



Pièce 9

ÉTUDE DE MAITRISE DES RISQUES

DÉCEMBRE 2023

Dossier de démantèlement partiel de l'INB 22 - Installation PEGASE





2

Pièce 9

SOMMAIRE

Préambule	6
A. Présentation des méthodes retenues pour l'analyse des risques	7
B. Présentation de l'INB 22 - installation PEGASE et de l'état final visé après démantèlement	8
B.1 Généralités	8
B.2 Historique de l'installation	9
B.3 État initial au démantèlement	10
B.4 État final visé	11
C. Description du projet de démantèlement de l'installation	13
C.1 Opérations de fonctionnement	14
C.1.1 <i>Opérations de SENEX</i>	14
C.1.2 <i>Opérations Préparatoires au Démantèlement (OPDEM)</i>	14
C.2 Opérations de démantèlement	14
C.2.1 <i>Aménagements spécifiques</i>	14
C.2.2 <i>Démantèlement de l'installation PEGASE</i>	15
C.2.2.1 <i>Démantèlement du bâtiment 226 (bâtiment de liaison à la galerie technique)</i>	15
C.2.2.2 <i>Évacuation des matières entreposées sous eau</i>	15
C.2.2.3 <i>Démantèlement des bâtiments 216 et 226</i>	15
C.3 Assainissement des structures	16
C.4 Déclassement des zonages déchets et radioprotection	16
C.5 Phasage des opérations	17
D. Inventaires des risques	18
D.1 Risques nucléaires d'origine interne	18
D.2 Risques non nucléaires d'origine interne	19
D.3 Risques non nucléaires d'origine externe	20
E. Rappels sur la radioactivité et les effets des rayonnements ionisants ...	21
F. Analyse des risques d'origine interne et dispositions prévues pour les maîtriser	23
F.1 Risques nucléaires d'origine interne	23
F.1.1 <i>Risque de criticité</i>	23
F.1.2 <i>Risque de dissémination de matières radioactives</i>	24
F.1.3 <i>Risque d'exposition interne aux rayonnements ionisants</i>	27

F.1.4	Risque d'exposition externe aux rayonnements ionisants	28
F.1.5	Risque de radiolyse	30
F.2	Risques non nucléaires d'origine interne	32
F.2.1	Risque lié à l'émission de projectiles	32
F.2.2	Risque de défaillance d'équipements sous-pression	33
F.2.3	Risque de collision et chute de charges	34
F.2.4	Risque d'explosion	35
F.2.5	Risque d'incendie d'origine interne	36
F.2.6	Risque d'inondation d'origine interne	38
F.2.7	Risque lié à la perte de l'alimentation électrique	40
F.2.8	Risque lié à la perte de la ventilation	41
F.2.9	Risque lié à la perte de la surveillance	44
F.2.10	Risque lié à la perte des alimentations en fluides	45
F.2.11	Risque d'émission de substances dangereuses	47
F.2.12	Risque lié aux Facteurs Organisationnels et Humains	49
F.2.13	Risque lié à la coactivité	52
G.	Analyse des risques d'origine externe	54
G.1	Risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication	54
G.1.1	Risques liés à la présence des autres installations avoisinantes	54
G.1.2	Risque lié aux voies de communication terrestres	55
G.1.3	Risque lié à la circulation aérienne	55
G.2	Risque lié au séisme	56
G.3	Risque lié à la foudre	56
G.4	Risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes	57
G.4.1	Vent et neige	57
G.4.2	Températures extrêmes	57
G.4.2.1	Grands chauds	57
G.4.2.2	Grands froids	57
G.5	Risques liés à une inondation d'origine externe	58
G.5.1	Risque de débordement du Ravin de la bête	58
G.5.2	Risque de crue d'un ou des bassins versant	58
G.5.3	Inondation par la pluie	58

G.5.4	Remontée de nappe phréatique	60
G.6	Risque lié à un incendie d'origine externe	61
H.	Conséquences potentielles des accidents pour l'environnement	62
H.1	Généralités.....	62
H.2	Conséquences potentielles de l'accident de référence de l'installation.....	62
H.2.1	Scénario et hypothèses	62
H.2.2	Conséquences radiologiques	63
H.2.3	Conclusion sur les accidents	63
I.	Moyens de secours et d'alerte de la population	64
I.1	Plan d'Urgence Interne	64
I.2	Plan Particulier d'Intervention	65
J.	Retour d'expérience en matière de démantèlement d'installations analogues	66
J.1	Généralités.....	66
J.2	Réacteurs SILOE et SILOETTE (Grenoble).....	66
J.3	REX démantèlement de Boîtes à gants Pu.....	67
J.4	Enseignements tirés du retour d'expérience	67
J.5	Conclusion du retour d'expérience.....	67

