajout d'aéroréfrigérants et de tuyauteries de refroidissement, entraînant une modification de la surface sensible de la centrale de refroidissement, et donc une évolution de la probabilité annuelle de chute sur les installations de refroidissement.

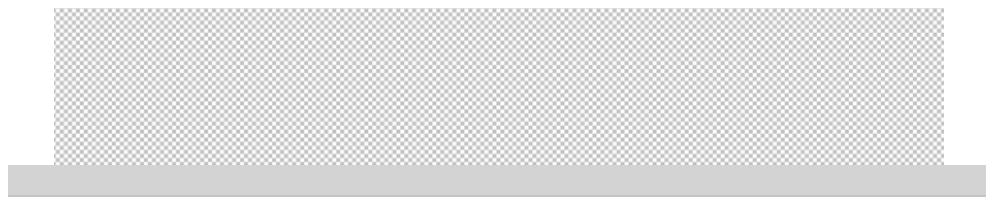
##### 3.7.2.2 *Options de sûreté*

L'analyse des risques liés à la chute d'avion est réalisée conformément aux principes de la RFS I.1.a référencée [14].

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

Les probabilités annuelles de chute d'avion sur les installations de refroidissement seront évaluées en prenant en compte :

- les probabilités annuelles de chute d'avion sur le site de La Hague (mises à jour dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB 116) ;
- la nouvelle surface sensible des installations de refroidissement (cf. Figure 2).



Le risque de chute d'avions sera considéré comme hors dimensionnement si les probabilités annuelles de chutes d'avion sur les installations de refroidissement réévaluées restent inférieures ou de l'ordre de  $10^{-7}$ , quelle que soit la famille d'aviation considérée.

Nota : En attente des mises à jour de probabilités de chutes d'avion sur le site de La Hague dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB 116, les probabilités annuelles de chutes d'avion sur les installations de refroidissement évaluées dans les études préliminaires sont les suivantes :

- aviation générale :  $6,23 \cdot 10^{-8} \text{ an}^{-1}$  ;
- aviation commerciale :  $9,93 \cdot 10^{-9} \text{ an}^{-1}$  ;
- aviation militaire :  $4,93 \cdot 10^{-9} \text{ an}^{-1}$ .

Les études préliminaires montrent que l'augmentation de la surface sensible des installations de refroidissement à la suite de l'ajout de nouveaux aéroréfrigérants, a un impact non notable sur les probabilités annuelles de chute d'avion sur ces installations. Les probabilités consolidées seront calculées dans les études de détail.

### 3.7.3 Risques liés aux aléas externes

#### 3.7.3.1 Risques liés au séisme

##### 3.7.3.1.1 Présentation du risque

Les risques liés au séisme sont considérés vis-à-vis :

- des équipements ajoutés pour lesquels les exigences de tenue au séisme sont identifiées ;
- des équipements ou installations existants impactés par les modifications.

Les aléas sismiques du site de La Hague sont définis dans le document [15].



REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

### 3.7.3.1.2 Options de sûreté

Les aéroréfrigérants et échangeurs thermiques ajoutés seront dimensionnés selon l'exigence de comportement de maintien de la fonctionnalité, afin de conserver leur fonctionnement (thermosiphon dans le cas des échangeurs thermiques) en cas de séisme.

Les câbles d'alimentation électrique des moto ventilateurs des aéroréfrigérants seront dimensionnés selon la même exigence de maintien de la fonctionnalité.

Pour la configuration d'entreposage envisagée, la non-agression du liner par les nouveaux paniers sera garantie pour un Séisme Noyau Dur (SND 2015).

Par ailleurs, les modifications ne remettront pas en cause la tenue au séisme des structures (cf. § 3.7.3.3) et des équipements existants.

### 3.7.3.2 Conditions météorologiques ou climatiques exceptionnelles

#### 3.7.3.2.1 Présentation des risques

Les risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques exceptionnelles sont considérés pour l'implantation des aéroréfrigérants supplémentaires en zone extérieure.

