	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 1/137

NOTE TECHNIQUE

DP2D_LP2-HM		
PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
Référence : D455517004995	Indice : A	Nb de pages : 139

Applicabilité :

Résumé :

Affaire :

Projet(s) :

Référence technique :

REDACTEUR	CONTROLEUR	APPROBATEUR	VISA
			

() La présence de cette icône atteste que le document a été approuvé par un circuit de signature électronique*

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA



NOTE TECHNIQUE

PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ

DP2D_LP2-HM

Référence : D455517004995

Indice : A

Page 2/137

Rédacteur(s) :Matériel(s) :Domaine(s) métier(s) :Bâtiment(s) :Imputation : E238/083891/IAPS2-1-DCHAccessibilité : INTERNESystème(s) élémentaire(s) :MdS : 03 - Tous les utilisateurs EDF de l'ECM + non EDF autorisés par 'DP2D'Mots clés : Dossiers d'Options de Sûreté Piscine

FICHE DE CONTRÔLE

AIP – Activité Importante pour la Protection des intérêts Oui

Pré-diffusion formalisée (indice en cours) : NON

Référence de la fiche de pré-diffusion :


Vérification indépendante : NON

Après de (Nom / Société) :

Document de base : D455517004995

Document(s) associé(s) :

Document(s) annulé(s) :

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 3/137

SYNTHESE

Ce document présente les options de sûreté retenues pour la conception d'une installation d'entreposage centralisé sous eau de combustibles usés principalement (MOX, URE et RNR), développée par EDF. La capacité d'entreposage est prévue pour une centaine d'années. Le cas échéant, elle pourra éventuellement entreposer des combustibles UNE pour lesquels l'installation servira d'entreposage tampon avant leur envoi pour retraitement vers l'usine de La Hague.

La démarche de définition des options de sûreté s'appuie, d'une part sur les niveaux de sûreté associés aux installations d'entreposage du même type et d'autre part sur l'analyse de l'état de l'art de la sûreté des piscines de désactivation du combustible des réacteurs.

Les principaux chapitres de ce document s'articulent de la façon suivante :

Chapitre 1 – Introduction ;

Chapitre 2 – Présentation du projet : présente le projet et les éléments d'analyse fonctionnelle permettant de comprendre les grands ensembles de l'installation ;

Chapitre 3 – Description de l'installation : présente le procédé de l'installation et ses principales unités fonctionnelles (UFI) tels que conçus en date de production du présent Dossier d'Options de Sûreté (DOS) ;

Chapitre 4 – Objectifs et démarche générale de sûreté : présente le contexte de sûreté national et international dans lequel s'inscrit la conception de l'installation ;

Chapitre 5 – Exigences de sûreté à la conception : présente la transcription des réglementations et standards de sûreté identifiés au chapitre précédent, en termes d'exigences de sûreté applicables à l'installation ;

Chapitre 6 – Analyse de sûreté de l'installation : présente un premier niveau d'analyse des risques du procédé de façon à en extraire des exigences structurantes pour la conception de l'installation ;

Chapitre 7 – Démonstration de sûreté : présente les règles d'études et les principaux scénarii de la démonstration de sûreté qui seront étudiés en phase APS ;

Chapitre 8 – Durabilité de l'installation : présente quelques aspects de l'exploitation de l'installation (exploitation normale, maintenance) et les éléments clés de la conception de l'installation permettant de garantir sa durabilité. Ces principes seront précisés en APS ;

Chapitre 9 – Facteurs Organisationnels et Humains : présente les points clés de l'approche « facteurs humains » et ses principes. Les analyses afférentes permettent de consolider la sûreté en exploitation.



ACRONYMES

AC	Assemblage Combustible
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
AIP	Activité Importante pour la Protection des intérêts (arrêté INB – chapitre V)
ALARA	As Low As Reasonably Achievable (principe de radioprotection)
APD	Avant-Projet Détaillé
APEC	Atelier Pour l'Entreposage du Combustible
APR	Analyse Préliminaire des Risques
APS	Avant-Projet Sommaire
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
BK	Bâtiment Combustible
CIGEO	Centre Industriel de stockage GEOlogique
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Electricité
DAC	Décret d'Autorisation de Création
DBA	Design Basis Accident
DBC	Design Basis Conditions – Conditions de fonctionnement de référence
DBH	Design Basis external Hazard – Agression externe de référence
DCC	Défaillance de Cause Commune
DEC	Design Extension Condition – Domaine d'extension du dimensionnement
DED	Design Extension Domain – Domaine d'extension du dimensionnement (code RCC-CW)
DEE	Design Extension Earthquake – Séisme d'extension du dimensionnement (code RCC-CW)
DEH	Design Extension Hazard – Agression externe extrême
DOS	Dossier d'Options de Sûreté
EIP	Élément Important pour la Protection des intérêts (arrêté INB – chapitre V)
EPS	Étude Probabiliste de Sûreté
ESP(N)	Équipement Sous Pression (Nucléaire)
FOH	Facteur Organisationnel et Humain
GC	Génie Civil
HAZID	HAZard Identification – Approche d'identification des agressions / risques pour un système donné
IEM	Interférence Electro-Magnétique



NOTE TECHNIQUE

PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ

DP2D_LP2-HM

Référence : D455517004995

Indice : A

Page 5/137

INB	Installation Nucléaire de Base
IS	Ingénierie Système
MDTE	Manque De Tension Externe
MDTG	Manque De Tension Généralisé
MOX	Mixed OXYde – Mélange d'oxyde de plutonium et d'oxyde d'uranium
MTD	Meilleures Technologies Disponibles
PBMP	Plan de Base de Maintenance Préventive
PGVE	Projectiles Générés par le Vent Extrême
PLM	Plant Lifecycle Management – Gestion du cycle de vie de l'installation
PTAEE	Perte Totale des Alimentations Electriques Externes
REI	Résines Echangeuses d'Ions
REP	Réacteur à Eau Pressurisée
RGE	Règles Générales d'Exploitation
RNR	Réacteur à Neutrons Rapides
RFS	Règle Fondamentale de Sûreté
SSC	Structure(s), Système(s) et Composant(s)
SOH	Socio-Organisationnel et Humain
STE	Spécifications Techniques d'Exploitation
THE	Très Haute Efficacité
UF	Unité Fonctionnelle
UNE	Uranium Naturel Enrichi
UOX	Uranium OXYde
URE	Uranium de Retraitement Enrichi
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WGWD	Working Group Waste Disposal (WENRA)
ZPR	Zone à Protection Renforcée

SOMMAIRE

0	EVOLUTION DU DOCUMENT	12
1	INTRODUCTION	13
1.1	OBJET	13
1.2	PROTECTION CONTRE LES ACTES DE MALVEILLANCE	14
2	PRESENTATION DU PROJET	15
2.1	EXPRESSION DU BESOIN	15
2.1.1	Augmentation des capacités d'entreposage	15
2.1.2	Réserve de combustible en vue des réacteurs GEN IV	16
2.1.3	Synthèse du besoin.....	16
2.2	LOGIQUE DE DÉROULEMENT DU PROJET	16
2.3	MÉTHODES EMPLOYÉES EN CONCEPTION	17
2.4	PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'INSTALLATION	18
2.4.1	Fonctions de l'installation	18
2.4.2	Capacités de l'installation.....	19
2.4.2.1	Capacité de l'installation.....	19
2.4.2.2	Capacité par bassin	19
2.4.2.3	Flux de matières	19
2.4.2.4	Typologie des assemblages entreposés.....	19
2.4.2.5	Emballages de transport	20
2.4.2.6	Agressions liées au site.....	21
2.4.3	Implantation générale et déploiement des ouvrages	21
3	DESCRIPTION DE L'INSTALLATION	25
3.1	GESTION DES EMBALLAGES (UF1)	25
3.1.1	Périmètre fonctionnel.....	25
3.1.2	Implantation	25
3.1.3	Principes de fonctionnement et de conception.....	28
3.1.3.1	Réception des convois ferroviaires et routiers et mise sur châssis	28
3.1.3.2	Transfert et entreposage des châssis et des emballages.....	29
3.1.3.3	Préparation des emballages dans le bâtiment d'accueil.....	29
3.2	DÉCHARGEMENT DES EMBALLAGES (UF2)	30
3.2.1	Périmètre fonctionnel.....	30
3.2.2	Implantation	31
3.2.3	Principes de fonctionnement et de conception.....	32
3.2.3.1	Réception et basculement des emballages.....	32
3.2.3.2	Circulation des emballages	33
3.2.3.3	Préparation des emballages	33
3.2.3.4	Accostage de l'emballage à la cellule de déchargement	35
3.2.3.5	Transfert des assemblages combustibles	35
3.2.3.6	Transfert des paniers entre la cellule et le bassin d'entreposage (UF3).....	36
3.2.3.7	Refroidissement des assemblages combustibles.....	36
3.2.3.8	Réception des assemblages combustibles inétanches	36

3.2.3.9	Opérations du programme de surveillance	37
3.3	ENTREPOSAGE DES ASSEMBLAGES COMBUSTIBLES (UF3).....	37
3.3.1	Périmètre fonctionnel.....	37
3.3.2	Implantation	38
3.3.3	Principes de fonctionnement et de conception.....	39
3.3.3.1	Fermeture des capots des paniers d'entreposage.....	39
3.3.3.2	Transfert des paniers d'entreposage	40
3.3.3.3	Entreposage des assemblages combustibles en paniers.....	40
3.3.3.4	Entreposage des assemblages combustibles inétanches	40
3.3.3.5	Approvisionnement et circulation des paniers neufs et des matériels.....	41
3.3.3.6	Contrôle du liner et détection et localisation des éventuelles fuites du bassin	41
3.3.3.7	Réparation du liner.....	41
3.4	REFROIDISSEMENT ET ÉPURATION DE L'EAU (UF4)	41
3.4.1	Périmètre fonctionnel.....	41
3.4.2	Implantation	42
3.4.3	Principes de fonctionnement et de conception.....	42
3.4.3.1	Refroidissement de l'eau du bassin	42
3.4.3.2	Traitement de l'eau du bassin.....	43
3.4.3.3	Maintien du niveau d'eau.....	44
3.4.3.4	Déploiement progressif et jouvence des échangeurs	44
3.5	FONCTIONS SUPPORTS ET CONVENTIONNELLES (UF5).....	45
3.5.1	Périmètre fonctionnel.....	45
3.5.2	Implantation	45
3.5.3	Principes de fonctionnement et de conception.....	46
3.5.3.1	Conduite – supervision.....	46
3.5.3.2	Ventilation.....	46
3.5.3.3	Gestion des déchets et des effluents liquides	47
3.5.3.4	Alimentation électrique	48
3.5.3.5	Maintenance	50
3.5.3.6	Systèmes de détection et de lutte contre l'incendie.....	50
3.5.3.7	Utilités.....	51
3.5.3.8	Cycle de l'eau	52
4	OBJECTIFS ET DEMARCHE GENERALE DE SURETE	53
4.1	CADRE RÉGLEMENTAIRE ET PARA-RÉGLEMENTAIRE.....	53
4.1.1	Textes de l'Union Européenne.....	53
4.1.2	Textes nationaux.....	54
4.1.3	Gestion des déchets	55
4.1.4	Textes spécifiques à l'environnement	55
4.1.5	Guides de conception et standards internationaux.....	56
4.1.6	Normes techniques applicables	57
4.1.6.1	Introduction.....	57
4.1.6.2	Systèmes et composants mécaniques.....	57
4.1.6.3	Systèmes et composants électrique et de contrôle-commande	57
4.1.6.4	Structures métalliques et de génie civil.....	58
4.2	OBJECTIFS ET FONCTIONS DE SÛRETÉ.....	58
4.2.1	Objectifs de sûreté	58
4.2.2	Fonctions de sûreté.....	59



4.2.3	Objectifs radiologiques et exigences afférentes.....	60
4.3	PRINCIPALES EXIGENCES APPLICABLES À L'INSTALLATION.....	61
4.3.1	Exigences de sûreté	61
4.3.1.1	Maîtrise de la sous-criticité.....	61
4.3.1.2	Évacuation de la puissance thermique	62
4.3.1.3	Confinement des matières radioactives.....	62
4.3.2	Exigence d'exploitation : possibilité de reprise des éléments combustibles.....	62
4.3.3	Défense en profondeur	63
5	DEMARCHE DE SURETE A LA CONCEPTION.....	65
5.1	DOMAINES DE CONCEPTION DE L'INSTALLATION	65
5.1.1	Domaine de dimensionnement	65
5.1.1.1	Définitions.....	65
5.1.1.2	Familles d'initiateurs retenues	66
5.1.2	Domaine d'extension du dimensionnement.....	67
5.1.2.1	Définition.....	67
5.1.2.2	Conditions de fonctionnement du domaine d'extension du dimensionnement	68
5.1.3	Elimination pratique.....	68
5.1.3.1	Définition.....	68
5.1.3.2	Conditions de fonctionnement éliminées en pratique	68
5.2	PRISE EN COMPTE DES AGRESSIONS.....	69
5.2.1	Agressions internes.....	69
5.2.1.1	Définition.....	69
5.2.1.2	Liste.....	70
5.2.2	Agressions externes de référence.....	71
5.2.2.1	Définition.....	71
5.2.2.2	Liste.....	72
5.2.3	Agressions externes extrêmes naturelles	72
5.2.4	Cumuls plausibles	73
5.3	DÉFENSE EN PROFONDEUR ET PRINCIPES DE CONCEPTION	73
5.3.1	Dispositions générales pour la fiabilité des SSC	74
5.3.1.1	Redondance	74
5.3.1.2	Robustesse à la défaillance unique	75
5.3.1.3	Protection contre les défaillances dépendantes	76
5.3.1.4	Conception à panne orientée	76
5.3.1.5	Fiabilité des systèmes support	76
5.3.1.6	Fiabilité des systèmes et composants passifs.....	76
5.3.1.7	Surveillance, inspection, tests et maintenance.....	77
5.3.1.8	Qualification des matériels	77
5.3.2	Diversification	77
5.3.2.1	Caractérisation.....	77
5.3.2.2	Identification des besoins de diversification	78
5.3.2.3	Diversification des équipements	78
5.3.3	Séparation des SSC	79
5.4	CONCEPTION DES ÉLÉMENTS ET ACTIVITÉS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION (EIP/AIP).....	80
5.4.1	Principes d'identification et classement	80
5.4.1.1	Définition des EIP, AIP	80
5.4.1.2	Principes de classement	80



5.4.2	Démarche de qualification	81
5.4.2.1	Conditions incidentelles et accidentelles.....	81
5.4.2.2	Agressions internes.....	82
5.4.2.3	Agressions externes de référence, agressions externes extrêmes naturelles.....	82
6	ANALYSE DE SURETE DE L'INSTALLATION	83
6.1	SYSTÈMES ET DISPOSITIONS PERMETTANT D'ASSURER LES FONCTIONS DE SÛRETÉ NUCLEAIRE EN FONCTIONNEMENT NORMAL.....	83
6.1.1	Maîtrise de la sous-criticité.....	83
6.1.2	Évacuation de la puissance thermique.....	84
6.1.3	Confinement des matières radioactives	85
6.2	ANALYSE DES RISQUES DE L'INSTALLATION POUR LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE ...	87
6.2.1	Evénements internes impactant les fonctions de sûreté	88
6.2.1.1	Situations anormales à considérer au titre de la sûreté-criticité.....	88
6.2.1.2	Perte du refroidissement	89
6.2.1.3	Dégradation du confinement	90
6.2.1.4	Accidents de manutention – éléments combustibles (assemblages, emballages)	93
6.2.1.5	Perte totale des alimentations électriques externes	95
6.2.2	Agressions internes.....	95
6.2.2.1	Incendie interne	95
6.2.2.2	Inondation interne	96
6.2.2.3	Collisions et chute de charge (hors combustible).....	97
6.2.2.4	Explosion interne	97
6.2.2.5	Émissions de projectiles – missiles internes	98
6.2.2.6	Défaillance d'équipements sous pression.....	98
6.2.2.7	Émissions de substances dangereuses.....	98
6.2.2.8	Interférences électromagnétiques internes	99
6.2.2.9	Cumuls	99
6.2.3	Agressions externes de référence.....	99
6.2.3.1	Risques liés à l'environnement industriel et voies de communication (dont les explosions, les émissions de substances dangereuses).....	99
6.2.3.2	Chute d'aéronef.....	100
6.2.3.3	Missile externe.....	101
6.2.3.4	Séisme.....	101
6.2.3.5	Foudre et interférences électromagnétiques externes.....	102
6.2.3.6	Conditions climatiques	102
6.2.3.7	Incendie externe	105
6.2.3.8	Inondation externe	105
6.2.3.9	Cumuls d'agressions.....	106
6.2.4	Analyse des conditions du domaine d'extension du dimensionnement (DEC)	107
6.2.4.1	Perte totale du système de refroidissement du bassin.....	107
6.2.4.2	Perte de la ventilation normale/secourue de la cellule cumulée à un blocage des engins de manutention du combustible.....	107
6.2.4.3	Manque de tension généralisé (MDTG).....	108
6.2.4.4	Identification des EIP du domaine d'extension du dimensionnement.....	108
6.2.5	Agressions externes extrêmes naturelles (DEH)	109
7	DEMONSTRATION DE SURETE	109
7.1	DÉMARCHE GÉNÉRALE DE DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE.....	110
7.1.1	Démarche déterministe de sûreté nucléaire	110
7.1.2	Démarche probabiliste	110
7.2	RÈGLES D'ÉTUDE.....	111



7.2.1	Systèmes valorisés dans l'analyse	111
7.2.2	Défaillance unique	112
7.2.3	Maintenance préventive	113
7.2.4	Prise en compte du manque de tension externe (MDTE)	114
7.2.5	Prise en compte des actions opérateurs	114
7.3	ETUDE DES EVENEMENTS DU DOMAINE DE DIMENSIONNEMENT (DBC)	114
7.3.1	Événements DBC	114
7.3.1.1	Incidents de dimensionnement – DBC2	115
7.3.1.2	Accidents de dimensionnement – DBC3/4	115
7.3.2	Conditions initiales et état à atteindre	116
7.3.2.1	Conditions initiales	116
7.3.2.2	État à atteindre	116
7.3.3	Critères d'acceptation et de découplage	116
7.4	ETUDE DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DU DOMAINE D'EXTENSION DU DIMENSIONNEMENT (DEC)	119
7.4.1	Conditions de fonctionnement DEC et études complémentaires	119
7.4.2	Conditions initiales et état à atteindre	119
7.4.2.1	Conditions initiales	119
7.4.2.2	États à atteindre	119
7.4.3	Critères d'acceptation et de découplage	120
7.5	AGRESSIONS INTERNES ET EXTERNES	120
7.5.1	Conditions initiales	120
7.5.2	Agressions internes	121
7.5.3	Agressions externes	121
7.5.3.1	Prise en compte des données de site	121
7.5.4	Cumuls d'agressions	121
7.5.4.1	Agressions internes	121
7.5.4.2	Agressions externes	122
7.6	EVALUATION DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES	123
7.6.1	Fonctionnement normal	123
7.6.1.1	Fonctionnement incidentel/accidentel	124
8	DURABILITE DE L'INSTALLATION	126
8.1	EXPLOITATION NORMALE	126
8.2	CONSIDÉRATIONS RELATIVES AU VIEILLISSEMENT	127
8.2.1	Vieillessement des assemblages combustibles	127
8.2.2	Vieillessement des équipements	127
8.2.3	Vieillessement du liner	128
8.3	PRINCIPES DE MAINTENANCE, SURVEILLANCE ET INSPECTION EN EXPLOITATION	128
8.3.1	Objectifs de la maintenance préventive	128
8.3.2	Stratégie de maintenance	128
8.3.3	Exigences spécifiques	129
8.3.4	Dispositions particulières liées aux structures de Génie Civil	129
8.3.4.1	Conception	129



NOTE TECHNIQUE

PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ

DP2D_LP2-HM

Référence : D455517004995

Indice : A

Page 11/137

8.3.4.2	Construction.....	130
8.3.4.3	Exploitation	130
8.3.5	Dispositions particulières liées au revêtement métallique d'étanchéité type liner.....	131
8.3.5.1	Fonction et conception	131
8.3.5.2	Inspection	132
8.3.5.3	Surveillance	132
8.3.5.4	Réparation	133
8.3.6	Dispositions particulières liées à la cellule de déchargement.....	133
9	FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS	134
9.1	PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE RETENUE.....	134
9.2	LES MOYENS TECHNIQUES	135
9.3	LA MAINTENANCE.....	135
9.4	LES CONDITIONS DE TRAVAIL	136



NOTE TECHNIQUE

PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ

DP2D_LP2-HM


Référence : D455517004995

Indice : A

Page 12/137

0 EVOLUTION DU DOCUMENT

Indice	Modifications
A	Création du document

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 13/137

1 INTRODUCTION

1.1 OBJET

Ce document présente les options de sûreté retenues pour la conception d'une installation d'entreposage centralisé sous eau de combustibles usés principalement (MOX, URE et RNR), développée par EDF pour répondre à un besoin de nouvelles capacités d'entreposage des combustibles usés. Il a pour objectifs généraux de présenter l'approche de sûreté retenue pour concevoir cette installation et quelques éléments clés du projet, sachant que le site d'implantation de l'installation n'est pas encore connu à date de diffusion du présent document.

Ce Dossier d'Options de Sûreté s'appuie sur :

- l'identification des principales exigences permettant de concevoir l'architecture d'ensemble de l'installation, ainsi que sur
- les choix principaux de conception réalisés à date.

Les principaux chapitres de ce document s'articulent de la façon suivante :

Chapitre 1 – Introduction ;

Chapitre 2 – Présentation du projet : présente le projet et les éléments d'analyse fonctionnelle permettant de comprendre les grands ensembles de l'installation ;

Chapitre 3 – Description de l'installation : présente le procédé de l'installation et ses principales unités fonctionnelles (UFI) tels que conçus en date de production du présent Dossier d'Options de Sûreté (DOS) ;

Chapitre 4 – Objectifs et démarche générale de sûreté : présente le contexte de sûreté national et international dans lequel s'inscrit la conception de l'installation ;


Chapitre 5 – Exigences de sûreté à la conception : présente la transcription des réglementations et standards de sûreté identifiés au chapitre précédent, en termes d'exigences de sûreté applicables à l'installation ;

Chapitre 6 – Analyse de sûreté de l'installation : présente un premier niveau d'analyse des risques du procédé de façon à en extraire des exigences structurantes pour la conception de l'installation ;

Chapitre 7 – Démonstration de sûreté : présente les règles d'études et les principaux scénarii de la démonstration de sûreté qui seront étudiés en phase APS ;


Chapitre 8 – Durabilité de l'installation : présente quelques aspects de l'exploitation de l'installation (exploitation normale, maintenance) et les éléments clés de la conception de l'installation permettant de garantir sa durabilité. Ces principes seront précisés en APS ;

Chapitre 9 – Facteurs Organisationnels et Humains : présente les points clés de l'approche « facteurs humains » et ses principes. Les analyses afférentes permettent de consolider la sûreté en exploitation.

	NOTE TECHNIQUE PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 14/137

1.2 PROTECTION CONTRE LES ACTES DE MALVEILLANCE

Le Code de la Défense prévoit la transmission d'un dossier présentant les principales options de Sécurité pour instruction par le Haut Fonctionnaire de la Défense et de la Sécurité (HFDS), en parallèle de l'instruction du présent Dossier d'Options de Sûreté par l'ASN.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 15/137

2 PRESENTATION DU PROJET

L'objectif de ce chapitre est d'introduire les éléments clés du projet de Piscine d'Entreposage Centralisé de combustibles et les grandes fonctionnalités de l'installation. Les thématiques abordées sont les suivantes :

- **Expression du besoin** : présente le raisonnement conduisant à la nécessité de construire une telle installation ;
- **Logique de déroulement du projet** : présente les grandes phases du projet jusqu'à la mise en service industrielle de l'installation ;
- **Méthodes employées pour la conception** : précise le cadrage méthodologique dans lequel la conception sera produite ;
- **Présentation générale de l'installation** : présente les grandes fonctionnalités de l'installation, son implantation et le déploiement de ses ouvrages.

2.1 EXPRESSION DU BESOIN

Le projet de construction par EDF d'une installation d'entreposage centralisé de combustibles répond à un **double objectif industriel** :

- **augmenter les capacités d'entreposage de combustibles usés** en complément aux piscines de désactivation des CNPE actuels **pour poursuivre l'exploitation du parc** ;
- prendre le relais des piscines de La Hague et Superphénix pour **l'entreposage du combustible MOX, URE et RNR dans l'attente de leur recyclage dans GEN IV (scénario industriel de référence)** ou le cas échéant de leur envoi à CIGEO.

2.1.1 Augmentation des capacités d'entreposage

Le parc électronucléaire français produit de l'ordre de 1 200 t/an de combustibles usés. L'usine de La Hague traite environ 1 100 t/an de combustibles usés pour recyclage des matières valorisables. Ce niveau de traitement est adapté pour fournir du combustible aux réacteurs MOXés du parc, sans augmenter la quantité de plutonium séparé. De ce fait, la quantité de combustibles usés du cycle du combustible augmente d'environ 100 t/an.

L'entreposage du combustible usé fait l'objet de deux entreposages successifs :

- dans les piscines des bâtiments combustible « BK » (désactivation du combustible usé avant transport) ;
- dans les piscines de La Hague (entreposage avant traitement).


	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 16/137



Figure 1 : Flux de matière et cycle du combustible

Du fait de l'augmentation de l'inventaire de combustibles usés à entreposer, un besoin en capacités d'entreposage complémentaires apparaît à horizon 2030.

EDF a exploré plusieurs options pour étendre les capacités d'entreposage, dont le reraçage des piscines BK. La solution privilégiée *in fine* est un entreposage sous eau centralisé.

2.1.2 Réserve de combustible en vue des réacteurs GEN IV

Les combustibles MOX et URE usés ne font pas actuellement l'objet d'un traitement/recyclage. Les matières sont destinées à alimenter les futurs réacteurs GEN IV. A défaut de développement de cette filière, ces combustibles usés feraient l'objet d'un stockage dans CIGEO après une période de refroidissement suffisante. De même, les combustibles RNR usés et neufs entreposés à l'APEC (Atelier Pour l'Entreposage du Combustible de SuperPhénix) constituent une réserve de matière valorisable en vue des réacteurs GEN IV dont un déploiement progressif est envisagé d'ici la fin du siècle.

La piscine d'entreposage centralisé pourra recevoir les combustibles usés MOX, URE et RNR actuellement entreposés sur les sites de La Hague ou de Superphénix, avant la fermeture de ces installations.

2.1.3 Synthèse du besoin


La mise en service de l'installation est visée à l'horizon 2030. Elle doit permettre d'entreposer, en vue de leur traitement/recyclage ou à défaut de leur stockage, les MOX et URE usés du parc REP ainsi que les RNR de SuperPhénix pendant une durée de l'ordre d'une centaine d'années.

La capacité de l'installation est fixée à environ 10 000 tML.

Enfin, l'installation doit avoir la capacité de prendre temporairement le relais de La Hague pour la réception des combustibles usés depuis les CNPE. L'installation doit donc pouvoir assurer la réception de l'ordre de par an ainsi que leur réexpédition.

2.2 LOGIQUE DE DÉROULEMENT DU PROJET

Le projet vise à concevoir, réaliser et mettre en service une nouvelle INB pour faire face à un besoin à l'horizon 2030. Sur la base des résultats de l'étude d'opportunité, les phases de cadrage et développement du projet sont engagées depuis 2016 avec pour objectif de rendre possible une décision d'investissement en 2019. Les principales activités identifiées pendant ces phases de cadrage et de développement sont :

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 17/137

- réalisation des études d'esquisse (choix des concepts techniques) puis d'APS (conception des systèmes importants pour la sûreté) ;
- élaboration du DOS, suivi de son instruction puis élaboration du dossier de demande d'autorisation de création incluant notamment le Rapport Préliminaire de Sûreté ainsi que l'Etude d'Impact Environnementale ;
- implication des parties prenantes du projet par la participation au débat public conduit par la Commission Nationale du Débat Public, présentation de la synthèse du débat public dans le dossier de demande d'autorisation de création.

Le dossier d'investissement constitué à l'issue de la phase de développement, intégrant les conclusions du débat public, sera soumis pour engagement aux instances du groupe EDF. En cas de décision d'engagement, EDF déposera le dossier de demande d'autorisation de création avant 2020, en conformité avec le Plan National de Gestion des Matières et Déchets Radioactifs (art. 10 de l'Arrêté du 23 février 2017 pris en application du Décret n°2017-231 du 23 février 2017).

Sous réserve de l'obtention du Décret d'Autorisation de Création et de l'ensemble des autres autorisations réglementaires, EDF poursuivra les différentes activités nécessaires au projet. La durée de la phase de réalisation, depuis les études détaillées jusqu'à la mise en service industriel, est estimée à 10 ans. La mise en service interviendrait début 2029, en cohérence avec l'expression du besoin.

La réalisation de l'installation intègre deux caractéristiques essentielles :

- **le phasage de la construction de l'installation.** L'installation sera constituée de 2 bassins dont la mise en service sera échelonnée en fonction des besoins ;
- **le déploiement progressif** des paniers d'entreposage et des équipements d'évacuation de la puissance thermique générée par les combustibles usés, en fonction de l'accroissement du besoin.

Ces caractéristiques particulières seront prises en compte dans la démonstration de sûreté de l'installation.


2.3 MÉTHODES EMPLOYÉES EN CONCEPTION

Pour répondre aux enjeux techniques et économiques de l'installation, le projet déploie les méthodes d'Ingénierie Système (IS).

Selon l'Association Française d'Ingénierie Système, « l'Ingénierie Système est une démarche méthodologique générale qui englobe l'ensemble des activités adéquates pour concevoir, faire évoluer et vérifier un système apportant une solution économique et performante aux besoins d'un client tout en satisfaisant l'ensemble des parties prenantes.

Plus précisément, l'Ingénierie Système peut se définir comme :

- un processus coopératif et interdisciplinaire de résolution de problème ;
- mis en œuvre pour définir, faire évoluer et vérifier la définition d'un système (ensemble organisé de matériels, logiciels, compétences humaines et processus en interaction) ;
- apportant une solution à un besoin opérationnel identifié conformément à des critères d'efficacité mesurables, qui satisfasse l'ensemble de ses parties prenantes ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 18/137

- *en cherchant à optimiser la solution d'un point de vue technico-économique ;*
- *pour le maître d'ouvrage et les parties prenantes utilisatrices et exploitantes qu'il représente, elle a pour objectif d'assurer l'adéquation de la solution aux besoins sous tous les aspects (fonctionnalité, performances, économie, sécurité) pour toutes les situations d'exploitation du système de son déploiement à son retrait de service ;*
- *pour le maître d'œuvre et les parties prenantes réalisatrices qu'il représente, elle a pour objectif de conduire à un bon compromis entre les enjeux et contraintes concernant tant la solution que le projet (besoins, attentes, performances, contraintes techniques et industrielles, coûts, délais et risques). »*

Les points clés de cette approche retenue pour la conception de l'installation sont :

- une définition exhaustive et cohérente des besoins et des contraintes (exigences et fonctionnalités de l'installation) répliquée aux différents constituants de l'installation ;
- une maquette numérique en cohérence avec les schémas mécaniques et fonctionnels des systèmes ;
- une gestion de la configuration et des évolutions de l'installation en cohérence avec l'évolution du projet (modifications techniques, des besoins, etc.) ;
- la capacité de reporter de façon efficiente et centralisée les évolutions entre les exigences, la maquette, la documentation, les commandes, le chantier, etc.


Cette méthode utilise un outil de Plant Lifecycle Management (PLM) qui permet de garantir une bonne traçabilité et cohérence des informations, en particulier des exigences de sûreté.

2.4 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE L'INSTALLATION

2.4.1 Fonctions de l'installation

De façon à satisfaire les besoins exprimés au sous-chapitre 2.1, les principales fonctions de production de l'installation sont regroupées en cinq Unités Fonctionnelles (UF). La description détaillée des Unités Fonctionnelles, de leurs principes de fonctionnement et de conception sont présentés dans le chapitre 3. Les cinq Unités Fonctionnelles sont :

- **UF1 : Gestion des emballages.** Cette unité fonctionnelle assure la réception et l'expédition des emballages de transport sur le réseau ferré ou routier ;
- **UF2 : Déchargement des emballages.** Cette unité fonctionnelle assure le transfert, la préparation des emballages et le déchargement des Assemblages Combustibles (AC) en cellule (toutes ces opérations étant réversibles) ;
- **UF3 : Entreposage des assemblages combustibles.** Cette unité fonctionnelle assure la manutention et l'entreposage sous eau des paniers contenant les assemblages ;
- **UF4 : Refroidissement et épuration de l'eau.** Cette unité fonctionnelle permet de garantir la maîtrise de la température de l'eau des bassins et de ses propriétés physico-chimiques ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 19/137

- **UF5 : Fonctions supports.** Cette unité fonctionnelle regroupe l'ensemble des fonctions et utilités permettant le fonctionnement de l'installation.

2.4.2 Capacités de l'installation

2.4.2.1 Capacité de l'installation

L'installation est conçue pour entreposer 10 000 tML pour une capacité d'accueil de 21 000 AC dont actuellement entreposés à l'APEC. La puissance thermique totalisée par l'ensemble des AC entreposés dans l'installation sera au maximum de .

2.4.2.2 Capacité par bassin

L'installation est constituée de deux bassins de conception et de capacité d'entreposage identiques. La puissance thermique maximale admissible est d'environ par bassin. Ces valeurs seront définitivement précisées dans le dossier lié à la demande d'autorisation de création de l'INB.

La capacité thermique de chaque bassin est dimensionnée en tenant compte de leur remplissage progressif. En outre, cette valeur maximale de dimensionnement permet la prise en charge des scénarios de réception les plus pénalisants, y compris une prise de relais de la réception des combustibles UNE initialement à destination de l'usine de la Hague.

Chaque bassin permet l'entreposage de 10 500 AC environ.


2.4.2.3 Flux de matières

L'installation est dimensionnée de façon à pouvoir assurer le déchargement ou le chargement en une journée afin de garantir une cadence minimale de emballages par an.

2.4.2.4 Typologie des assemblages entreposés

Les caractéristiques enveloppes des AC REP qui seront réceptionnés et entreposés dans l'installation sont pour les UNE et URE :

- taux de Combustion moyen par assemblage \leq GWj/t ;
- enrichissement initial moyen par assemblage \leq ;
- temps de Refroidissement \geq mois ;
- puissance maximale unitaire \leq .

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 20/137

Pour les MOX :

- taux de Combustion moyen par assemblage \leq GWj/t ;
- enrichissement initial moyen par assemblage \leq U235 ;
- [Pu + Am] initial moyen par assemblage \leq % ;
- [Pu + Am] initial moyen par crayon \leq % ;
- temps de Refroidissement \geq mois ;
- puissance maximale unitaire \leq kW.

Les AC de type RNR qui seront réceptionnés et entreposés dans l'installation sont les AC actuellement entreposés à l'APEC. Ces AC sont de quatre types :

- fissile irradié ;
- fertile irradié ;
- fissile neuf ;
- fertile neuf.

On trouve également parmi ces AC d'autres objets qui contiennent de la matière nucléaire :

- des DIMEP (Dispositif d'Irradiation et de Mesure En Pile) fissiles (tMLi en moyenne) et fertiles (tMLi en moyenne) ;
- une maquette fissile contenant tMLi d'uranium appauvri à 0,4 %.

Les caractéristiques radiologiques précises de l'ensemble des AC (vecteurs isotopiques, composition, etc.) utilisées dans les études de sûreté seront précisées ultérieurement.


En outre, l'installation sera conçue de façon à pouvoir réceptionner et entreposer les assemblages à particularités, notamment les AC inétanches (voir § 3.2.3.8).