Liste des figures

Figure 1.	Localisation de l'INB 22 – Plan du centre de Cadarache	8
Figure 2.	Vues de l'INB 22 - installation PEGASE lors de la phase de fonctionnement du réacteur (1975) 9	
Figure 3.	Vue des installations d'entreposage PEGASE et CASCAD après le démontage du réacteur PEGASE (actuel).....	9
Figure 4.	Synoptique général du scénario de démantèlement de l'INB 22 – installation PEGASE 13	
Figure 5.	Pouvoir de pénétration dans la matière des rayonnements	21
Figure 6.	Doses efficaces totales par conditions météorologiques.....	63
Figure 7.	Parc de véhicules d'intervention du centre de Cadarache	64
Figure 8.	Fiche « les bons réflexes en cas d'alerte ».....	65

Préambule

Le présent document, nommé « Étude de Maîtrise des Risques (EMR) », constitue la pièce n° 9 du dossier de démantèlement de l'installation PEGASE faisant partie intégrante de l'installation nucléaire de base n° 22 (INB 22) dénommée PEGASE / CASCAD, implantée sur le territoire de la commune de Saint-Paul-lez-Durance (Bouches-du-Rhône). Ce dossier est élaboré conformément aux dispositions des articles L. 593-27 et R. 593-67 du code de l'environnement.

6

Pièce 9

Ce document présente, sous une forme appropriée pour les consultations locales et l'enquête publique, la maîtrise des risques liés à l'ensemble des opérations de démantèlement de l'INB 22 - installation PEGASE.

Il présente l'inventaire des risques d'origines interne et externe liés aux opérations de démantèlement.

Par ailleurs, ce document mentionne les principales dispositions retenues pour limiter la probabilité d'occurrence des accidents (prévention) et pour en limiter les effets si ceux-ci se produisent malgré les mesures de prévention mises en œuvre (limitation des conséquences).

Les différents moyens et dispositifs de surveillance des risques, ainsi que les moyens de secours susceptibles d'être mis en œuvre, sont également présentés.

Un Résumé Non Technique (RNT) accompagne cette Étude de Maîtrise des Risques afin de faciliter la prise de connaissance des informations qu'elle contient.

A. Présentation des méthodes retenues pour l'analyse des risques

L'analyse des risques liés aux différentes opérations qui sont ou qui seront effectuées dans l'INB 22 - installation PEGASE en vue de son démantèlement est essentiellement basée sur les méthodes déterministes selon une démarche conforme aux principes fondamentaux de la sûreté nucléaire.

L'approche déterministe suppose que l'incident ou l'accident se produit indépendamment de sa probabilité d'occurrence. Toutefois, une démarche de type probabiliste peut être utilisée, comme par exemple, dans le cas du risque de chute d'avion.

Ces méthodes d'analyse sont appliquées pour prendre en compte chaque agression identifiée d'origine interne à l'installation ou d'origine externe. Ainsi, l'analyse a été conduite pour chaque opération (dont la liste est présentée en § Figure 4), selon plusieurs étapes :

- × l'identification des risques et de leurs conséquences potentielles,
- × l'analyse des défaillances afin de caractériser :
 - les moyens de prévention,
 - les moyens de surveillance et de détection,
 - les moyens d'action et de limitation des conséquences,
- × la définition et l'analyse des situations de cumuls plausibles d'événements entre les différentes agressions d'origine interne et externe,
- × la définition du ou des scénarios types, dont les conséquences radiologiques et/ou chimiques sont enveloppes de toutes les situations accidentelles envisageables pour chaque opération (« accidents enveloppes des opérations »),
- × la définition et l'étude approfondie des conséquences du scénario correspondant à « l'accident de référence » de l'installation, c'est-à-dire le scénario susceptible d'entraîner les conséquences (radiologiques et/ou chimiques) les plus importantes (accident enveloppe des accidents enveloppes par opération). En l'occurrence, l'accident de référence de l'INB 22 - installation PEGASE correspond à un scénario d'un séisme entraînant la fissuration du bâtiment et provoquant le dénoyage des capacités en eau de l'INB 22 - installation PEGASE ainsi qu'un incendie des colis dans une zone d'entreposage.

B. Présentation de l'INB 22 - installation PEGASE et de l'état final visé après démantèlement

B.1 Généralités

8

L'INB 22, implantée dans l'enceinte du Centre de Cadarache situé sur le territoire de la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (Bouches-du-Rhône) est localisée sur la figure ci-dessous.