#### 3.7.3.2.2 Options de sûreté

Les aéroréfrigérants supplémentaires implantés seront dimensionnés aux aléas « vent », « neige », « température » et « tornade » de façon à continuer d'assurer la fonction de refroidissement des piscines.

Le document [16] présente les grandeurs caractéristiques et les actions mécaniques à retenir pour les études de dimensionnement vis-à-vis de ces aléas naturels.

Les projectiles considérés dans le dimensionnement des aéroréfrigérants seront ceux pris en compte dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB 116. Les principes de conception des nouveaux aéroréfrigérants, comparables aux aéroréfrigérants existants, permettent une protection vis-à-vis des projectiles. Il s'agit principalement des dispositions suivantes : protection mécanique des ventilateurs, hauteur par rapport au sol, grillage périphérique.

Concernant l'aléa « tornade », les actions mécaniques retenues (vent, dépression et missiles) seront celles prises en compte dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB 116.

### 3.7.3.3 Comportement mécanique des bassins vis-à-vis des nouvelles sollicitations thermiques et cas de charges

Dans le cadre des modifications, le comportement mécanique des bassins d'entreposage (liner et génie civil) sera vérifié pour les nouvelles sollicitations thermiques et avec les combinaisons de charge associées aux différentes situations de fonctionnement. Les exigences de comportement à vérifier seront les suivantes :

- le liner des piscines devra satisfaire l'exigence de comportement d'étanchéité au liquide ;
- le génie civil des piscines [redacted] devra satisfaire l'exigence de stabilité et supportage des éléments dits non structuraux.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

Les combinaisons de charge qui seront considérées pour chaque situation de fonctionnement sont présentées dans les paragraphes ci-après.

### 3.7.3.3.1 *Fonctionnement normal ou incidentel*

La situation enveloppe considérée vis-à-vis des sollicitations thermiques est un fonctionnement secouru.

Pour cette situation, la charge d'exploitation sera considérée au maximum dans les trois piscines (eau + paniers) et il sera considéré que la température d'équilibre de l'eau de piscine est celle associée à la situation de secours (cf. tableau 4 au § 3.5.3.2.4) :

- la température du liner est considérée à l'équilibre avec l'eau de la piscine ;
- les variations en fonction de la hauteur d'eau ne sont pas significatives et l'apport de chaleur par conduction des paniers sur le fond de piscine est également considéré comme négligeable.

### 3.7.3.3.2 *Situations accidentelles de dimensionnement*

#### Sauvegarde

Il est supposé que la situation thermique de sauvegarde n'est pas concomitante avec la survenue d'une agression externe, comme le séisme. En tant qu'initiateur, un séisme peut conduire à ce niveau de sollicitation thermique suite à défaillance des systèmes de refroidissement, mais avec une cinétique suffisamment lente pour séparer les actions.

Pour cette situation, la charge d'exploitation sera considérée au maximum dans les trois piscines (eau + paniers) et il sera considéré que la température d'équilibre de l'eau de piscine est celle associée à la situation de sauvegarde (cf. Tableau 4 au § 3.5.3.2.4) :

- la température du liner est considérée à l'équilibre avec l'eau de la piscine ;
- les variations en fonction de la hauteur d'eau ne sont pas significatives et l'apport de chaleur par conduction des paniers sur le fond de piscine est également considéré comme négligeable.

#### Séisme (SMS 2015)

Cette situation correspond à un séisme de niveau SMS 2015 (Séisme Majoré de Sécurité), cf. § 3.7.3.1. Du fait de la faible probabilité d'occurrence d'un tel séisme, il est supposé que cette situation est non concomitante avec une situation d'exploitation exceptionnelle (conditions climatiques estivales centennales), de secours ou de sauvegarde.