2.4.2.5 Emballages de transport

L'installation sera conçue pour pouvoir réceptionner les modèles d'emballage suivants :

- TN[®] G3S et TN[®] G3L ;
- TN[®] 12/2 et TN[®] 13/2 dans le cas où ils seraient toujours utilisés au moment de la mise en service de l'installation ;
- TN[®] 112 ;
- R72 pour le transport de crayons irradiés ;
- Le(s) futur(s) emballage(s) destiné(s) au transport des combustibles RNR entreposés à l'APEC.

Par ailleurs, des marges dimensionnelles sont prises à la conception de l'installation pour anticiper la réception d'éventuels emballages plus volumineux.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 21/137

2.4.2.6 Agressions liées au site

Le site n'est pas défini à ce jour. Les niveaux des agressions de référence seront établis en cohérence avec la réglementation (voir sections afférentes du chapitre 5) et, à défaut, avec les référentiels EDF les plus récents.

Compte tenu de la durée d'exploitation de l'installation, le changement climatique sera pris en compte lors de la définition des niveaux des agressions de référence.

2.4.3 Implantation générale et déploiement des ouvrages

L'installation sera construite en 2 phases distinctes ; la mise en service de la seconde unité est prévue environ 10 ans après la mise en service de la première unité, en fonction du remplissage du premier bassin.

La première phase de construction consistera à mettre en service l'ensemble des Systèmes, Structures et Composants (SSC) requis pour le remplissage et l'exploitation du premier bassin.

La Figure 2 présente la première unité de l'installation qui sera composée des bâtiments et structures suivants :

- un terminal de transport ferroviaire et routier ;
- un bâtiment de mise sur châssis ;
- un parking d'emballages vides ;
- un bâtiment d'accueil des emballages ;
- un bâtiment de déchargement ;
- un bâtiment d'entreposage ;
- deux trains d'échangeurs externes implantés de part et d'autre du bâtiment d'entreposage ;
- des bâtiments industriels (production d'eau déminéralisée, gestion des effluents et des déchets, magasins, etc.) et administratifs ;
- d'un tunnel de liaison permettant le transfert unitaire d'un emballage débridé sur son chariot depuis le bâtiment de déchargement 1. Ce tunnel, situé entre les deux bâtiments de déchargement et visible sur la Figure 3 rend possible le passage d'un chariot chargé de son emballage. Les caractéristiques de ce tunnel (enterré et à structure renforcée) assurent

. Ce tunnel est construit partiellement en phase 1 et obstrué jusqu'à la seconde phase du chantier.

Les bâtiments de déchargement et d'entreposage forment une structure renforcée, et fondée sur un radier commun. Ceci permet un comportement homogène de l'ensemble des structures. Le bâtiment de déchargement abrite notamment une cellule de déchargement et ses systèmes associés (ventilation entre autre) tandis que le bâtiment d'entreposage abrite le bassin et ses systèmes auxiliaires.



NOTE TECHNIQUE

PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ

DP2D_LP2-HM

Référence : D455517004995

Indice : A

Page 22/137

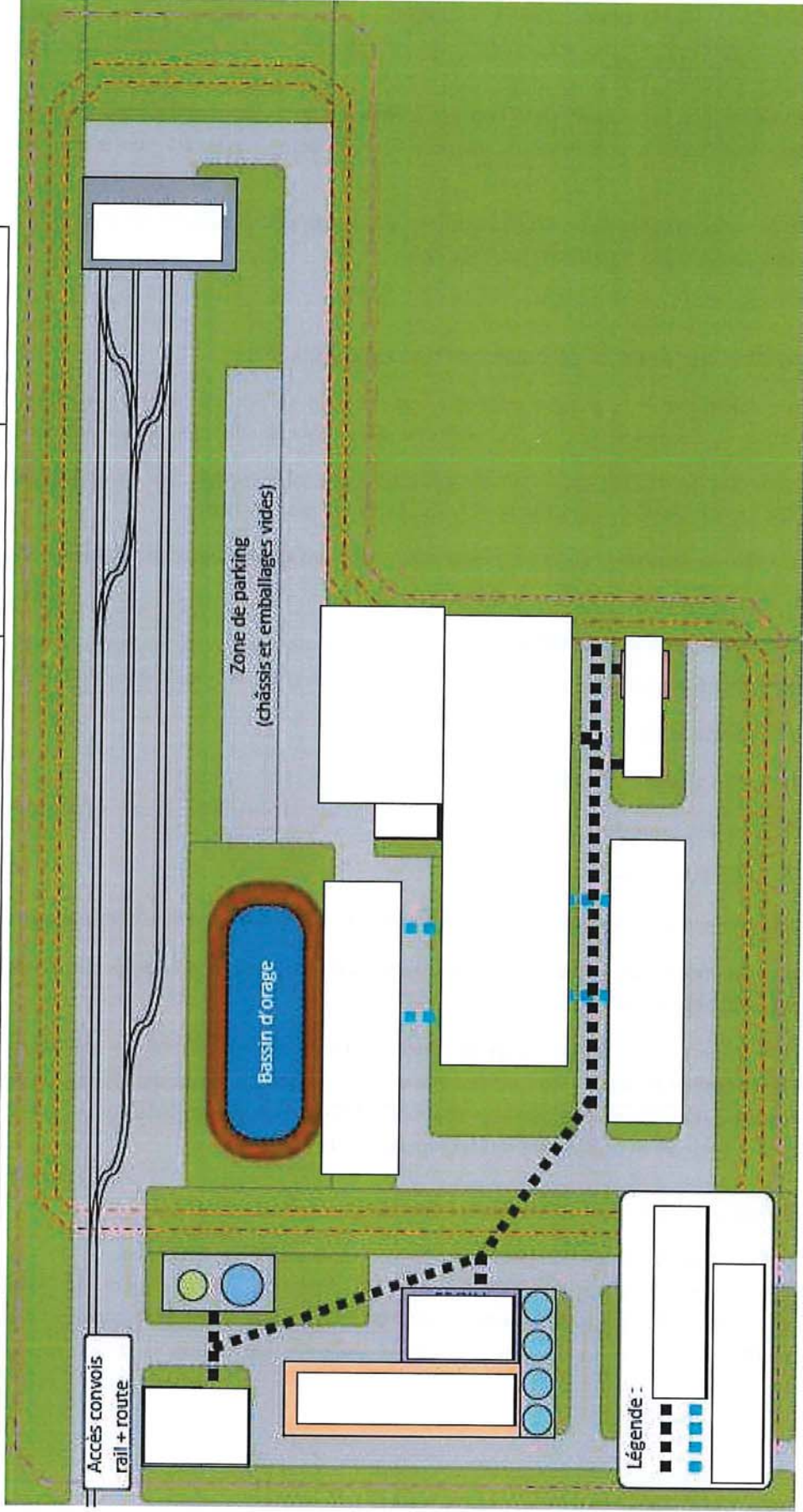


Figure 2 : Schéma d'implantation générale des ouvrages de la première tranche (périmètre INB)



La seconde phase de construction consistera en une extension des capacités d'entreposage.

À l'issue de cette seconde phase de construction, les capacités d'entreposage définitives de l'installation seront atteintes et l'installation sera alors composée de l'ensemble des SSC présenté sur la Figure 3. Le principe de déploiement progressif des équipements (paniers, échangeurs) retenu pour la première tranche de l'installation sera reproduit pour la seconde tranche.

Les travaux interviendront pendant l'exploitation de la première tranche et consisteront en la construction :

- du bâtiment de déchargement n°2 abritant sa cellule de déchargement et ses utilités mais pas les postes de réception, préparation et expédition des emballages. Ces opérations seront effectuées dans le bâtiment de déchargement 1;
- du bâtiment d'entreposage 2 de conception et de capacité identique à celui de la première tranche ;

Le tunnel de transfert sera alors finalisé et ouvert pour permettre les transferts d'emballages vers le bâtiment de déchargement n°2.

La maîtrise des risques associés à la construction de l'extension de capacité pendant l'exploitation de la première unité sera étudiée au travers de l'analyse de risques de l'installation prévue en phase de développement.

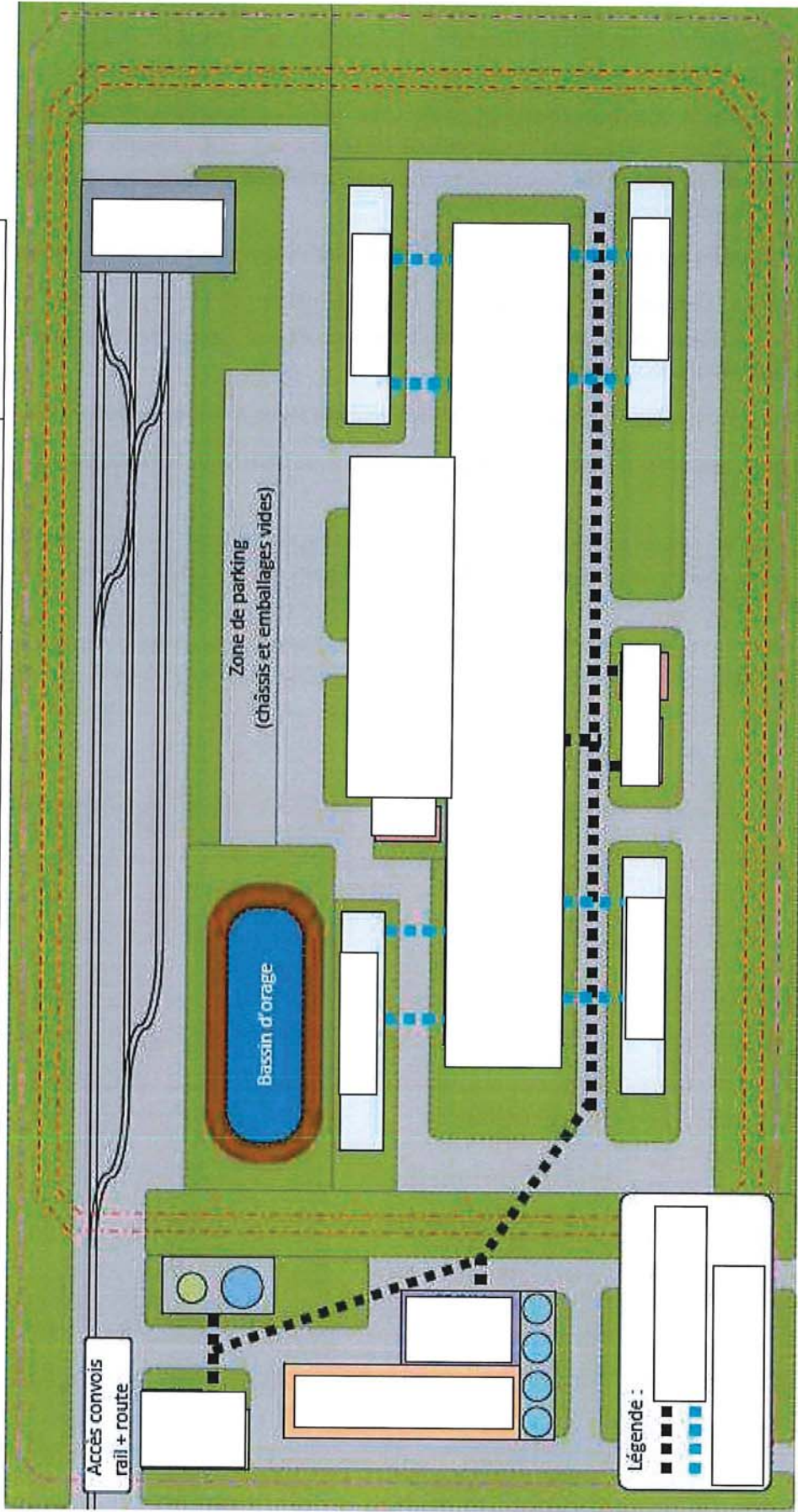



Figure 3 : Schéma d'implantation générale des ouvrages (périmètre de l'INB)

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 25/137

3 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

L'objectif de ce chapitre est de présenter le procédé de l'installation afin de préciser où se trouvent les enjeux de sûreté, objets des chapitres 4 et 5.

A ce titre, ce chapitre décrit le procédé et les systèmes, structures et composants (SSC) utilisés lors du fonctionnement normal de l'installation.

Dans le but de simplifier la compréhension générale du procédé et de l'implantation des SSC, la description ne concerne que la première unité de l'installation. Les principes de conception et de fonctionnement des SSC de la seconde tranche sont considérés comme étant identiques à ceux de la première tranche.

Nota : les fonctions relatives au désentreposage des assemblages combustibles ne sont pas présentées. Ces opérations sont similaires à celles liées à l'entreposage mais réalisées en sens inverse.

3.1 GESTION DES EMBALLAGES (UF1)

3.1.1 Périmètre fonctionnel

Le périmètre de l'unité de gestion des transports et des emballages couvre l'ensemble des installations et des équipements nécessaires à la réception des convois de transport des emballages de combustibles usés depuis l'arrivée des convois ferroviaires ou routiers sur le site, jusqu'à la mise à disposition des emballages à l'unité de déchargement des combustibles usés (UF2).

Les principales fonctions de l'installation de gestion des emballages sont :


- la réception et la gestion des convois ferroviaires et routiers ainsi que des emballages d'assemblages combustibles (contrôles administratifs et radiologiques) qui arrivent sur le site ;
- le transfert des emballages depuis le wagon ou la remorque vers un châssis support ;
- le transfert des châssis entre le bâtiment de mise sur châssis et le bâtiment d'accueil ;
- la réception des emballages dans le bâtiment d'accueil, la préparation et le transfert des emballages vers la zone de déchargement (UF2) ;
- l'entreposage des châssis chargés ou non d'emballages vides sur le parking ;
- la réexpédition des emballages de transport d'assemblages combustibles vides qui partent soit sur wagons, soit sur remorques ;
- la maintenance des convois routiers et ferroviaires ainsi que des équipements de transfert des emballages.

3.1.2 Implantation

Les fonctions principales de l'unité de gestion des transports et des emballages sont assurées par les installations et équipements suivants : terminal ferroviaire et routier, bâtiment de mise sur châssis, véhicule compact routier,

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 26/137

bâtiment d'accueil et parking châssis. La Figure 4 permet d'illustrer l'implantation des différentes installations composant cette unité.

Figure 4 : Schéma de principe d'implantation de l'UF1


Cette unité fonctionnelle est comprise dans le périmètre de l'INB et

Cette unité comprend entre autre :

- **les terminaux ferroviaire et routier pour l'accueil, la préparation des convois et la réexpédition des emballages vides** : cette zone est composée de plusieurs voies de circulation ferroviaire et de voies de circulation lourde pour les convois routiers. Des aiguillages permettent la réalisation des manœuvres nécessaires à la réception et à la réalisation de convois ;
- **le bâtiment et les équipements nécessaires à la mise sur châssis, aux contrôles des wagons/remorques et emballages et à la maintenance wagons/remorques**. Ce bâtiment est prévu d'être construit en béton, structures métalliques et bardage. Il abrite trois sections distinctes : atelier de maintenance wagons/remorques, atelier de contrôle wagons/remorques et atelier de mise sur châssis. La Figure 5 illustre le principe d'implantation de ce bâtiment ;
- **la zone d'entreposage des châssis et des emballages (vides) en attente de déchargement ou de réexpédition** : Cette zone est constituée d'une dalle en béton armé permettant l'entreposage des châssis et des emballages vides avant réexpédition ;
- **le bâtiment et les équipements nécessaires à la préparation des emballages et leur transfert vers l'unité de déchargement (UF2)**. Ce bâtiment d'accueil est prévu d'être construit en béton armé de forte

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA


	NOTE TECHNIQUE PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 27/137

épaisseur. Ce bâtiment est équipé de

. La Figure 6 illustre le principe d'implantation de ce bâtiment.

Figure 5 : Schéma de principe d'implantation du bâtiment de mise sur châssis

Figure 6 : Schéma de principe d'implantation du bâtiment d'accueil

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 28/137

3.1.3 Principes de fonctionnement et de conception

Les emballages de transport de combustibles (en provenance des CNPE, de la Hague ou de l'APEC) arrivent sur le site de l'installation soit par convois ferroviaires de _____, soit par convois routiers

Les grands principes de fonctionnement de l'installation de gestion des transports et des emballages sont présentés ci-après. Ils sont décrits uniquement pour un emballage plein car ceux relatifs à un emballage vide correspondent au parcours inverse de l'emballage dans l'installation.

3.1.3.1 Réception des convois ferroviaires et routiers et mise sur châssis

Le convoi est poussé par locomotive jusqu'aux abords du site. À l'issue des contrôles des convois, ces derniers sont autorisés à entrer dans le périmètre de l'installation. Ils sont ensuite transférés sur la voie de garage prévue à cet effet en attente de déchargement des emballages.

Les wagons sont transférés vers le bâtiment de mise sur châssis au moyen d'un locotracteur présent sur l'installation.

Dans le bâtiment de mise sur châssis, le wagon est déchargé _____ et l'emballage est déposé

_____ . Cette structure robuste est entièrement passive.

Les opérations consistent à :

- effectuer les contrôles radiologiques avant ouverture du wagon ;
- démonter les demi-paliers de support des tourillons du wagon ;
- décharger et verrouiller l'emballage vers le châssis ;
- remonter les demi-paliers et fermer le wagon.

La Figure 7 permet d'illustrer les opérations réalisées dans le bâtiment de mise sur châssis.

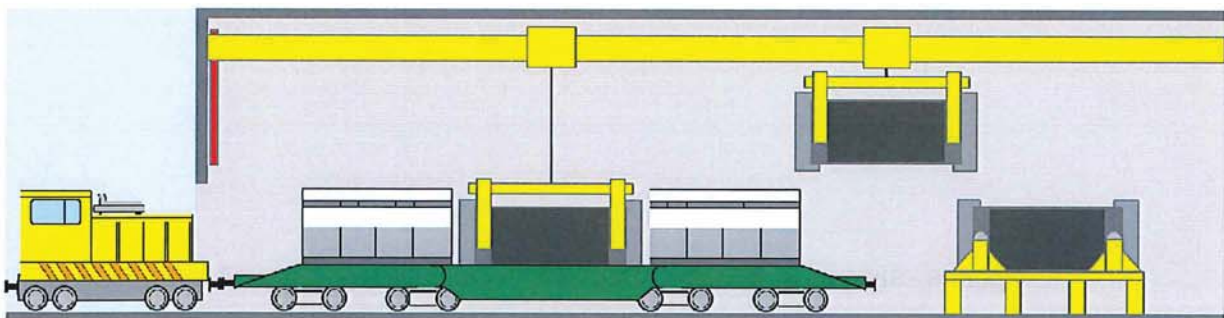



Figure 7 : Synoptique du déchargement d'un wagon

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 29/137

Le châssis avec son emballage est ensuite déplacé dans le sas de contrôle radiologique de l'emballage implanté dans l'atelier de mise sur châssis (local à bas bruit de fond) afin d'effectuer l'ensemble des contrôles de non-contamination de l'emballage.

En parallèle, le wagon est évacué vers l'atelier de contrôle des wagons et remorques afin d'effectuer les contrôles de non-contamination et ainsi permettre la réexpédition de ces moyens de transport.

3.1.3.2 Transfert et entreposage des châssis et des emballages

Une fois les contrôles effectués, le châssis et son emballage sont transférés devant l'entrée du bâtiment d'accueil

Un système d'aide au positionnement du châssis au dessus de la voie ferrée équipe les véhicules compacts.

La Figure 8 permet d'illustrer les opérations réalisées.

Figure 8 : Synoptique du transfert d'emballage

Une zone de parking des châssis et des emballages vides est, en l'état actuel de la conception, prévue entre le bâtiment de mise sur châssis et le bâtiment d'accueil. Cette zone est constituée d'une dalle en béton permettant d'accueillir les châssis vides ou chargés d'emballages vides.


3.1.3.3 Préparation des emballages dans le bâtiment d'accueil

Suite à la dépose de l'emballage (sur châssis) , l'ensemble est pris en charge par . L'emballage entre alors dans le bâtiment d'accueil pour effectuer les toutes premières opérations de préparation.

. Un contrôle de la contamination des surfaces des capots et de l'emballage non accessibles avant leurs retraits est réalisé ainsi qu'un contrôle de débit de dose.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 30/137

Le châssis avec son emballage est ensuite déplacé vers l'unité de déchargement (UF2).

Figure 9 : Synoptique de la préparation d'un emballage

Une fonction complémentaire à ce bâtiment est l'entreposage d'emballages pleins. En l'état actuel de la conception, en cas de réception simultanée d'un nombre important d'emballages, il est prévu de pouvoir entreposer emballages à l'intérieur du bâtiment. Lorsque emballages occupent les différents postes de préparation et d'accostage de l'UF2, cet entreposage transitoire permet de temporiser le déchargement sans laisser d'emballages en attente à l'extérieur du bâtiment d'accueil.

3.2 DÉCHARGEMENT DES EMBALLAGES (UF2)

3.2.1 Périmètre fonctionnel

Les fonctions principales de l'UF2 sont :


- la réception et l'expédition des emballages vides ou pleins depuis et vers l'UF1. Les emballages sont reçus sur un châssis positionné sur le système de transfert, en position horizontale et sans capots ;
- le basculement et l'insertion des emballages dans les chariots de transfert ;
- la circulation des emballages en position verticale sur chariots ;
- le contrôle et la préparation des emballages avant ou après déchargement ;
- l'accostage des emballages à la cellule de déchargement ;
- le déchargement et le chargement des emballages.

Les fonctions complémentaires de l'UF2 sont :

- la réception des AC inétanches ;
- le refroidissement des AC avant l'introduction dans le panier d'entreposage ;
- la mise en œuvre des opérations prévues au titre du programme de surveillance.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 31/137

3.2.2 Implantation

Les SSC associés à l'UF2 sont abrités dans le bâtiment de déchargement. La Figure 10 ci-dessous présente l'implantation des SSC de l'UF2 ainsi que l'interface avec le bâtiment d'entreposage.

Ce bâtiment consiste en une structure renforcée simple paroi, et fondée sur un radier commun avec le bâtiment d'entreposage permettant un comportement homogène de l'ensemble des structures. La liaison avec le bâtiment de réception des emballages consiste en . L'unique jonction avec le hall d'entreposage consiste en un canal de transfert entre la cellule de déchargement et le bassin d'entreposage.



Figure 10 : vue isométrique des bâtiments de déchargement et entreposage (maquette numérique)

La Figure 11 présente l'implantation des différents postes de travail de l'UF2 . L'UF2 compte de préparation des emballages identiques permettant de réaliser l'ensemble des opérations préalables à l'ouverture ou associées à la réexpédition des emballages pleins ou vides.


	<p style="text-align: center;">NOTE TECHNIQUE</p> <p style="text-align: center;">PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ</p>		
<p>DP2D_LP2-HM</p>	<p>Référence : D455517004995</p>	<p>Indice : A</p>	<p>Page 32/137</p>

Figure 11 : Implantation bâtiment déchargement (sous-sol)

La cellule de déchargement et la super-cellule nécessaire à la maintenance de la première sont situées au-dessus du niveau 0,00 m. La cellule de déchargement est équipée d'un revêtement métallique sur toute sa surface. La trémie de la cellule de déchargement est dimensionnée de façon à permettre l'accostage de paniers, permettant le cas échéant, le transfert d'assemblage entre paniers et rendant possible la mise en œuvre des opérations de surveillance des assemblages combustibles (voir § 3.2.3.9).

3.2.3 Principes de fonctionnement et de conception

3.2.3.1 Réception et basculement des emballages

La Figure 12 décrit l'opération de mise à la verticale des emballages.

Les emballages pénètrent dans le bâtiment de déchargement depuis le bâtiment
, l'emballage est mis à la verticale et descendu dans un chariot de transfert.

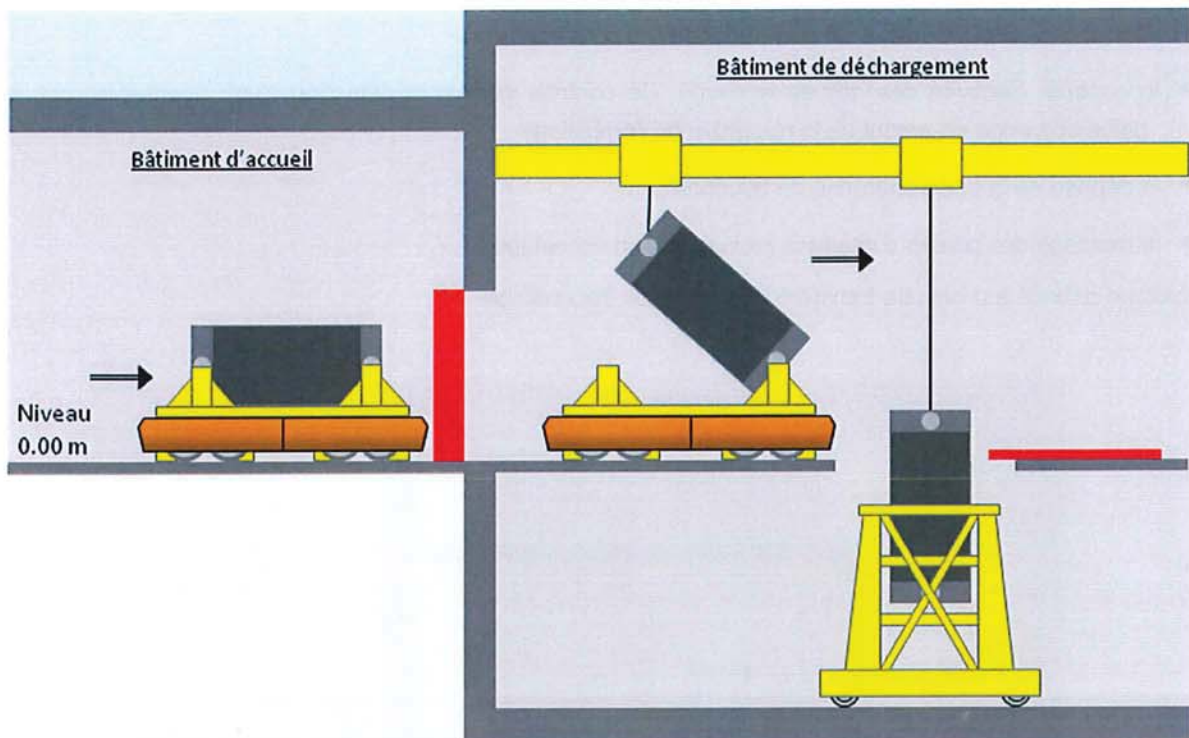


Figure 12 : Mise à la verticale des emballages

3.2.3.2 Circulation des emballages

La circulation des emballages est assurée par des chariots de transfert verticaux

3.2.3.3 Préparation des emballages

Les principales opérations préliminaires à l'ouverture d'un emballage représentées sur la Figure 13 sont :

- le démontage/remontage, si nécessaire, des tapes d'orifices et de capuchons de raccords rapides situées sur le couvercle ;
- l'équilibrage des pressions de part et d'autre du couvercle ;
- la dépose du couvercle/tape ;
- le contrôle du niveau de contamination des surfaces découvertes après enlèvement du couvercle ;
- le démontage, si nécessaire, des anneaux de serrage, des brides associées, des obturateurs blindés des orifices ;
- le démontage des raccords rapides des orifices du bouchon ;

- l'équilibrage des pressions de part et d'autre du bouchon ;
- le contrôle d'activité des gaz de la cavité. Ce contrôle permet la détection d'une éventuelle rupture de gaine survenue en amont de la réception de l'emballage ;
- la dépose de la bride/couronne du bouchon ;
- le montage des pièces d'interface en vue de son accostage.

L'emballage débridé est ensuite transféré vers le poste d'accostage.

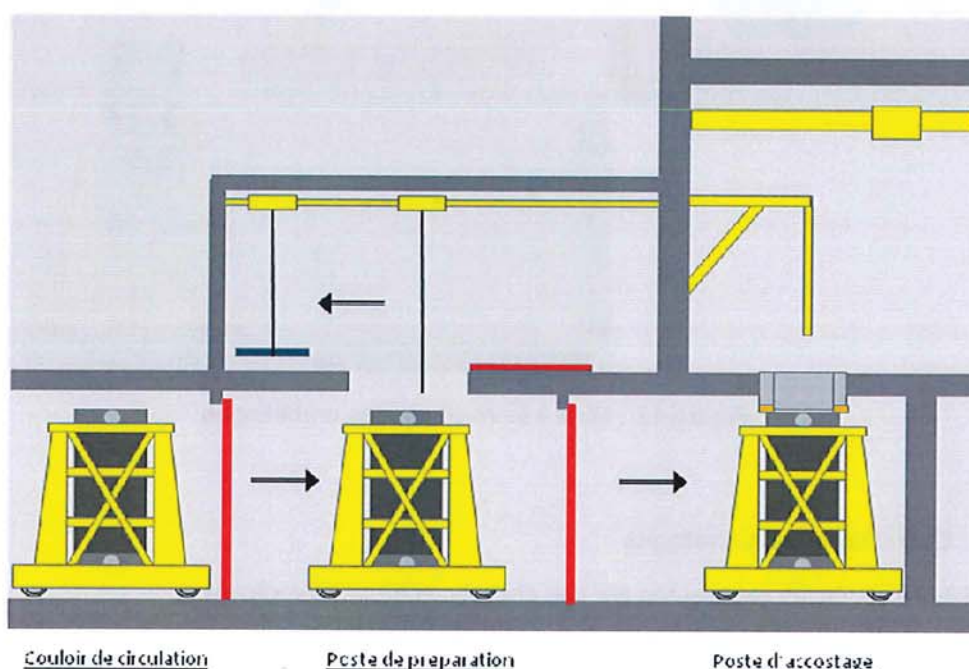



Figure 13 : Préparation des emballages

Les principales opérations nécessaires à la réexpédition d'un emballage vide sont :

- la dépose des pièces d'interface utilisées lors de l'accostage pour déchargement ;
- la vérification du niveau de contamination de certaines zones et contrôle visuel pour certains composants ;
- la mise en place de la bride/couronne de bouchon ;
- le contrôle de l'étanchéité de l'emballage ;
- la mise en place du couvercle/tape ;
- le cas échéant quelques opérations élémentaires de maintenance permettant à minima le renvoi de l'emballage en conditions de transport.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 35/137

3.2.3.4 Accostage de l'emballage à la cellule de déchargement

L'accostage de l'emballage de transport à la cellule de déchargement est effectué au poste d'accostage. Ce local situé sous la cellule de déchargement permet l'accueil d'un emballage sur son chariot et assure le refroidissement de l'emballage accosté

La conception du dispositif d'accostage garantira la non-contamination des surfaces externes du bouchon de l'emballage.

Après remise en place de l'ensemble "bouchon de cellule et bouchon de l'emballage", l'emballage est désaccosté et transféré vers l'un des deux postes de préparation.

3.2.3.5 Transfert des assemblages combustibles

L'opération de transfert des AC est effectuée dans la cellule de déchargement et consiste à réaliser l'ensemble des opérations permettant la mise en entreposage ou le désentreposage des AC.

La Figure 14 illustre les opérations de réception des AC dans la cellule de déchargement, à savoir :

- le déchargement de chaque AC de l'emballage préalablement accosté à la cellule ;
- l'identification des AC ;
- le transfert de chaque AC dans le système de refroidissement (voir § 3.2.3.7) ;
- le transfert de chaque AC vers le panier d'entreposage préalablement accosté à l'un des deux postes aménagés au niveau de la trémie reliant la cellule au bassin.

La cellule de déchargement est conçue pour permettre le désentreposage de l'installation. Hormis l'opération de refroidissement des AC, cette opération est analogue à la phase de réception des AC.

La trémie reliant la cellule au canal de transfert sera conçue de façon à exclure la possibilité d'une chute d'un AC en dehors d'un panier.

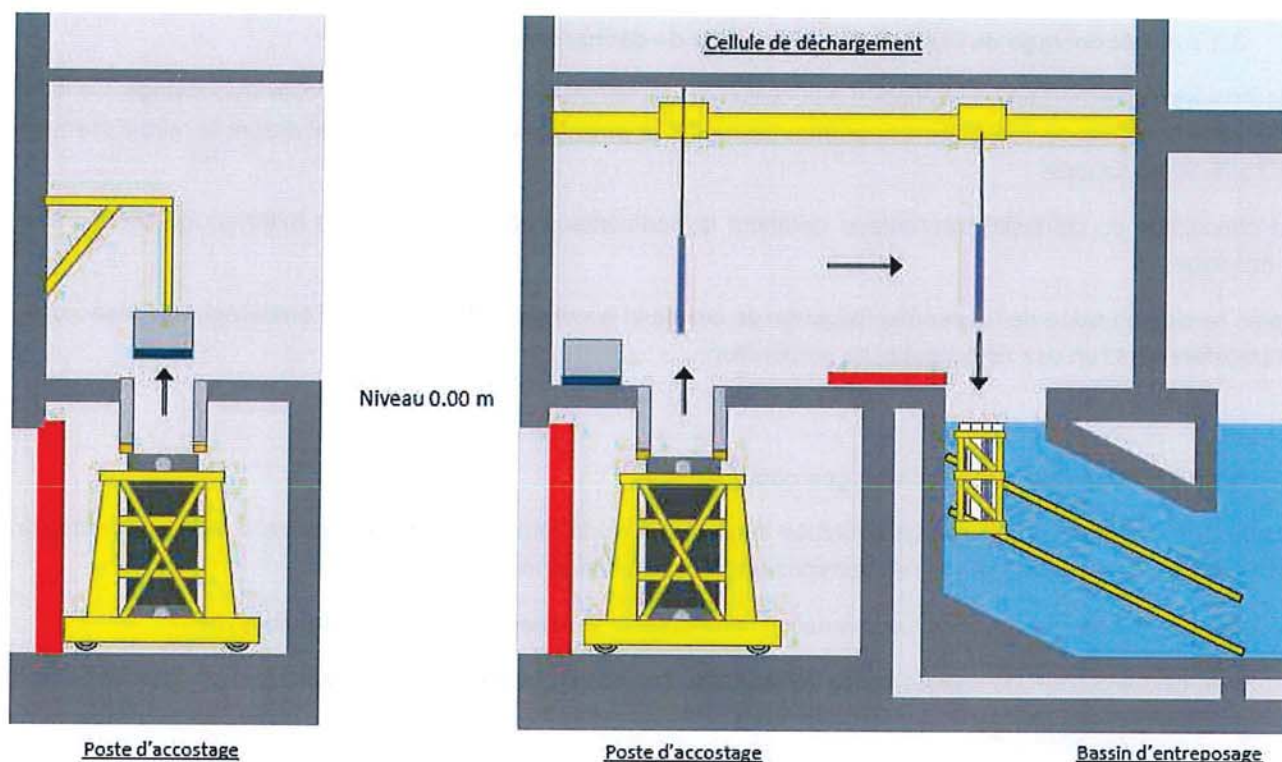


Figure 14 : Ouverture et déchargement de l'emballage

3.2.3.6 Transfert des paniers entre la cellule et le bassin d'entreposage (UF3)

Le transfert des paniers d'entreposage entre le bassin d'entreposage et la trémie de la cellule est assuré par un descenseur oblique ancré dans le canal de transfert. Ce descenseur sera muni de 2 chariots indépendants permettant l'accostage de deux paniers au niveau de la trémie.


3.2.3.7 Refroidissement des assemblages combustibles

L'opération de refroidissement des AC est mise en œuvre à la sortie des AC de leur emballage et avant leur dépose dans le panier d'entreposage. Cette opération permet d'abaisser la température des gaines de l'AC afin d'exclure la formation de vapeur d'eau lors de l'introduction de l'AC dans le panier. Le système de refroidissement sera conçu de façon à garantir la collecte et le traitement des vapeurs et gaz produits lors du refroidissement.