Pièce 9

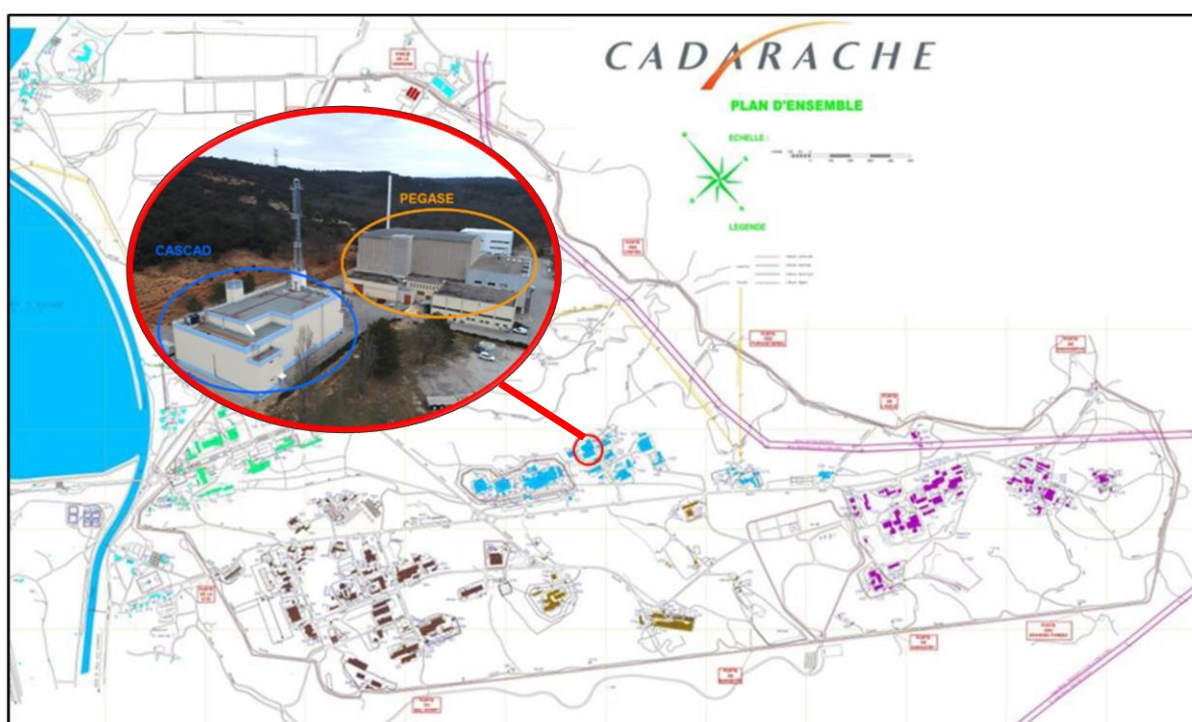


Figure 1. Localisation de l'INB 22 – Plan du centre de Cadarache

Le périmètre de l'INB 22 englobe :

- × le bâtiment de l'ancien réacteur PEGASE comprenant :
 - un local principal abritant les entreposages (Bâtiment 216),
 - un local traitement des eaux (côté Ouest, rez-de-chaussée),
 - un local ventilation (côté Nord, rez-de-chaussée),
 - un local électrotechnique (côté Sud sur trois niveaux) qui contient notamment la salle de contrôle de PEGASE au 2^{ème} étage, ainsi que des bureaux aux 1^{er} et 2^{ème} étages,
 - un local robotique (côté Sud-Ouest, rez-de-chaussée).
- × un bâtiment de liaison à la galerie technique (Bâtiment 226),
- × l'installation CASCAD (Bâtiment 736).

Seuls les bâtiments 216 et 226 font l'objet du présent document, l'installation CASCAD ayant vocation pérenne.

B.2 Historique de l'installation

L'INB 22 - installation PEGASE abritait initialement un réacteur piscine à cœur ouvert, refroidi à l'eau légère, d'une puissance thermique de 35 MW.

Le réacteur PEGASE a eu pour vocation le test, en vraie grandeur et dans des conditions réelles de fonctionnement, d'éléments combustibles de réacteurs refroidis au gaz. Il a fonctionné de 1963 à 1975, date à laquelle il a été arrêté, compte tenu de l'abandon de la filière graphite-gaz.

Les figures ci-dessous illustrent l'évolution de l'INB entre 1975 et actuellement.

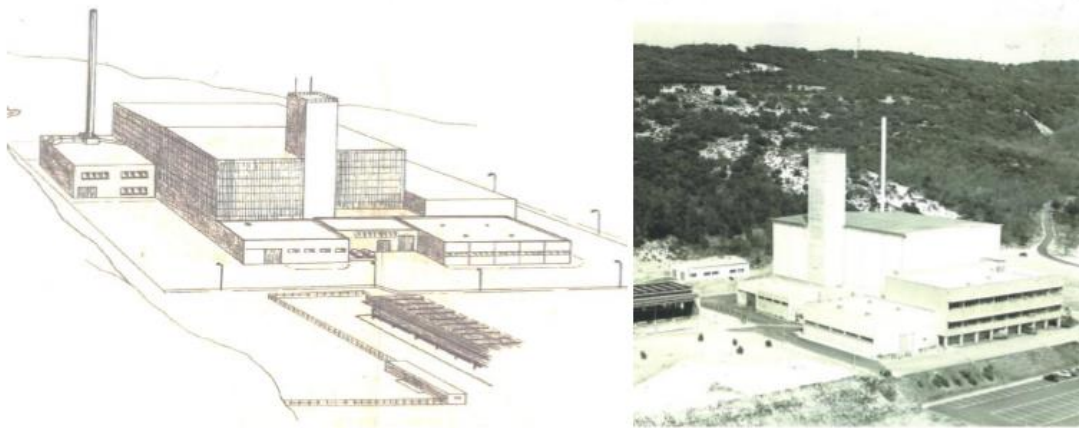


Figure 2. Vues de l'INB 22 - installation PEGASE lors de la phase de fonctionnement du réacteur (1975)