Pour cette situation, la charge d'exploitation sera considérée au maximum dans les trois piscines (eau + paniers) et il sera considéré que la température d'équilibre de l'eau de piscine est celle associée à la situation d'exploitation normale (cf. Tableau 4 au § 3.5.3.2.4) (la température du liner est considérée à l'équilibre avec l'eau de la piscine).

### 3.7.3.3.3 *Situations extrêmes « Noyau Dur »*

#### Situation accidentelle extrême « Noyau Dur »

Cette situation correspond à la perte totale du refroidissement suite à un évènement « au-delà du dimensionnement ». En tant qu'initiateur, un séisme peut y conduire, mais avec une cinétique suffisamment lente pour séparer les actions.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

Pour cette situation, la charge d'exploitation sera considérée au maximum dans les trois piscines (eau + paniers) et le chargement thermique à considérer correspondant à la situation stationnaire de remédiation sera le suivant :

- température du liner égale à 100°C ;
- l'eau de la piscine est à ébullition et le niveau d'eau est maintenu par appoint d'eau.

Situation accidentelle extrême « séisme Noyau Dur » (SND 2015)

Cette situation correspond à un séisme de niveau Noyau Dur (SND 2015), cf. § 3.7.3.1. Du fait de la très faible probabilité de l'occurrence, il est supposé que cette situation est non concomitante avec une situation d'exploitation exceptionnelle (conditions climatiques estivales centennales), de secours ou de sauvegarde.

Pour cette situation, la charge d'exploitation sera considérée au maximum dans les trois piscines (eau + paniers) et il sera considéré que la température d'équilibre de l'eau de piscine est celle associée à la situation d'exploitation normale (cf. Tableau 4 au § 3.5.3.2.4) (la température du liner est considérée à l'équilibre avec l'eau de la piscine).

**3.8 RISQUES LIES AUX FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS (FOH)**

L'analyse sera effectuée sous l'angle des activités sensibles pour la sûreté.

Les activités sensibles seront identifiées en prenant en compte notamment le REX des opérations en piscines.

Les modifications auront un impact sur les systèmes de conduite :

- une nouvelle cartographie d'entreposage des paniers sera intégrée dans le système de production [redacted] ;
- plusieurs modifications logicielles seront réalisées sur les automates associés aux systèmes de manutention en interface avec les paniers (ponts-perches en particulier).

En première approche, les principales activités sensibles identifiées sont les suivantes :

- la préhension des paniers et des couvercles avec le nouveau palonnier polyvalent [redacted]. Le risque redouté pour cette opération est la chute de charge (panier ou couvercle) ou le renversement du panier en cas de mauvais réglage du palonnier ;
- l'entreposage des palonniers polyvalents sur les supports en cas de mauvais réglage du palonnier [redacted]. Le risque redouté est la chute du palonnier. La gestion de situation dégradée « blocage du palonnier en position [redacted] » sera également étudiée ;
- l'entreposage des couvercles de paniers sur les têtes de panier dans la piscine de l'atelier NPH. Le risque redouté au cours de cette opération est la chute du couvercle, ou l'impossibilité mécanique de reprendre un couvercle mal positionné ;
- le déplacement et l'ordonnement des paniers en mode automatique. En cas d'erreur sur le type de panier à déplacer ou sur l'emplacement de destination du panier, le risque redouté est le non-respect de la cartographie et du pas d'entreposage ;

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

- la préparation des paniers avec le chargement des cales. Le risque redouté est une erreur de cale dans les paniers à charger, pouvant entraîner une chute ou un mauvais positionnement d'un assemblage combustible ;
- la gestion du fonctionnement des ponts-perches lors d'une panne du système ou de l'utilisation en mode local des ponts-perches . Le risque redouté est une erreur dans la cartographie (problématique de suivi matières) ;
- la maintenance des équipements de manutention modifiés, en particulier le nouveau système anti-collision. Le risque redouté est une chute d'équipements en piscine.

Ces activités sensibles sont susceptibles d'évoluer en fonction des solutions techniques retenues dans les études de détail.