3.2.3.8 Réception des assemblages combustibles inétanches

L'UF2 est conçue de façon à permettre la réception d'AC.

La réception des AC réputés inétanches se fera en cohérence avec les restrictions inhérentes à leur transport (notamment en termes de nombre de crayons inétanches et puissance résiduelle admissible). Lors des

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 37/137

opérations de déchargement (en cellule), la maîtrise du risque lié à l'oxydation des pastilles des crayons inétanches sera garantie

3.2.3.9 Opérations du programme de surveillance

Les opérations prévues au titre du programme de surveillance des AC seront assurées au sein de l'UF2. Les opérations qui seront mises en œuvre sont :

- l'examen dimensionnel des AC ;
- la mesure de l'épaisseur de la couche d'oxyde ;
- le contrôle d'étanchéité.

L'extraction et la mise en emballage d'un crayon pour analyses extérieures sera possible.

Le principe retenu pour la mise en œuvre des opérations du programme de surveillance des AC consiste à utiliser les outils employés sur les CNPE du parc EDF.

3.3 ENTREPOSAGE DES ASSEMBLAGES COMBUSTIBLES (UF3)

3.3.1 Périmètre fonctionnel

Les fonctions principales de l'UF3 sont :


- la fermeture des capots des paniers d'entreposage ;
- le transfert des paniers d'entreposage ;
- l'entreposage des AC en paniers.

Les fonctions secondaires de l'UF3 sont :

- l'entreposage des AC inétanches ;
- l'approvisionnement et la circulation des paniers neufs et des matériels ;
- la détection et la localisation des éventuelles fuites du bassin ;
- la réparation du liner.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 38/137

3.3.2 Implantation

Les fonctions de l'UF3 sont abritées dans le bâtiment d'entreposage (voir Figure 10) dont l'implantation est présentée sur la Figure 15.

Figure 15 : Schéma d'implantation du bâtiment d'entreposage

Cet ouvrage d'environ consiste en une structure
parallélépipédique rectangle en béton armé, monolithique et fondée sur un radier unique commun avec le
bâtiment de déchargement. Le bâtiment est semi-enterré,

. Ainsi, la robustesse de la conception de cette structure doit permettre de
répondre aux exigences de sûreté pour l'ensemble des événements considérés au titre de son dimensionnement
(voir chapitre 5).

(en haut à droite sur la Figure 15),

. Cet unique accès permettra d'une part l'approvisionnement des paniers neufs et d'autre part la
manutention des équipements lors des phases de gréement ou de jouvence. Cet accès sera conçu de façon à
préserver la protection contre la chute d'avion lors des phases d'ouverture.

La structure du bassin repose sur le radier par l'intermédiaire d'un système de supportage mixte en cours de
définition composé de voiles et poteaux, supportant des appuis parasismiques. L'espace entre le bassin et les

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

structures du bâtiment rend possible l'inspectabilité de la face externe du bassin et le cas échéant, la jouvence des appuis parasismiques.

La surface intérieure du bassin est recouverte d'un revêtement métallique permettant de garantir l'étanchéité et le confinement de l'eau du bassin, pour l'ensemble des événements considérés au titre de son dimensionnement. La conception simple du bassin présente un environnement favorable, tant au niveau de la construction et de la mise en place du liner métallique, qu'au niveau de l'exploitation de l'installation pendant toute sa durée de vie. En outre, le bassin ne dispose pas de compartiment permettant sa vidange partielle (voir § 3.3.3.7).

Les voiles longitudinales du bassin supportent également les équipements de l'UF4 (voir sous-chapitre 3.4). En tête de ces voiles, on trouve également le pont perche panier permettant la manutention des paniers d'entreposage. La position de garage de ce pont est alignée avec la porte d'accès latérale de façon à permettre une éventuelle jouvence des équipements.

3.3.3 Principes de fonctionnement et de conception

3.3.3.1 Fermeture des capots des paniers d'entreposage

Les paniers d'entreposage sont descendus depuis la trémie de la cellule de déchargement vers le fond du bassin au moyen du descenseur. Lorsque l'ensemble "chariot du descenseur et panier d'entreposage" est en fin de course, le capot de fermeture sera posé sur le panier (voir Figure 16). Cette opération est effectuée au moyen du pont perche panier dans une zone dédiée du bassin.

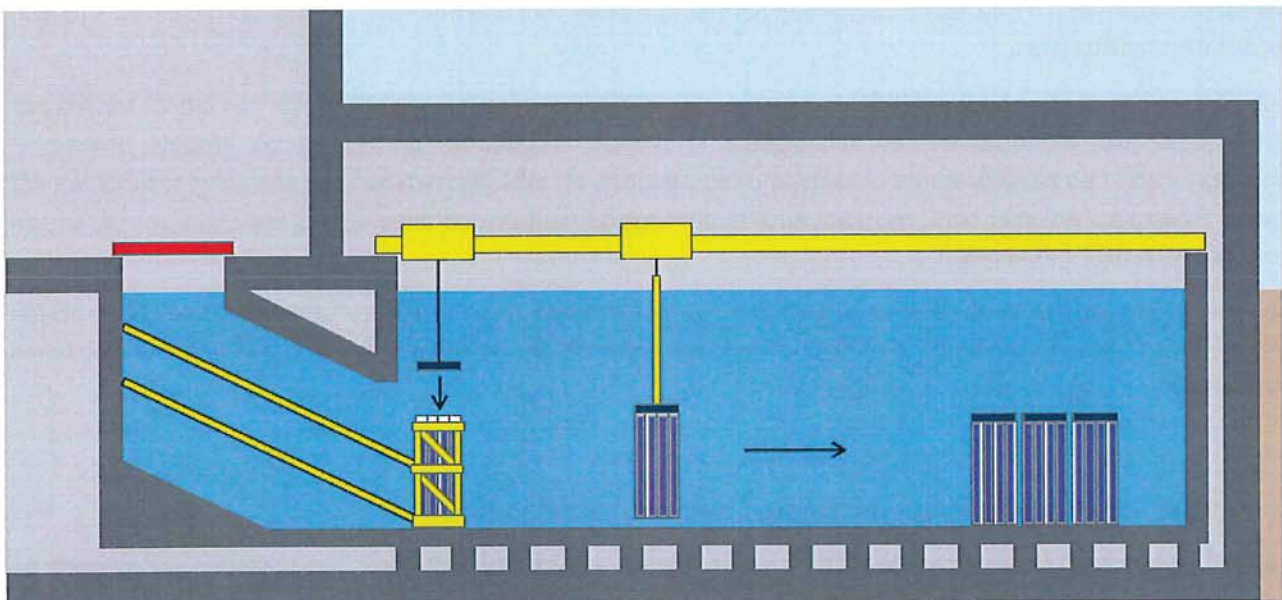



Figure 16 : Fermeture du capot et transfert du panier

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 40/137

3.3.3.2 Transfert des paniers d'entreposage

Le transfert des paniers d'entreposage sera effectué au moyen d'un pont perche de manutention (voir Figure 16). Le système de manutention des paniers sera conçu de façon à exclure tout risque de collision et à privilégier les manutentions à faible hauteur. En particulier, la conception du pont perche panier interdira le survol d'autres paniers. Par ailleurs, seuls les paniers munis de leur capot de fermeture seront autorisés à être manutentionnés. La manutention unitaire d'un assemblage dans le bassin sera également rendue impossible par conception du système de manutention.

3.3.3.3 Entreposage des assemblages combustibles en paniers

Le bassin est dimensionné de façon à permettre l'entreposage de 10 500 AC répartis dans des paniers dits "mobiles". Le dimensionnement de la taille du bassin intègre notamment les contraintes suivantes :

- la circulation des paniers et des matériels ;
- un éloignement minimal entre les paniers d'entreposage et les échangeurs immergés garantissant leur fonctionnement optimal ;
- une capacité de réserve permettant de dégager une zone du bassin pour une éventuelle réparation du liner ou la jouvence des échangeurs immergés.


En définissant une hauteur d'eau comme équivalente à la hauteur maximale des assemblages à entreposer, le bassin dispose de deux hauteurs d'eau, une. Cette profondeur tient compte des différentes longueurs de combustible, de faibles hauteurs de manutention dans le bassin et d'exigences en termes de sûreté et de radioprotection. La hauteur totale du bassin présente une marge par rapport au niveau d'eau. Cette disposition permettra d'éviter tout débordement de l'eau du bassin en situation de séisme ou d'ébullition.

Les paniers seront posés sur le fond de la piscine (conception de type free-standing). Le nombre d'alvéoles par panier sera fixé ultérieurement en recherchant le meilleur compromis en termes de stabilité, masse et encombrement. Les paniers seront constitués d'une structure en acier inoxydable. Les alvéoles recevant les AC seront construites en acier boré, assurant ainsi le découplage neutronique avec les AC voisins. L'eau du bassin sera de l'eau claire (non-borée).

Le pas inter-alvéole, la largeur des alvéoles, la composition des matériaux absorbant seront précisés ultérieurement ; il sera recherché le meilleur compromis entre marge d'anti-réactivité, encombrement et résistance structurelle.

3.3.3.4 Entreposage des assemblages combustibles inétanches

Les AC inétanches réceptionnés dans l'UF2 seront placés individuellement dans des bouteilles au moment de leur mise en panier. Le rôle de ces bouteilles consiste à reconstituer une barrière de confinement des matières solides pendant la phase d'entreposage.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 41/137

L'étude du vieillissement des crayons inétanches pendant un entreposage longue durée fait l'objet d'un programme de recherche initié par l'Institut Tripartite CEA/EDF/AREVA (I3P).

3.3.3.5 Approvisionnement et circulation des paniers neufs et des matériels

L'approvisionnement des paniers neufs et des matériels se fera au moyen d'un portique déployé à partir du sas d'accès latéral. Ce sas est implanté dans le bâtiment d'accueil (voir Figure 15 et § 3.1.3.3). Pour éviter les risques associés à la manutention, aucun panier contenant des AC ne sera entreposé dans cette zone lors de l'immersion de matériel dans le bassin.

Dans le hall d'entreposage, tous les matériels et équipements seront manutentionnés au moyen d'une potence ou du pont perche panier dont le chariot est muni d'un portique additionnel.

3.3.3.6 Contrôle du liner et détection et localisation des éventuelles fuites du bassin

Le choix de la technologie d'entreposage en paniers mobiles permet de réaliser la surveillance de l'état du liner sur l'intégralité de la surface du bassin.

Le bassin disposera d'un réseau de détection de fuite par collecte derrière les soudures du liner permettant en outre la localisation de la fuite.

3.3.3.7 Réparation du liner

Les équipements et la conception de l'UF3 doivent permettre la réalisation d'éventuelles réparations du liner consécutivement à la détection d'une fuite ou à un événement de nature à endommager le liner. Le caractère non-compartmenté du bassin d'entreposage implique la réalisation des réparations sous eau en présence d'AC entreposés. Le procédé envisagé pour réaliser une réparation définitive du liner consiste

. Le dimensionnement de la taille du bassin permet l'écartement des paniers de la zone de réparation dans des proportions cohérentes avec la nature des opérations réalisées et les exigences de protection radiologique.

3.4 REFROIDISSEMENT ET ÉPURATION DE L'EAU (UF4)

3.4.1 Périmètre fonctionnel


Les fonctions principales de l'UF4 sont :

- le refroidissement de l'eau du bassin d'entreposage ;
- le traitement de l'eau du bassin d'entreposage.

Les fonctions secondaires de l'UF4 sont :

- le maintien du niveau d'eau ;
- le déploiement progressif des échangeurs de chaleur ;

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 42/137

- le remplacement des consommables du dispositif de traitement de l'eau des bassins.

3.4.2 Implantation

Les SSC associés à l'UF4 sont implantés dans le bâtiment d'entreposage, à l'exception des échangeurs de chaleur avec la source froide implantés en dehors du bâtiment d'entreposage.

3.4.3 Principes de fonctionnement et de conception

3.4.3.1 Refroidissement de l'eau du bassin

La conception du système de refroidissement repose sur les principes d'exclusion de traversées du génie civil du bassin sous le niveau de l'eau et de maintien de l'eau dans le bassin (pas de circulation de l'eau du bassin vers l'extérieur). Au stade actuel des études, le système de refroidissement présenté sur la Figure 17 est composé de

regroupant les équipements suivants :

- des échangeurs immergés implantés Ces échangeurs assurent le refroidissement de l'eau du bassin par échange avec l'eau de refroidissement du circuit secondaire ;
- des circuits secondaires permettant la circulation de l'eau de refroidissement entre les échangeurs immergés et les échangeurs externes ;
- des échangeurs externes permettant l'échange de chaleur entre l'eau de refroidissement et la source froide (air).

Le système de refroidissement est dimensionné afin de maintenir la température d'eau dans les plages requises, ceci dans les conditions de fonctionnement normales, incidentelles et accidentelles (voir chapitre 7), soit :

- une température maximale de en fonctionnement normal ;
- une température maximale de dans les conditions de fonctionnement accidentelles ;
- l'ébullition surfacique pour les conditions du domaine d'extension du dimensionnement.

Le dimensionnement des équipements du système de refroidissement inclura les marges nécessaires au maintien d'une température d'eau cohérente 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.

Les températures de la source froide (air) à prendre en compte dans le dimensionnement seront précisées en phase APS en fonction notamment du site choisi et en intégrant l'évolution des températures sur la durée de vie de l'installation.



	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 43/137

Figure 17 : Implantation des systèmes de refroidissement

3.4.3.2 Traitement de l'eau du bassin

Le système de traitement de l'eau du bassin est composé d'un ensemble d'équipements implantés dans le bâtiment d'entreposage. Ce système permettant l'épuration et la filtration de l'eau du bassin sera dimensionné de façon à garantir :

- Le maintien de l'activité radiologique de l'eau du bassin à un niveau aussi bas que possible. La valeur maximale d'activité volumique sera fixée ultérieurement en tenant compte notamment :
 - de la capacité d'entreposage ;
 - du volume d'eau à traiter ;
 - du taux de relâchement d'activité des différents AC entreposés ;
 - du spectre d'activité ;
 - des limites de débit de dose et des conditions d'accès dans le hall.
- Les conditions chimiques et bactériologiques favorisant la durée de vie de l'installation et l'entreposage des AC.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 44/137

3.4.3.3 Maintien du niveau d'eau

Les équipements associés à la surveillance et au maintien du niveau de l'eau font partie de l'UF4. Il s'agit notamment :

- du dispositif d'appoint dit "normal", visant à compenser les pertes d'eau induites par l'évaporation. Ce dispositif se compose d'un raccordement
- d'équipements permettant le raccordement à une source d'eau externe faisant office d'appoint ultime et de la surveillance du niveau d'eau des bassins. Ce dispositif sera qualifié aux agressions externes extrêmes naturelles et aux conditions du domaine d'extension du dimensionnement pour lesquelles il est valorisé et protégé vis-à-vis de la chute d'avion.

3.4.3.4 Déploiement progressif et jouvence des échangeurs

Au regard de la durée de vie de l'installation, une jouvence des équipements de l'UF4 sera nécessaire. A ce titre, la conception de l'installation doit pouvoir prendre en compte une planification adéquate de périodes de maintenance de longue durée, notamment pour les équipements utilisés en fonctionnement permanent.

Pour faciliter cette jouvence, la conception de l'UF4 est modulaire ce qui permet, en outre, un déploiement progressif des équipements de l'UF4 en fonction du remplissage de l'installation. Ces équipements sont :


- les échangeurs thermiques immergés et externes ;
- les systèmes de purification et de filtration de l'eau.

Pour le système de refroidissement, le déploiement modulaire (voir exemple sur la Figure 18) consistera à augmenter les capacités thermiques de chaque secteur de refroidissement. Ce principe garantira ainsi une architecture identique du système (nombre de trains, de redondances, etc.) quelle que soit la capacité installée.

Figure 18 : principe de déploiement modulaire du système de refroidissement

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 45/137

3.5 FONCTIONS SUPPORTS ET CONVENTIONNELLES (UF5)

3.5.1 Périmètre fonctionnel

Les principales fonctions supports et conventionnelles de l'installation sont les suivantes :

- Conduite – supervision ;
- Ventilation ;
- Gestion des déchets et effluents ;
- Alimentation électrique ;
- Maintenance ;
- Détection et lutte incendie ;
- Utilités.

3.5.2 Implantation

Les fonctions supports et conventionnelles sont réparties sur l'ensemble du site. Le plan ci-après identifie les principales fonctions et leur localisation.

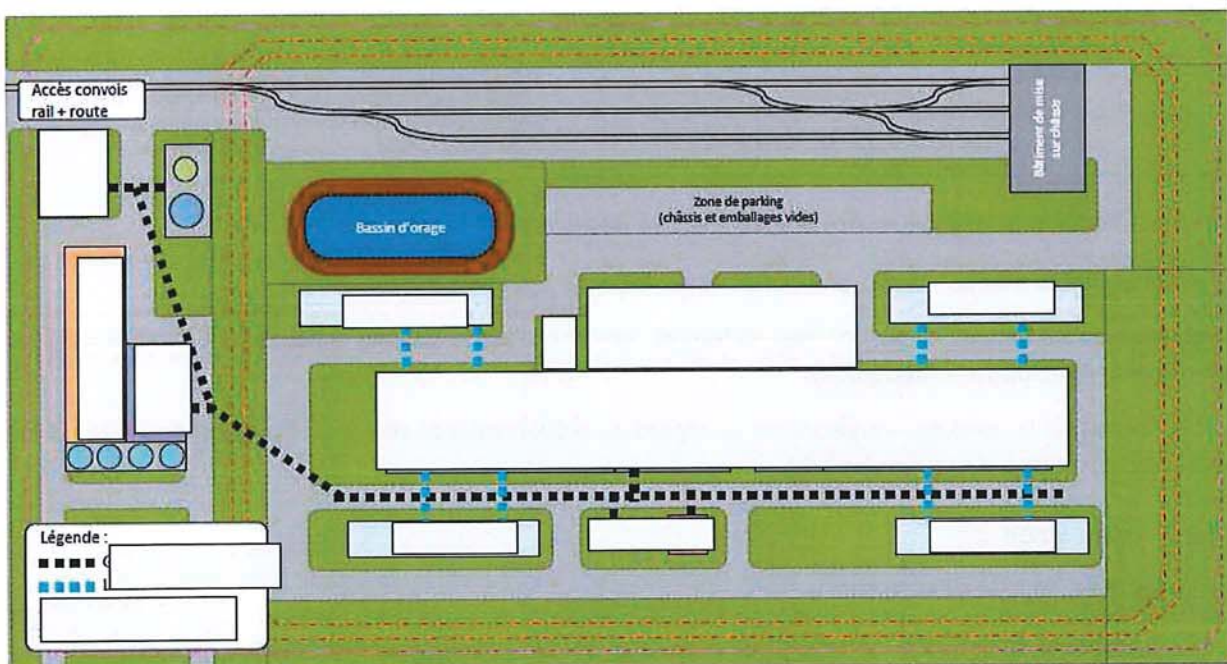



Figure 19 : Schéma d'implantation des fonctions supports de l'installation

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 46/137

3.5.3 Principes de fonctionnement et de conception

3.5.3.1 Conduite – supervision

Les principaux rôles de la conduite-supervision sont :

- la conduite du procédé ;
- la surveillance des paramètres importants pour la sûreté, dont la surveillance radiologique ;
- la communication.

La conduite du procédé comprend :

- la conduite et supervision en salle de commande des équipements du procédé contrôlés de manière centralisée (pont de déchargement des AC, ventilations, etc.) ;
- la surveillance (hors surveillance radiologique) de l'installation : acquisitions vidéos des caméras d'ambiance, détection incendie, positions des portes des locaux du procédé et alarmes générées par les équipements ;
- la centralisation et la conservation des différentes données et enregistrements tels que les entrées et sorties des emballages, les produits approvisionnés, les paramètres de fonctionnement, etc. ;
- la traçabilité du traitement des combustibles depuis leur arrivée sur l'installation jusqu'à leur réexpédition.

La surveillance des paramètres importants pour la sûreté radiologique comprend quant à elle :

- la surveillance de certains paramètres physiques (ex : température du bassin, niveaux d'eau, etc.) ;
- la surveillance du système de confinement ;
- la surveillance radiologique des rejets à l'environnement, principalement les rejets gazeux à la cheminée et les rejets d'effluents liquides ;
- la surveillance de l'environnement ;
- la surveillance radiologique de l'installation (activité des locaux) ;
- la radioprotection du personnel (prévention et surveillance).

La communication comprend la gestion des différents moyens d'alerte du site ainsi que le fonctionnement adéquat du (des) réseau(x) informatique(s).

Les rôles joués par la conduite – supervision au regard de problématiques de malveillance ne sont pas l'objet du présent document (voir sous-chapitre 1.2).

3.5.3.2 Ventilation

Les principaux rôles de la ventilation sont :

- le confinement dynamique des cellules et locaux contaminables (par le maintien de cascades de dépression entre locaux à niveaux de risque différents) ;



- l'assainissement de l'air (par renouvellement) pour maintenir des conditions d'ambiance compatibles avec les équipements et la présence de personnel si nécessaire ;
- l'épuration des aérosols radioactifs (par filtration de l'air extrait) ;
- le conditionnement thermique des cellules (éventuellement) et des locaux, pour maintenir des conditions d'ambiance compatibles avec les équipements et la présence de personnel si nécessaire (principalement par conditionnement thermique de l'air neuf).

La fonction "ventilation" contribue à la surveillance de l'installation (surveillance radiologique, surveillance incendie).

La ventilation est conçue de façon à respecter la sectorisation incendie retenue (clapets coupe-feu).

3.5.3.3 Gestion des déchets et des effluents liquides

3.5.3.3.1 Traitement des déchets solides radioactifs


Les équipements assurant cette fonction ont pour rôle la collecte, l'entreposage, le conditionnement, le contrôle et l'évacuation des déchets solides radioactifs générés au cours de l'exploitation de l'installation.

Les déchets solides se composent :

- des filtres implantés sur les différents circuits (eau, ventilation) ;
- des résines échangeuses d'ions (REI) utilisées aux différents postes d'épuration ;
- des déchets technologiques (outils, chiffons de décontamination, frottis, etc.) comprenant également des déchets de maintenance tels que des pièces de rechange usagées (tuyaux, divers matériels, etc.) et des déchets induits par l'intervention des opérateurs (gants, combinaisons, chaussures, etc.).

Le conditionnement des déchets induits par l'installation se divise selon leur type :

- **Conditionnement des filtres** : le procédé de conditionnement des filtres d'eau retenu pour l'étude est le blocage des filtres dans des coques béton. Après chaque colmatage, les filtres sont transférés sous enceinte blindée vers le bâtiment de traitement des déchets solides pour être enfûtés. Le procédé de conditionnement consiste à bloquer avec un mortier, le filtre préalablement mis en place dans une coque béton de type C1PG. Après séchage du mortier, la coque est bouchée par coulage du béton.
- **Conditionnement des REI** : après saturation des REI, celles-ci sont transférées sous enceinte blindée vers les installations de traitement des déchets solides où elles sont transvasées dans des bâches d'entreposage dédiées, en attente de leur conditionnement. Le procédé de conditionnement retenu à ce stade de l'étude, consiste à enrober les REI par dispersion homogène au sein d'une matrice époxy à l'intérieur d'un conteneur béton muni d'un blindage en acier, adapté à l'activité des résines à enrober. Ce procédé est mis en œuvre par l'Unité Mobile d'Enrobage (UME) MERCURE qui conditionne les REI du parc en exploitation, par campagnes de conditionnement. Les colis ainsi constitués sont transférés pour stockage.
- **Conditionnement des déchets technologiques** : les déchets technologiques (outils, chiffons de décontamination, frottis, pièces de rechanges usagées, etc.) et les déchets induits par l'intervention du

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 48/137

personnel (gants, combinaisons, chaussures, etc.), sont collectés dans des sacs vinyles et conditionnés au niveau du local « déchets ».

3.5.3.3.2 *Traitement des effluents liquides radioactifs*

L'installation a pour rôle la collecte, le traitement et le contrôle avant rejet dans l'environnement ou évacuation vers une autre installation des effluents liquides suivants :

- les effluents générés dans le cadre de la maintenance des emballages ;
- les effluents des vestiaires chauds (lavabo, douches) ;
- les effluents de la laverie ;
- les drains de plancher et les eaux de lavage ;
- les condensats de ventilation.

L'installation de traitement des effluents liquides radioactifs assure :

- la collecte et l'entreposage sélectif des effluents par catégorie, dans des bâches dédiées de l'installation ;
- le contrôle chimique et radiologique des effluents en sortie des bâches dédiées.

En fonction des caractéristiques contrôlées en sortie des bâches dédiées, les effluents sont :

- soit envoyés directement vers une bêche destinée aux rejets ;
- soit envoyés vers une bêche permettant leur épuration.

Après contrôles chimiques et radiologiques, les effluents de la bêche d'épuration sont :

- soit dirigés vers la bêche de rejet ;
- soit dirigés vers une bêche de stockage.

Après un ultime contrôle,

- les effluents liquides contenus dans la bêche de rejet sont rejetés dans le milieu naturel ;
- les effluents collectés dans la bêche de stockage font l'objet d'une évacuation vers une filière adaptée de traitement.


3.5.3.4 **Alimentation électrique**

Le rôle de l'alimentation électrique est d'alimenter en électricité les différents équipements de l'installation, avec une qualité, une fiabilité et une disponibilité suffisantes, notamment pour les équipements participant directement à l'accomplissement des fonctions de sûreté décrites aux chapitres 4 et 5. En tant que système support, l'alimentation électrique participe indirectement à la sûreté de l'installation.

Les installations électriques doivent respecter les exigences de la RFS-1.4.a « Protection contre l'incendie », notamment pour le cheminement des câbles électriques. A ce titre, les deux voies de la distribution électrique ne cheminent pas dans un même secteur de feu.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 49/137

3.5.3.4.1 Alimentation normale

L'alimentation principale se fera par l'intermédiaire d'une boucle 20kV raccordée à l'extérieur du site d'accueil sur une source .

En fonctionnement normal, ce poste électrique alimente :

- Les tableaux du réseau « normal » alimentant les actionneurs non secourus ;
- Les tableaux du réseau « secouru » alimentant les actionneurs secourus et permanent des niveaux 2 et 3.

Pour des raisons de disponibilité de l'alimentation électrique normale de l'installation, un second poste électrique pourra être installé.

3.5.3.4.2 Alimentation de secours

Une alimentation de secours, prévue pour chacune des deux voies de distribution électrique de l'installation, permet de garantir l'alimentation en cas de perte du réseau externe.

Ce niveau correspond à l'alimentation des SSC devant être :

- robustes au Manque De Tension Externe (MDTE) ;
- disponibles lors des conditions de fonctionnement DBC, agressions comprises (internes et externes).

L'alimentation de la distribution électrique est alors assurée par les sources internes alternatives de puissance principales et les sources internes continues de contrôle, autant que de besoin. La source interne alternative de puissance principale (Groupe Électrogène de Secours) d'une voie, alimente les tableaux du réseau « secouru » dédiés à cette voie.


Ces sources internes alternatives de puissance ainsi que les matériels de distribution sont notamment conçus pour rester fonctionnelles en cas d'agression externe naturelle de référence (DBH).

3.5.3.4.3 Alimentation ultime

Les pertes totales prolongées d'alimentations électriques interne et externe seront prises en compte en tant que situation du domaine d'extension du dimensionnement (voir chapitre 5).

En l'état actuel de la conception, la liste des consommateurs électriques ultimes n'est pas définie et dépend du niveau de passivité des dispositions ultimes de l'installation. Par ailleurs, compte tenu de la résilience de l'installation aux conditions de fonctionnement du domaine d'extension du dimensionnement (voir chapitre 5), l'alimentation de niveau 3 sera mobile et mise en place au besoin.

Ce niveau correspond à l'alimentation des SSC devant être disponibles lors des conditions de fonctionnement DEC et agressions externes extrêmes.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 50/137

3.5.3.5 Maintenance

La réalisation d'opérations d'entretien et de maintenance préventive et/ou curative nécessite l'intervention de personnel sur des systèmes et équipements implantés dans des zones inaccessibles pour une intervention humaine "directe".

Pour éviter l'exposition aux rayonnements ionisants des intervenants (démarche ALARA), l'installation est conçue pour :

- intervenir à distance, au moyen de télémanipulateurs, ponts roulants et manipulateurs lourds ;
- délocaliser les équipements nécessitant une maintenance vers des locaux spécifiquement dédiés aux opérations de maintenance ou d'entretien :
 - dans le prolongement des cellules du procédé, des arrières-cellules et des super-cellules permettent des opérations de maintenance au contact et l'introduction de petits matériels et consommables ;
 - dans le bâtiment de maintenance, des ateliers froids et chauds permettent de réaliser les opérations de maintenance préventive et curative sur des équipements ne pouvant être maintenus sur place.
- limiter le volume et la nocivité des effluents et déchets induits par les opérations de nettoyage conventionnel ; les matériels et locaux sont conçus pour être facilement nettoyés (limitation des zones de rétention, étude de l'écoulement des fluides, protection des matériels contre la corrosion) ;
- protéger le personnel des matériels irradiants (tuyauteries, bâches, etc.) par la mise en place de protections biologiques autour de ces équipements.

La maintenance longue durée et la jouvence des gros équipements est prévue à la conception.


3.5.3.6 Systèmes de détection et de lutte contre l'incendie

Ces systèmes assurent les fonctions principales de détection rapide et d'extinction des départs de feu pour, d'une part, empêcher que les départs de feu ne se propagent (et conduisent à un incendie) ; et d'autre part, rétablir une situation de fonctionnement normal ou, à défaut, atteindre puis maintenir un état sûr de l'INB.

La conception de l'installation intègre les dispositions suivantes quant à la fonction « détection et lutte contre l'incendie » :

- Moyens d'alarme incendie restreinte

La détection incendie est ramenée en salle de commande, avec renvoi dans le bureau de sécurité du site d'accueil. Cette fonction est secourue électriquement et dispose d'une autonomie suffisante pour permettre le maintien à l'état sûr de l'INB en cas de défaillance de la source d'alimentation principale.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 51/137

- Moyens de lutte incendie

La lutte contre l'incendie est réalisée par la mise en place d'une protection fixe par eau. Un réseau protégé du gel, autant que possible maillé, alimente en eau les moyens matériels de lutte contre l'incendie tels que les bouches et poteaux d'incendie placés à l'extérieur des bâtiments et, le cas échéant, les colonnes sèches ou humides ainsi que les robinets d'incendie armés (RIA) dans les bâtiments.

A ce titre il est prévu sur le site :

- une boucle incendie « site » raccordé sur le réseau incendie du site d'accueil. Ce circuit permet l'alimentation de bouches incendie répartie sur toute l'emprise de l'installation ;
- une boucle incendie « bâtiment » dont l'alimentation en eau est réalisée sur le site au niveau de la station de pompage et dont la distribution permet l'alimentation de l'ensemble des bâtiments. ;
- ce dispositif est complété par des équipements mobiles qui comprennent des extincteurs à eau pulvérisée, à poudre et au CO₂.

3.5.3.7 Utilités

3.5.3.7.1 Eclairage

Les installations d'éclairage assurent l'éclairage des postes de travail et des zones de circulation ; elles sont décomposées en trois circuits : « normal », « secours » et « de sécurité ».

Les éclairages « normal » et « secours » sont simultanément en service en phase d'exploitation. En cas de perte de l'éclairage « normal », l'éclairage du bâtiment est assuré par l'éclairage « secours ».

L'éclairage « de sécurité », qui permet l'évacuation du personnel en cas de défaillance des deux autres circuits, est limité à un balisage de sécurité.

3.5.3.7.2 Eau potable

Cette fonction assure la distribution de l'eau pour les besoins sanitaires et industriels de tous les systèmes. Le réseau d'eau comprend deux circuits :

- un circuit pour les besoins sanitaires classiques qui délivre de l'eau potable de qualité « alimentaire » ;
- un circuit d'eau de qualité « industrielle » qui dessert notamment les aires de dépotage et de reprise des effluents, les installations de ventilation et de conditionnement d'air.


Ces deux réseaux sont raccordés au réseau d'eau potable du site d'accueil.

3.5.3.7.3 Eau brute

L'eau brute est acheminée depuis l'ouvrage de prise d'eau du site d'accueil, par l'intermédiaire de buses en béton enterrées. Ces buses alimentent un bassin de tranquillisation.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 52/137

Une station de pompage permet depuis ce bassin d'alimenter les réseaux d'eau brute et d'incendie et l'installation de production d'eau déminéralisée. Elle alimente également une bache d'eau brute.

3.5.3.7.4 Eau déminéralisée

La production d'eau déminéralisée est réalisée sur le site d'accueil. Les équipements assurant cette fonction assurent le stockage et la distribution de l'eau déminéralisée à tous les systèmes utilisateurs de l'installation via les galeries enterrées desservant le bâtiment de déchargement.

La principale utilisation de cette eau déminéralisée est l'appoint normal en eau des bassins afin de maintenir leur niveau d'eau.

3.5.3.7.5 Air comprimé

La production-distribution d'air comprimé aux autres systèmes utilisant de l'air de travail et de régulation est réalisée sur le site au sein du bâtiment de maintenance. Son unité de compression alimente le réseau de distribution d'air situé dans les galeries desservant le bâtiment de déchargement. Le réseau de distribution d'air est subdivisé en deux sous-réseaux :

- le réseau de distribution de l'air comprimé de travail qui alimente deux boucles (une en zone contrôlée et l'autre en zone non contrôlée),
- le réseau de distribution de l'air comprimé de régulation qui est aussi subdivisé en deux boucles (l'une desservant la zone contrôlée, l'autre la zone non contrôlée).

3.5.3.8 Cycle de l'eau


Les eaux collectées par le réseau d'eaux pluviales sont les eaux drainées sur l'installation provenant des voiries et des toitures des bâtiments.

Le réseau de collecte des eaux pluviales, comme celui collectant les eaux sanitaires, est raccordé au réseau du site d'accueil.

Les eaux industrielles proviennent :

- des opérations de nettoyage ;
- de la ventilation et du conditionnement d'air de l'installation ;
- des opérations d'entretien conventionnel ;
- des ruissellements d'eaux de pluie sur les zones ferroviaires et de parking d'emballages vides de l'installation.

Le réseau de collecte des eaux industrielles est raccordé à celui du site d'accueil.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 53/137

4 OBJECTIFS ET DEMARCHE GENERALE DE SURETE

Les objectifs de ce chapitre sont :

- d'introduire les textes nationaux et internationaux constituant le référentiel de sûreté externe de l'installation et pour lequel une déclinaison à la conception sera nécessaire ;
- d'énoncer les grands principes de sûreté retenus pour la conception de la Piscine d'Entreposage Centralisé ;
- de présenter les déclinaisons de ces principes, notamment en matière d'exigences de sûreté.

Les principes de sûreté du présent chapitre seront ensuite déclinés à la conception de l'installation au Chapitre 5.

4.1 CADRE RÉGLEMENTAIRE ET PARA-RÉGLEMENTAIRE

Selon l'article L593-1 du code de l'environnement, « *les installations nucléaires de base sont soumises au régime légal défini [par celui-ci (livre V, titre IX, chapitre III et VI)] en raison des risques ou inconvénients qu'elles peuvent présenter pour la sécurité, la santé et la salubrité publiques ou la protection de la nature et de l'environnement* ».

Dans ce sous-chapitre sont donc présentés les principaux textes réglementaires retenus pour la conception de la Piscine d'Entreposage Centralisé :


- les textes de l'Union Européenne ;
- les dispositions législatives et réglementaires françaises :
 - code de l'environnement ;
 - décrets, arrêtés et décisions de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) applicables aux Installations Nucléaires de Base (INB) ;
- les dispositions non réglementaires présentant des exigences pertinentes pour l'installation : Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) et guides de l'ASN ;
- les conventions, normes et standards internationaux.