Figure 3. Vue des installations d'entreposage PEGASE et CASCAD après le démontage du réacteur PEGASE (actuel)

Après la mise à l'arrêt définitif du réacteur en décembre 1975 et la modification de l'installation, le CEA utilise l'INB 22 installation PEGASE depuis 1980 pour assurer principalement l'entreposage de combustibles irradiés et de fûts de sous-produits de fabrication d'éléments combustibles, en attendant leur reprise et leur évacuation vers une autre installation. L'évacuation des fûts de sous-produits de fabrication d'éléments combustibles s'est terminée fin 2013.

Un réexamen de sûreté réalisé en 2003 avait conclu que la tenue du bâtiment principal au Séisme Majoré de Sécurité (SMS) n'était pas assurée. Compte tenu de l'importance des travaux de renforcement à réaliser, le CEA a décidé de mettre un terme à l'entreposage et s'est engagé à réaliser le désentreposage total de l'installation.

Un projet de conception et mise en exploitation d'un procédé de traitement des fûts plutonifères a ainsi été mis en œuvre pour réaliser les opérations de désentreposage et d'évacuation des fûts plutonifères. Le procédé de traitement des fûts plutonifères a permis de reconditionner les déchets dans des colis 870 litres avec injection d'un liant hydraulique. À l'issue du projet, l'ensemble des fûts présents dans les DRG ont été désentreposés. L'ensemble des équipements qui ont été installés pour le traitement des fûts dans le périmètre de l'INB 22 - installation PEGASE sont à démanteler.

B.3 État initial au démantèlement

Les termes sources de l'installation au démarrage du démantèlement sont constitués des matières mobilisables (susceptibles d'être remises en suspension) contenues dans les combustibles restant entreposés dans la piscine PEGASE et les équipements activés ou contaminés de l'installation.

Compte tenu de la chronologie et du phasage des différentes activités réalisées lors du démantèlement de l'INB 22 - installation PEGASE, deux termes sources ont été définis :

- * un terme source désentreposage constitué par les combustibles restant entreposés dans la piscine PEGASE. Ce terme source représente la majorité de l'activité présente sur l'installation. Il est principalement dû à l'activité des combustibles et éléments irradiants entreposés sous eau,
- * un terme source démantèlement qui englobe l'activité des radionucléides présents sur l'installation, une fois que tous les combustibles et éléments irradiants entreposés sous eau auront été évacués.

Terme source désentreposage

Le terme source désentreposage à prendre en compte au moment de l'obtention du décret de démantèlement est très majoritairement constitué par les combustibles sans emploi restant entreposés dans la piscine PEGASE. Mi 2027 (date prévisionnelle d'entrée en vigueur du décret de démantèlement partiel), les substances radioactives entreposées dans la piscine sont les suivantes :

- * 155 étuis¹ contenant des combustibles sans emploi,
- * 3 étuis B₄C,
- * 35 éléments béryllium,
- * des éléments activés de structure métallique.

Ce terme source sera évacué lors du projet de reprise et conditionnement du combustible sans emploi (projet DECAP) et lors de l'évacuation des éléments B₄C, béryllium et objets irradiants qui sera réalisée par la suite.

Le désentreposage des combustibles sans emploi est initié en OPDEM et se poursuit après l'entrée en vigueur du décret de démantèlement, sous référentiel de démantèlement.

Terme source démantèlement

Le terme source démantèlement englobe l'activité des radionucléides présents sur l'installation, une fois que tous les combustibles et éléments irradiants entreposés sous eau auront été évacués.

Ce terme source est essentiellement composé de la contamination résiduelle présente sur l'installation (contamination des tuyauteries, des capacités, REI, contamination du GC, eau de la piscine et des bassins et des circuits d'eau, ...). Il est estimé sur la base de mesures radiologiques actuellement disponibles et d'hypothèses. Ce terme source sera vérifié et consolidé, préalablement à l'enclenchement des différentes opérations de démantèlement.

B.4 État final visé

Après la réalisation des différentes opérations de démantèlement mentionnées dans ce dossier, l'état final doit permettre la réutilisation des bâtiments assainis.