La co-activité liée à la gestion des deux types de paniers, en parallèle des opérations d'exploitation, sera également étudiée.

### 3.9 IMPACT SUR LES SCENARIOS D'ACCIDENTS GRAVES « NOYAU DUR »

La perte complète du refroidissement de l'eau des piscines d'entreposage de combustibles usés fait partie des scénarios d'accidents graves retenues au titre Noyau Dur sur le site de La Hague (cf. document référencé [17]).

Sans intervention, ce scénario conduit à l'augmentation progressive de la température de l'eau des piscines jusqu'à l'atteinte de la température d'ébullition. Ceci entraîne alors la diminution de l'écran radiologique que constitue l'eau. Ainsi, le DED augmente progressivement dans l'environnement des bassins.

Dans le cadre de la gestion de ce scénario d'accident, des actions de remédiation sont mises en œuvre dans un délai compatible avec la cinétique d'évolution de l'accident.

Ainsi, les moyens de remédiation (réalimentation en eau) doivent pouvoir être mis en œuvre avant atteinte de l'effet falaise radiologique. Cet effet falaise radiologique correspond à l'atteinte d'un DED de 2 mSv/h en bord de bassin. Pour les configurations actuelles d'entreposage, l'effet falaise radiologique est atteint après la perte d'une hauteur d'eau d'environ 2 m.

Dans le cadre de la modification envisagée, la densification des piscines augmente la quantité de combustibles entreposés et donc la puissance thermique et l'activité associée. Ceci entraîne donc une évolution :

- de la cinétique de montée en température de l'eau des piscines (délai d'atteinte de l'ébullition) et de baisse du niveau d'eau des piscines (délai d'atteinte de l'effet falaise) ;
- des débits d'eau à injecter dans les piscines afin de stabiliser l'inventaire en eau (action de remédiation).

#### 3.9.1 Évolution de la cinétique de montée en température et d'atteinte de l'effet falaise

Sur la base des puissances thermiques prévues d'être entreposées dans les piscines densifiées, la cinétique de montée en température de l'eau et du dénoyage des piscines a été réévaluée.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

La température d'équilibre de l'eau des piscines à l'état initial considérée pour cette réévaluation est de 47,2°C et correspond à la température d'équilibre de l'eau des piscines pour une situation d'exploitation normale sans brumisation (cf. Tableau 4 au § 3.5.3.2.4).

L'augmentation de l'activité entreposée dans les piscines a un impact négligeable sur la perte de hauteur d'eau associée à l'effet falaise radiologique. De façon enveloppe, les délais d'atteinte de l'effet falaise radiologique ont été réévalués sur la base d'une perte de hauteur d'eau de 1,9 m (2 m actuellement).

Le Tableau 5 ci-dessous présente la comparaison des délais réévalués avec les délais actuels.

	Configuration	Délais d'atteinte de l'ébullition (h)	Délais d'atteinte de l'effet falaise radiologique (h)
Piscine C	Configuration actuelle		
	Piscine densifiée		
Piscine D	Configuration actuelle		
	Piscine densifiée		
Piscine E	Configuration actuelle		
	Piscine densifiée		

Tableau 5 : Comparaison de la cinétique de montée en température et de dénoyage des piscines entre la configuration actuelle et la configuration « piscines densifiées »

Nota : Les valeurs présentées sont susceptibles d'évoluer dans les études de détail, en particulier en cas de modification de la répartition des puissances thermiques dans les piscines.

Les délais réévalués restent compatibles avec la mise en œuvre des actions de remédiation.