En France, le régime juridique des INB couvre, leur conception, leur construction, leur fonctionnement, leur mise à l'arrêt définitif puis leur démantèlement.

4.1.1 Textes de l'Union Européenne

Les textes de l'Union Européenne pris en compte à la conception sont :

- le Traité Euratom ;
- la directive 2009/71/Euratom du 25 juin 2009 modifiée (cadre de l'Union Européenne pour la sûreté nucléaire), qui instaure un cadre pour l'Union Européenne en matière de sûreté nucléaire et ouvre la voie à la mise en place, dans le domaine de la sûreté nucléaire, d'un cadre juridique commun à tous les États membres ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 54/137

- la directive 2011/70/Euratom du 19 juillet 2011 établissant un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs.

La directive 2011/70 Euratom du 19 juillet 2011 établit un cadre communautaire pour la gestion responsable et sûre du combustible usé et des déchets radioactifs. Cette directive couvre tous les aspects de la gestion des déchets radioactifs et du combustible usé, depuis leur production jusqu'au stockage de long terme. Elle rappelle la responsabilité première des producteurs et la responsabilité en dernier ressort de chaque État Membre d'assurer la gestion des déchets produits sur son territoire, en veillant à prendre les dispositions nécessaires pour garantir un niveau élevé de sûreté et pour protéger les travailleurs et le public des dangers des rayonnements ionisants. Enfin, elle définit des obligations relatives à la sûreté de la gestion des déchets radioactifs et du combustible usé.

4.1.2 Textes nationaux

Le corpus réglementaire français est hiérarchisé. Cette hiérarchie est classiquement illustrée par la figure ci-dessous :

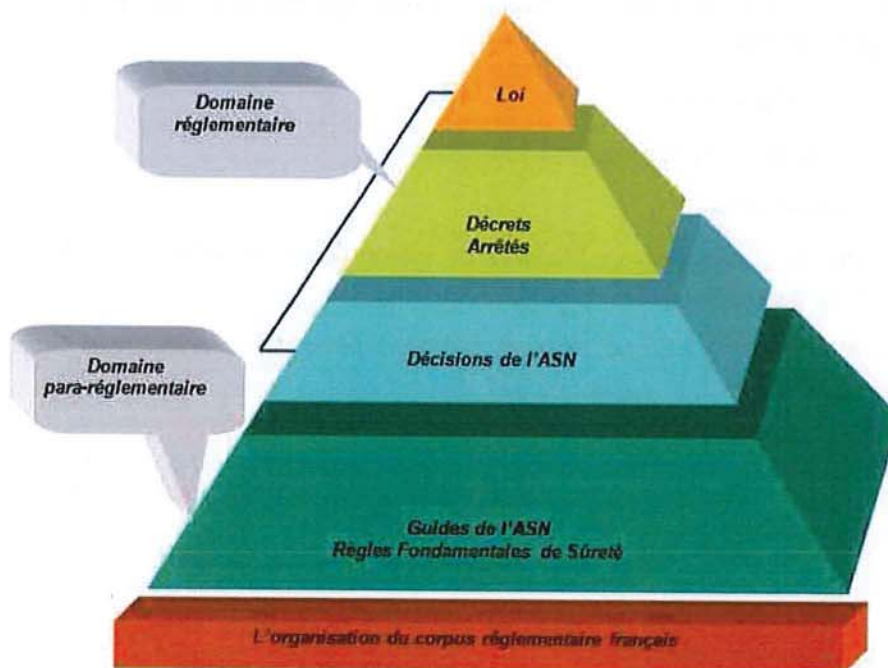



Figure 20 : dispositions réglementaires et para-réglementaires françaises

L'installation sera construite en France. Les textes réglementaires suivants devront notamment s'appliquer pour la conception de l'installation :

- Code de l'environnement : Les dispositions des chapitres III, V et VI du titre IX du livre V du code de l'environnement fondent le régime d'autorisation et de contrôle des INB ;
- décret 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié relatif aux INB et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives (dit « décret Procédure ») ;

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 55/137

- décret n° 99-1046 du 13 décembre 1999 relatif aux équipements sous pression ;
- décret n°2016-846 du 28 juin 2016 relatif à la modification, à l'arrêt définitif et au démantèlement ;
- décret n° 2017-23 du 23 février 2017 pris pour l'application de l'article L.542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs ;
- arrêté du 12 décembre 2005 relatif aux équipements sous pression nucléaires, dit « arrêté ESPN » ;
- arrêté du 21 décembre 1999 relatif à la classification et à l'évaluation de la conformité des équipements sous pression ;
- arrêté du 15 mars 2000 relatif à l'exploitation des équipements sous pression ;
- arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base (dit « Arrêté INB ») ;
- ensemble des Décisions ASN, notamment Décision ASN n°2014-DC-0462 (dite « Décision Criticité »), Décision ASN n°2014-DC-0417 (dite « Décision Incendie »).

4.1.3 Gestion des déchets


En France, la gestion des déchets dans les INB, qu'ils soient radioactifs (cf. Directive 2011/70 Euratom) ou non, est encadrée par l'ASN afin notamment de prévenir et de réduire – prioritairement à la source – la production et la nocivité des déchets, notamment en agissant sur la conception, le tri, le traitement et le conditionnement.

Les textes clés de la réglementation, porteurs d'exigences prescriptives, sont les suivants :

- articles L/R.541-1 et suivants du code de l'environnement sur les déchets non radioactifs ;
- article L. 542-1 et suivants du code de l'environnement et notamment l'article L.542-1-2 qui dispose que la réduction de la quantité et de la nocivité des déchets radioactifs doit être recherchée par le traitement et le conditionnement des déchets radioactifs ;
- arrêté du 7 février 2012 modifié, Titre VI « Gestion des déchets » ;
- décret n°2013-1304 du 27 décembre 2013 pris pour application de l'article L. 542-1-2 du code de l'environnement et établissant les prescriptions du Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs ;
- décision ASN 2015-DC-0508 du 21 avril 2015 relative à l'étude sur la gestion des déchets et au bilan des déchets produits dans les installations nucléaires de base.

4.1.4 Textes spécifiques à l'environnement

Parmi le référentiel réglementaire applicable, les principaux textes sont :

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 56/137

- le Code de l'environnement, en particulier les titres I (installations classées pour la protection de l'environnement) et IX (sécurité nucléaire et installations nucléaires de base) du livre V et le titre I (eau et milieux aquatiques) du livre II ainsi que le titre 2 (information et participation des citoyens) du livre I ;
- le décret n° 2007-1557 du 2 novembre 2007 modifié relatif aux installations nucléaires de base et au contrôle, en matière de sûreté nucléaire, du transport de substances radioactives ;
- l'arrêté du 7 février 2012 modifié fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, en particulier le titre IV, « Maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement », qui couvre en particulier :
 - les prélèvements d'eau ;
 - les rejets d'effluents dans le milieu ambiant ;
 - la surveillance de l'environnement ;
 - la prévention et la limitation des nuisances ;
- la décision n° 2013-DC-0360 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 16 juillet 2013 modifiée relative à la maîtrise des nuisances et de l'impact sur la santé et l'environnement des installations nucléaires de base.


4.1.5 Guides de conception et standards internationaux

Les documents suivants, bien que non réglementaires, sont à considérer pour la conception de l'installation :

- les guides de l'ASN, notamment Guide ASN n°13 « Protection des INB contre les inondations externes » (remplace la règle fondamentale de sûreté (RFS) 1.2.e du 12 avril 1984), Guide ASN 2-01 "Prise en compte du risque sismique à la conception des ouvrages de Génie Civil d'installations nucléaires de base à l'exception des stockages à long terme des déchets radioactifs" ;
- les Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) relatives aux INB autres que réacteur.

Les standards suivants ont également été considérés afin d'éclairer la conception des systèmes ou fonctions de cette installation :

- WENRA Working Group on Waste and Decommissioning (WGWD) « Waste and spent fuel storage safety reference levels report » ;
- IAEA Specific Safety Guide SSG-15 – Storage of Spent Nuclear Fuel ;
- IAEA Safety Fundamental SF1 – Fundamental Safety Principles ;
- IAEA Specific Safety Requirements SSR-2/1 – Safety of Nuclear Power Plants : Design ;
- IAEA Safety Guide NS-G-1.4 – Design of Fuel Handling and Storage Systems for Nuclear Power Plants ;
- IAEA Safety Requirements NS-R-5 – Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 57/137

4.1.6 Normes techniques applicables

4.1.6.1 Introduction

D'une façon générale, l'ordre de prévalence des exigences pour la conception et la fabrication/réalisation des structures et des matériels est le suivant :

- exigences des codes techniques ;
- exigences des normes.

Pour les normes, il convient de citer :

- les normes harmonisées européennes ;
- les Eurocodes ;
- les normes ISO ;
- l'AFNOR ou autres normes techniques.

La liste des codes et normes prévus d'être utilisés à la conception de l'installation est définie ci-dessous et devra être complétée, notamment pour les supports et engins de manutention, ainsi que pour les systèmes de ventilations et dispositions de prévention de certaines agressions.

4.1.6.2 Systèmes et composants mécaniques

Pour les équipements sous pression de l'installation, le code technique de référence est le code AFCEN RCC-M « Règles de Conception et de Construction applicables aux Matériels mécaniques des îlots nucléaires », Edition 2016.


La norme NF EN 13480 pourra être utilisée pour les tuyauteries et la norme NF EN 13445 pour les appareils sous pression nucléaires, en fonction de leur requis de classement.

L'utilisation de normes ou d'un autre code comme ASME, KTA ou CODAP est possible dans certains cas qui seront précisés ultérieurement.

Pour les autres équipements mécaniques, les codes ou standards applicables seront définis ultérieurement.

4.1.6.3 Systèmes et composants électrique et de contrôle-commande

Le code technique de référence est le code AFCEN RCC-E « Règles de Conception et de Construction applicables aux matériels électriques des îlots nucléaires ».

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 58/137

Les normes ci-dessous sont dédiées aux centrales nucléaires mais, plus largement, elles concernent les équipements d'instrumentation et contrôle-commande impliqués dans un procédé nucléaire ; elles sont par conséquent considérées à la conception, notamment :

- NF EN 61513 édition 2013 – Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences générales pour les systèmes ;
- NF EN 60709 édition 2010 – Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle commande importants pour la sûreté – Séparation.

4.1.6.4 Structures métalliques et de génie civil

Pour les ouvrages requis au titre des Eléments Importants pour la Protection des intérêts protégés, le code technique de référence est le code AFCEN – RCC-CW « Rules for design and construction of PWR nuclear civil works » Edition 2015.

4.2 OBJECTIFS ET FONCTIONS DE SÛRETÉ


En application du cadre réglementaire et para-réglementaire, ce sous-chapitre présente :

- les objectifs de sûreté de l'installation ;
- ses fonctions de sûreté ;
- les exigences radiologiques réglementaires à respecter par l'installation.

Nota : à ce stade des études, il n'est pas identifié d'enjeux majeurs liés aux risques de nature non radiologique. Ces derniers seront traités au niveau du Rapport Préliminaire de Sûreté (version préliminaire du Rapport de Sûreté). L'installation ne devra pas générer d'accidents conventionnels (par effet thermique, toxique, de surpression, d'émission de projectiles...) conduisant à des conséquences inacceptables pour les intérêts mentionnés à l'article L.593-1 du code de l'environnement, suivant une grille d'appréciation des risques issue de la circulaire du 10 mai 2010.

4.2.1 Objectifs de sûreté

La protection des personnes du public et de l'environnement contre le risque de dissémination des matières radioactives et les rayonnements ionisants, constitue l'objectif de sûreté fondamental assigné à cet entreposage sous eau de combustibles. Il est assuré dans toutes les conditions de fonctionnement de fonctionnement (détaillées dans le sous-chapitre 5.1).

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 59/137

Plus précisément, cet objectif est décliné sur l'installation de la façon suivante :

- pas d'impact radiologique hors site ou seulement un impact mineur (ni prophylaxie iode, ni mise à l'abri, ni évacuation) pour tous les accidents du domaine de dimensionnement et d'extension du dimensionnement ;
- élimination pratique du risque de rejets importants ou précoces ;
- élimination pratique du risque criticité du combustible entreposé.

L'impact radiologique est évalué conformément aux exigences réglementaires (cf. section 4.2.3).

4.2.2 Fonctions de sûreté

Le respect des objectifs de sûreté repose sur la maîtrise des risques de dissémination des matières radioactives dans l'environnement et d'exposition externe aux rayonnements ionisants du public, obtenue par l'accomplissement des fonctions de sûreté définies comme suit (« arrêté INB ») :

- Maîtrise de la sous-criticité ;
- Evacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives¹ ;
- Confinement des substances radioactives.

L'arrêté INB du 7 février 2012 modifié introduit une quatrième fonction de sûreté qui est « *la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants* ».

Cette fonction est assurée pour l'installation dès lors que sont atteints les objectifs suivants :


- Conception de dispositions permettant :
 - d'interposer des écrans (communs ou non avec les systèmes de confinement) entre les sources de rayonnement et le public ;
 - d'éloigner les sources de rayonnement de la limite de site afin de limiter le débit de dose régnant en limite de site à la valeur réglementaire fixée.
- Respect des autorisations de rejets.

Les dispositions mises en œuvre pour assurer les trois fonctions fondamentales de sûreté permettent d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants (comme par exemple par des dispositions de blindage contre les rayonnements, assurées notamment par une épaisseur minimale de béton pour l'enceinte de confinement, ou une hauteur d'eau minimale en piscine).

A ce titre, dans le présent Dossier d'Options de Sûreté, seules les trois fonctions de sûreté indiquées précédemment seront explicitement citées.

¹ L'évacuation de la puissance thermique issue des réactions nucléaires n'est pas applicable à cette installation

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 60/137

4.2.3 Objectifs radiologiques et exigences afférentes

En fonctionnement normal, les dispositions adoptées conduisent, d'une part à réduire la fréquence des incidents en renforçant l'aptitude à maintenir l'installation dans le domaine de fonctionnement normal (prévention des incidents/accidents), d'autre part à réduire le risque de dégradation de la situation normale vers une situation d'accident, en renforçant l'aptitude de l'installation à contrôler les incidents.

En conditions incidentelles, l'objectif recherché est de ne pas dépasser la limite de dose annuelle définie par la réglementation en vigueur pour le fonctionnement normal (code de la santé publique).


En conditions accidentelles, la présence de l'installation d'entreposage ne doit pas conduire à la mise en œuvre de contre-mesures sanitaires ou de mise à l'abri des personnes du public. Les valeurs associées à ces conditions de fonctionnement sont issues de la Décision ASN 2009-DC-0153.

Dans les conditions de fonctionnement du domaine d'extension du dimensionnement, l'exigence radiologique est la même que celle afférente aux conditions accidentelles.

Les objectifs radiologiques se traduisent en niveau de dose pour chaque catégorie de condition de fonctionnement.

Tableau 1 : Objectifs et limites de dose relatifs aux différentes conditions de fonctionnement

Condition de fonctionnement	Objectif radiologique	Limites de dose
Fonctionnement normal	Expositions aux rayonnements ionisants du public et de l'environnement aussi faibles que raisonnablement possible	Critère radiologique : dose efficace individuelle < 1 mSv/an pour les populations les plus exposées au-delà de la limite du site (en tenant compte des autres INB présentes sur le site).
Conditions incidentelles	Ne pas dépasser les limites annuelles de rejets définies par la réglementation en vigueur pour le fonctionnement normal	Idem ci-dessus pour la condition incidentelle considérée
Conditions accidentelles	Pas de mise en œuvre de contre-mesures sanitaires ou de confinement pour les personnes du public	Critères radiologiques : <ul style="list-style-type: none"> ● dose efficace (7 j, 500 m ou limite du site) : 10 mSv (mise à l'abri) ● dose à la thyroïde (7 j, 500 m ou limite du site) : 50 mSv (prophylaxie)
Extension du dimensionnement		

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 61/137

4.3 PRINCIPALES EXIGENCES APPLICABLES À L'INSTALLATION

L'accomplissement des trois fonctions de sûreté définies à la section 4.2.2 permet de garantir les objectifs de sûreté de l'installation. Ces objectifs sont rendus prescriptifs par des exigences explicites qui, une fois vérifiées, permettront de garantir ou faciliter la démonstration de sûreté.

Ce sous-chapitre identifie les exigences de sûreté applicables à chacune des fonctions de sûreté et les exigences d'exploitation ayant un impact important à la conception. Enfin, les principes relatifs à la défense en profondeur sont présentés.

4.3.1 Exigences de sûreté

4.3.1.1 Maîtrise de la sous-criticité

En accord avec la Décision Criticité de l'ASN (cf. section 4.1.2), la conception de l'installation d'entreposage est telle que la sous-criticité du combustible est assurée avec une marge forfaitaire suffisante, pour un ensemble fini de situations, y compris accidentelles.

Durant le fonctionnement normal, les dispositions constructives que sont la géométrie, l'intégrité structurelle et le choix des matériaux des SSC doivent assurer seules la sous-criticité du combustible, pour tous les types d'assemblages manutentionnés et/ou entreposés dans l'installation. Un objectif de conception est de garantir un coefficient de multiplication neutronique inférieur ou égal à .


Durant une situation de type incidentelle-accidentelle (situation dite « anormale »), l'objectif de sous-criticité doit être démontré conformément aux exigences de la Décision Criticité. En pratique, un objectif de conception est de garantir un coefficient de multiplication neutronique inférieur ou égal à .

Le respect de l'exigence de maîtrise de la sous-criticité est applicable à tous les endroits de l'installation où se situent des assemblages combustibles. Les lignes de défense mises en œuvre (dispositions de conception et/ou d'exploitation) garantissent la prévention d'un accident de criticité car la cinétique rapide des accidents de criticité ne permet pas de mettre en œuvre des systèmes de mitigation (actifs ou passifs).

Enfin, au regard d'anomalies (telles que la défaillance d'un composant, d'une fonction, ou d'une erreur humaine, etc.), il est appelé au sens de la Décision ASN « Criticité » que :

- « 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 :
 - les deux anomalies sont indépendantes,
 - la probabilité d'occurrence de chacune des deux anomalies est suffisamment faible,
 - 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 il a été justifié que le principe énoncé ci-dessus ne peut pas être appliqué, l'exploitant met en œuvre des dispositions techniques et organisationnelles permettant, dans le respect de la présente

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 62/137

décision, de rendre les scénarios d'accidents en cause extrêmement improbables avec un haut degré de confiance.»

4.3.1.2 Évacuation de la puissance thermique

L'évacuation de la puissance thermique des combustibles usés est nécessaire au maintien de l'intégrité des systèmes de confinement (cf. § 4.3.1.3).

Pendant les opérations de réception, transfert et préparation, les températures de l'emballage de transport, du combustible et celles des structures de l'installation doivent être maintenues dans des limites acceptables définies pour les domaines de dimensionnement et d'extension du dimensionnement.

En phase d'entreposage, compte tenu des puissances mises en jeu, il est retenu d'évacuer la puissance thermique par le maintien sous eau du combustible. La température du combustible et des structures d'entreposage (ouvrages, équipements, etc.) doit être maintenue dans les limites acceptables définies pour les domaines de dimensionnement et d'extension du dimensionnement.

En pratique, l'installation sortira du domaine d'exploitation normale dès lors que la température de l'eau des bassins , l'installation entrera dans son domaine d'extension du dimensionnement et pourra préserver l'évacuation de la puissance thermique du combustible par ébullition surfacique.

L'arrêt de l'ébullition pourra s'effectuer par la mise en place de dispositifs non permanents à l'installation. Le système de refroidissement doit pouvoir être remis en service après ébullition sans que ses composants n'aient subi de dommage.

Des dispositions de conception sont prises pour exclure les événements qui conduisent au dénoyage des assemblages (notamment le cas de la vidange des bassins).


4.3.1.3 Confinement des matières radioactives

L'accomplissement de la fonction de sûreté « confinement des matières radioactives » repose sur la mise en place d'au moins deux systèmes de confinement indépendants et successifs interposés entre les matières radioactives (les pastilles de combustible) et les personnes du public et ce dans toutes les phases du procédé.

Un système de confinement peut résulter de la combinaison de moyens physiques actifs ou passifs.

4.3.2 Exigence d'exploitation : possibilité de reprise des éléments combustibles

La capacité de reprise des matières radioactives entreposées constitue une exigence d'exploitation assignée aux installations d'entreposage de matières radioactives. Il est donc nécessaire de maintenir les assemblages entreposés dans un état qui permettra un retrait et une évacuation dans des conditions sûres.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 63/137

Par ailleurs et conformément à l'Arrêté INB, « l'installation sera conçue et exploitée de façon à ce qu'une surveillance appropriée des substances entreposées puisse être exercée et qu'une reprise de ces substances soit possible à tout moment ».

4.3.3 Défense en profondeur

Le principe de défense en profondeur, tel que défini par l'arrêté INB, est appliqué à la conception et assure une protection graduée des intérêts protégés.

Le concept de défense en profondeur comporte des niveaux de défense successifs destinés à prévenir les incidents et accidents et à en limiter les conséquences éventuelles.

Les exigences relatives à ces niveaux sont :

- Niveau 1 : prévenir les incidents (voir définition au § 5.1.1.1). L'objectif est de maintenir les paramètres physiques et les composants de l'installation dans les limites prévues pour une exploitation normale de l'installation, de manière à prévenir les défaillances ;
- Niveau 2 : détecter les incidents et mettre en œuvre les actions permettant d'empêcher que ceux-ci ne conduisent à un accident d'une part et de rétablir une situation de fonctionnement normal ou, à défaut, d'atteindre puis de maintenir l'installation dans un état sûr d'autre part. L'objectif est de maintenir l'intégrité des barrières de confinement ;
- Niveau 3 : maîtriser les accidents (voir définition au § 5.1.1.1) n'ayant pu être évités ou, à défaut, limiter leur aggravation, en reprenant la maîtrise de l'installation afin de la ramener et de la maintenir dans un état sûr. Ce niveau est constitué de deux types de conditions accidentelles :
 - les accidents correspondant à des initiateurs simples (niveau « 3a »), peu probables, mais susceptibles de conduire à des conséquences sévères. Ces accidents constituent les conditions de fonctionnement accidentelles (cf. au § 5.1.1.1),


² Après un accident, il n'y a pas de nécessité de sortie des assemblages : il peut être préférable du point de vue de la sûreté de laisser les assemblages en piscine



- les accidents correspondant à des défaillances multiples (défaillances de mode commun, ou échec d'un système de sûreté sollicité après un initiateur simple) (niveau « 3b »). Ces accidents constituent les conditions de fonctionnement du domaine d'extension du dimensionnement (cf. § 5.1.2.1) ;
- Niveau 4 : limiter les conséquences, notamment pour les personnes et l'environnement, des accidents n'ayant pu être maîtrisés par les précédents niveaux. Pour l'installation, la stratégie de gestion de ce niveau de défense en profondeur est l'élimination pratique des risques d'accidents identifiés comme pouvant mener aux conditions inacceptables décrites à la section 4.2.1.

En adéquation avec les objectifs de sûreté présentés au sous-chapitre 4.2, l'existence de différents niveaux de défense en profondeur suffisamment indépendants et robustes doit être assurée (voir sous-chapitre 5.3).

De façon générale, les niveaux de défense en profondeur doivent être suffisamment indépendants les uns des autres afin que la défaillance d'un niveau ne remette pas en cause l'efficacité des autres niveaux et qu'une cause commune ou qu'un événement particulier (par exemple une agression) ne conduise pas à la défaillance de tous les niveaux requis pour en gérer les conséquences.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 65/137

5 DEMARCHE DE SURETE A LA CONCEPTION

Après avoir identifié les exigences de sûreté applicables à l'installation en provenance du contexte de sûreté national et international au Chapitre 4, le Chapitre 5 a pour vocation d'en faire une première déclinaison au stade de la conception. A ce titre, les objectifs de ce chapitre sont :

- d'identifier les domaines de conception de l'installation ;
- de présenter la prise en compte des agressions ;
- d'en déduire les principes de conception applicables aux Éléments et Activités Importants pour la Protection (EIP/AIP).

Sur ces bases génériques, le Chapitre 6 présentera l'analyse de sûreté propre à l'installation et l'ensemble des exigences identifiées à ce stade des études.

5.1 DOMAINES DE CONCEPTION DE L'INSTALLATION

Les conditions de fonctionnement de l'installation peuvent être regroupées en trois domaines :

- le domaine de dimensionnement, présenté à la section 5.1.1 ;
- le domaine d'extension du dimensionnement, présenté à la section 5.1.2 ;
- les conditions éliminées en pratique présentées à la section 5.1.3.

Au regard des conditions de fonctionnement précitées, les analyses de sûreté s'intéressent aux événements initiateurs internes à l'installation et à la réponse fournie par les dispositions matérielles et organisationnelles prévues à cet effet.

Pour autant, d'autres phénomènes déterministes peuvent toucher un ensemble de SSC. Ainsi, suivant une logique de localisation, certains systèmes (bien que technologiquement différents et indépendants) peuvent être impactés simultanément par des phénomènes de type agression.


Les phénomènes suivants doivent donc être également considérés :

- les agressions internes et externes de référence, présentées aux sections 5.2.1 et 5.2.2 ;
- les agressions externes extrêmes naturelles (REX post-Fukushima), présentées à la section 5.2.3.

5.1.1 Domaine de dimensionnement

5.1.1.1 Définitions

Les conditions de fonctionnement du domaine de dimensionnement (DBC – Design Basis Condition) sont les suivantes :

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 66/137

- **Fonctionnement normal** : état nominal de l'installation autorisé par les spécifications techniques d'exploitation, incluant les phases de réception, d'entreposage et de reprise, de surveillance de l'entreposage, de jouvence des matériels et les opérations de maintenance et d'essais ;
- **Conditions incidentelles** (fréquence d'occurrence approximative $> 10^{-2}$ par an – Design Basis Conditions DBC2) : processus opérationnel s'écartant de l'exploitation normale dont l'occurrence est une à plusieurs fois pendant la durée de vie de l'installation et qui, en raison des dispositions de dimensionnement, ne cause pas de dommages significatifs aux Eléments Importants pour la Protection des intérêts (EIP) et n'évolue pas en situation accidentelle (via les systèmes de détection et les systèmes permettant le retour au fonctionnement normal ou le maintien de l'installation dans un état sûr). Les conséquences radiologiques afférentes à ces conditions sont comparées aux niveaux de dose limites définis pour les incidents (cf. section 4.2.3) ;
- **Conditions accidentelles** (fréquence d'occurrence approximative comprise entre 10^{-2} et 10^{-6} par an – Design Basis Conditions DBC3/4) : conditions impactant les fonctions de sûreté pour lesquelles le dimensionnement des systèmes de sauvegarde de l'installation devra permettre de respecter les objectifs radiologiques définis à la section 4.2.3. D'une part, des marges de conception seront prises au dimensionnement des SSC impliqués dans la mitigation de ces conditions via l'utilisation de codes et normes robustes et dont une première liste est donnée à la section 4.1.6. D'autre part, la démonstration de sûreté, dont les principes sont énoncés au Chapitre 7, justifiera la suffisance des marges prises vis-à-vis des critères de sûreté pour prévenir un éventuel effet falaise. Les conséquences radiologiques afférentes à ces conditions sont comparées aux niveaux de dose limites définis pour les accidents (cf. section 4.2.3).

Pour toutes ces conditions de fonctionnement, les exigences de sûreté suivantes doivent être prises en compte en synthèse de la déclinaison du Chapitre 4 et des objectifs de conception de l'installation :


- exclure tout risque de criticité par respect des marges forfaitaires de sous-criticité définies à la section 7.3.3 ;
- exclure toute vidange et toute baisse significative du niveau d'eau des bassins, ceci compte tenu des températures d'eau définies à la section 7.3.3 (évaporation limitée) ;
- exclure les événements pouvant induire une dispersion de matière remettant en cause les critères radiologiques définis dans le **Tableau 1** de la section 4.2.3.

5.1.1.2 Familles d'initiateurs retenues

Les risques susceptibles d'être rencontrés sur une installation d'entreposage du combustible sont les risques de défaillance des systèmes et composants participant à l'accomplissement des différentes fonctions de sûreté.

La liste ci-dessous présente, à titre indicatif, les familles d'initiateurs pouvant être rencontrés sur l'installation. Elle pourra être complétée aux stades d'avancement ultérieurs des études.

Familles d'initiateurs

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 67/137

L'analyse de ces conditions de fonctionnement est réalisée au sous-chapitre 6.2.

Les considérations liées à la criticité sont distinctes des événements initiateurs. Elles sont traitées au § 6.2.1.1. Les événements pouvant conduire à la perte de la maîtrise de la sous-criticité seront éliminés en pratique à la conception.

La protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants devra être étudiée vis-à-vis des événements listés ci-dessus.

5.1.2 Domaine d'extension du dimensionnement

5.1.2.1 Définition

Le domaine d'extension du dimensionnement (DEC – Design Extension Condition) complète le domaine de dimensionnement.


Il couvre les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples (définies de façon à traiter des situations plus complexes que celles prises en compte dans le domaine de conception de référence) et d'éventuelles séquences probabilistes redevables d'une élimination pratique (voir §5.1.3.2).

Dans ces conditions particulières, les exigences de sûreté suivantes doivent être prises en compte en synthèse de la déclinaison du Chapitre 4 et des objectifs de conception de l'installation :

- exclure tout risque de criticité par respect de la marge forfaitaire de sous-criticité définie à la section 7.4.3 (identique à celle relative aux conditions de fonctionnement DBC2 à DBC4), deux défaillances pouvant être tolérées sous conditions (cf. § 4.3.1.1) ;
- exclure toute vidange et, en cas d'ébullition, toute baisse du niveau de l'eau des bassins de nature à remettre en cause la sous-criticité, l'évacuation de la puissance thermique et les conditions d'interventions sur site ;
- exclure les événements pouvant induire une dispersion de matière remettant en cause les critères radiologiques (identiques à ceux relatifs aux conditions de fonctionnement DBC3/4) définis dans le **Tableau 1** de la section 4.2.3.

Dans les conditions du domaine d'extension du dimensionnement, l'exigence d'autonomie retenue pour la conception de l'installation est de 72 h avant la mise en œuvre de moyens de secours complémentaires par des équipes externes au site. Ce délai est compatible avec la mise en œuvre d'interventions extérieures au site et avec les délais de grâce de l'installation.

Les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC sont définies de façon déterministe.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 68/137

5.1.2.2 Conditions de fonctionnement du domaine d'extension du dimensionnement

L'introduction de conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC dans la démonstration de sûreté nucléaire permet de justifier le dimensionnement de dispositions de conception visant à prévenir l'occurrence de conséquences inacceptables en cas de situations plus complexes que celles considérées dans le domaine de conception de référence (domaine de dimensionnement).

Par ailleurs la considération de conditions DEC participe à la robustesse de la défense en profondeur (voir section 4.3.3).

Compte tenu de la maturité de la conception, les conditions de fonctionnement envisagées à ce stade sont :

Les conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC sont précisées à la section 6.2.4.

Cette liste de conditions de fonctionnement DEC sera complétée ultérieurement par application d'une méthode d'identification des Défaillances de Cause Commune (DCC) crédibles, en déclinaison de l'approche décrite par WENRA. Cette démarche déterministe d'identification sera mise en pratique avant même que les premiers résultats des études probabilistes de sûreté (EPS) ne soient disponibles.

5.1.3 Elimination pratique

5.1.3.1 Définition


Le concept d'« élimination pratique » vise à respecter l'exigence suivante : *« les séquences accidentelles conduisant à des rejets importants ou précoces peuvent être considérées comme éliminées en pratique si ces séquences sont physiquement impossibles ou si elles peuvent être considérées comme extrêmement improbables (IAEA SSR-2/1) avec un haut degré de confiance. »*

Les arguments justifiant l'élimination pratique 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).

L'« élimination pratique » repose alors sur une démonstration déterministe complétée, si nécessaire, par une évaluation probabiliste, en tenant compte des incertitudes associées aux phénomènes mis en jeu.

5.1.3.2 Conditions de fonctionnement éliminées en pratique

Comme indiqué à la section 4.2.1, l'élimination pratique porte sur le risque de rejets importants ou précoces et le risque de criticité du combustible.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 69/137

Les conditions de fonctionnement éliminées en pratique sont les suivantes :

5.2 PRISE EN COMPTE DES AGRESSIONS

Une agression se définit comme tout événement ou situation qui trouve son origine respectivement à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation nucléaire de base et qui peut entraîner de manière directe ou indirecte des dommages aux Eléments Importants pour la Protection ou remettre en cause le respect des exigences définies.

Elles peuvent être réparties dans deux typologies :


- les agressions internes (cf. section 5.2.1) ;
- les agressions externes, qui regroupent :
 - les agressions externes de référence (cf. section 5.2.2) ;
 - les agressions externes extrêmes naturelles (cf. section 5.2.3).

5.2.1 Agressions internes

5.2.1.1 Définition

Les agressions internes sont des agressions trouvant leur origine dans le périmètre de l'INB et pouvant porter atteinte aux fonctions de sûreté.

La défense en profondeur appliquée à la protection contre les agressions internes vise à les prévenir et à limiter leurs conséquences par la mise en place de dispositions de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 70/137

Les agressions internes sont prises en compte à la conception avec des règles et hypothèses adaptées à leur gravité et probabilité d'occurrence. L'étude de ces agressions distingue deux types d'agressions :

- les agressions internes qui constituent un événement initiateur induisant ou non un événement du domaine de dimensionnement (DBC) ;
- les agressions internes résultant d'une condition de fonctionnement du domaine de dimensionnement (cf. section 5.1.1) ou d'extension du dimensionnement (cf. section 5.1.2).

L'étude du premier type d'agression interne vise à vérifier que les systèmes nécessaires à la mitigation des conséquences de l'agression sont disponibles et capables d'assurer la (ou les) fonction(s) de sûreté pour la (les)quelle(s) ils sont requis.

Dans le cas où une agression interne induit un événement similaire à un accident du domaine de dimensionnement (événement de type DBC), l'étude doit prendre en compte les conséquences de l'agression avec les règles d'études afférentes (cf. sous-chapitre 7.2). Les exigences de sûreté à vérifier dans ce cas sont similaires à celles d'une condition de fonctionnement (cf. 5.1.1 et 5.1.2) de fréquence équivalente. En particulier, la démonstration de sûreté sera consolidée en créditant la disponibilité de SSC respectant les conditions d'environnement résultant de l'agression.

Les objectifs radiologiques à respecter sont les suivants :

Tableau 2 : Objectifs et limites de dose relatifs aux agressions internes


	Objectif radiologique	Limites de dose
Agression interne n'induisant pas un initiateur d'accident du domaine de dimensionnement	Pas de mise en œuvre de contre-mesures sanitaires ou de confinement pour les personnes du public	Voir Tableau 1 – conditions accidentelles ou DEC
Agression interne induisant une situation incidentelle ou accidentelle		Voir Tableau 1 – conditions accidentelles ou DEC, <u>sauf</u> pour une condition incidentelle (voir la limite de dose correspondante également dans le Tableau 1 de la section 4.2.3).
Agression interne engendrée par situation incidentelle ou accidentelle (domaine de dimensionnement ou d'extension du dimensionnement)		

5.2.1.2 Liste

La définition des agressions internes pouvant se produire potentiellement sur l'installation résulte d'une analyse de risques de chaque zone de l'installation. Néanmoins, l'arrêté INB définit une liste d'agressions internes à considérer :

- Collision et chute de charge ;

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 71/137

- Incendie ;
- Explosion interne (notamment liée à la radiolyse) ;
- Inondation interne ;
- Défaillance d'équipements sous pression ;
- Émission de projectiles ;
- Émission de substances dangereuses ;
- Interférences électromagnétiques (IEM) ;
- Cumuls plausibles d'agressions internes.