À la fin des opérations de démantèlement et d'assainissement, l'état physique final des locaux sera le suivant :

- * les équipements ayant servi au démantèlement seront démontés et évacués,
- * les circuits d'eau et d'air, de gestion des effluents, ainsi que ceux utilisés pour le démantèlement seront déposés et évacués,
- * les réseaux de ventilation seront déposés et évacués,
- * l'émissaire de rejet des effluents gazeux radioactifs de l'installation sera assaini et/ou déposé,

¹ Ces 155 étuis constituent le maximum d'étuis pouvant être présents à l'état initial. À la date de mise en application du décret, le procédé DECAP aura été mis en service et certains de ces étuis ne seront plus présents sur l'installation PEGASE à l'état initial.

- * les circuits de fluides seront déposés et évacués,
- * les circuits de collecte et d'entreposage des effluents seront déposés et évacués,
- * les moyens de manutention contaminés et/ou activés seront déposés et évacués,
- * les parois et les portes seront assainies,
- * des réseaux électriques permettront d'alimenter un éclairage et les dispositifs de surveillance,
- * les descentes d'eaux pluviales seront maintenues en place,
- * des réaménagements seront réalisés, si nécessaire, pour assurer la sécurité du personnel.

À ce jour, aucune difficulté particulière n'a été identifiée pour atteindre cet état final.

L'objectif est que l'installation démantelée et son terrain d'implantation ne présentent aucun risque pour la santé, la salubrité publique ou la protection de la nature et de l'environnement et puissent être réutilisés pour un usage de type recherche ou industriel, sans qu'il soit nécessaire de mettre en place une servitude d'utilité publique ².

² D'une manière générale, les servitudes d'utilité publique peuvent être établies, à l'initiative de l'administration, pour cause d'utilité publique, des limites au droit de propriété et d'usage de sol. Elles sont instituées en vertu des réglementations qui leur sont propres.

C. Description du projet de démantèlement de l'installation

Le projet de démantèlement et d'assainissement de l'INB 22 - installation PEGASE concerne l'ensemble des opérations à réaliser en vue d'atteindre l'état final rappelé au paragraphe précédent, celui-ci ayant pour objectif l'obtention du déclassé du zonage déchets et du zonage radioprotection de l'installation.

L'INB 22 - installation PEGASE réalise ou a prévu de réaliser, des opérations dites « de fonctionnement », soit dans le cadre du référentiel de sûreté déjà approuvé par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), soit dans celui d'autorisations délivrées au cas par cas, par cette même autorité. Il s'agit :

- × des opérations de SENEX,
- × des Opérations Préparatoires au Démantèlement (OPDEM).

Par ailleurs, le projet de démantèlement partiel de l'INB 22 - installation PEGASE comprend la réalisation d'opérations dites de « démantèlement » selon cinq étapes (cf. Synoptique général du scénario de démantèlement de l'INB 22 – installation PEGASE).

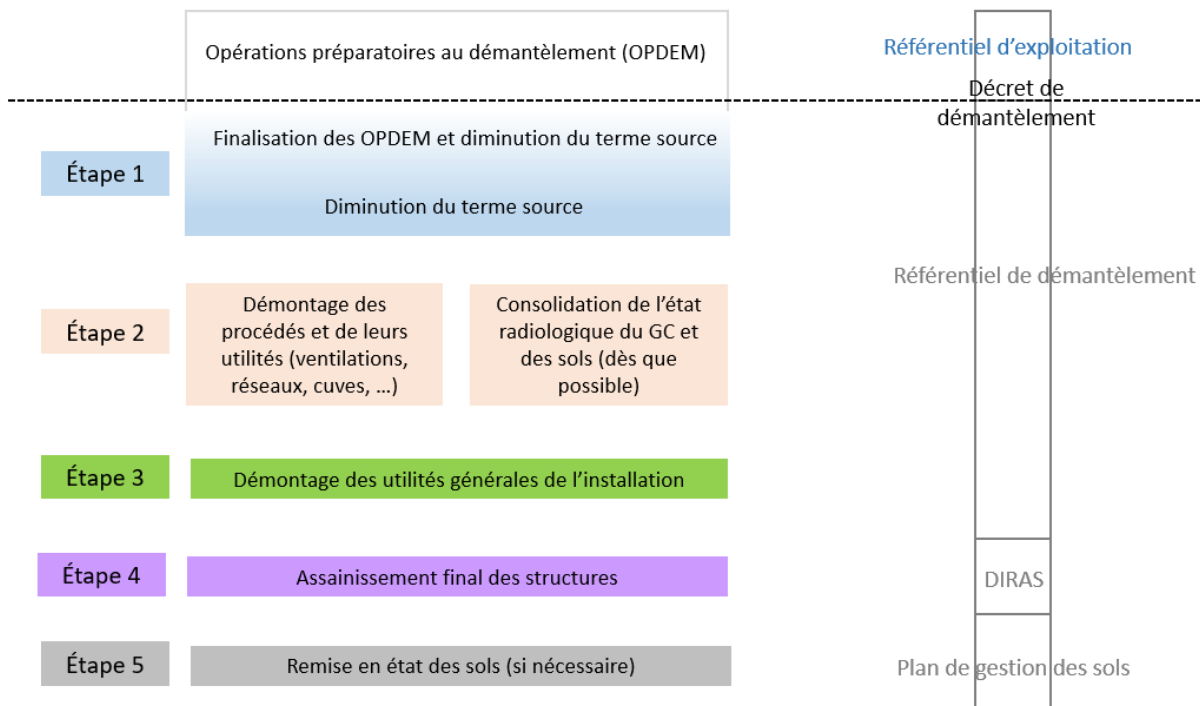


Figure 4. *Synoptique général du scénario de démantèlement de l'INB 22 – installation PEGASE*