### 3.9.2 Besoins en eau de refroidissement

Sur la base des puissances thermiques prévues d'être entreposées dans les piscines densifiées, les débits d'eau à injecter pour maintenir le niveau d'eau constant à 100°C dans les piscines C, D et E sont comparés aux valeurs actuelles. Les résultats sont présentés dans le Tableau 6 ci-après.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

	Configuration	Débit d'appoint en eau (m³/h)
Piscine C	Configuration actuelle	
	Piscine densifiée	
Piscine D	Configuration actuelle	
	Piscine densifiée	
Piscine E	Configuration actuelle	
	Piscine densifiée	
Piscines C, D et E	Configuration actuelle	
	Piscines densifiées	

Tableau 6 : Comparaison des besoins en eau de refroidissement entre la configuration actuelle et la configuration « piscines densifiées »


Les besoins en eau de refroidissement pour la gestion des scénarios « Noyau Dur » dans les piscines densifiées restent donc compatibles avec les capacités de réalimentation en eau de l'Établissement.

REF. GEIDE		
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE		REV

## 4 CONCLUSION

Les principaux risques liés à la densification de l'entreposage des Piscines C, D et E sont les suivants :

- exposition externe ;
- criticité ;
- risques liés aux dégagements thermiques ;
- risques liés à la manutention ;
- risques liés aux activités industrielles et voies de communication ;
- risques liés à la chute d'avion ;
- risques liés aux aléas externes :
  - o risques liés au séisme ;
  - o conditions météorologiques ou climatiques exceptionnelles ;
- risques liés aux Facteurs Organisationnels et Humains (FOH).

Compte tenu des options de sûreté identifiées, ces risques sont maîtrisés.

Par ailleurs, la modification envisagée ne remet pas en cause les dispositions existantes vis-à-vis du scénario d'accident grave retenu au titre du « Noyau Dur ».

Les principales options de sûreté retenues sont les suivantes :

- les paramètres nécessaires à la démonstration de sûreté-criticité du nouveau panier [REDACTED] seront définis par des calculs couvrant l'ensemble des situations normales et incidentelles ainsi que pour l'ensemble des combustibles susceptibles d'y être entreposés ;
- l'utilisation du matériau [REDACTED] pour les chemises du nouveau panier fera l'objet d'une démarche de qualification et de surveillance ;
- les exigences de tenue mécanique et les dispositifs de sûreté existants pour la manutention des paniers actuels (dispositifs de verrouillages, système anti-collision) seront reconduits pour le nouveau panier [REDACTED] ;
- les adaptations mécaniques et les modifications des systèmes de conduite (logiciels et automates) nécessaires à l'utilisation des nouveaux paniers [REDACTED] seront réalisées de façon à reconduire les exigences de sûreté actuelles et intégreront les risques liés aux facteurs organisationnels et humains ;
- l'amélioration des performances de refroidissement des piscines via l'ajout de nouveaux ETI et aéroréfrigérants permet d'atteindre des températures d'équilibre de l'eau des piscines compatibles avec les critères de sûreté définis pour les différentes situations de fonctionnement ;
- aucun impact sur la sûreté des installations n'est identifié pour la modification des prescriptions techniques relatives à la température de l'eau de piscines en exploitation normale à 50°C ;
- concernant la gestion des scénarios « Noyau Dur » : la cinétique de montée en température des piscines reste compatible avec les délais nécessaires à la mise en œuvre des actions de remédiation. De plus, les besoins en eau de refroidissement restent compatibles avec les moyens actuels ;

REF. GEIDE	[REDACTED]	
REF. PROJET FOURNISSEUR		REV
REF. PROJET MAITRE D'OEUVRE	[REDACTED]	REV [REDACTED]

- les nouveaux a rorig rants implantés en extérieur seront dimensionnés vis-à-vis des agressions externes, en particulier :
  - o les effets thermiques et de surpression susceptibles d’être engendrés par les scénarios d’agressions induits par les activités industrielles et voies de communication en cas de non-respect des objectifs probabilistes ;
  - o les aléas externes (séisme et conditions climatiques exceptionnelles) afin que la fonction de refroidissement des piscines soit conservée.
- le comportement du génie civil et du liner des bassins d’entreposage sera vérifié afin de garantir la tenue vis-à-vis des nouvelles sollicitations (thermique, séisme et charge d’exploitation).