Cette liste sera prise en compte pour l'analyse de risques de l'installation objet du chapitre 6.

Les actes de malveillance seront traités dans un document dédié (cf. sous-chapitre 1.2).

5.2.2 Agressions externes de référence

5.2.2.1 Définition

Les agressions externes sont des agressions trouvant leur origine en dehors du périmètre de l'installation, pouvant porter atteinte à la démonstration de sûreté.

Le niveau de référence retenu pour les agressions externes (DBH, Design Basis external Hazard) est représentatif d'un événement dont la fréquence cible de dépassement est inférieure à 10^{-4} /an environ. Dans les cas où une telle fréquence est difficile à estimer sans trop d'incertitudes (cas des paramètres météorologiques par exemple), on évaluera un événement de fréquence connue auquel sera rajoutée une marge suffisante de façon à présenter un niveau de sûreté équivalent.

Les évolutions climatiques prévisibles sur la durée d'exploitation de l'installation sont prises en compte à la conception par des marges suffisantes dans la détermination des caractéristiques de l'agression, par une conception permettant la mise en œuvre d'éventuelles modifications des équipements au cours de la vie de l'installation ou encore, dans le cas des agressions prédictibles, par l'utilisation de moyens mobiles pouvant être mis en place dans un délai suffisant.

Les SSC requis pour prévenir et limiter les conséquences d'une agression externe de référence et ceux requis pour atteindre et maintenir l'état sûr suite à une agression externe de référence sont dimensionnés pour rester opérationnels lors de cet événement. Les autres SSC contenant des substances radioactives sont également concernés par cette exigence dès lors que leur défaillance en cas d'agression externe de référence conduirait à ne pas respecter les objectifs de sûreté associés. Les objectifs radiologiques à respecter sont les suivants :


	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 72/137

Tableau 3 : Objectifs et limites de dose relatifs aux agressions externes de référence

	Objectif radiologique	Limites de dose
Agressions externes	Pas de mise en œuvre de contre-mesures sanitaires ou de confinement pour les personnes du public	Voir Tableau 1 pour les conditions accidentelles ou DEC

5.2.2.2 Liste

Les agressions externes de référence à considérer sont les suivantes (cf. Arrêté INB) :

- Environnement industriel et voies de communication (dont les explosions, les émissions de substances dangereuses) ;
- Chute d'avion accidentelle ;
- Missile externe ;
- Séisme ;
- Foudre et interférences électromagnétiques ;
- Conditions climatiques extrêmes ;
- Incendie externe ;
- Inondation externe ;
- Cumuls plausibles d'agressions externes.

Les actes de malveillance seront traités dans un document dédié (cf. sous-chapitre 1.2).

5.2.3 Agressions externes extrêmes naturelles


Une agression externe extrême naturelle est caractérisée par un phénomène naturel hypothétique plus sévère que celui associé à l'agression externe de référence.

Les agressions externes extrêmes naturelles postulées sont les suivantes : le séisme, l'inondation, les températures extrêmes, la neige, la tornade et la foudre.

Par découplage, les conséquences des agressions externes extrêmes naturelles sont traduites, à la conception, par un scénario enveloppe « perte totale des sources électriques internes et externes cumulée à une perte du refroidissement de l'installation » pendant une durée de 72 h permettant de dimensionner les SSC et capacités ultimes à demeure de l'installation. Au-delà de ce délai, des réalimentations externes (eau, énergie primaire) pourront être à prévoir en fonction des choix technologiques retenus en APS pour le système de refroidissement, l'alimentation en eau des bassins et la ventilation nucléaire notamment.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 73/137

Les fonctions requises pour maintenir l'état sûr sur le long terme (y compris leurs fonctions support) doivent être conçues en intégrant d'éventuels besoins de maintenance.

Le dimensionnement des SSC valorisés pour la protection contre ces agressions externes extrêmes se basera sur la conception de référence et ses marges permettront de garantir la sûreté des SSC en cas d'agressions externes extrêmes.

Pour l'inondation, le niveau de la plateforme sera celui de la Cote Majorée de Sécurité (CMS) du site. Une marge de conception pourra, si pertinente, être ajoutée à ce niveau afin d'augmenter la résilience de l'installation à ce genre d'agression.

Pour les agressions à caractère prédictible, comme les *extrema* de températures, des mesures préventives permettant de garantir la sûreté d'exploitation de l'installation pourront être mises en œuvre.

Les objectifs radiologiques à vérifier dans ce cas sont, par découplage, ceux des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC (cf. section 4.2.3), ce qui permet de démontrer l'absence de rejets importants ou précoces.

5.2.4 Cumuls plausibles

La conception de l'installation prend en compte les cumuls plausibles entre des conditions de fonctionnement et des agressions internes ou externes. Les cumuls plausibles de certaines agressions entre elles sont également considérés.

Les cumuls plausibles correspondent à :

- des cumuls d'événements indépendants dont la probabilité cumulée justifie leur prise en compte, malgré leur indépendance ;
- des événements liés entre eux par des phénomènes physiques (situation météorologique par exemple) ou par un lien de cause à effet, on parlera alors d'événements dépendants.


5.3 DÉFENSE EN PROFONDEUR ET PRINCIPES DE CONCEPTION

Afin de garantir une robustesse suffisante des niveaux de défense en profondeur, les SSC doivent être capables d'accomplir leur fonction de sûreté dans toutes les conditions spécifiées pour leur conception, avec un niveau de fiabilité défini en cohérence avec leur rôle vis-à-vis de la sûreté.

L'article 3.1 de l' « arrêté INB » énonce le principe suivant :

« La mise en œuvre du principe de défense en profondeur s'appuie notamment sur :

- [...] l'identification des fonctions nécessaires à la démonstration de sûreté nucléaire ;
- une démarche de conception prudente, intégrant des marges de dimensionnement et recourant, en tant que de besoin, à une redondance, une diversification et une séparation physique adéquates des éléments importants pour la protection qui assurent des fonctions nécessaires à la démonstration de

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 74/137

sûreté nucléaire, pour obtenir un haut niveau de fiabilité et garantir les fonctions citées à l'alinéa précédent. »

La robustesse des niveaux de défense en profondeur peut être atteinte par l'adoption de différentes dispositions de conception, d'installation ou d'exploitation des SSC :

- des dispositions générales de conception et d'installation pour la fiabilité des SSC, comme la redondance (afin d'éviter les effets d'une défaillance unique), la protection contre les défaillances dépendantes, la conception à panne orientée, la qualification... Ces points sont traités à la section 5.3.1 ;
- la diversification, permettant d'éliminer ou de réduire les effets de défaillances de cause commune³ (DCC) lorsque nécessaire. Ces points sont traités à la section 5.3.2 ;
- la séparation physique des SSC par barrières ou par distance. Cette disposition garantit que des agressions internes ou externes (par exemple, impact d'un projectile ou d'un aéronef) n'entraînent pas la perte de l'ensemble des moyens redondants d'un système. Ces points sont traités à la section 5.3.3.

De plus, les dispositions mises en œuvre pour la protection contre les agressions externes extrêmes naturelles permettent de prendre en compte, dès la conception initiale, les enseignements tirés de l'accident de Fukushima et participent également à la robustesse intrinsèque des niveaux de défense en profondeur (cf. section 5.2.3).

5.3.1 Dispositions générales pour la fiabilité des SSC


5.3.1.1 Redondance

La redondance matérielle est définie comme la mise en place d'un nombre d'équipements identiques supérieur au nombre nécessaire requis pour accomplir une fonction de sûreté spécifique. Un niveau approprié de redondance dans l'architecture d'un système garantit que ce dernier accomplit sa fonction de sûreté lorsqu'un ou plusieurs éléments (mais pas tous) sont indisponibles en raison de défaillances potentielles ou d'opérations de maintenance. Le niveau de redondance d'un système doit satisfaire les exigences associées aux études déterministes et probabilistes.

Le niveau minimal de redondance matérielle d'un système au sein d'un niveau de défense en profondeur doit être conforme aux requis des règles d'études des conditions de fonctionnement où il est appelé du fait, notamment, de l'application du critère de défaillance unique décrit au § 5.3.1.2 ci-après. Un niveau supérieur de redondance peut être nécessaire pour atteindre une fiabilité suffisamment élevée ou peut être requis pour des raisons de performance en exploitation, par exemple :

- pour permettre à un matériel d'être mis hors service pour maintenance ou pour y effectuer des réparations au moment où le système auquel il appartient doit être disponible ;

³ les défaillances de cause commune sont des défaillances pouvant affecter simultanément, ou pendant la durée de leur mission, plusieurs composants et qui ont la même cause. Les défaillances de plusieurs équipements liées à des défaillances de systèmes supports ou à des agressions (notamment, les agressions externes majeures, séisme, inondation, éruption solaire...) n'entrent pas dans cette appellation

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 75/137

- pour autoriser la surveillance ou les tests en ligne.

Sous réserve de justification appropriée, il est possible de ne pas considérer certaines opérations de maintenance légères ou de réparation de courte durée pour évaluer le besoin de redondance matérielle d'un SSC.

5.3.1.2 Robustesse à la défaillance unique

L'application du critère de défaillance unique est une règle qui consiste à vérifier qu'une fonction de sûreté reste assurée en postulant la défaillance unique de l'un quelconque des équipements participant à cette fonction (y compris les équipements des systèmes support électrique, refroidissement, ventilation, contrôle-commande...). L'application du critère de défaillance unique sur un équipement peut engendrer d'autres défaillances connexes. Dans ce cas, ces défaillances connexes (si pertinentes au regard de la démonstration de sûreté considérée) sont aussi prises en compte dans les études puisque conséquences directes de la défaillance unique (par exemple, la défaillance éventuelle de plusieurs équipements faisant suite à la défaillance d'un système support).

La défaillance unique s'applique potentiellement à tout équipement de systèmes, mécaniques ou électriques. Deux types de défaillances sont définis : la défaillance active ou la défaillance passive.

La défaillance active est caractérisée par :

- la défaillance à la demande d'un équipement mécanique ou électrique devant changer de position pour accomplir sa fonction de sûreté ;
- la défaillance d'un composant matériel de contrôle-commande (capteur, unité de traitement, carte...) conduisant à la non réalisation de la fonction.


La défaillance passive est appliquée aux équipements mécaniques contenant du fluide. Elle correspond à :

- une fuite sur un point quelconque de l'enveloppe externe d'équipements passifs comme des vannes, échangeurs, tuyauteries. Un débit conventionnel est postulé jusqu'à l'isolement de la fuite. Si la fuite ne peut être détectée et isolée, elle est supposée dégénérer en une rupture totale.
- une défaillance mécanique affectant la ligne de débit correspondant au fonctionnement normal d'un système fluide (bouchage...).

Les défaillances de systèmes programmés dues à des erreurs du logiciel ne sont pas considérées comme des défaillances uniques mais comme des défaillances de cause commune.

Les principes d'application du critère de défaillance unique dans les études sont donnés dans le sous-chapitre 7.2. Par ailleurs, le critère de défaillance unique est utilisé à la conception des systèmes requis dans les conditions de fonctionnement DBC. Des exceptions à l'application du critère de défaillance unique, active ou passive, sont possibles sous réserve de justifications appropriées tenant compte de l'expérience d'exploitation, en ce qui concerna la fiabilité d'un équipement et tenant compte du niveau de qualité de conception, fabrication, surveillance ou de conditions de fonctionnement.

Nota : le terme d'aggravant n'est plus utilisé en conformité avec les pratiques internationales. L'aggravant correspond à la défaillance unique la plus pénalisante vis-à-vis d'un objectif donné.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 76/137

5.3.1.3 Protection contre les défaillances dépendantes

L'augmentation de la quantité de composants redondants pourrait n'entraîner *in fine* qu'une amélioration limitée du niveau de fiabilité des systèmes. En effet, des défaillances peuvent résulter d'une cause ou d'un événement particulier unique affectant plusieurs composants simultanément. Cette cause ou cet événement particulier peut provenir, soit de faiblesses communes, soit de dépendances entre composants et ainsi entraîner la défaillance de tous ou d'une partie des composants redondants au sein d'un seul système ou de plusieurs systèmes.

Afin d'éliminer les dépendances entre défaillances ou de réduire leurs effets, autant que possible dans des conditions économiquement acceptables, des mesures sont mises en place lors de la conception, la construction ou l'exploitation de l'installation, par exemple :

- mettre en place une séparation appropriée afin d'éliminer les dépendances spatiales dues à des agressions internes ou externes (voir section 5.3.3 ci-après) ;
- éviter les dépendances fonctionnelles entre SSC au niveau de leurs systèmes support ;
- concevoir, quand cela est possible et nécessaire, des équipements diversifiés et suffisamment indépendants afin d'éliminer des dépendances entre systèmes, susceptibles d'être à l'origine de défaillances de cause commune (voir section 5.3.2 ci-après).

5.3.1.4 Conception à panne orientée

Pour un équipement, le principe de panne orientée consiste à concevoir l'équipement de façon à ce qu'il se retrouve intrinsèquement dans une position favorable, dite « sûre », vis-à-vis de l'accomplissement de sa fonction de sûreté, en cas de défaillance d'un de ses composants ou de l'un des composants de ses systèmes support (alimentation électrique, alimentation en air comprimé, etc.) et ce sans requérir aucune action extérieure.


Lorsque cela est possible dans des conditions économiquement acceptables, le principe de la conception à panne orientée est intégré dans la conception des équipements de l'installation.

5.3.1.5 Fiabilité des systèmes support

Les systèmes support assurent les alimentations en utilités (électricité, eau de refroidissement, etc.). Ils assurent également les conditions d'ambiance nécessaires au bon fonctionnement des équipements. Leur niveau de fiabilité, de redondance, de diversification, d'indépendance ainsi que les dispositions de test de leurs aptitudes fonctionnelles sont déterminés en cohérence avec le niveau de sûreté du ou des SSC supportés.

5.3.1.6 Fiabilité des systèmes et composants passifs

Un système passif est, soit un système qui est composé de composants passifs (par exemple appoint gravitaire), soit un système qui utilise des composants actifs dont la position de repli permet d'initier sans apport d'énergie une action passive.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 77/137

Les composants passifs tels que _____, sont supposés être suffisamment fiables, à condition qu'ils ne dépendent pas d'autres systèmes comme _____ et qu'ils soient correctement surveillés en exploitation. Dans ce cas, ils peuvent être partagés entre différents niveaux de défense en profondeur.

Les éventuels SSC passifs qui sont partagés entre plusieurs niveaux de défense en profondeur, pour lesquels ni la redondance, ni la diversification ne sont possibles dans des conditions économiquement acceptables, sont dimensionnés pour résister aux différents cas de charge associés à tous les niveaux de défense en profondeur dans lesquels ils sont impliqués. En outre des dispositions particulières peuvent être prises pour exclure leur défaillance de la conception.

5.3.1.7 Surveillance, inspection, tests et maintenance

Afin de garantir un niveau adéquat de fiabilité pendant l'exploitation de l'installation, les SSC sont entretenus dans des conditions adaptées afin d'être disponibles et prêts à fonctionner correctement. Les Règles Générales d'Exploitation, qui seront rédigées aux stades ultérieurs de conception, auront notamment pour objet de définir les matériels requis en fonctionnement ainsi que la conduite à tenir en cas d'indisponibilité d'un SSC et les programmes d'essais. Les programmes d'inspection et de maintenance nécessaires à chaque SSC seront définis par ailleurs.

L'indisponibilité programmée des équipements est prise en compte dans la conception des systèmes. L'impact des durées autorisées d'indisponibilité pour maintenance en ligne, tests et travaux de réparation programmés est inclus dans l'évaluation de la fiabilité des SSC et, si nécessaire, dans les études.

5.3.1.8 Qualification des matériels

La qualification des équipements aux conditions accidentelles et aux cas d'agressions a pour but de prouver que les matériels sont aptes à remplir leurs fonctions sous les sollicitations auxquelles ils sont supposés être soumis. Les principes de qualification sont présentés à la section 5.4.2.

5.3.2 Diversification


5.3.2.1 Caractérisation

Pour l'accomplissement d'une fonction de sûreté donnée, la diversification se caractérise par la présence de plusieurs systèmes ou composants reposant sur des principes physiques ou matériels différents afin de réduire les possibilités de défaillance de cause commune, y compris de défaillance de mode commun. Elle peut ainsi être mise en œuvre dès lors que des fonctions de sûreté doivent être satisfaites avec un haut niveau de fiabilité en adéquation avec les objectifs de sûreté mentionnés au sous-chapitre 4.2 et associés aux études probabilistes de sûreté.

Par la suite, la « diversification fonctionnelle » est définie comme la mise en œuvre de principes physiques ou de modes opératoires différents pour remplir des fonctions redondantes et la « diversification matérielle » est définie

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 78/137

comme la mise en œuvre de technologies, systèmes, équipements ou composants différents pour remplir la même fonction.

Comme indiqué au § 5.3.1.3 ci-dessus, la mise en place de la diversification dans la conception contribue à réduire les dépendances entre composants redondants au sein d'un seul système ou de plusieurs systèmes résultant de Défaillances de Cause Commune (DCC) en éliminant des sources potentielles de ces défaillances.

5.3.2.2 Identification des besoins de diversification

Pour l'installation, les besoins de diversification des SSC permettant de renforcer l'indépendance entre le niveau 3a et le niveau 3b de défense en profondeur seront déterminés lors des phases ultérieures des études, sur la base de la liste des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples DEC (voir section 5.1.2). Le niveau de fiabilité requis pour les systèmes diversifiés est issu d'arguments probabilistes.


La diversification fonctionnelle est privilégiée et, à ce titre, des SSC déjà inclus dans la conception pour accomplir d'autres fonctions de sûreté que celles qui sont supposées être perdues en raison de défaillance de cause commune (DCC) peuvent être crédités en tant que dispositions diversifiées, à condition que des justifications soient fournies, notamment :

- ils possèdent le niveau de classement et de qualification approprié (voir sous-chapitre 5.4) ;
- ils sont disponibles suite à la DCC qui affecte les fonctions qu'ils renforcent et ne sont pas requis par ailleurs dans la condition de fonctionnement envisagée ;
- des moyens de conduites ou les automatismes nécessaires à leur valorisation sont disponibles ;
- leur utilisation en conduite incidentelle ou accidentelle est prévue dans des procédures ;
- lorsque leur mise en œuvre est manuelle, le délai opérateur est cohérent avec les délais considérés dans les études DEC (voir sous-chapitre 7.2).

5.3.2.3 Diversification des équipements

L'ensemble des équipements électriques, mécaniques ou de contrôle-commande constituant les SSC à diversifier est analysé. Des argumentaires qualitatifs ou des études prévisionnelles de fiabilité quantitative permettent de justifier :

- dans le cas de la diversification fonctionnelle, le niveau approprié de diversification ;
- dans le cas de la diversification matérielle, la liste des équipements qui doivent être effectivement diversifiés et quelles dispositions pratiques pour la diversification doivent être mises en place.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 79/137

Le requis de diversification ne concerne que des composants actifs ou de contrôle-commande dont les DCC représentent des contributeurs majeurs à la dé-fiabilité de fonctions de sûreté⁴, par exemple :

- équipements électriques ou mécaniques actifs : pompes, générateurs électriques de secours, ventilateurs, équipements du système de refroidissement... ;
- équipements de contrôle-commande (acquisition, traitement, activation, communication...).

Les équipements qui ne nécessitent pas d'être diversifiés sont des équipements simples, suffisamment fiables au regard de l'expérience d'exploitation applicable, ou bien susceptibles de n'être affectés que par des DCC détectables et réparables pendant le fonctionnement normal de l'installation. La liste précise sera définie aux stades ultérieurs des études.

Lorsqu'un équipement électrique ou mécanique est identifié comme devant être diversifié, il est analysé plus en détail pour identifier les composants internes les plus critiques qui doivent être diversifiés. Les DCC affectant les composants les plus critiques sont ainsi identifiées et caractérisées en fonction de leurs facteurs de couplage. Des dispositions de diversification visant à éliminer ces facteurs de couplage sont finalement proposées. Ces dispositions de diversification matérielle peuvent être relatives à la conception, la qualité, la fabrication, la maintenance, etc.

5.3.3 Séparation des SSC

Une séparation est prévue dans la conception afin de garantir que les agressions internes et certaines agressions externes n'endommageront pas plusieurs trains redondants de systèmes.


La séparation des SSC peut être réalisée par :

- La séparation physique avec des barrières situées entre la source de l'agression et le SSC susceptible d'être affecté ; un exemple particulier étant les dispositions de protection physique des zones de feu pour limiter les conséquences d'incendie. De telles barrières peuvent également servir de barrière pour d'autres agressions sous réserve de qualification supplémentaire.
- La séparation géographique (distance, orientation, localisation). Ceci est réalisable par exemple en disposant d'une distance suffisante entre les équipements ou en les plaçant dans des bâtiments séparés.

Ces principes de séparation peuvent en particulier s'appliquer aux trains redondants :

- des SSC requis pour les fonctions de sûreté appelées en fonctionnement normal afin d'éviter si possible qu'une agression n'induisse une condition de fonctionnement ;

⁴ On entend par contributeur majeur un élément dont la probabilité de défaillance représente une part importante de la dé-fiabilité d'une fonction, c'est-à-dire de la probabilité globale de défaillance d'une fonction pendant le temps où elle est requise.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 80/137

- des SSC requis lors des événements de type DBC induits potentiellement par une agression afin qu'ils puissent assurer leurs fonctions de sûreté malgré les conséquences de l'agression ;
- des SSC requis pour les fonctions de sûreté appelées pour les conditions de fonctionnement DBC induisant potentiellement une agression afin qu'ils puissent assurer leurs fonctions de sûreté malgré les conséquences de l'agression.

Certaines zones de l'installation sont des centres incontournables de convergence pour le matériel ou le câblage participant à des niveaux de défense en profondeur différents. La protection contre les défaillances dépendantes dues notamment aux agressions est alors basée sur des mesures appropriées de conception ou d'installation.

5.4 CONCEPTION DES ÉLÉMENTS ET ACTIVITÉS IMPORTANTS POUR LA PROTECTION (EIP/AIP)

5.4.1 Principes d'identification et classement

Les EIP nécessaires à la démonstration de sûreté nucléaire feront l'objet d'un classement de sûreté nucléaire.

Dans la suite de cette section, lorsque la phrase concerne des moyens de manière générale (classés de sûreté ou non), le terme SSC est utilisé. Lorsque la phrase concerne des moyens classés de sûreté, le terme EIP est utilisé.

Nota : à ce stade des études, il n'est pas identifié d'enjeu majeur lié aux risques de nature non radiologique.

5.4.1.1 Définition des EIP, AIP


Les éléments importants pour la protection (EIP) sont définis à l'article 1.3 de l'arrêté INB. Il s'agit d'une structure, d'un équipement, d'un système (programmé ou non), matériel, composant, ou logiciel présent dans une installation nucléaire de base ou placé sous la responsabilité de l'exploitant, assurant une fonction nécessaire à la démonstration de sûreté, ou contrôlant que cette fonction est assurée.

Les activités importantes pour la protection (AIP) sont définies à l'article 1.3 de l'arrêté INB. Ce sont les activités participant aux dispositions techniques ou d'organisation permettant d'assurer la sûreté de l'installation, ou les activités susceptibles de l'affecter.

5.4.1.2 Principes de classement

Le classement de sûreté des SSC permet de garantir qu'ils sont conçus, fabriqués et suivis en exploitation avec un niveau de qualité correspondant à leur importance dans la démonstration de sûreté nucléaire. Les EIP, qui sont les SSC nécessaires à la démonstration de sûreté, seront classés selon une démarche permettant d'adapter les exigences afférentes à l'importance du rôle de ceux-ci vis-à-vis de la sûreté.

Les SSC à classer sont principalement identifiés à partir des fonctions qu'ils réalisent. Ces fonctions sont catégorisées selon leur importance pour la sûreté. Le classement des SSC est fondé sur des méthodes déterministes.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 81/137

Une analyse fonctionnelle permettra de catégoriser les fonctions selon les conditions dans lesquelles elles sont requises. Cette analyse s'appuie sur l'ensemble des études nécessaires à la démonstration de sûreté nucléaire (en particulier les études DBC et DEC, ainsi que les études d'agressions internes/externes) et permet l'identification des fonctions nécessaires au respect de tous les objectifs de sûreté nucléaires.

Les SSC requis pour réaliser une fonction catégorisée sont identifiés et classés en conséquence. Des exigences sont associées aux SSC classés de façon à garantir qu'ils pourront satisfaire leur fonction de sûreté avec le niveau de performance et de fiabilité requis.

La démarche de classement sera présentée dans les documents produits aux stades ultérieurs des études.

Les exigences additionnelles sont issues de l'analyse détaillée de la sûreté de l'installation.

5.4.2 Démarche de qualification

La démarche de qualification des EIP est définie à l'article 2.5.1 de l'arrêté INB.

La qualification des équipements aux conditions accidentelles et en cas d'agressions a pour but de prouver que les matériels sont aptes à remplir leurs fonctions sous les sollicitations auxquelles ils sont supposés être soumis. Les sollicitations à prendre en compte sont celles qui découlent des conditions d'ambiance associées aux accidents du domaine de dimensionnement et d'extension du dimensionnement et aux agressions.

En plus de ces conditions, la procédure de qualification prend en compte :

- les effets du vieillissement, c'est-à-dire les effets dus aux conditions d'environnement correspondant aux conditions de fonctionnement normales avant l'occurrence des conditions de fonctionnement accidentelles considérées pour la qualification ;
- les effets des sollicitations sismiques pour les matériels dont la qualification sismique est requise.


5.4.2.1 Conditions incidentelles et accidentelles

Afin de définir les exigences de qualification associées aux matériels valorisés pendant les conditions de fonctionnement incidentelles et accidentelles, des familles de conditions d'ambiance peuvent être définies. Elles sont basées sur :

- les conditions d'ambiance dans lesquelles ils doivent assurer leur fonction (température, hygrométrie, etc.) ;
- la durée pendant laquelle ils doivent assurer leur fonction.

Ces conditions d'ambiance sont déterminées sur la base des résultats des études d'accidents du domaine de dimensionnement.

Une démarche similaire d'identification des conditions d'ambiance peut être menée pour les accidents du domaine d'extension du dimensionnement. Les exigences de qualification des matériels valorisés dans ces conditions de fonctionnement en découleront.

	NOTE TECHNIQUE PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 82/137

5.4.2.2 Agressions internes

Les SSC nécessaires à la protection de l'installation contre les agressions internes (prévention ou mitigation) font l'objet d'un classement de sûreté (cf. § 5.4.1.2).

Les sollicitations vis-à-vis desquelles les matériels doivent être qualifiés sont les sollicitations résultant de l'agression (en plus des conditions accidentelles du domaine de dimensionnement ou d'extension du dimensionnement, lorsque pertinent). Conformément à l' « arrêté INB », cette qualification est proportionnée aux enjeux.


5.4.2.3 Agressions externes de référence, agressions externes extrêmes naturelles

Les SSC dédiés à la protection de l'installation contre les agressions externes (prévention ou mitigation) font l'objet d'un classement de sûreté (cf. § 5.4.1.2).

Ils doivent être qualifiés de telle sorte qu'ils soient capables de remplir leur fonction dans les conditions d'environnement résultant de l'agression externe et de ses effets induits, en particulier dans le cas du séisme.

Les SSC qui ne sont pas dédiés à la protection contre les agressions externes sont classés et qualifiés pour les conditions accidentelles dans lesquelles ils sont requis (cf. § 5.4.2.1). Si ces conditions sont le résultat d'une agression externe, la qualification aux conditions accidentelles doit prendre en compte les conditions d'environnement résultant de l'agression et de ses effets induits. Conformément à l' « arrêté INB », la qualification est proportionnée aux enjeux.

La tenue des SSC aux agressions externes extrêmes naturelles est quant à elle décrite à la section 5.2.3.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 83/137

6 ANALYSE DE SURETE DE L'INSTALLATION

Ce chapitre présente l'analyse de sûreté de l'installation et permet notamment d'identifier une liste préliminaire d'Éléments Importants pour la Protection des intérêts mentionnés à l'article L593-1 du code de l'environnement :

- le sous-chapitre 6.1 présente les systèmes et dispositions permettant d'assurer les fonctions de sûreté en fonctionnement normal ;
- le sous-chapitre 6.2 présente l'analyse des risques de l'installation hors fonctionnement normal, dans le domaine de dimensionnement (événements initiateurs, agressions internes et agressions externes de référence) et dans le domaine d'extension du dimensionnement (DEC).

Les exigences de conception déclinées au sous-chapitre 5.3 s'appliquent pour la conception de l'ensemble des systèmes.

6.1 SYSTÈMES ET DISPOSITIONS PERMETTANT D'ASSURER LES FONCTIONS DE SÛRETÉ NUCLEAIRE EN FONCTIONNEMENT NORMAL

Le procédé normal de l'installation mettant en jeu des matières radioactives, il est nécessaire de garantir l'accomplissement des fonctions de sûreté définies à la section 4.2.2 grâce à des systèmes ou des dispositions mis en place pour prévenir et limiter la dissémination de matières radioactives et pour minimiser l'exposition aux rayonnements ionisants. Ces SSC sont conçus sur la base d'exigences de sûreté définies en accord avec le niveau de risque rencontré en cas de perte de ladite fonction.

Pour chaque fonction de sûreté, ce sous-chapitre :

- Identifie les zones sensibles de l'installation vis-à-vis de la fonction étudiée, ce qui n'exclut pas les éventuelles autres zones pour lesquelles le risque est jugé moins important ;
- Propose des exigences de sûreté appliquées à la conception des SSC et adaptées aux risques identifiés.


Nota : Les dispositions d'exploitation, d'inspection et de maintenance ne font pas l'objet du présent document, mais sont prises en compte pour la conception de l'installation.

6.1.1 Maîtrise de la sous-criticité

Les exigences présentées au § 4.3.1.1 s'appliquent.

Zones sensibles du procédé vis-à-vis de la fonction

Les principales zones sensibles du procédé vis-à-vis de la sous-criticité, au stade de l'esquisse, sont :

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 84/137

Identification des exigences retenues pour la conception

6.1.2 Évacuation de la puissance thermique

Les exigences présentées au § 4.3.1.2 s'appliquent.

Zones sensibles


Les principales zones sensibles du procédé vis-à-vis de l'évacuation de la puissance thermique du combustible, au stade de l'esquisse, sont :

- **le bâtiment d'accueil, les couloirs de transferts et les postes du bâtiment de déchargement** : les conditions de transferts et manipulation des emballages sont ici plus contraignantes que celles du transport ;
- **la cellule de déchargement** : le combustible y est manutentionné en air après une phase de transport. Les gaines peuvent donc se trouver à température élevée ce qui requiert de garantir l'évacuation de la puissance résiduelle, que le combustible soit encore dans son emballage ou en cours de déchargement ;
- **le bassin** : le combustible y est entreposé. Il est donc nécessaire de disposer d'un système de refroidissement adapté.

Les autres zones du procédé de l'installation ne sont pas considérées comme à enjeu pour l'évacuation de la puissance thermique du combustible au stade du DOS.

Identification des exigences retenues pour la conception

Une fois entré dans un bâtiment, il est nécessaire de maintenir l'emballage dans des conditions de température d'ambiance maîtrisée (qui seront définies précisément en APS), afin de garantir le respect de l'ensemble des

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 85/137

critères de températures mis en jeu (structure de GC, emballage, gaine). Ce maintien sera assuré par circulation d'air.

De la même manière, la température de l'air dans la cellule de déchargement devra être maintenue à une valeur (définie précisément en APS) garantissant l'absence de dégradation des gaines des assemblages.

Dès l'instant où les assemblages sont en piscine, le refroidissement est assuré par l'eau du bassin, elle-même refroidie par le système de refroidissement du bassin.

Le fonctionnement continu du système de refroidissement du bassin implique que son architecture prenne en compte le besoin de réaliser la maintenance en exploitation de façon à assurer la continuité de service de la fonction de sûreté en objet.

6.1.3 Confinement des matières radioactives

Les exigences présentées au § 4.3.1.3 s'appliquent.

Zones sensibles

Les zones sensibles du procédé vis-à-vis du confinement des matières radioactives, au stade de l'esquisse, sont :

- **les postes de préparation des emballages** : ces postes vérifiant la contamination des emballages, la conception vise à prévenir d'éventuelles dispersions de gaz radioactifs,
- **la zone d'accostage de l'emballage et la cellule de déchargement** : la manutention des assemblages étant réalisée dans cette zone, la maîtrise du confinement doit être assurée en fonctionnement normal et accidentel. Par ailleurs, il est nécessaire de conditionner le combustible avant son entreposage en bassin de façon à maîtriser les risques de vaporisation de l'eau du bassin au contact des assemblages déchargés et à haute température. Ces vapeurs pouvant contenir des éléments radioactifs, il sera nécessaire de les capter.
- **le bassin** : le confinement de cette zone doit satisfaire les critères radiologiques du fonctionnement normal et notamment le débit de dose permettant l'accessibilité du hall aux travailleurs (problématique de radioprotection).

Identification des exigences retenues pour la conception

Le confinement des matières radioactives en fonctionnement normal est assuré en permanence par la présence de deux barrières sur l'ensemble du procédé nucléaire.


Au sein de l'installation, les systèmes de confinement en fonctionnement normal sont les suivants (cf. § 4.3.1.3 pour les exigences de sûreté) :

Les performances ou exigences des systèmes de confinement ne sont pas dimensionnées par rapport au fonctionnement normal, mais par rapport aux conditions incidentelles/accidentelles.

Cas des assemblages inétanches

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA


	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 86/137

Dans le cas particulier d'un assemblage inétanche, la première barrière pourra être reconstituée dans la cellule de déchargement via la mise en bouteille dudit assemblage. Cette bouteille visera la rétention des matières solides. Elle ne sera pas étanche et le confinement dynamique permettra de maîtriser les rejets gazeux. Le couple (temps de manutention de l'AC en cellule ; température maximale de gaine)⁵ sera choisi de façon à exclure l'apparition des phénomènes d'oxydation en fonctionnement normal, ceci en l'absence d'inertage.

Tableau 4: Systèmes de confinement définis pour l'installation

	Premier système	Second système
Pour le confinement du combustible (par phase du procédé)		
Réception (emballage fermé)	Gaine	Emballage de transport
Préparation au déchargement	Gaine	Emballage et tuyauteries pouvant lui être éventuellement reliées Génie Civil (GC) de la cellule + ventilation lors de l'ouverture de l'emballage.
Déchargement, transfert des A/C	Gaine	Emballage + système d'accostage Génie Civil (GC) de la cellule + gaines de ventilation + filtres THE du système d'extraction de la ventilation de la cellule + ventilateurs
Entreposage	Gaine/bouteille (pour les assemblages inétanches)	Eau (<i>rétention de certains radionucléides</i>) + structure piscine GC hall + gaines de ventilation + filtres THE du système d'extraction de la ventilation du hall piscine + ventilateurs
Reprise et évacuation	Voir ci-dessus (cinématique réversible)	

⁵ Les modes dégradés afférents à ces deux paramètres, en situations accidentelles, feront l'objet d'études en APS.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 87/137

	Premier système	Second système
Pour l'eau du bassin	Liner	Structures de GC
Pour les autres matières radioactives	Gaz : tuyauteries et équipements des systèmes de traitement des effluents Particules : eau + filtres THE Solides : conteneur de déchet Résines, liquides : bâches dédiées	Structure de GC et ventilation

6.2 ANALYSE DES RISQUES DE L'INSTALLATION POUR LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Sur la base du procédé décrit au chapitre 3 et des exigences décrites précédemment pour garantir la sûreté de l'installation en fonctionnement normal, une Analyse Préliminaire des Risques (APR) a été menée suivant une démarche de type HAZID/Keyword. L'approche, de type matricielle, a consisté à évaluer qualitativement l'ensemble des risques (hors cumuls d'initiateurs – voir sections 6.2.1, 6.2.2 et 6.2.3) sur l'ensemble des nœuds du procédé de l'installation (cf. tableau ci-dessous).