Les étapes majeures envisagées du projet de démantèlement de l'INB 22 – installation PEGASE dans son ensemble sont :

l'aménagement et le démantèlement : finalisation des OPDEM, diminution du terme source et démantèlement des équipements et procédés non encore démontés et de l'ensemble des utilités et installations techniques auxiliaires,

l'assainissement des structures,

le déclassement des zonages déchets et radioprotection.

C.1 Opérations de fonctionnement

C.1.1 Opérations de SENEX

L'activité de l'INB liée aux opérations de SENEX correspond aux activités de surveillance, de maintenance, d'entretien et d'exploitation courante nécessaires au maintien de l'installation dans son domaine de fonctionnement autorisé.

Les opérations de SENEX sont déjà réalisées dans l'installation et se poursuivront tout au long des opérations de démantèlement.

C.1.2 Opérations Préparatoires au Démantèlement (OPDEM)

Les Opérations Préparatoires au Démantèlement (OPDEM) sont réalisées en préalable aux opérations de démantèlement et pourront être achevées après l'entrée en vigueur du décret de démantèlement.

À ce titre, les opérations qui peuvent être encore en cours de réalisation à l'entrée en vigueur du décret de démantèlement sont intégrées au descriptif des opérations de démantèlement. Les risques associés seront intégrés à l'inventaire des risques présenté au § D.

Ces opérations préparatoires au démantèlement ont notamment pour objectif d'évacuer les combustibles sans emploi entreposés dans la piscine de l'INB 22 - installation PEGASE. Cette opération se prolongera après l'entrée en vigueur du décret autorisant les opérations de démantèlement de l'INB 22 - installation PEGASE. Elle sera réalisée dans le cadre des dernières opérations ayant trait au fonctionnement de l'installation.

C.2 Opérations de démantèlement

C.2.1 Aménagements spécifiques

Des aménagements spécifiques aux séquences de démantèlement seront réalisés en amont des opérations associées. Ces travaux seront réalisés dans le cadre du décret de démantèlement.

Ces aménagements peuvent consister en :

- × l'installation d'équipements de manutention supplémentaires,

- * la modification des servitudes et des systèmes auxiliaires (ventilation, électricité, air comprimé, air respirable, etc.),
- * la mise en place des équipements de radioprotection dédiés au démantèlement,
- * l'aménagement des zones intérieures et extérieures de collecte et d'entreposage des déchets.

C.2.2 Démantèlement de l'installation PEGASE

C.2.2.1 Démantèlement du bâtiment 226 (bâtiment de liaison à la galerie technique)

Le scénario global du démantèlement du bâtiment 226 (aéroréfrigérant) est découpé en plusieurs séquences dans le but de démonter l'ensemble des équipements, procédés et auxiliaires présents. Ces séquences seront réalisées en série, et dans l'ordre chronologique suivant :

- * démantèlement de l'aéroréfrigérant,
- * découplage PEGASE/ CASCAD,
- * démantèlement des équipements des galeries techniques.

C.2.2.2 Évacuation des matières entreposées sous eau

L'évacuation des matières entreposées sous eau consiste en :

- * la poursuite de l'évacuation des combustibles sans emploi (CSE) entreposés dans la piscine et les bassins de PEGASE (projet DECAP),
- * l'évacuation des étuis B₄C, des éléments béryllium, des éléments activés de structure métallique (BA2).

C.2.2.3 Démantèlement des bâtiments 216 et 226

Le scénario global du démantèlement du bâtiment 216 est découpé en plusieurs séquences dans le but de démonter l'ensemble des équipements, procédés et auxiliaires présents au sein du bâtiment réacteur. Ces séquences seront réalisées en série et dans l'ordre chronologique suivant (plusieurs séquences peuvent être réalisées en parallèle) :

- * démantèlement de l'aéroréfrigérant,
- * démantèlement de la cellule blindée,
- * vidange de la piscine et des bassins,
- * évacuation des équipements restants,
- * démantèlement du procédé de désentreposage des fûts,
- * vidange des cuves et des tuyauteries,
- * démantèlement des bassins et de la piscine,
- * vidange et mise à disposition des Résines Echangeuses d'Ions (REI),

- * démantèlement du circuit des eaux,
- * évacuation des Résines Echangeuses d'Ions (REI),
- * démantèlement de la station d'épuration,
- * démantèlement des circuits des effluents suspects et actifs,
- * démantèlement de la ventilation industrielle,
- * mise en place et mise en service de la ventilation provisoire,
- * simplification de la ventilation nucléaire historique,
- * dépose des moyens de surveillance et mise en place de moyens mobiles,
- * simplification du réseau électrique,
- * mise en place et mise en service de la nouvelle ventilation pour la surveillance,
- * démantèlement de la ventilation historique simplifiée.

Le démantèlement du bâtiment 226 (aéroréfrigérant) sera réalisé indépendamment du démantèlement des équipements du bâtiment 216.

C.3 Assainissement des structures

Il s'agit d'assainir le génie civil des différents locaux des bâtiments de l'INB 22 - installation PEGASE présentant de la radioactivité ajoutée dans l'objectif d'un déclassé d'une zone à production possible de déchets nucléaires (ZppDN) en zone à déchets conventionnels (plus précisément en zone sans radioactivité ajoutée).

Les procédés d'assainissement qui seront utilisés pour assainir le génie civil sont des procédés mécaniques secs ou chimiques.

C.4 Déclassé des zonages déchets et radioprotection

Afin d'atteindre l'état permettant le déclassé des zonages déchets et radioprotection de l'installation, il peut être nécessaire, en cas de présomption de présence d'éléments radioactifs et/ou chimiques pouvant constituer une contamination des aires extérieures, d'effectuer une levée de doute, puis si la présence de contamination est confirmée, d'en établir une cartographie précise. En fonction de la localisation de la contamination et des résultats des études réalisées dans le cadre d'un schéma conceptuel, des démarches sont mises en œuvre avec pour objectif de rendre compatible l'état des milieux avec les usages définis.

Des solutions comme l'excavation des terres, le retrait de bitumes contaminés, etc. peuvent être proposées de sorte de permettre l'atteinte, dans une démarche d'optimisation, de l'objectif de réhabilitation fixé.

Le retrait de la contamination est la mesure de gestion prioritaire.

Lorsque toute la contamination ne peut être retirée dans des conditions technico-économiquement raisonnables, une démarche d'optimisation est mise en œuvre pour atteindre un état final conduisant à un impact résiduel compatible avec les usages.

A priori, le déclassement des zonages déchets et radioprotection de l'INB 22 - installation PEGASE ne sera pas accompagné de cette étape de réhabilitation. En effet les événements recensés (cf. Pièce 3 du dossier de démantèlement) ne devraient pas avoir conduit à la contamination des sols sous les bâtiments.

C.5 Phasage des opérations

Le démantèlement du bâtiment 216 s'effectue par niveau, en procédant du rez-de-chaussée vers le 2^{ème} sous-sol. Cette stratégie s'appuie principalement sur le principe de gestion des risques de sûreté et sécurité qui consiste à démanteler les réseaux d'eaux selon une logique gravitaire, limitant ainsi les risques induits par une erreur d'intervention.

D. Inventaires des risques

Les tableaux suivants présentent l'inventaire des risques d'origine nucléaire et des risques non nucléaires d'origine interne ou externe identifiés dans le cadre des opérations de fonctionnement, de démantèlement et d'assainissement de l'INB 22 - installation PEGASE.

Un « OUI » indique que le risque est présent, et dans ce cas il fait l'objet d'une analyse détaillée. L'analyse des différents risques et leur maîtrise par les mesures de prévention, les moyens de surveillance et les mesures de limitation des conséquences figurent au § F.1 (pour les risques nucléaires), § F.2 (pour les risques d'origine interne) et § G (pour les risques d'origine externe).

18

Pièce 9

D.1 Risques nucléaires d'origine interne

RISQUES	OPERATIONS D'EXPLOITATION (SENEX)	OPERATIONS DE DEMANTELEMENT		ASSAINISSEMENT DES STRUCTURES	REHABILITATION DU SITE
		OPDEM	Démantèlement		
<i>Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne</i>	OUI	OUI	OUI	-	-
<i>Évacuation de la puissance thermique issue des substances radioactives et des réactions nucléaires</i>	-	-	-	-	-
<i>Dissémination de matières radioactives</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	-
<i>Exposition interne aux rayonnements ionisants</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	-
<i>Exposition externe aux rayonnements ionisants</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	-
<i>Radiolyse</i>	OUI	OUI	-	-	-

D.2 Risques non nucléaires d'origine interne

RISQUES	OPERATIONS D'EXPLOITATION (SENEX)	OPERATIONS DE DEMANTELEMENT		ASSAINISSEMENT DES STRUCTURES	REHABILITATION DU SITE
		OPDEM	Démantèlement		
<i>Émission de projectiles</i>	OUI	-	OUI	-	-
<i>Défaillance d'équipements sous pression</i>	OUI	-	OUI	-	-
<i>Collision et chute de charges</i>	OUI	OUI	OUI	-	OUI
<i>Explosion</i>	OUI	OUI	OUI	-	-
<i>Incendie</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	-
<i>Émission de substances dangereuses (dont l'amiante)</i>	-	-	OUI	OUI	-
<i>Inondation</i>	OUI	OUI	OUI	-	-
<i>Interférences électromagnétiques</i>	-	-	-	-	-
<i>Perte de l'alimentation électrique</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	-
<i>Perte de la ventilation</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	-
<i>Perte de la surveillance</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	-
<i>Perte des alimentations en fluides</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	-
<i>Facteurs Organisationnels et Humains</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
<i>Co-activité</i>	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

Nota : outre les risques identifiés dans ce tableau, les risques liés aux actes de malveillance d'origine interne font l'objet d'études spécifiques relevant d'un cadre classifié et soumises à l'approbation du Haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité (HFDS). Pour des raisons de sécurité, ces études ne sont pas indiquées dans le présent document.