L'analyse a ensuite porté sur une maille plus fine correspondant à un ensemble pertinent de « sous-nœud ». La sélection des sous nœuds pertinents a fait l'objet d'un processus binaire au regard d'un jugement simple (pertinent/pas ou peu pertinent).

Tableau 5 : Identification des nœuds de l'installation pour l'APR


Nœud	Description
0	Arrivée des emballages sur l'installation
1	Hall de réception
2	Dépose sur le chariot et transfert
3	Poste de préparation
4	Cellule de déchargement
5	Refroidissement couloirs et cellule de déchargement à sec
6	Piscine d'entreposage (bassin)
7	Système de refroidissement de l'eau du bassin
8	Locaux techniques (salle de conduite, locaux électriques, etc.)
9	Ventilation hall piscines
10	Déchets liquides et solides

Compte tenu de la nature même de cette analyse (initiateurs simples), ses résultats contribuent à définir les exigences permettant de maîtriser les événements (interne ou agressions) relevant du domaine de dimensionnement.

Une synthèse de cette analyse est proposée ci-après, regroupée par typologie de risques et au fil du procédé.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 88/137

6.2.1 Événements internes impactant les fonctions de sûreté

6.2.1.1 Situations anormales à considérer au titre de la sûreté-criticité

De la réception des emballages sur site jusqu'au transfert vers la cellule de déchargement

La conception de l'emballage est prévue pour exclure tout risque de criticité

Le risque de sortie des AC d'un emballage débridé en cas de basculement est pris en compte à la conception du chariot de transfert (dispositif anti-basculement).

Cellule de déchargement

Lors du déchargement des assemblages, le risque de criticité pourrait être lié à une perte d'intégrité du combustible se produisant suite à :

Dans ces situations pouvant favoriser la formation d'un amas critique, tout cumul avec la présence de modérateur (accidentelle ou non) pourrait conduire à un accident de criticité en l'absence de dispositions particulières.

Le dispositif de thermalisation sera notamment conçu de manière à exclure ce risque sur des considérations géométriques et par choix des matériaux, quel que soit le type d'assemblage.

Bassin d'entreposage

La sous-criticité devra être garantie en situation accidentelle et post-accidentelle, ce qui implique entre autre la robustesse à une modification mineure de géométrie des paniers et de l'entreposage dans son ensemble (y compris en situation de chute, de séisme, voir § 6.2.3.4).


En complément des dispositions évoquées à la section 6.1.1, la capacité des paniers à absorber les neutrons devra être garantie sur toute la durée de vie de l'entreposage. Les paniers d'entreposage pourront être remplacés, si nécessaire.

En cas de basculement de panier, un couvercle sera prévu à la conception pour que le panier puisse maintenir le confinement des assemblages ou des matières fissiles dans les alvéoles, tout en garantissant la sous-criticité.

Effluents et déchets

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 89/137

Les effluents et déchets produits par l'installation ne contiennent pas de matière fissile.

6.2.1.2 Perte du refroidissement

Les dégagements thermiques sont liés à la puissance thermique des assemblages de combustible. Les principes de refroidissement en fonctionnement normal (emballages, assemblages à sec, assemblages sous eau) sont présentés à la section 6.1.2.

La robustesse de chacun des trains impliqués dans le refroidissement de l'eau des bassins pourra être assurée via la multiplicité des équipements participant au refroidissement du bassin et leur éventuelle diversification, en accord avec les principes de sûreté définis au sous-chapitre 5.3.

Outre les défaillances liées au procédé, l'évacuation de la puissance thermique peut être affectée par :

- la perte des alimentations électriques des systèmes actifs contribuant au refroidissement, traitée au § 6.2.1.5 ;
- une agression externe impactant les échangeurs de la source froide, telle que la chute d'aéronef traitée au § 6.2.3.2 ;

Réception des emballages

La ventilation des bâtiments abritant des emballages pleins étant nécessaire pour garantir le conditionnement thermique des emballages, ce système sera conçu pour maintenir sa fonctionnalité en fonction des divers aléas du domaine de dimensionnement.

De la préparation des emballages jusqu'au déchargement et mise en panier

Le risque est lié à la perte des systèmes de conditionnement des couloirs de transfert et de la cellule de déchargement, causée par la défaillance intrinsèque des systèmes en jeu ou de leurs systèmes supports.

Dès lors que la fonction de conditionnement de l'atmosphère est opérante, le refroidissement de l'emballage ou de l'assemblage est assuré. Il n'y a donc pas de sensibilité particulière à un aléa d'exploitation (arrêt d'un pont, du chariot de transfert, etc.), notamment en cellule de déchargement. La conception des ventilations nucléaires impliquant une fonction d'évacuation de puissance thermique des combustibles manutentionnés sera réalisée en cohérence avec les exigences de robustesse définies aux sous-chapitres 4.3 et 5.3.


Bassin d'entreposage

Compte tenu de la conception des bassins éliminant tout risque de fuite incontrôlée et de leur hauteur d'eau le risque de perte du refroidissement pourrait être principalement causé par une défaillance long terme des équipements suite à une défaillance intrinsèque ou une agression.

Afin de pallier ce risque, le système de refroidissement sera conçu en accord avec les exigences de conception suivantes :

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 90/137

- le système de refroidissement sera composé de modules (voir section 3.4.3) permettant de réaliser au moins une maintenance préventive de module, tenant compte d'une défaillance unique complémentaire ;
- les capacités thermiques seront séparées géographiquement en deux trains permettant chacun l'extraction de de la puissance pour une eau de bassin à ;
- les équipements redondants et actifs des deux trains de circuits secondaires (voir § 3.4.3.1) seront diversifiés (modalités à définir en APS), a minima technologiquement (voir section 5.3.2) de façon à éviter tout mode commun et secours électriquement;
- le système sera dimensionné pour être robuste aux agressions externes, notamment au séisme.

Effluents et déchets

La puissance thermique des effluents et déchets n'est pas significative et n'induit pas de risque particulier au titre de la sûreté.

6.2.1.3 Dégradation du confinement

Le risque associé à la dégradation du confinement est lié à la nature des matières radioactives manutentionnées et entreposées ; une dissémination de matières radioactives peut entraîner des rejets dans l'environnement. Les principes de confinement sont présentés à la section 6.1.3.

Le cas de la perte de la ventilation liée à la perte des alimentations électriques externes est traité au § 6.2.1.5.

De la réception des emballages sur site jusqu'au transfert vers les postes de préparation


L'emballage est bridé et muni de son couvercle. De ce fait, il n'y a pas de risque de dispersion de matières radioactives. L'état des emballages est vérifié lors de leur arrivée sur l'installation.

Le confinement est assuré à ce stade par l'emballage de transport, de la même manière que dans sa configuration transport.

Postes de préparation et transfert vers la cellule de déchargement

Les risques de dissémination de matières radioactives par dégradation du confinement peuvent être induits par les événements suivants :

- mauvais raccordement des tuyauteries à la cavité, pouvant induire des rejets de gaz et d'aérosols radioactifs ;
- défaillances d'un raccord lors de l'équilibrage des pressions, pouvant induire des rejets de gaz et d'aérosols radioactifs ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 91/137

- défaillance de l'outil renifleur (défaillance des tuyauteries raccordées à la cavité), pouvant induire des rejets de gaz et d'aérosols radioactifs ;
- mouvement intempestif du chariot entraînant un arrachement des tuyauteries raccordées à la cavité ;
- défaillance du chariot pendant le transfert vers la cellule de déchargement, induisant une remontée en pression de l'emballage et une perte du confinement initialement assuré par la dépression existant de part et d'autre du bouchon.

Le mauvais raccordement des tuyauteries à la cavité peut être prévenu via la conception de l'outil de raccordement et de la tpe (par exemple via).

Les défaillances des raccords, tuyauteries, outils peuvent être prévenues au travers de la maintenance périodique, les équipements étant remplacés autant que de besoin.

Les mouvements intempestifs du chariot seront prévenus par un système

Après retrait de la tpe (ou couvercle) puis de la couronne maintenant le bouchon, ce dernier est toujours posé lors du transfert de l'emballage (débridé) jusqu'à son accostage en cellule de déchargement. En cas de défaillance du chariot avant accostage, la cinétique de remontée en pression devrait être relativement lente. Pour autant, cette cinétique sera évaluée aux stades ultérieurs des études afin de vérifier qu'elle permette la réparation du chariot dans des délais compatibles avec le maintien d'une dépression suffisante.

Enfin, en cas de défaillance des dispositions de prévention, la présence du génie civil et d'une ventilation nucléaire (munie de filtres THE) au niveau des couloirs de transfert et des postes de préparation permettra, en assurant un confinement dynamique, de limiter les conséquences d'une dissémination de matières radioactives.

Cellule de déchargement


Dans la cellule de déchargement, les risques liés à la dégradation du confinement, pouvant entraîner une dissémination de matières radioactives, peuvent être induits par les événements suivants :

- mouvement intempestif du chariot entraînant un cisaillement d'un assemblage en cours de levage ;
- mauvaise étanchéité de l'accostage ;
- inétanchéité de la cellule « zone rouge » (cellule de déchargement) ;
- rupture de la gaine combustible suite à une chute de charge ;
- perte de la ventilation.

Les mouvements intempestifs du chariot seront prévenus par un système de

La mauvaise étanchéité de l'accostage pourra être prévenue par conception, par exemple via la mise en place . Une alarme visuelle et sonore, reportée en salle de conduite, pourra également être mise en place.

La ventilation de la cellule assurant un rôle majeur dans le confinement, elle sera conçue pour maintenir les fonctionnalités requises en fonction des divers aléas du domaine de dimensionnement. En particulier, la

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 92/137

ventilation sera opérante pour toute ruine d'assemblage relevant du domaine de dimensionnement (objet du présent sous-chapitre 6.2).

Bassin d'entreposage

Au niveau du bassin d'entreposage, les risques liés à la dégradation du confinement, pouvant entraîner une dissémination de matières radioactives, peuvent être induits par les événements suivants :

- une rupture de la gaine combustible suite à une chute de charge ;
- une petite fuite au niveau du liner de la piscine ;
- une fuite du circuit secondaire au niveau des échangeurs thermiques immergés, avec mise en contact du circuit secondaire avec l'eau contaminée de la piscine.

En cas de dégradation des gaines, des gaz et aérosols radioactifs seront relâchés. Le confinement sera alors assuré par l'eau du bassin, le GC du bassin et son liner et la ventilation, équipée de sa filtration (confinement dynamique). Les assemblages dont les gaines sont dégradées seront mis en bouteille (restauration du premier système de confinement).

Compte tenu des dispositions de conception (voir section 8.3.5) les petites fuites mentionnées dans cette section sont compensables par les moyens d'appoint normaux, la vidange des bassins étant éliminée en pratique (voir § 5.1.3.2).

La petite fuite au niveau du liner de la piscine est prévenue par des dispositions de conception : qualité du liner, maîtrise du nombre de soudures, respect de caractéristiques physico-chimiques de l'eau, formulation du béton. Le liner pourra, le cas échéant, être inspecté et réparé sous eau. En revanche, il ne pourra pas être remplacé et devra donc avoir une durée de vie au moins égale à celle de l'installation. Les soudures du liner devront être contrôlées à 100 % avant la mise en service de l'installation. Par ailleurs, le bassin et donc le liner, seront conçus de telle façon à n'avoir aucune traversée sous la surface de l'eau. Le poinçonnement induit par la chute d'un panier sur le liner sera pris en compte pour le dimensionnement de sa tenue mécanique.

La contamination de l'eau du circuit secondaire est prévenue par sa mise en surpression. Un système permettant de détecter et d'isoler la fuite devra être prévu à la conception.

Hall piscine

La perte de la ventilation peut être causée par une défaillance des équipements, ou une perte des alimentations électriques (traité au § 6.2.1.5).


Les équipements de ventilation et filtration de l'atmosphère du hall piscine seront conçus de façon à maintenir les fonctionnalités requises en fonction des divers aléas du domaine de dimensionnement.

Effluents et déchets radioactifs

Les risques de dissémination pour les effluents et les déchets peuvent survenir dans les situations suivantes :

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 93/137

- défaillance de bâches contenant des effluents liquides radioactifs ;
- défaillance de tuyauteries contenant des effluents liquides radioactifs ;
- perte du confinement de colis de déchets.

Les bâches d'effluents radioactifs seront mises sur rétentions, dimensionnées suivant une démonstration de sûreté et en cohérence avec la Décision Environnement. Les tuyauteries d'effluents radioactifs et leurs organes d'isolement seront conçus conformément à la réglementation qui leur sera applicable (Décision Environnement, réglementation ESPN, etc.).

Les entreposages de déchets feront l'objet d'une inspection périodique au titre des RGE.

6.2.1.4 Accidents de manutention – éléments combustibles (assemblages, emballages)

Ce paragraphe traite de la chute d'un élément contenant de la matière fissile (emballage de transport ou assemblage combustible) et de la collision entre éléments pouvant contenir de la matière fissile.

La charge lâchée peut être endommagée, induisant une dissémination de matière radioactive (charge « nucléaire »). Le risque lié aux collisions, pouvant endommager un élément contenant de la matière fissile, ou un équipement classé de sûreté, est traité au § 6.2.2.3.

De manière générale, les équipements de manutention devront être conçus avec le niveau de fiabilité adapté, dépendant du niveau de classement de sûreté. Le pont de la cellule de déchargement et le pont de manutention des paniers en bassin, seront des ponts « haute sécurité ». Les hauteurs des manutentions seront limitées et des cheminements préférentiels seront définis, notamment pour éviter le survol des assemblages et matériels sensibles (matériels sensibles aux effets envisagés et importants pour la démonstration de sûreté).

Arrivée des emballages dans l'installation, introduction dans le bâtiment d'accueil et retrait des capots

Les emballages de transport sont qualifiés à une chute sur dalle indéformable ainsi qu'à une chute de sur poinçon lorsqu'ils sont munis de leurs capots amortisseurs.


De la phase d'arrivée dans l'installation jusqu'au retrait des capots dans le bâtiment d'accueil, les emballages ne sont pas manutentionnés à grande hauteur. La chute de l'emballage ne présente donc aucune conséquence.

Les châssis support des emballages, le véhicule compact routier et les voies de circulation associées de même que le lorry motorisé du bâtiment d'accueil et les rails associés seront conçus de manière à minimiser les risques de basculement, collision ou chute des emballages.

Dépose sur chariot et transfert vers les postes de préparation

Lors de cette phase, la chute de charge peut être causée :

- par la défaillance du pont lors de la mise sur le chariot, ou lors du levage de l'emballage du chariot lors de l'évacuation ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 94/137

- par une défaillance du chariot entraînant la chute de l'emballage, pouvant également induire un ébranlement sur le GC (cf. § 6.2.2.3).

Les dispositions générales énoncées ci-dessus s'appliquent.

En cas de possible chute de l'emballage lors de son levage, des dispositifs amortisseurs seront prévus au point de chute.

Le chariot utilisé pour les transferts sera conçu de manière à ne pas se renverser, y compris en situation type séisme.

Postes de préparation

Comme indiqué précédemment, le basculement de l'emballage débridé est exclu par conception du chariot de transfert. Les collisions sont traitées au § 6.2.2.3.

Cellule de déchargement

Lors de cette phase, la chute de charge peut survenir :

- En cas de défaillance du pont de manutention de la cellule ;
- En cas de défaillance du dispositif de descente des paniers lors de leur transfert en piscine.

Les conséquences de la chute de charge liée à la défaillance du pont sont traitées aux § 6.2.1.1 et 6.2.1.3. Néanmoins, toutes les dispositions concernant la fiabilité du pont et de ses équipements devront être prises de manière à rendre ce risque résiduel. Cette exigence de fiabilité existe de manière identique pour le dispositif de descente des paniers, quelle que soit la nature du combustible. Le dispositif de descente des paniers sera conçu pour éliminer tout basculement latéral du panier. Des dispositions de conception seront étudiées pour freiner le panier en cas de défaillance du dispositif, afin de ne pas y induire de dommage. Un dispositif sera mis en place en fin de course afin de prévenir un choc violent du panier avec le fond du bassin.


Bassin d'entreposage et hall piscine

Lors de cette phase, la chute de charge peut survenir en cas de défaillance du pont manutentionnant les paniers.

Les dispositions générales énoncées au début du paragraphe s'appliquent.

Les paniers seront manutentionnés à proximité du fond de piscine, limitant les conséquences d'une éventuelle chute de charge. Le liner sera conçu pour prendre en compte la chute d'un panier.

Par ailleurs, la chute d'un panier peut engendrer des dégradations de gaines et éventuellement des rejets radioactifs. La ventilation du hall (notamment le nombre de filtres THE, l'architecture pour prendre en compte la défaillance unique, la maintenance) sera dimensionnée de manière à respecter les objectifs radiologiques de l'installation présentés à la section 4.2.3.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 95/137

6.2.1.5 Perte totale des alimentations électriques externes

Ce risque est traité spécifiquement compte tenu de l'importance que peuvent revêtir les systèmes actifs dans le maintien de la sûreté d'une installation nucléaire.

Le cas de référence pris en compte à la conception du domaine de dimensionnement est une perte du réseau électrique externe (poste 20 kV) . Les groupes électrogènes de secours et leur réserve en énergie primaire seront dimensionnés en considérant ce cas pour alimenter les systèmes et équipements suivants :

- certains équipements de manutention (ponts, chariots, descenseur) ;
- la ventilation de la cellule de déchargement (évacuation de la puissance et confinement) ;
- le nombre de modules du système de refroidissement nécessaire au respect du critère de température d'eau en conditions incidentelles-accidentelles ;
- la partie secourue de la ventilation du hall piscine ;
- les moyens de surveillance de la piscine (température, niveau d'eau, débit de dose, etc.) ;
- l'alimentation des systèmes de détection et d'extinction incendie.

6.2.2 Agressions internes

La présente section reprend les différentes agressions internes de l'arrêté INB et introduit les éléments de conception retenus pour l'installation.


6.2.2.1 Incendie interne

Les mesures prises contre l'incendie répondront aux objectifs suivants :

- garantir l'accomplissement des fonctions de sûreté nucléaire : un incendie ne devra pas rendre indisponible tous les systèmes assurant les fonctions de sûreté nécessaires à l'atteinte et au maintien à l'état sûr de l'installation, en particulier les Éléments Importants pour la Protection (EIP) des intérêts sont à protéger des effets de l'incendie ;
- minimiser les effets d'un incendie (rejets radioactifs et toxiques, rayonnement) qui seraient susceptibles de porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L593-1 du Code de l'environnement ;
- minimiser les rejets dans l'environnement par voie eau (rétention des eaux d'extinction d'incendie considérées comme dangereuses).

Les systèmes contribuant aux fonctions de détection et de lutte incendie sont décrits au § 3.5.3.6. Pour autant, ces systèmes sont aussi complétés par des dispositions prises en amont lors de la conception de l'installation et lors du choix des composants afin de :

- prévenir les départs de feu par des moyens passifs tels que la conception du génie civil, le choix des produits, des fluides et matériels utilisés ;
- confiner un incendie dans le volume où il s'est déclaré (sectorisation incendie) ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 96/137

- assurer le confinement des locaux contenant un inventaire significatif de substances radioactives ou dangereuses et présentant de fait un risque direct de dissémination (définition de secteurs de confinement au sens de la définition précisée dans la Décision Incendie).

Par ailleurs, hormis les aspects liés à la sûreté, les mesures prises contre l'incendie ont aussi pour objet la sécurité des intervenants et la limitation des détériorations des matériels pouvant entraîner des indisponibilités de longue durée.

6.2.2.2 Inondation interne

Ensemble de l'installation

Le risque d'inondation interne existe à partir du moment où sont présents des liquides (réseaux de distribution d'eau, bâches, etc.).

L'installation disposera de réseaux de collecte et de drainage afin de limiter les conséquences d'une inondation ou d'un déversement d'eau, qui dirigeront les liquides vers les points bas de l'installation. L'installation sera équipée de systèmes de détection, afin de pouvoir localiser et isoler la défaillance au plus vite. Par ailleurs, les équipements contenant des liquides (tuyauteries, vannes, réservoirs) feront l'objet d'une surveillance régulière.

Dans le cas où une quantité importante de liquides serait générée, des dispositifs de pompage permettront leur reprise.

Les équipements EIP nécessaires à la limitation des conséquences de cette agression et de ses éventuels cumuls seront protégés. La hauteur d'eau maximale pouvant être générée sera évaluée aux stades ultérieurs des études. Cette évaluation inclura la défaillance d'équipements non qualifiés à des agressions induisant des modes communs (ex. séisme).

Enfin, la hauteur du bassin permettra de se prémunir d'un éventuel débordement de l'eau des bassins consécutif à la dilatation thermique de l'eau, notamment en cas d'ébullition surfacique ou bien d'un effet de « vagues » en cas de mouvements des bassins.


Cellule de déchargement

Par conception, le risque d'inondation interne dans la cellule de déchargement à partir du dispositif de thermalisation (et de son réseau d'alimentation suivant la conception retenue) ou de la trémie d'accès au bassin devra être écarté.

Une marge suffisante sera prise entre le bas de la cellule et le niveau maximum du bassin, afin de prévenir tout risque d'une inondation interne généré par une dilatation de l'eau de la piscine suite à sa montée en température.

Bassin d'entreposage

Toutes les dispositions doivent être prises pour que la brèche piscine soit exclue par conception. Le niveau d'eau de la piscine fait l'objet d'une surveillance continue, avec report en salle de commande.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 97/137

Une fuite de la piscine sera détectée via le réseau de collecte et de drainage. La défaillance sera localisée et réparée . On notera que compte tenu de la conception de la structure piscine (béton et liner d'étanchéité, absence de traversée sous la surface de l'eau), les fuites non compensables par les moyens d'appoint normaux sont exclues.

Les dispositions de conception relatives au liner sont traitées à la section 8.3.5.

Système de refroidissement de la piscine

Une inondation interne peut être générée par une défaillance d'une tuyauterie du système de refroidissement secondaire.

Un système de détection de fuite devra être prévu à la conception, permettant de détecter puis d'isoler la fuite. Les EIP pouvant être impactés par une telle inondation seront protégés.

Effluents radioactifs ou dangereux (y compris résines ioniques) et déchets

Les canalisations susceptibles de véhiculer des effluents radioactifs ou dangereux sont, si nécessaire, munies d'une double enveloppe ou associées à une rétention étanche ou installées dans un caniveau étanche. Les seront placées sur rétention, de manière à prévenir toute dispersion en cas de défaillance.


6.2.2.3 Collisions et chute de charge (hors combustible)

De manière générale, en dehors des manutentions, les ponts seront placés en position de garage, définie de manière à ne pas aggraver d'EIP et permettant d'effectuer les opérations de maintenance ou de réparation nécessaires. Les équipements de manutention devront être conçus avec le niveau de fiabilité adapté, dépendant du niveau de classement de sûreté. Ils feront l'objet de contrôles et de maintenance périodique, afin de prévenir tout risque de chute d'un élément (ex. crochet). Les hauteurs des manutentions seront limitées autant que possible et des cheminements préférentiels seront définis, notamment pour éviter le survol de matériels sensibles. Des dispositions de conception seront par ailleurs prises sur le Génie Civil pour limiter les vibrations suites à une chute et pour préserver la tenue structurelle des ouvrages.

Les différents scénarios de collisions (panier contre panier ou autres) ainsi que les dispositions afférentes seront étudiés aux stades ultérieurs des études.

6.2.2.4 Explosion interne

Du fait de la présence de combustibles nucléaires radioactifs et d'eau, un phénomène de radiolyse se produit, générant du . Pour exclure tout risque d'explosion lié à une présence excessive de , l'installation sera conçue de manière à exclure tout risque de concentration atmosphérique supérieure à de . Une évaluation précise de la cinétique d'accumulation du dihydrogène, en cellule de déchargement et dans le

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 98/137

hall piscine, sera réalisée aux stades ultérieurs des études. En fonction des résultats, des ajustements sur la conception des systèmes de ventilation pourront être mis en œuvre (cf. § 6.2.1.5).

La ventilation des éventuels , dans lesquels du dihydrogène peut être dégagé, sera également dimensionnée en ce sens. S'ils sont situés , les portes de ces locaux pourront toutefois être ouvertes (si possible ; notamment pas de remise en cause de la sectorisation incendie) en cas de perte de la ventilation. Si d'autres gaz explosibles devaient être utilisés ou générés dans l'installation, l'analyse du risque explosion correspondante devra être réalisée et les dispositions appropriées mises en place. Les systèmes, structures et composants (en particulier EIP) qui pourraient être agressés par une explosion interne seront protégés vis-à-vis des effets de cette explosion.

6.2.2.5 Émissions de projectiles – missiles internes

Pour l'installation PEC, les sources de missiles potentiels sont les matériels tournants. L'installation ne comprendra pas de composants Haute Énergie (le cas des équipements sous pression est traité au § 6.2.2.6).

Les missiles peuvent être générés par la défaillance des composants rotatifs suivants :

- les pompes ;
- les ventilateurs ;
- les compresseurs ;
- les moteurs électriques ;

Les missiles potentiellement générés par des pompes ou des moteurs électriques ne posséderont pas une énergie suffisante pour venir compromettre le fonctionnement d'un équipement assurant une fonction de sûreté.

Les ventilateurs et les compresseurs seront conçus de manière à ne pas générer de projectile pouvant induire un risque sur l'installation (impact sur les EIP, les éventuelles canalisations de gaz, etc.). Si ce risque ne pouvait être écarté, des dispositions de protection physique ou de séparation géographique seront mises en place pour limiter les conséquences de cette agression.

6.2.2.6 Défaillance d'équipements sous pression

Le risque lié à la défaillance des équipements sous pression est maîtrisé principalement au travers d'exigences et dispositions de conception, ainsi qu'au travers de la surveillance en exploitation. La réglementation relative aux ESP et ESPN, ainsi que les Guides ASN s'y rapportant, seront appliqués.


Par ailleurs, le risque de Rupture de Tuyauteries Haute Energie n'est pas identifié à ce jour pour l'installation.

6.2.2.7 Émissions de substances dangereuses

La quantité de substances chimiques ou toxiques utilisée sur l'installation devra être suffisamment basse pour limiter les risques significatifs associés à leur usage.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 99/137

Il sera tenu compte, dans la démonstration de sûreté, des émissions de substances dangereuses associées aux scénarios postulés, afin de démontrer que les opérations attendues ne sont pas remises en cause du fait de leur émission. La salle de conduite pourra notamment être protégée, si nécessaire, de l'entrée de substances dangereuses.

6.2.2.8 Interférences électromagnétiques internes

Il y a un risque d'interférence électromagnétique (IEM) lorsqu'un équipement est soumis à des perturbations électromagnétiques pour lesquelles il n'est pas dimensionné.

Les IEM sont dites « internes » lorsque les perturbations électromagnétiques sont générées dans le périmètre de l'INB.

Les dispositions de protection s'appuient sur des exigences de conception (séparation physique et géographique des équipements), d'installation (séparation électrique des équipements, mode de cheminement des câbles, équipotentialité) et d'essais de compatibilité électromagnétique des matériels installés.

6.2.2.9 Cumuls

Les cumuls plausibles non couverts par les conditions de fonctionnement DBC/DEC feront l'objet d'études spécifiques en phase APS.

6.2.3 Agressions externes de référence


La présente section reprend les différentes agressions externes de l'arrêté INB et introduit les éléments de conception retenus pour l'installation.

L'installation est semi-enterrée. De manière générale, une conception d'installation semi-enterrée est favorable vis-à-vis des risques externes :

- elle offre une prise plus faible aux agressions externes provenant des airs qu'une installation complètement en surface ;
- Vis-à-vis du séisme ou de la chute d'aéronef, l'ébranlement est atténué (structure dans le sol, moins haute) et de ce fait, les mouvements des assemblages entreposés seront plus faibles.

6.2.3.1 Risques liés à l'environnement industriel et voies de communication (dont les explosions, les émissions de substances dangereuses)

L'installation devra être conçue en respectant la RFS I.1.b relative aux risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication. Tout évènement dont la probabilité d'occurrence est supérieure à 10^{-7} par an devra être étudié dans l'analyse de risque de l'installation.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 100/137

Ces risques ne devront pas induire de défaillance de cause commune, ce qui pourra nécessiter une séparation géographique suffisante de certains systèmes (notamment alimentations électriques, équipement du réseau incendie).

Vis-à-vis des émissions de substances dangereuses, si des actions opérateurs sont nécessaires pour amener l'installation en état sûr, la ventilation devra être dimensionnée et exploitée en prenant en compte ces émissions (pour garantir l'absence d'impact aux opérateurs).

6.2.3.2 Chute d'aéronef

L'approche visée est conforme aux termes de la RFS I.1.a, qui impose de considérer les risques induits par le trafic aérien en s'appuyant sur sa répartition en trois familles d'avions qui sont l'aviation générale (avions de masse inférieure à tonnes), l'aviation militaire et l'aviation commerciale.

En ce qui concerne l'installation, le bâtiment d'accueil, faisant office d'entreposage tampon, sera dimensionné pour résister à une chute d'aéronef.


Les zones de préparation, de déchargement et d'entreposage seront quant à elles protégées par une structure unique, dimensionnée à la chute d'aéronefs. Les structures et les matériels qui y sont ancrés, seront conçus pour ne pas générer de projectile pouvant venir impacter les assemblages (en piscine ou en cellule de déchargement) suite à un impact avion.

De manière générale, aucun matériel requis au titre de la sûreté et devant rester fonctionnel après une chute d'aéronef, ne sera ancré dans la coque avion au-dessus du niveau . Le système de surveillance du niveau d'eau et de la température de l'eau de la piscine, devront être disponibles après une chute d'aéronef. Les assemblages entreposés en piscine ne devront pas être dégradés en cas de chute d'un équipement ancré au-dessus du niveau .

Les éléments suivants devront résister à l'ébranlement induit consécutif à une chute d'avion :

La non agression de la zone de préparation des assemblages par la chute d'aéronef (ou ses conséquences) sera étudiée aux stades ultérieurs des études.

Les trains d'échangeurs du système de refroidissement des bassins avec la source froide ne seront pas protégés par cette structure. Ils seront cependant séparés d'une distance . Ainsi, la température en piscine n'excédera jamais , y compris si un module du train disponible est en maintenance (cf. § 6.2.1.2).

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 101/137

Par ailleurs, ce risque ne devra pas induire de défaillance de cause commune, ce qui pourra nécessiter (à définir aux stades ultérieurs de conception) une séparation géographique suffisante de certains systèmes (notamment distributions électriques ou équipement du réseau incendie).

Une étude probabiliste de chute d'aéronefs sera éventuellement menée dans les phases ultérieures du projet. Néanmoins, toutes les parties sensibles de l'installation sont d'ores et déjà protégées par une coque avion.

6.2.3.3 Missile externe

Le risque lié à un missile externe pourrait être principalement lié à la présence d'une turbine de turboalternateur sur le site adossé à l'installation d'entreposage. Dans la mesure du possible, ce risque sera exclu via l'implantation :

- de la zone d'entreposage tampon des emballages arrivant sur le site ;
- des bâtiments de l'installation (implantation à distance de la trajectoire d'un « missile turbine » éventuel) ;
- des entreposages de déchets situés à l'extérieur.

Si le risque ne peut être exclu, le cas de charge induit par le missile externe sera également pris en compte dans la conception de l'installation.

Par ailleurs, ce risque ne doit pas non plus induire de défaillance de cause commune sur les systèmes supports participant à l'accomplissement d'une fonction de sûreté. Des dispositions constructives et d'implantation seront prises en ce sens.


6.2.3.4 Séisme

Le risque lié au séisme est le dommage direct ou indirect à des équipements permettant d'assurer l'accomplissement des fonctions de sûreté. Le niveau de séisme considéré pour la conception est le séisme de niveau DBH.

Les dommages directs sont prévenus par un dimensionnement de type « cas de charge ». Les dommages indirects sont associés à la défaillance d'un équipement voisin, d'une défaillance multiple de SSC (lorsque les conséquences induites sont cumulables) ou d'une agression interne consécutive à un séisme (démarche « séisme événement »).

Un requis sismique est exigé pour les SSC nécessaires à l'atteinte des objectifs de sûreté et pour ceux dont la défaillance a des conséquences inadmissibles sur les premiers. Les exigences fonctionnelles sismiques concernent :

- Les matériels mécaniques, systèmes électriques, structures et ouvrages de génie civil nécessaires à l'atteinte des objectifs de sûreté (définis aux sections 4.2.3 et 5.2.2), qui satisfont alors à des exigences fonctionnelles, qui peuvent être (liste non exhaustive) :
 - pour le génie civil : la stabilité, le supportage d'équipement, ou le confinement ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 102/137

- pour les systèmes et composants mécaniques, les systèmes électriques : l'intégrité, la capacité fonctionnelle, ou l'opérabilité ;
- les équipements de manutention (ponts, dispositif de descente des paniers de la cellule de déchargement), qui doivent pouvoir être réparés si nécessaire après séisme dans un délai raisonnable. Ceci implique que ces équipements restent intègres en cas de séisme.
- la charge des équipements de manutention (ponts, dispositif de descente des paniers de la cellule de déchargement), qui est maintenue sur sollicitation sismique dès lors qu'un risque sûreté existe (charge manutentionnée contenant des radionucléides ou pouvant agresser un équipement EIP) ;

Au titre de la démarche « séisme événement », tous les équipements valorisés au titre du séisme, ainsi que les assemblages combustibles, ne doivent pas faire l'objet de dommages indirects consécutifs à un séisme (dégradation par projectile, effondrement du GC, etc.).

Par ailleurs, le séisme pourrait conduire à un débordement (génération d'une vague), en cellule de déchargement ou aux abords de la piscine. A cet égard, les dispositions adéquates seront mises en œuvre à la conception de l'installation pour prévenir la perte d'inventaire en eau et la présence d'eau dans la cellule (notamment marge entre la surface de l'eau et les bords de la piscine).

6.2.3.5 Foudre et interférences électromagnétiques externes

La foudre est une agression externe climatique. Elle correspond à un phénomène de décharge électrique de forte intensité.

La foudre peut engendrer trois types essentiels de dommages :

- blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas ;
- dommages physiques (incendie, explosion, destruction mécanique) dus au courant de foudre, y compris les étincelles dangereuses ;
- défaillances des réseaux internes dues à l'IEMF (impulsion électromagnétique de la foudre), à l'élévation du potentiel ou aux surtensions transmises sur les services.


Cette agression sera prise en compte à la conception de l'installation.

6.2.3.6 Conditions climatiques

6.2.3.6.1 Neige et vent

Les structures GC, les équipements du système de refroidissement et la ventilation (notamment soufflages, extractions, cheminée) devront être conçus conformément aux standards vis-à-vis de ce risque. Les normes associées seront prises en compte.

Une alerte de tels risques météorologiques pourra être mise en place, de manière à pouvoir mettre en sécurité l'installation (arrêt de certaines opérations par exemple).

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 103/137

6.2.3.6.2 *Grand vent, projectile généré par le vent extrême, tornade*

Grand vent, PGVE

Les risques liés au grand vent sont principalement :

- une surcharge mécanique induite par le vent susceptible d'entraîner la dégradation d'équipements ou d'infrastructures (structures GC, aérothermes, cheminée...);
- des fortes variations de pression susceptibles d'entraîner un dysfonctionnement de la ventilation (perturbations aérauliques voire destruction d'équipements);
- la mise en mouvement d'objets (PGVE) susceptible d'entraîner la dégradation d'équipements ou d'infrastructures.

Vis-à-vis de ces risques, les dispositions suivantes peuvent être proposées :

- le dimensionnement des structures GC de l'installation ; en particulier, les structures des échangeurs eau-air du système de refroidissement sont, avec la cheminée et les diesels, des équipements directement en extérieur qui doivent être protégés vis-à-vis de ce risque ;
- la séparation géographique de ventilateurs des différents systèmes de ventilation pour lesquels la redondance est créditée ;
- le dimensionnement des différents systèmes de ventilation en tenant compte des pertes de charges dues à un grand vent ;
- l'orientation des prises d'air et des émissaires de rejet en fonction du sens des vents dominants sur le site.

Par ailleurs, ce risque ne devra pas induire de défaillance de cause commune, ce qui pourrait nécessiter (à définir aux stades ultérieurs de conception) une séparation géographique suffisante de certains systèmes (notamment alimentations électriques, équipement du réseau incendie, eau glacée...) lorsque cela est possible. Sinon, des protections adéquates (à définir aux stades ultérieurs de conception) seront mises en place.

Une alerte de tels risques météorologiques pourra être mise en place, de manière à pouvoir mettre en sécurité l'installation (arrêt de certaines opérations par exemple).

Tornade

Les différents effets de la tornade sont :


- la pression dynamique du vent ;
- les projectiles éventuellement mis en suspension et accélérés ;
- la chute brutale de pression au centre du vortex.

Pour la tornade de référence, il faudra prendre en compte, à la conception, les éléments suivants :

- la pression dynamique exercée par le vent ;

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 104/137

- les hypothétiques projectiles qu'elle génère ;
- la dépression au centre du vortex.

Des dispositions analogues au traitement du risque de grand vent seront mises en œuvre.

6.2.3.6.3 *Grand Froid, Grand Chaud*

Pour la conception, il faut considérer les changements climatiques et à cet égard l'évolution des températures extrêmes. Les températures considérées pour la conception devront prendre en compte la durée de vie d'au moins une centaine d'année pour cette l'installation. Cela vaut notamment pour le dimensionnement des systèmes de refroidissement (hall de réception, couloirs de transfert, cellule de déchargement, refroidissement du bassin) et des équipements qui seront soumis à ces températures (par exemple les équipements situés en extérieur, les tuyauteries véhiculant des fluides, etc.).

Les équipements de ces systèmes doivent également rester disponibles lors des épisodes de températures extrêmes.

Les tuyauteries du système de refroidissement transitant en extérieur peuvent :

- être tracées électriquement et calorifugées ;
- comporter un mélange eau/glycol.

La seconde option est préférable d'un point de vue sûreté car passive.

Les équipements permettant la détection et la gestion d'un incendie doivent également rester disponibles dans ces conditions de fonctionnement (notamment en grand froid).

L'occurrence d'une perte totale des alimentations électriques externes (PTAEE) de 24 h cumulé aux températures extrêmes est également à prendre en compte. Le risque PTAEE seul est étudié au § 6.2.1.5. Il conviendra de s'assurer que la sûreté de l'installation reste assurée en cas de perte des sources électriques externes ; par conséquent tous les matériels nécessaires à la gestion des températures extrêmes en situation de PTAEE doivent être secourus électriquement.


Les autres matériels nécessaires en période de Grand Froid dans des conditions de fonctionnement autres que le PTAEE, doivent être disponibles après le PTAEE (non détérioration).

Une alerte météorologique pourra être mise en place, de manière à pouvoir mettre en sécurité l'installation (vidange de certains circuits ou arrêt de certaines opérations par exemple).

Un volume de réserve sera conservé dans les bâches contenant des effluents liquides (notamment radioactifs), afin de ne pas avoir d'impact lié à la dilatation du liquide en cas de gel.

6.2.3.6.4 *Glace*

Les structures GC, les équipements du système de refroidissement et la ventilation (notamment soufflages, extractions, cheminée) devront être conçus conformément aux standards vis-à-vis de ce risque.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 105/137

6.2.3.6.5 Sécheresse

Non applicable car la source froide est atmosphérique.

6.2.3.6.6 Pluie verglaçante

En cas de pluie verglaçante, les lignes électriques pourraient être endommagées par la charge induite par le verglas. Ce risque est couvert par le risque de perte des alimentations électriques (cf. § 6.2.1.5).

Les structures GC, les équipements du système de refroidissement et la ventilation (notamment soufflages, extractions, cheminée) devront être conçus conformément aux standards vis-à-vis de ce risque.

6.2.3.7 Incendie externe

Un incendie externe peut avoir comme origine un accident industriel ou de transport, un feu de forêt, la foudre...

Le risque d'incendie externe et les dispositions à prendre pour en limiter les conséquences sont à prendre en compte en complément du risque d'incendie interne, présenté au § 6.2.2.1.

Concernant les accidents industriels, de transport et les feux de forêt, le site d'implantation de l'INB sera choisi de manière à ce que leur impact sur l'installation soit aussi réduit que possible. Les effets thermiques susceptibles d'être reçus par les bâtiments en cas d'incendie externe ne devront pas dépasser le seuil de afin d'éviter d'éventuels effets dominos.

Ces risques ne devront pas induire de défaillance de cause commune, ce qui pourra nécessiter une séparation géographique suffisante de certains systèmes (notamment alimentations électriques, équipement du réseau incendie).

6.2.3.8 Inondation externe


Le risque d'inondation externe devra être traité conformément au Guide n°13 de l'ASN, qui décrit les événements à considérer dans l'étude de ce risque. Les inondations peuvent être causées, soit par un événement unique d'intensité importante, soit par une conjonction d'événements qui peut être de tout ordre (concomitance ou succession d'événements naturels, défaillance d'un ouvrage ou équipement de protection, etc.). Une Situation de Référence pour le risque d'Inondation (SRI) est définie à partir d'un événement ou d'une conjonction d'événements dont les caractéristiques sont éventuellement majorées (conjonction pénalisante ou majoration permettant de compenser les limites des connaissances actuelles). En fonction des caractéristiques du site de l'installation, la liste des SRI est établie.

Au minimum, cinq SRI sont à prendre en compte :

- les pluies locales ;
- la crue sur un petit bassin versant ;

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 106/137

- la dégradation ou la rupture d'ouvrages ou d'équipements ;
- l'intumescence ;
- la remontée de la nappe phréatique.

Des SRI complémentaires pour les sites fluviaux ou en bord de mer sont également à prendre en compte et sont définies dans le Guide n°13.

Dans la mesure du possible, les SRI devront être évaluées en prenant en compte l'évolution des niveaux d'eau sur toute la durée de vie de l'installation. A défaut, une marge devra être prise sur les valeurs des SRI pour garantir la sûreté de l'installation vis-à-vis de l'inondation externe, pour toute sa durée de vie.

L'installation est préférentiellement conçue et exploitée de telle sorte que les SRI retenues n'entraînent pas d'entrée d'eau dans les locaux contenant des EIP liés à la sûreté nucléaire. Les réseaux d'évacuation des eaux pluviales seront dimensionnés afin d'éviter une saturation des réseaux qui pourraient conduire à une entrée d'eau dans les bâtiments contenant des équipements importants pour la protection. En outre, une dégradation éventuelle, du fait des SRI, de la qualité de l'eau utilisée par l'installation ne doit pas mettre en cause le maintien des fonctions de sûreté de l'installation.

La plate-forme de l'installation est calée au-dessus de la cote maximale pouvant être atteinte lors des différentes SRI liées à l'inondation externe. Les emballages de transport sont qualifiés à l'immersion ; toutefois, il pourrait être pertinent de les protéger des déversements directs sur la plate-forme (par exemple en cas de pluies de forte intensité, ou de rupture d'ouvrages ou d'équipements). Toutes les dispositions devront être prises de manière à éliminer toute entrée d'eau dans l'installation en cas de déversement direct.


Si toutefois cela ne pouvait être possible, la lame d'eau induite dans l'installation sera évaluée et des dispositions seront prises afin de protéger les EIP des effets de l'inondation externe. Le bassin sera ceint d'une paroi suffisamment haute pour y rendre impossible toute entrée d'eau extérieure. Toute entrée d'eau dans les rétentions devra également être exclue. L'eau serait récupérée en point bas par un réseau de collecte et de drainage.

Une évaluation similaire devra être faite dans les locaux annexes contenant des EIP (notamment locaux des alimentations électriques externes). Les équipements du système de refroidissement situés en extérieurs devront être installés (surélévation...) de manière à ne pas être agressés par l'inondation (en particulier les pluies).

L'installation étant semi-enterrée, la présence d'une nappe phréatique et ses niveaux bas et hauts devront être pris en compte dans la conception du génie civil de l'installation (étanchéité, pression, risque de flottaison).

6.2.3.9 Cumuls d'agressions

A ce stade des études, les cumuls sont considérés comme enveloppés par les analyses menées pour les domaines DBC et DEC.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 107/137

6.2.4 Analyse des conditions du domaine d'extension du dimensionnement (DEC)

Les conditions de fonctionnement du domaine d'extension du dimensionnement identifiées à ce stade des études sont les suivantes :

- Perte totale du système de refroidissement des bassins (indépendamment du niveau de passivité de l'installation et de la résistance du système de refroidissement à des conditions extrêmes) ;
- Perte de la ventilation normale/secourue de la cellule cumulée à un blocage des engins de manutention du combustible ;
- Manque de tension généralisé (MDTG).

6.2.4.1 Perte totale du système de refroidissement du bassin

Phénomènes résultants de cette situation

L'eau de la piscine va s'échauffer jusqu'à ébullition entraînant une baisse progressive du niveau d'eau du bassin. L'évacuation de puissance se fera par vaporisation de l'eau.

Dispositions de maîtrise des risques

Au titre de l'élimination pratique du risque de découverture des combustibles consécutif à la ruine des bassins (vidange des bassins), les structures de GC et le liner du bassin sont dimensionnés pour garantir l'étanchéité à tous les initiateurs potentiels des DEC (y compris agressions extrêmes et ébullition en piscine).

En conséquence, le choix de conception de l'installation est de disposer des réserves d'eau nécessaires à la gestion des DEC directement en bassin. La hauteur d'eau du bassin est prise , soit deux hauteurs d'eau avec marge (une hauteur d'eau étant la hauteur des assemblages). Cette quantité d'eau permet de satisfaire une exigence d'autonomie de l'installation en l'absence de toute intervention extérieure à l'installation de 72 h.

Il sera également nécessaire de terminer les manutentions liées au panier sous eau et descendre le panier en fond de piscine dans les premiers instants de ces séquences.

Le bassin et l'ensemble des SSC valorisés en DEC seront conçus et qualifiés de façon à préserver leur fonctionnement dans ces séquences et en vue de leur opérabilité après rétablissement de la situation.

6.2.4.2 Perte de la ventilation normale/secourue de la cellule cumulée à un blocage des engins de manutention du combustible


Phénomènes résultants de cette situation

En cas de perte de ventilation dans la cellule, la chaleur produite par les assemblages contenus dans l'emballage accosté ne sera plus évacuée. La température dans la cellule va augmenter induisant un échauffement des gaines et des SSC environnants.

Les principaux risques dus à l'échauffement du combustible et donc à écarter par conception seraient :

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 108/137

- La fusion du combustible, bien que les faibles puissances résiduelles maximales des AC ne soient pas de nature à engendrer un tel risque ;
- l'oxydation rapide et/ou dégradation significative par échauffement des gaines des assemblages combustibles.

Dispositions de maîtrise des risques

En l'état actuel de la conception, il est privilégié la valorisation d'un volume libre en cellule permettant de ne pas observer les phénomènes précités.

En fonction des résultats de l'étude de la cinétique de montée en température des assemblages, il pourrait être envisagé de concevoir un dispositif de repositionnement des assemblages soit dans le panier sous eau soit dans leur emballage ou, le cas échéant, un système ultime de refroidissement de la cellule.

6.2.4.3 Manque de tension généralisé (MDTG)

Cet évènement consiste en la perte des alimentations électriques externes cumulée à la perte des deux groupes électrogènes de secours.

En l'état de la conception, les conséquences d'un tel scénario sont à l'étude avec la perspective de rendre les dispositions ultimes (refroidissement de l'eau des bassins, maintien de conditions acceptables en cellule) aussi passives que possible.


6.2.4.4 Identification des EIP du domaine d'extension du dimensionnement

Au stade actuel des études, la maîtrise des conditions de fonctionnement DEC nécessitera les matériels suivants:

- Une source électrique permettant les opérations nécessaires pendant la période d'autonomie de 72 h ;
- Un système de mesure de niveau d'eau des bassins sur toute la hauteur et de la température d'eau ;
- Un système de mesure de la température de la cellule ;
- Une mesure d'activité dans la cellule et dans le hall piscine ;
- Les SSC permettant la mise en position sûre d'un assemblage ou panier en cours de manutention (ponts, chariot de transfert, dispositif de descente des paniers) ;

Au stade actuel des études, la garantie de sortie des conditions de fonctionnement DEC, quelle que soit la situation, nécessitera les matériels suivants :

- Un système de connexion (type « raccord pompier ») pour un appoint ultime externe à l'installation, sur lequel il sera possible de connecter une capacité mobile (ex. citerne) ;
- Une source électrique ultime potentiellement mobile ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 109/137

- Les systèmes de connexion, collecteurs et équipements du système de refroidissement en piscine (permettant la connexion d'un système diversifié permettant l'évacuation de la puissance).

S'ajoutent à ces matériels ceux valorisés dans le cadre des conditions éliminées en pratique:

- les paniers d'entreposage (maintien de la sous-criticité) ;
- la structure GC de la piscine, liner compris (non dénoyage).

Ces matériels seront classés « EIP » et devront être qualifiés aux initiateurs des conditions de fonctionnement DEC et protégés vis-à-vis de la chute d'aéronefs. Ils devront être qualifiés aux conditions d'ambiance auxquels ils seront soumis (hygrométrie, température, pression, irradiation, etc.).

Les mesures de température d'eau de la piscine et du niveau d'eau sur toute la hauteur devant rester disponibles, les systèmes permettant de récupérer ces paramètres devront être qualifiés aux ambiances pouvant survenir dans ces situations (forte humidité, chaleur, voire ébullition de la piscine). En particulier, l'instrumentation du hall piscine devra être qualifiée vis-à-vis de l'ébullition de la piscine. Ces mesures seront reportées en salle de commande.

6.2.5 Agressions externes extrêmes naturelles (DEH)

Les principes de prise en compte des DEH à la conception et du dimensionnement des SSC valorisés dans ces conditions, sont présentés à la section 5.2.3. Pour rappel, les agressions externes extrêmes naturelles postulées sont les suivantes : le séisme, l'inondation, les températures extrêmes, la neige, la tornade et la foudre.

Pour l'inondation, une marge de conception pourra être prise au niveau de la Cote Majorée de Sécurité afin de garantir la sûreté nucléaire de l'installation. Des protections volumétriques seront conçues en cohérence.

Pour les agressions à caractère prédictible, comme les températures, des aménagements à la conduite de l'installation pourront être valorisés (température d'exploitation des bassins réhaussée). Pour la foudre, les installations seront dimensionnées pour résister à ce phénomène.


Pour le séisme extrême, la conception de l'installation prendra en compte ce spectre à la conception des SSC nécessaire à la robustesse de l'installation, notamment le bassin et les SSC pouvant agresser cette structure ou son contenu dans de telles conditions.

Les situations engendrées par les agressions extrêmes seront conduites à partir d'un local résistant à ce type d'agression. Selon la conception retenue il peut s'agir de la salle de commande ou d'un panneau de repli.

Les scénarios résultant de ces agressions restent à développer en APS en fonction des choix de conception.

7 DEMONSTRATION DE SURETE

L'objectif de ce chapitre est d'introduire les éléments de la démonstration de sûreté qui seront déclinés dans le Rapport Préliminaire de Sûreté.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 110/137

7.1 DÉMARCHE GÉNÉRALE DE DÉMONSTRATION DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

La démonstration de sûreté nucléaire vise à démontrer le respect des objectifs de sûreté déterministes et probabilistes présentés ci-après, pour les différents initiateurs considérés.

Elle comporte donc, entre autres, une évaluation des conséquences potentielles, radiologiques ou non, des incidents, accidents et agressions envisagés.

7.1.1 Démarche déterministe de sûreté nucléaire

Concernant les risques radiologiques, la démonstration de sûreté nucléaire est réalisée selon une démarche déterministe prudente, complétée par une vérification probabiliste (cf. section suivante).

La démarche déterministe s'articule autour de deux domaines distincts :

- le domaine de dimensionnement : domaine de conception de référence pour le dimensionnement des SSC de prévention et de mitigation des conditions de fonctionnement de référence (cf. section 5.1.1) ;
- le domaine d'extension du dimensionnement : domaine de conception étendu des SSC de mitigation des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples (cf. section 5.1.2).


Le dimensionnement des SSC dans ces deux domaines est complété par la prise en compte, à la conception, des agressions internes et externes et des cumuls plausibles d'événements (cf. sous-chapitre 5.2), ce qui peut conduire à :

- dimensionner des SSC additionnels nécessaires à la prévention ou à la mitigation de ces agressions ;
- définir des exigences supplémentaires applicables pour la conception des SSC.

Enfin, en complément, des dispositions de conception sont prises afin d' « éliminer en pratique » (voir définition en section 5.1.3) certaines conditions de fonctionnement susceptibles de conduire à des rejets importants ou précoces.

7.1.2 Démarche probabiliste

La vérification probabiliste, complémentaire à l'approche déterministe dans la démonstration de sûreté nucléaire, s'appuie sur des Études Probabilistes de Sûreté (EPS) développées par étapes successives en même temps que se précise la conception. Les EPS fournissent une vue globale et quantifiée du niveau de sûreté, intégrant aussi bien le comportement des SSC que celui des opérateurs.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 111/137

Des analyses fiabilistes ou probabilistes préliminaires sont utilisées au plus tôt dans la conception de l'installation pour :

- appuyer la conception des systèmes (incluant les systèmes support), en termes de redondance et de diversification, ainsi que d'indépendance suffisante entre niveaux de défense en profondeur;
- apprécier, lorsque cela est pertinent, la bonne protection de l'installation vis-à-vis des agressions;
- aider à la catégorisation des conditions de fonctionnement de référence et à la définition des conditions de fonctionnement avec défaillances multiples ;
- contribuer à la démonstration que certaines conditions de fonctionnement menant à des rejets radiologiques importants ou précoces sont « éliminées en pratique ».

Afin de vérifier l'atteinte des objectifs de sûreté (cf. section 4.2.3), ces analyses sont complétées par des EPS à la conception qui couvrent les évaluations de la fréquence de rejets radiologiques anormaux⁶ dans l'environnement, dont les rejets radiologiques importants ou précoces.

Les événements étudiés incluent des événements initiateurs d'origine interne à l'installation (défaillances d'origine matérielle ou humaine) et des agressions d'origine interne ou d'origine externe.

Ces évaluations probabilistes intègrent les incertitudes paramétriques (initiateurs, matériels, facteur humain). Elles sont complétées autant que de besoin par des analyses de sensibilité afin de traiter les incertitudes de modèle et d'identifier d'éventuels effets faibles associés aux principales hypothèses de l'EPS.

7.2 RÈGLES D'ÉTUDE

Ce sous-chapitre vise à présenter les règles d'études des scénarios DBC et DEC qui seront présentés dans le Rapport Préliminaire de Sûreté.


7.2.1 Systèmes valorisés dans l'analyse

Événements DBC

Seuls les SSC classés en conformité avec les principes de classement de sûreté de l'installation et qualifiés aux conditions pour lesquelles ils sont valorisés peuvent être crédités dans les études de sûreté DBC.

De façon découplée, les performances des systèmes considérés dans les études de sûreté sont choisies de manière à pénaliser l'événement analysé vis-à-vis des fonctions de sûreté. Ainsi, par exemple, les incertitudes sur les caractéristiques des équipements ou les incertitudes sur les capteurs vis-à-vis des points de consigne, des temps de réponse seront pris en compte de manière conservative.

⁶ Rejets de substances radioactives correspondant à des doses supérieures aux valeurs vérifiées dans les études de conséquences radiologiques, correspondant à l'absence de mise en œuvre de contre-mesures sanitaires ou de confinement du public aux alentours du site.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 112/137

Conditions de fonctionnement DEC

Seuls les SSC classés en conformité avec les principes de classement de sûreté de l'installation et qualifiés aux conditions pour lesquelles ils sont valorisés peuvent être crédités dans les études de sûreté DEC.

De plus, un système opérationnel (éventuellement non-classé) en fonctionnement à l'instant initial de l'accident peut également être valorisé dans une étude DEC s'il peut être justifié que ce système ne subit pas de discontinuité dans ses conditions de service, qu'il est apte à remplir sa fonction pour les conditions de fonctionnement attendues et qu'il existe une confiance satisfaisante dans sa disponibilité.

Aucun moyen extérieur au site ne peut être crédité dans une étude DEC avant un délai de 72 heures, en cohérence avec les objectifs d'autonomie définis à la section 5.1.2.

Agressions internes et externes de référence

Lors des études impliquant les agressions (liées ou non à des conditions DBC ou DEC), les systèmes pouvant être crédités dans l'analyse sont ceux qui restent disponibles dans cette situation d'agression, c'est-à-dire ceux qui présente une qualification (y compris ambiance) et un classement adéquats au regard des principes applicables à l'installation (voir sous-chapitre 5.4).

Il en va de même pour les agressions externes induisant un événement interne de type DBC. Pour ces agressions, un système opérationnel (éventuellement non-classé) en fonctionnement à l'instant initial de l'accident peut également être crédité dans une étude d'agression s'il peut être justifié que ce système ne subit pas de discontinuité dans ses conditions de service et qu'il est apte à remplir sa fonction pour les conditions de fonctionnement attendues.

Agressions externes extrêmes


Les systèmes crédités dans l'analyse (y compris leurs systèmes support) doivent être conçus pour être opérationnels en cas d'agression externe extrême naturelle. Leur conception (ou la vérification de celle-ci) s'appuie sur des hypothèses, données et critères réalistes.

7.2.2 Défaillance unique

Evénements DBC

Les études DBC prennent en compte l'application d'une défaillance unique la plus pénalisante sur un système actif favorable à la mitigation de l'événement étudié, considérée à l'instant où le système est sollicité, à court ou à long terme.

Il n'est pas considéré de défaillance sur les systèmes passifs classés de sûreté compte tenu de leur niveau de surveillance, de leur qualité de fabrication, de leur éventuel fonctionnement en continu et des conditions de température et pression de l'installation.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 113/137

Conditions de fonctionnement DEC/Agressions externes extrêmes

L'étude d'une condition de fonctionnement DEC ne prend pas en compte de défaillance unique supplémentaire. L'étude des agressions externes extrêmes naturelles ne prend pas en compte le critère de défaillance unique.

Agressions internes

Les études d'agressions internes prennent en compte la défaillance unique, sauf quand l'agression résulte d'une condition de fonctionnement DEC.

Plusieurs cas sont à distinguer :

- si l'agression induit un événement de type DBC, l'étude doit considérer une défaillance unique active ;
- si l'agression n'induit pas d'événement de type DBC, il convient de vérifier si cette hypothèse est toujours vérifiée avec une défaillance unique :
 - si aucun événement n'est induit, il n'y a pas d'impact sur la sûreté de l'installation,
 - si un événement de type DBC est induit, alors l'étude associée est menée sans application de défaillance unique supplémentaire et les règles du présent paragraphe s'appliquent.

La défaillance unique s'applique également dans le cas où l'agression interne est engendrée par une condition de fonctionnement de référence.

Les cas suivants constituent des exceptions à l'application de la défaillance unique sur une disposition requise pour limiter les conséquences de l'agression interne :


- les systèmes ou composants passifs ;
- les équipements déjà en service avant l'occurrence de l'agression et dont les conditions de service restent inchangées par l'agression et ses conséquences.

Agressions externes de référence

La considération de la défaillance unique dans les études d'agressions externes de référence n'est pas structurante compte-tenu de l'approche cas de charge et de la valorisation de dispositions essentiellement passives. La défaillance de dispositions actives éventuelles intervenant dans la démonstration de sûreté nucléaire sera analysée au cas par cas.

7.2.3 Maintenance préventive

De manière générale, pour toutes les analyses, lorsqu'un système est à l'arrêt pour maintenance, il est considéré comme indisponible, sauf si la nature de la maintenance préventive est telle que le système peut être rendu opérationnel à court terme (de sorte que la fonction de sûreté nécessaire peut être assurée en cas de demande) ou que sa durée de maintenance est courte. Il faut pouvoir démontrer que le temps nécessaire au repli du

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 114/137

chantier de maintenance cumulé au temps de requalification de la fonction (avec marges) est effectivement inférieur au délai de grâce possible dans le cadre du scénario étudié.

Pour l'étude des événements DBC, l'indisponibilité pour maintenance préventive devra être cumulée à celle issue du critère de défaillance unique.

Dans les études d'agressions internes et externes de référence, la maintenance préventive rendant indisponible un équipement est également considérée, sauf quand une agression interne résulte d'une condition de fonctionnement avec défaillances multiples (dans ce cas là, la maintenance préventive n'est pas considérée).

L'étude d'une condition de fonctionnement afférente au domaine DEC ou aux agressions externes extrêmes naturelles ne prend pas en compte l'indisponibilité d'un système pour cause de maintenance préventive.

7.2.4 Prise en compte du manque de tension externe (MDTE)

Le MDTE correspond à la perte de l'alimentation externe de l'installation.

Pour l'étude des événements DBC, le MDTE est postulé dès lors qu'il aggrave la situation, sauf à démontrer le caractère fortement improbable du cumul d'un MDTE avec le DBC concerné.

L'étude d'une séquence DEC ne prend pas en compte de cumul MDTE.

Les études d'agressions internes et en particulier les études de conditions de fonctionnement induites par une agression interne, ne prennent pas en compte de cumul MDTE (sauf dans le cas où le MDTE est induit par l'agression interne – ex. séisme), ni de cumul de séisme.

Les études d'agressions externes de référence prennent en compte le cumul avec le MDTE lorsque cette hypothèse est pénalisante et s'il existe un lien de causalité avéré entre l'agression et le MDTE.

L'étude des agressions externes extrêmes naturelles prend en compte le MDTE initié par l'agression au début du transitoire.

7.2.5 Prise en compte des actions opérateurs

De manière générale, les actions opérateurs seront créditées dans la démonstration de sûreté compte tenu de l'inertie de l'installation et en accord avec les critères d'acceptation techniques. Des études de facteur humain pourront étayer la robustesse des actions réalisées dans les temps indiqués par la démonstration de sûreté.


7.3 ETUDE DES EVENEMENTS DU DOMAINE DE DIMENSIONNEMENT (DBC)

7.3.1 Événements DBC

L'analyse de conditions de fonctionnement de référence DBC2 à DBC4 dans la démonstration de sûreté nucléaire permet de concevoir et de dimensionner les dispositions visant à limiter le relâchement de substances radioactives à l'intérieur ou à l'extérieur de l'installation en cas d'événements initiateurs uniques de fréquence supérieure à 10^{-6} par an (pour l'installation considérée).

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 115/137

Une condition de fonctionnement de référence est déterminée par regroupement d'événements initiateurs uniques, dont les conséquences affectent au moins une fonction de sûreté radiologique. Une telle condition de fonctionnement peut survenir dans tous les états de fonctionnement normal de la Piscine (voir § 5.1.1.1), sur toutes les parties de l'installation pouvant contenir des matières radioactives et sur tous les systèmes assurant un rôle au regard de la sûreté.

La liste des conditions de fonctionnement DBC2-4 présentée ci-dessous évoluera au cours de la phase d'Avant Projet Sommaire (APS). Sa finalisation pourra s'appuyer sur une méthode de type analyse fonctionnelle, avec prise en compte, en particulier, du choix des architectures systèmes et des exigences de conception associées.


7.3.1.1 Incidents de dimensionnement – DBC2

A ce stade des études, les incidents de dimensionnement suivants ont été identifiés

Compte tenu de la conception de l'installation (inertie, redondance, modularité), ces incidents n'ont pas été identifiés comme des transitoires pouvant impacter significativement la sûreté. Pour autant, les études ultérieures devront consolider cette position, notamment au regard du déploiement progressif des dispositifs de refroidissement du bassin.

7.3.1.2 Accidents de dimensionnement – DBC3/4

La liste des événements identifiés au stade actuel des études et dont les conséquences affectent au moins une fonction de sûreté radiologique :

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 116/137

7.3.2 Conditions initiales et état à atteindre

7.3.2.1 Conditions initiales

Les conditions initiales pour l'analyse des DBC correspondent aux conditions pénalisantes en situation normale, dans la limite du domaine d'exploitation (température maximale et niveau d'eau minimal de la piscine). Ce domaine sera défini précisément aux stades ultérieurs des études.

Les événements liés à la manutention du combustible seront pris en compte avec des conditions initiales conformes aux règles d'exploitation normales.

Le déploiement progressif des capacités thermiques et le second bassin de l'installation seront pris en compte dans la démonstration de sûreté.

7.3.2.2 État à atteindre

Le seul état cible à atteindre est l'état sûr pour lequel les fonctions de sûreté de l'installation peuvent être assurées et maintenues durablement.

En particulier, la sous-criticité est assurée, la puissance thermique est évacuée durablement, les rejets radioactifs restent compatibles avec le respect des objectifs de sûreté et pour le bassin, l'inventaire en eau de la piscine est maintenu.

La distinction entre état contrôlé et état sûr des DBC, à l'instar des états proposés dans la démonstration de sûreté des réacteurs, n'est pas proposée pour l'installation compte tenu des cinétiques lentes des événements étudiés.

7.3.3 Critères d'acceptation et de découplage

A chaque catégorie d'événement DBC sont appliqués des critères d'acceptation. Ces critères assurent que les objectifs de sûreté sont atteints. Ces critères d'acceptation sont ensuite traduits, quand cela est pertinent, en critères de découplage.

L'ensemble des fonctions de sûreté, exigences et critères techniques afférents figure ci-dessous :


	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 117/137

Tableau 6 : Critères d'acceptation du fonctionnement normal

Fonctionnement normal – DBC1		
Fonction de sûreté	Exigence de sûreté	Critère technique d'acceptation
Maîtrise de la sous-criticité	Sous-criticité	
Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives		
Confinement des substances radioactives		
Limitation de l'exposition externe du public et de l'environnement	Respect des limites réglementaires public – Impact < 1 mSv	

T_{locaux} correspond à la température des locaux où transitent les emballages

Tableau 7 : Critères d'acceptation DBC2

Événements DBC-2 – incidents d'exploitation		
Fonction de sûreté	Exigence de sûreté	Critère technique d'acceptation
Maîtrise de la sous-criticité	Sous-criticité	
Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives		
Confinement des substances radioactives		
Limitation de l'exposition externe du public et de l'environnement	Respect des limites réglementaires public du fonctionnement normal – Impact < 1 mSv pour la situation incidentelle considérée	

T_{locaux} correspond à la température des locaux où transitent les emballages

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.



	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 118/137

Tableau 8 : Critères d'acceptation DBC3/4

Evénements DBC3/4 – accidents de dimensionnement		
Fonction de sûreté	Exigence de sûreté	Critère technique d'acceptation
Maîtrise de la sous-criticité	Sous-criticité	
Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives		
Confinement des substances radioactives		
Limitation de l'exposition externe du public et de l'environnement	Pas de contre-mesure sanitaire ou de confinement pour la population	

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 119/137

7.4 ETUDE DES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DU DOMAINE D'EXTENSION DU DIMENSIONNEMENT (DEC)

7.4.1 Conditions de fonctionnement DEC et études complémentaires

A ce stade, les conditions de fonctionnement DEC sont identifiées à la section 6.2.4. Les travaux de conception permettront de préciser cette liste et d'en étudier les conditions de fonctionnement pour le Rapport Préliminaire de Sûreté.

7.4.2 Conditions initiales et état à atteindre

7.4.2.1 Conditions initiales

Les conditions initiales pour l'analyse des conditions de fonctionnement DEC correspondent aux conditions pénalisantes en situation normale, dans la limite du domaine d'exploitation (températures maximales et niveau d'eau minimal de la piscine).

7.4.2.2 États à atteindre


7.4.2.2.1 État sûr

Outre le maintien sous-critique du combustible et le respect des conséquences radiologiques, l'état sûr se caractérise, de façon découplée, par la maîtrise de l'évacuation de la puissance du combustible. En pratique, cela se traduit par :

- en bassin, le maintien de l'état sûr DEC est caractérisé par l'évacuation de la puissance thermique du combustible entreposé en piscine (phénomène d'ébullition éventuel) et le maintien d'une hauteur d'eau minimale au-dessus des assemblages, en cohérence avec les objectifs d'autonomie définis à la section 5.1.2 ;
- en cellule chaude, le maintien de l'état sûr est caractérisé par une température de gaine stabilisée à une valeur permettant de se prémunir de tout effet falaise (oxydation généralisée des gaines, rupture, etc.) à long terme, que le combustible manutentionné soit étanche ou inétanche.

7.4.2.2.2 Reprise d'exploitation

La reprise d'exploitation à la fin du transitoire DEC sera considérée comme effective dès lors qu'il sera possible de mettre en œuvre des dispositions éventuellement externes à l'installation (cf. § 3.4.3.3 : appoint mobile en eau) permettant le rétablissement du fonctionnement des systèmes assurant le confinement et l'évacuation de la puissance.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 120/137

7.4.3 Critères d'acceptation et de découplage

A chaque catégorie de conditions de fonctionnement sont appliqués des critères d'acceptation. Ces critères assurent que les objectifs de sûreté relatifs à la situation de fonctionnement DEC sont atteints.

Tableau 9 : Critères d'acceptation DEC

Conditions de fonctionnement d'extension du dimensionnement - DEC		
Fonction de sûreté	Exigence de sûreté	Critère technique d'acceptation
Maîtrise de la sous-criticité	sous-criticité ($k_{eff} < 1$)	
Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives		
Confinement des substances radioactives	Intégrité d'au moins un système de confinement Non-découvrement	
Limitation de l'exposition externe du public et de l'environnement	Pas de contre-mesure sanitaire ou de confinement pour la population	


7.5 AGRESSIONS INTERNES ET EXTERNES

7.5.1 Conditions initiales

Pour les agressions internes et externes de référence, les conditions initiales sont celles du fonctionnement normal. Certaines conditions normales de fonctionnement de faible durée peuvent être exclues sur des bases probabilistes.

Pour les agressions externes de référence, dans le cas où la canicule ou le grand froid induit un événement de type DBC, les températures externes associées au niveau DBH sont prises en compte pour le fonctionnement des systèmes valorisés dans l'étude.

Pour les agressions naturelles externes extrêmes, les conditions initiales sont celles du fonctionnement normal. Les conditions normales de fonctionnement de durée limitée ne sont pas prises en compte. Ainsi, lorsque

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 121/137

l'agression étudiée est la canicule ou le grand froid, il sera possible de valoriser des aménagements dans la conduite de l'installation.

7.5.2 Agressions internes

Les agressions internes à étudier aux étapes ultérieures des études sont celles définies à la section 6.2.2.

7.5.3 Agressions externes

La démarche de protection contre les agressions externes de référence consiste à expliciter les « cas de charge » à considérer pour chaque agression externe puis à dimensionner les structures et équipements qui doivent y résister.

Dans le cas où la canicule ou le grand froid induit une condition de fonctionnement de référence, les températures externes associées au niveau DBH sont prises en compte pour le fonctionnement des systèmes valorisés dans l'étude.

7.5.3.1 Prise en compte des données de site

Lorsque le site d'implantation de l'entrepasage sera connu, il conviendra de vérifier que les niveaux des agressions externes de référence DBH retenus en phase de cadrage couvrent bien les données du site choisi avec le niveau de robustesse attendu.

S'agissant des agressions externes susceptibles de provenir de l'environnement industriel du site, un recensement exhaustif de toutes les données disponibles sera effectué et analysé afin de définir les agressions éventuelles à prendre en compte.

Dans le cas où les conséquences sur l'installation ne seraient pas couvertes par la prise en compte des données de site, des analyses détaillées seront menées pour identifier les modifications éventuellement nécessaires à mettre en œuvre sur le design standard.

7.5.4 Cumuls d'agressions

7.5.4.1 Agressions internes


La conception de l'installation prendra en compte les cumuls plausibles suivants.

7.5.4.1.1 Événements dépendants

Les éventuelles conséquences sur les fonctions de sûreté d'une agression interne sont limitées par des dispositions de conception. Lorsque des conséquences ne peuvent pas être évitées, elles doivent être prises en compte, notamment les effets locaux et globaux d'une agression.

Ce document contient des informations sensibles relevant du secret et juridiquement protégées. Il est réservé à l'usage exclusif des personnes désignées comme destinataires du document et/ou autorisées à y accéder. Il est illégal de photocopier, distribuer, divulguer, ou d'utiliser de toute autre manière les informations contenues dans ce document sans accord du service émetteur.

Copyright EDF SA – 2017. Ce document est la propriété d'EDF SA

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 122/137

7.5.4.1.2 Événements indépendants

La prise en compte d'événements indépendants sera réalisée selon la plausibilité de leur concomitance au cours de l'événement initiateur considéré. Ils seront alors traités sans nouveau cumul d'indisponibilités dues à la défaillance unique et à la maintenance préventive appliquées au DBC.

7.5.4.2 Agressions externes

La conception de l'installation prendra en compte les cumuls plausibles suivants.

7.5.4.2.1 Situations météorologiques combinant plusieurs phénomènes physiques

Exigences de sûreté

Selon les sites, différents types de situations météorologiques combinant plusieurs phénomènes peuvent être pris en compte comme par exemple une situation de type tempête pouvant conduire à une inondation.

Dans tous les cas, il convient de vérifier que les dispositions de prévention ou de mitigation des phénomènes concernés sont capables de remplir leur fonction lors de telles situations météorologiques. Les études de vérification devront néanmoins retenir des hypothèses réalistes, moins conservatives que celles retenues pour les agressions météorologiques considérées séparément.


Ces analyses seront effectuées lorsque le site d'implantation de la piscine d'entreposage sera connu.

7.5.4.2.2 Événements induits par les agressions externes de référence

Exigences de sûreté

La démarche de protection contre les agressions externes de référence par une approche de type cas de charge permet de limiter les effets induits d'une agression externe.

Cependant, malgré les dispositions de conception qui sont prises, il est possible qu'une situation accidentelle soit induite par une agression externe de référence. C'est le cas par exemple d'un manque de tension externe de longue durée. Ainsi, les SSC requis dans ce cas doivent être conçus pour rester opérationnels en cas d'agression externe de référence et la situation est étudiée avec les règles présentées au sous-chapitre 7.3. De même, les SSC nécessaires à la mitigation d'une agression externe de référence doivent rester opérationnels malgré un manque de tension externe lorsqu'il y a un lien entre les deux.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 123/137

7.5.4.2.3 Événements induits par les agressions externes extrêmes naturelles

Exigences de sûreté

La démonstration de sûreté nucléaire doit prendre en compte les effets induits des agressions externes extrêmes naturelles.

7.5.4.2.4 Cumuls d'événements indépendants

Exigences de sûreté pour les cumuls plausibles

Des événements indépendants sont cumulés si la durée d'au moins un événement est significative. On distingue la durée de l'agression et la durée de l'événement initiateur.

Les événements DBC3 ou DBC4 et conditions de fonctionnement DEC qui ne sont pas induits par les agressions externes de référence sont étudiés, du fait de leur faible occurrence, en considérant un cumul avec des conditions de températures pénalisantes (ex. température centennale) mais moins pénalisantes que celles considérées pour l'analyse d'un événement de type DBH.

Dans le cas où la phase post-accidentelle de certains événements DBC ou conditions de fonctionnement DEC serait amenée à durer plusieurs mois, le cumul avec un événement externe ponctuel et de fréquence plus élevée que la fréquence associée au niveau DBH (comme le séisme centennal par exemple) doit être pris en compte en phase long terme.

7.6 EVALUATION DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES

7.6.1 Fonctionnement normal

L'évaluation de l'impact sanitaire des rejets radioactifs d'un site en fonctionnement normal d'exploitation repose sur l'estimation de la dose efficace totale annuelle reçue par les populations vivant au voisinage du site d'accueil de l'installation. Elle consiste en la comparaison de la dose efficace totale annuelle reçue par les populations riveraines à la valeur limite de 1 mSv/an fixée par le Code de la Santé Publique (art. R1333-8). Les conséquences radiologiques seront donc évaluées en fonction du site d'implantation de l'installation non connu à ce stade.

L'arrêté du 1^{er} septembre 2003 définit le calcul de la dose efficace annuelle comme étant la somme des doses efficaces résultant de l'exposition externe et interne.

L'évaluation de l'impact des rejets radioactifs liquides et atmosphériques d'un site en fonctionnement normal d'exploitation est réalisée en utilisant le code de calcul SYMBIOSE.

L'évaluation de l'impact dosimétrique nécessite les étapes suivantes :

- 1- Caractérisation des rejets à prendre en compte** : il s'agit de connaître l'activité annuelle, exprimée en Sievert (Sv), de chaque radionucléide (RN) liquide et atmosphérique rejeté par chaque émissaire de l'installation ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 124/137

- 2- **Caractérisation de l'environnement autour du site** : l'environnement autour du site est représenté de manière simplifiée par un paysage dont les composantes sont le système terrestre (zones agricoles, d'habitations ou forestières), le système marin pour les sites bords de mer ou le système fluvial (réseau linéaire fluvial) pour les sites bord de rivière ;
- 3- **Évaluation des transferts des radionucléides dans les différents compartiments de l'environnement.** La dispersion atmosphérique des rejets est évaluée via un modèle de dispersion atmosphérique ou par des essais en soufflerie selon le site étudié. Cette évaluation nécessite des données météorologiques permettant ainsi d'estimer les activités volumiques des RN dans l'air. Les milieux "fluvial" ou "marin" et agricole sont exposés via les rejets liquides dans la mer ou le fleuve et les rejets atmosphériques. Des caractéristiques de ces milieux (point de captage en eau potable, distance de dilution, débit du fleuve, données de transfert...) sont nécessaires afin d'évaluer le transfert des RN des milieux récepteurs aux produits alimentaires qui sont exposés via l'irrigation (cas des végétaux), l'ingestion ou l'inhalation (cas des animaux) ;
- 4- **Évaluation de l'exposition des populations riveraines.** Les voies d'exposition prises en compte dans l'évaluation des doses sont l'exposition externe au panache de rejet et au dépôt sur le sol et l'exposition interne par inhalation du panache et par ingestion d'aliments exposés. L'évaluation de l'exposition consiste en un calcul de la dose efficace totale reçue par les populations riveraines autour des sites pour trois classes d'âge (enfant de 1 an, enfant de 10 ans et adulte) à partir des activités volumiques dans les différents milieux d'exposition déterminées à l'étape 3. Pour cela, les régimes alimentaires (proportion d'aliments localement produits) et les habitudes de vie des populations locales (temps passé à l'intérieur, à la pêche, à la baignade...), sont prises en considération. Le lieu où la dose efficace totale annuelle est maximale permet de déterminer le « groupe de référence ».
- 5- **Comparaison de la dose efficace totale annuelle** reçue par le groupe de référence à la valeur réglementaire.


7.6.1.1 Fonctionnement incidentel/accidentel

7.6.1.1.1 Exigences de sûreté

L'évaluation des conséquences radiologiques permet de rendre compte de l'aptitude de l'installation à remplir sa fonction de confinement des matières radioactives, lorsque celle-ci est requise (voir § 4.3.1.3), pour l'ensemble des conditions de fonctionnement couvertes par la conception de l'installation :

- les conditions de fonctionnement du domaine de dimensionnement (voir section 5.1.1) ;
- les conditions de fonctionnement du domaine d'extension du dimensionnement (voir section 5.1.2) ;
- les agressions (voir sous-chapitre 5.2).

Les conditions de fonctionnement du domaine de dimensionnement et du domaine d'extension du dimensionnement, ainsi que les agressions, font l'objet d'analyses de leurs conséquences radiologiques. L'objectif de ces évaluations est de s'assurer que les relâchements de produits radioactifs dans l'environnement

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 125/137

consécutifs à ces conditions ont, compte-tenu des dispositions de conception et d'exploitation, des conséquences limitées pour les personnes du public et l'environnement.

Au-delà de ces conditions de fonctionnement, les scénarios avec fusion du combustible sont éliminés ou rendus extrêmement improbables avec un haut degré de confiance par des dispositions pratiques.

7.6.1.1.2 Objectifs radiologiques

A chaque condition de fonctionnement, a été associée une exigence en termes de limite de dose (voir section 4.2.3).

En ce qui concerne les agressions, celles-ci se rapportent aux limites de doses des conditions de fonctionnement en fonction de leur gravité et de leur probabilité d'occurrence (voir § 5.2.1.1, 5.2.2.1 et section 5.2.3).

7.6.1.1.3 Méthodologie d'évaluation des conséquences radiologiques accidentelles


Les conditions de fonctionnement prises en compte pour la conception de la Piscine d'Entreposage Centralisé ainsi que les agressions doivent faire l'objet d'une évaluation, par analyse ou par calcul, de leurs conséquences radiologiques.

Le calcul des conséquences radiologiques de ces conditions accidentelles doit comporter une présentation des hypothèses, règles et méthodes retenues pour le calcul du rejet d'activité ainsi que des scénarios d'exposition retenus pour le calcul de l'impact radiologique associé.

Le calcul du rejet d'activité associé à ces conditions accidentelles doit reposer sur une évaluation raisonnablement pessimiste.

L'évaluation des conséquences radiologiques des accidents doit comporter une estimation des doses efficaces et des doses équivalentes à la thyroïde, si la nature du rejet radioactif le justifie, auxquelles les personnes sont susceptibles d'être exposées à court, moyen et long termes en distinguant les différentes classes d'âge lorsque nécessaire et en considérant toutes les voies appropriées de transfert des substances radioactives, ainsi qu'une estimation de l'étendue des zones susceptibles d'être affectées via la détermination et la comparaison de la contamination des denrées agricoles avec les niveaux maximaux admissibles issus de la réglementation européenne relatifs à la contamination des denrées alimentaires. Ces estimations doivent être fondées sur des scénarios d'exposition réalistes.

De façon conventionnelle, la dose efficace court terme et, le cas échéant, la dose équivalente à la thyroïde reçue par un individu situé à proximité du site (500 m) pendant le passage du panache radioactif pour une durée maximale de 7 jours ainsi que la dose efficace moyen terme reçue par un individu vivant à proximité du site (2 km) pendant 1 an et la dose efficace long terme reçue par un individu vivant à proximité du site (2 km) pendant 50 ans doivent être estimées. Ces doses doivent également être évaluées à la distance correspondant aux habitations les plus proches du site.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 126/137

8 DURABILITE DE L'INSTALLATION

Le présent chapitre permet d'introduire les éléments clés de la conception permettant de garantir sa durée de vie d'une centaine d'années.

Cette durabilité repose notamment sur :

- une conception prenant en compte la durée de vie attendue de l'installation ;
- une exploitation normale rigoureuse ;
- la possibilité de réaliser des inspections et essais sur les matériels et structures dont la jouvence ne sera pas possible.

Ce chapitre met en avant également les principes retenus pour la conception des structures de génie civil et des bassins.

8.1 EXPLOITATION NORMALE

L'exploitation normale de l'installation est, au stade du DOS, constituée de deux phases qui pourront évoluer ultérieurement :


- **De réception/évacuation de combustibles usés** : l'ensemble des SSC impliqués dans ces opérations (cellule, postes de préparation, etc.) devra rester fonctionnel pour la reprise du combustible entreposé ;
- **D'entreposage des combustibles en paniers dans les bassins** : les fonctions vitales de l'entreposage (maintien en eau, évacuation de la puissance résiduelle, maintien de conditions d'ambiance acceptables) doivent être assurées continûment pour garantir la sûreté de la piscine.

De ce fait, l'installation est considérée comme étant opérationnelle en permanence durant l'ensemble de la durée de vie de l'exploitation.

Les opérations de maintenance, réparation et de jouvence devront être organisées de façon cohérente avec la disponibilité attendue des différentes fonctionnalités de l'installation. La sûreté de l'installation intègre à sa conception les événements de l'exploitation normale.

En dehors des phases de manutention du combustible, la sûreté et l'exploitation de l'installation reposent principalement sur la maîtrise des conditions thermohydrauliques des bassins. A ce titre, le paramètre principal retenu est la température de l'eau d'entreposage. Cette température pourra varier autour d'une valeur nominale à déterminer, , adaptée aux contraintes d'exploitation qui seront définies en phase de développement. Une surveillance de cette température sera également mise en œuvre. La limite d'exploitation normale des bassins est fixée à .

Par ailleurs, l'exploitation de la piscine sera soumise à un ensemble de règles constituant les Règles Générales d'Exploitation contenant en particulier les Spécifications Techniques d'Exploitation qui conditionnent le maintien dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation et dont le contenu sera établi au cours de la phase de développement.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 127/137

L'installation sera soumise à des réexamens périodiques tels que définis dans l'ordonnance 2016-128 du 10/02/16.

8.2 CONSIDÉRATIONS RELATIVES AU VIEILLISSEMENT

8.2.1 Vieillessement des assemblages combustibles

Une des fonctions de sûreté de l'installation est la possibilité de reprise des éléments combustibles, qui inclut la reprise des assemblages à l'issue de leur entreposage (courte ou longue durée). Les assemblages devront être dans un état qui permet leur retrait (intégrité de la structure et de la gaine des assemblages de combustibles usés).

L'intégrité structurelle des assemblages combustibles repose sur :

- le maintien en eau des assemblages (découvrement éliminé en pratique) ;
- la surveillance des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, garantissant l'absence de corrosion des assemblages sur le long terme.

Un programme de surveillance sera mis en place sur un échantillon d'assemblages représentatif des différents assemblages entreposés, dont l'objectif sera de prévenir toute dégradation de la gaine pouvant conduire à une perte d'intégrité de la première barrière. L'échantillon sera constitué d'assemblages identifiés comme les plus sensibles selon la métallurgie des gaines et leur historique (taux d'irradiation, nombre de cycles thermiques).

Les différents examens non destructifs réalisés sur ces assemblages seront :


- un contrôle d'étanchéité des crayons ;
- une mesure d'épaisseur de couches d'oxyde ;
- un examen visuel et un examen dimensionnel (mesure de la distance entre embouts, mesure du jeu entre crayons périphériques et embouts, mesure de l'espacement inter-crayons).

Les opérations de surveillance commenceront au début du remplissage de chaque bassin et seront réitérées tous les 10 ans. Les résultats des examens pourront amener à faire évoluer ce programme.

8.2.2 Vieillessement des équipements

Le vieillissement des équipements est pris en compte à la conception via les dispositions suivantes :

- utilisation de matériaux résistants au vieillissement ;
- utilisation de matériaux résistants à l'irradiation ;
- surveillance de la performance des équipements ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 128/137

- jouvence de l'installation.

A travers la jouvence, il est possible d'anticiper le vieillissement de l'installation et de maintenir ses performances par l'amélioration ou le remplacement des systèmes. Cela est pris en compte lors de la conception : les cinématiques d'acheminement, d'installations des systèmes et équipements neufs et l'évacuation des composants usés avec les moyens de manutention adéquats, doivent être étudiés. Pendant ces opérations dites « de jouvence », les fonctions de sûreté de l'installation d'entreposage doivent être maintenues. Les équipements ne pouvant être remplacés devront avoir une durée de vie au moins égale à celle de l'installation.

8.2.3 Vieillessement du liner

Le liner est une barrière de confinement. En conséquence, son intégrité doit être garantie sur le long terme car il n'est pas prévu de le remplacer et il devra donc avoir une durée de vie au moins égale à celle de l'installation.

Les principes de conception, d'inspection, de surveillance et de réparation sont développés à la section 8.3.5.

8.3 PRINCIPES DE MAINTENANCE, SURVEILLANCE ET INSPECTION EN EXPLOITATION

8.3.1 Objectifs de la maintenance préventive

La maintenance est l'ensemble des actions techniques, administratives et de management effectuées durant le cycle de vie d'une installation, en support à son exploitation. Ces actions sont destinées à maintenir ou à rétablir les structures, systèmes ou composants (SSC) dans un état leur permettant d'accomplir les fonctions requises.

La maintenance préventive est l'ensemble des actions effectuées sur un matériel en vue d'en réduire la probabilité de défaillance. Le but d'un tel processus est de garantir, sur la durée de vie de l'installation, la réalisation des objectifs de sûreté, de disponibilité et de coûts tout en se conformant aux règles de protection de l'environnement, de radioprotection et aux autres réglementations en vigueur (sécurité du personnel).


Des essais de requalification sont réalisés à la fin de toute intervention de maintenance. Les essais de requalification après intervention de maintenance préventive sur un matériel permettent de vérifier qu'il fournit toujours les performances requises. Par conséquent, ils suffisent pour prononcer la disponibilité du matériel après une intervention de maintenance. Les essais et les critères à vérifier sont propres à l'intervention effectuée.

8.3.2 Stratégie de maintenance

La stratégie de maintenance permet d'assurer une exploitation sûre de l'installation, tout en considérant un optimum en termes de performance économique au regard de la disponibilité de l'installation (ou de ces SSC), des dispositions prévues à la conception et de la maîtrise des coûts de maintenance.

Les opérations de maintenance préventive doivent être réalisées en conformité avec les Règles Générales d'Exploitation (RGE) afin de respecter les hypothèses des études de sûreté.

L'élaboration des programmes de maintenance s'appuiera sur une méthodologie qui permet :

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 129/137

- de classer les différents matériels en fonction de leur importance fonctionnelle, de l'intensité du cycle de fonctionnement et de l'ambiance de fonctionnement ;
- de prendre en compte les programmes standards des tâches de maintenance et de surveillance associés à une famille de matériels (notamment les essais périodiques) ;
- d'ajuster les programmes de maintenance en fonction du retour d'expérience et du suivi des matériels.

De plus, la durée de vie de l'installation implique de devoir envisager le remplacement au moins une fois de certains SSC (notamment les équipements de refroidissement, les ponts de manutention, les appuis néoprène...).

Pour ces SSC spécifiques, des dispositions seront prises dès la conception pour réaliser ces changements :

- marges sur le dimensionnement ou redondance permettant la maintenance en exploitation ;
- cinématiques de remplacement des composants étudiées dès la conception pour intégrer au mieux cette contrainte.

Pour les SSC dont il n'est pas prévu le remplacement au cours de la durée de vie de l'installation (notamment les structures de Génie Civil et certains revêtements métalliques de type liners), des dispositions particulières seront prises au niveau de la conception et de la construction, ainsi que pour le suivi et le contrôle du vieillissement. Ces dispositions sont détaillées dans les sections 8.3.4 et 8.3.5.

8.3.3 Exigences spécifiques

Pour certains systèmes utilisés de façon continue (chauffage et ventilation, refroidissement de la piscine d'entrepose du combustible), la maintenance en exploitation normale sera privilégiée. Cette maintenance devra alors être prise en compte sans dégradation de la sûreté de l'exploitation.


Pour d'autres systèmes (ateliers, ponts par exemple), en raison d'une conception ne permettant pas la maintenance en exploitation normale, une partie de la maintenance préventive sera effectuée dans les périodes de maintenance prévues à cet effet. Il en sera de même pour le système de ventilation assurant le refroidissement de la cellule chaude.

8.3.4 Dispositions particulières liées aux structures de Génie Civil

8.3.4.1 Conception

La conception des structures de Génie Civil prend en compte les évolutions de standards et réglementations les plus récents, tant nationaux qu'internationaux (Design Basis Domain). Elle prend également en compte les leçons de l'accident de Fukushima (Design Extension Domain). Ces exigences sont formalisées dans le RCC-CW qui constituera le code de dimensionnement appliqué aux structures de Génie Civil.

Le REX de conception des installations possédant une piscine d'entreposage (EPR de Flamanville 3, Olkiluoto 3, Taishan 1-2 et Hinkley Point C) a également été intégré.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 130/137

La formulation du béton sera adaptée en se basant sur une approche performantielle prenant en compte les aspects technico-économiques spécifiques à l'ouvrage (importance de l'ouvrage, environnement, sollicitations physico-chimiques et mécaniques, risques induits, durée de vie).

8.3.4.2 Construction

De même que pour la conception, les dispositions constructives préconisées se basent sur le REX de construction des installations de Flamanville 3, Olkiluoto 3 et Taishan 1 & 2, qui possèdent une piscine d'entreposage.

La simplification de l'installation permet d'améliorer la constructibilité et le suivi de la qualité de la réalisation de l'ouvrage lors de la phase travaux, ainsi que son suivi lors de toute la durée de vie de l'installation.

Elle intègre également des adaptations (taille des trémies, dimensionnement des planchers...) pour permettre la maintenance et le remplacement des composants principaux. Le détail des phases de remplacement de tout ou partie de certains de ces composants fera l'objet d'études ultérieures.

8.3.4.3 Exploitation


Les structures de Génie Civil bénéficient d'un environnement favorable durant l'exploitation de l'installation :

- les structures du bassin et du bâtiment de déchargement sont protégées des éléments extérieurs par la structure « coque avion » ;
- les conditions d'ambiance (température air, température de l'eau, hygrométrie, etc.) sont surveillées ;
- les conditions d'exploitation du bassin d'entreposage garantissent des variations de température raisonnables et une lente inertie. Les contraintes sont donc limitées sur le Génie Civil.

La structure du bassin permet l'inspection visuelle des parements extérieurs des voiles et sous-face du fond de bassin pendant toute la durée d'exploitation de l'installation. De la même manière, les voiles et la toiture de la coque avion sont également inspectables. L'espacement entre la coque avion et les voiles piscine permettra l'intervention d'opérateurs pour la maintenance du Génie Civil.

Les appuis parasismiques situés sous le bassin sont accessibles afin de permettre leur inspection, maintenance et remplacement au cours de l'exploitation de l'installation.

Un Programme de Base de Maintenance Préventive (PBMP) calé sur le REX des piscines BK du Parc en exploitation et de Flamanville 3 sera rédigé et si nécessaire, un programme de maintenance curative pourra être mis en place en cas de dégradations.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 131/137

8.3.5 Dispositions particulières liées au revêtement métallique d'étanchéité type liner

8.3.5.1 Fonction et conception

La fonction principale du revêtement métallique (liner) est d'assurer une étanchéité à l'eau du bassin. Sa fonction ne doit pas être altérée par l'irradiation, ni par la corrosion.

Le liner fait partie comme le génie civil des SSC dont il n'est pas prévu le remplacement. Des dispositions particulières doivent donc être prises au niveau de la conception, de la construction, pour le suivi et le contrôle de son étanchéité :

- Les platines d'ancrage supportant les charges doivent être fixées au béton structurel ;
- les soudures des panneaux du liner doivent être contrôlables volumiquement ;
- un réseau de détection de fuite compartimenté sera mis en place sous le liner ;
- le liner doit être dimensionné vis-à-vis de la thermique en situation accidentelle (dilatation) ;
- le risque de corrosion bi-galvanique avec les supports (ancrages) doit être pris en compte.

L'épaisseur des tôles de revêtement doit être suffisante pour permettre la réalisation


Ces panneaux seront dimensionnés de manière à limiter le linéaire de soudure.

Le revêtement des piscines doit être plan, limitant les aspérités, les décrochés susceptibles de générer à terme des points de contamination ou de corrosion (en situation accidentelle et au regard de la prévention de la criticité le revêtement des piscines ne doit offrir aucune anfractuosité de nature à favoriser la concentration d'une masse critique de matière nucléaire).

Les cycles thermiques induits auquel sera soumis le bassin doivent être pris en compte. En effet, il est prévu d'entreposer les AC au fur et à mesure de leur arrivée sur le site sur une centaine d'années. Les échangeurs thermiques seront également ajoutés au fur et à mesure afin d'évacuer la quantité de chaleur ajoutée par ces nouveaux assemblages.

L'eau de la piscine n'est pas borée pour des raisons d'optimisation de l'exploitation (pas d'installation de Bore, traitement d'eau simplifié) et de maintenance sur une durée de vie longue (une centaine d'années). Le choix du matériau est primordial afin de se prémunir du risque de corrosion du liner. En se basant sur le REX du parc en exploitation, il est envisagé à ce stade des études un liner en acier Ce matériau
possède une bonne résistance à la corrosion, une bonne soudabilité et est très ductile. De plus, les piscines du parc, de l'EPR FA3 et Taishan 1 & 2 sont fabriquées avec cette nuance d'acier, ce qui permet de bénéficier d'un retour d'expérience important.

Afin de maîtriser le risque de corrosion du liner, il est prévu de remplir le bassin en eau déminéralisée et de la contrôler chimiquement (cf. § 8.3.5.3). Une surveillance et un ajustement des paramètres caractérisant la qualité de l'eau (pH, résistivité) sera également mise en œuvre.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 132/137

8.3.5.2 Inspection

Afin de pouvoir contrôler le liner sur toute sa surface, des dispositions sont prévues dès la conception :

- Les paniers contenant les AC sont mobiles (choix de conception favorisant l'inspectabilité et la réparabilité du liner) ;
- Une surface de réserve doit permettre de déplacer les paniers afin de pouvoir réaliser les opérations de contrôle et de réparation du liner si besoin (recommandation WENRA).

Des inspections périodiques seront définies dans les PBMP.

Deux types de défauts sont recherchés en phase exploitation :

- Défauts situés le long d'un cordon de soudure ;
- Défauts ponctuels traversant un panneau (choc suite à la chute d'un objet).

Des méthodes de recherche et quantification des défauts sous eau pourront être mises en œuvre :


8.3.5.3 Surveillance

Le liner étant en contact permanent avec l'eau, sa durée de vie est donc liée à une bonne qualité chimique de cette dernière. Un suivi de la qualité de l'eau (pH, résistivité) sera mis en œuvre tout au long de la vie de l'installation.

Les actions de surveillances requises dans les PBMP doivent être appliquées, en outre :

- Contrôle visuel du non écoulement dans les gobelets doseurs des réseaux de drains ;
- Examen visuel de la dalle en sous-face de la piscine sur le long terme (absence de trace d'infiltration d'eau) ;
- Recherche de défauts situés le long d'un cordon de soudure ;
- Recherche de défauts ponctuels traversant un panneau (choc suite à la chute d'un objet).

En cas de petite fuite (dans les ordres de grandeur des débits constatés sur les piscines du parc en exploitation), un appoint d'eau normal sera possible via le système d'eau déminéralisée. Ce système sera dimensionné et détaillé en phase APS.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 133/137

8.3.5.4 Réparation

En cas de détection de fuite, il sera possible de procéder à une réparation du liner sous eau. La réparabilité est facilement réalisable en toute zone du bassin grâce à la zone de réserve permettant de bouger les paniers (posés en « free standing ») au besoin.

Plusieurs méthodes de réparation existent :

- Intervention urgente et provisoire :

Lors d'une détection de fuite, un opérateur interviendra en urgence pour colmater la brèche à l'aide d'une perche munie d'une ventouse disponible immédiatement au niveau du plancher piscine. Cette solution est mise en œuvre sur l'INB n°141 (APEC) de Creys-Malville.

- Réparation définitive du liner :

En cas de détection de fuite, il sera possible de procéder à une réparation du liner sous eau.

- Procédés en cours de validation :

Certains procédés de réparation provisoire (durée de vie limitée à quelques années) sous eau sont en cours de validation chez EDF, comme par exemple


À l'issue de la réparation, l'étanchéité pourra être vérifiée par la mise en œuvre du test par boîte à dépression.

8.3.6 Dispositions particulières liées à la cellule de déchargement

Afin d'effectuer des opérations d'entretien et d'intervention sur les équipements implantés dans la cellule de déchargement, une cellule de maintenance ou « super-cellule » est installée au dessus de la cellule de déchargement et séparée par des protections mobiles.

Un local dit « sas » utilisé comme sas de sortie du gros matériel et comme garage pour pont est situé dans le prolongement de la cellule d'intervention.

Les équipements situés en super-cellule sont également concernés par les opérations d'entretien et d'intervention.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 134/137

9 FACTEURS ORGANISATIONNELS ET HUMAINS

La dimension FOH (Facteurs Organisationnels et Humains) constitue un facteur qui impacte la sûreté lors de l'exploitation de l'installation. De surcroît, cette thématique peut orienter les choix de conception.

Les aspects socio-organisationnels et humains (SOH), à ce titre, doivent être pris en compte dans tous les dossiers ayant un impact sur les pratiques de travail.

Une analyse des facteurs organisationnels et humains (état normal, incidentel et accidentel) est donc intégrée dans l'analyse de sûreté. L'analyse SOH doit peser la sensibilité des risques encourus ou induits par les intervenants dans chaque étape du dossier. L'analyse sur les facteurs socio-organisationnels et humains intègre la gestion des situations d'urgence (les situations dégradées, les aléas, les conditions de fonctionnement accidentelles ou incidentelles) et la co-activité.

9.1 PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE RETENUE

La démarche Facteurs Humains (FH) regroupe les aspects socio-organisationnels et humains étudiés lors de la conception et mis en œuvre lors des études, de la réalisation de travaux et lors de l'exploitation.


Cette démarche a été construite :

- en cohérence avec la démarche Socio Organisationnelle et Humaine retenue pour le parc en exploitation d'EDF ;
- en tenant compte du Retour d'EXpérience (REX) des analyses FH réalisées et des réponses des entreprises aux premiers cahiers des charges contenant des exigences FH.

Elle démarre le plus en amont possible d'un projet et vit tout au long de ses phases (études, réalisation et exploitation, etc.).

Cette démarche s'intéresse aux personnes, aux interactions qu'elles ont entre elles et aux interactions avec les différents composants de leurs situations de travail. Elle consiste à anticiper les pratiques induites par une situation de travail nouvelle ou modifiée afin d'agir conjointement sur l'ensemble des déterminants susceptibles d'avoir une incidence sur les personnes et sur les performances attendues, c'est-à-dire :

- les moyens techniques (matériels, outils, Interfaces Homme-Machine, etc.) ;
- la maintenance ;
- l'aménagement des zones de travail ;
- l'organisation du travail ;
- les compétences ;
- la documentation, les procédures de travail ;
- l'environnement physique de travail.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 135/137

De ces interactions naissent des pratiques individuelles et collectives de travail, dont les résultats ont des répercussions sur l'atteinte des objectifs de sûreté, de radioprotection, de sécurité, de performance, de coût et sur les intervenants eux-mêmes.

L'intervenant doit gérer des variabilités et adapter les modes opératoires pour que le travail soit fait malgré les variations du contexte. La démarche FH s'intéresse aux variabilités possibles et cela dès la conception des pratiques de travail.

Il peut s'agir de modifier une situation de travail existante ou de concevoir une nouvelle situation de travail. La prise en compte de la variabilité, dans tous les cas, permet d'influencer les pratiques de travail afin d'agir sur les performances et sur les conditions de travail des hommes (santé, sécurité, radioprotection, sûreté, satisfaction, environnement, etc.).

Les exigences sur les aspects FH sont précisées dans le cahier des charges des intervenants extérieurs et une surveillance est exercée pour leur bonne prise en compte.

Lors des études, EDF surveille la démarche FH de conception entreprise par le titulaire. Cette surveillance consiste, tout d'abord, à valider les actions de conception et d'accompagnement qu'il a retenues pour la prise en compte des problématiques facteurs humains puis à suivre leur mise en œuvre effective.

La capitalisation du Retour d'EXpérience (REX) EDF est importante. Elle permet de mieux anticiper les futures pratiques de travail sur les projets suivants.

9.2 LES MOYENS TECHNIQUES

Une installation d'entreposage de substances radioactives nécessite la conception d'outils télé-opérés, de machines spécifiques et de poste de commande permettant le contrôle des installations (ventilation, alarmes, etc.).


La démarche FH utilise des normes en ergonomie comme support à la conception de ces systèmes en interface avec les intervenants (Interfaces Hommes-Machines ou IHM).

L'enjeu est également de tenir compte de l'activité humaine et des besoins des futurs exploitants de ces systèmes techniques tout en leur assurant des conditions sûres (sécurité, radioprotection et sûreté).

Pour cela, des dispositions sont prises pour impliquer au plus tôt (en conception) les futurs exploitants. L'objectif est de prévoir un accompagnement permettant d'inscrire ces nouvelles installations dans l'environnement technique, organisationnel et humain propre au projet et de faciliter leur appropriation.

9.3 LA MAINTENANCE

La démarche de conception anticipe les cas de maintenance et de réparations possibles (situations dégradées). Il s'agit de prévoir les pratiques de travail pour ces activités, l'accessibilité aux différents systèmes techniques. Il s'agit d'organiser et de concevoir les zones dans lesquelles auront lieu les différentes activités liées aux travaux et à l'exploitation.

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 136/137

L'enjeu de la démarche de conception est de prendre en compte l'activité réelle des intervenants dans l'aménagement afin de favoriser leurs conditions de travail, leur performance et, de ce fait, d'optimiser la maîtrise des risques de sûreté, sécurité et radioprotection.

Afin de valider la conception de ces lieux de travail, il est nécessaire d'envisager :

- le flux des personnes ;
- le processus de préparation des emballages ;
- la cinématique d'entreposage des assemblages combustibles ;
- la cinématique déchets ;
- les vérifications réglementaires ;
- les activités qui vont se dérouler dans ces locaux (qui ? comment ? quels équipements de protection individuels ? quels outils ? etc.) ;
- la maintenance ;
- l'organisation générale.

La démarche FH s'appuie sur la contribution sur des personnels d'exploitation et de maintenance à la conception des aménagements et des postes de travail et par des méthodes telles que l'utilisation de maquettes de travail (2D et 3D).


Une connaissance globale de l'organisation du travail dans l'installation est nécessaire afin d'envisager les contraintes spécifiques et les choix stratégiques qui pourraient se révéler déterminants à la réalisation des opérations.

Il est vérifié que l'organisation envisagée permet la prise en compte des actions de maintenance ainsi que des aléas qui peuvent se produire. L'objectif est d'anticiper ces derniers le plus possible.

9.4 LES CONDITIONS DE TRAVAIL

L'approche de la situation de travail permet d'envisager les conditions d'intervention des intervenants, notamment:

- les ambiances physiques (thermiques, lumineuses, sonores, etc.) ;
- le contexte radiologique et chimique pouvant nécessiter le port de tenue et d'équipements de protections individuelles spécifiques. Une attention particulière est portée sur les tenues ventilées ou le port de masque à air respirable ;
- le port de charge lors de la manutention d'outils, de colis, etc. L'objectif est de limiter le port de charge par les intervenants et de préconiser des moyens de manutention mécaniques ;
- les postures de travail pour effectuer les tâches, leur répétitivité et leur durée ;
- les conditions de déplacement dans le contexte de locaux encombrés, exigus, etc. ;

	NOTE TECHNIQUE		
	PISCINE D'ENTREPOSAGE CENTRALISÉ - DOSSIER D'OPTIONS DE SÛRETÉ		
DP2D_LP2-HM	Référence : D455517004995	Indice : A	Page 137/137

- la prise d'information et la documentation nécessaire pour effectuer les tâches ;
- le choix des outils.

Ces déterminants de l'activité influent sur le choix des scénarios autant que possible afin d'optimiser les conditions d'intervention et de limiter les risques liés à la sûreté en exploitation.