D.3 Risques non nucléaires d'origine externe

Outre les risques d'origine nucléaire et les risques d'origine internes à l'installation, les risques suivants sont présents, indépendamment de la réalisation des opérations de fonctionnement et de démantèlement :

Agressions	OUI/NON	Remarque
Environnement industriel et voies de communication	OUI	Présence d'installations industrielles à proximité de l'installation et de voies de communication routières et aériennes.
Séisme	OUI	La sismicité régionale conduit à considérer le risque sismique.
Foudre et interférences électromagnétiques	OUI	Le risque de foudre est pris en compte. L'agression liée aux interférences électromagnétiques n'est pas présente car les opérations d'exploitation ne mettent pas en œuvre d'équipements générant des interférences électromagnétiques.
Conditions météorologiques ou climatiques extrêmes	OUI	Les risques liés aux effets des fortes précipitations, de la neige, du gel et du vent sont pris en compte.
Inondation d'origine externe	OUI	Le risque d'inondation d'origine externe peut résulter de la rupture d'un barrage ou d'une infiltration d'eau issue d'une nappe phréatique.
Incendie d'origine externe	OUI	Le risque d'incendie d'origine externe, qui concerne essentiellement les feux de forêts, est pris en compte.
Actes de malveillance d'origine externe	OUI	Les risques liés aux actes de malveillance d'origine externe (et interne) font l'objet d'études spécifiques relevant d'un cadre classifié et soumises à l'approbation du Haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité (HFDS).

E. Rappels sur la radioactivité et les effets des rayonnements ionisants

La radioactivité est un phénomène physique correspondant à l'émission spontanée d'énergie sous forme d'un rayonnement (particulaire ou électromagnétique) par de la matière constituée d'atomes instables (dits radioactifs). L'unité de la radioactivité est le becquerel (Bq) qui vaut une désintégration (transformation spontanée d'un noyau d'atome) par seconde.

Les produits radioactifs (radioéléments, radio-isotopes) sont distingués suivant la nature et l'énergie des rayonnements qu'ils émettent. Les différents types de radioactivité sont définis en fonction des rayonnements suivants :

- × **le rayonnement alpha (noyau d'hélium)**, qui est peu pénétrant et ne peut parcourir que quelques centimètres dans l'air et quelques dizaines de microns dans l'eau et les tissus de l'organisme. Une simple feuille de papier suffit à l'arrêter,
- × **le rayonnement bêta (électron ou positon)**, qui peut parcourir plusieurs mètres dans l'air et quelques millimètres dans l'eau. La paroi en verre d'un flacon ou une feuille d'aluminium suffit à l'arrêter,
- × **le rayonnement gamma**, qui est très pénétrant et traverse facilement l'organisme si son énergie est suffisante. De fortes épaisseurs de matériaux denses et compacts (eau, béton ou plomb) sont nécessaires pour en atténuer l'intensité.

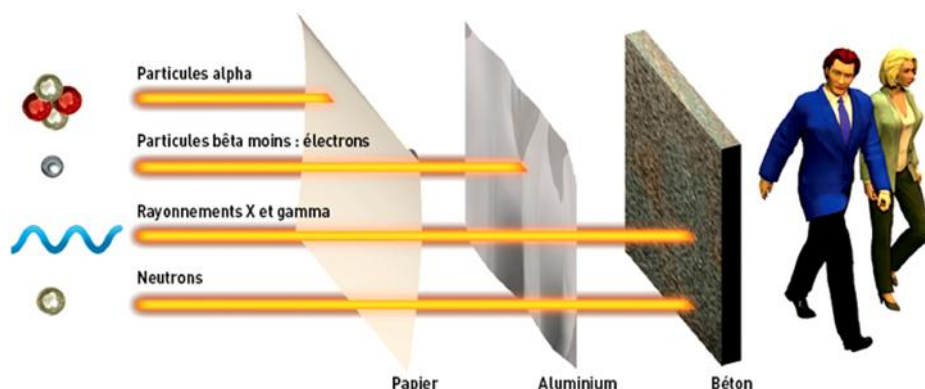


Figure 5. Pouvoir de pénétration dans la matière des rayonnements

Les rayonnements peuvent provoquer des ionisations au cours de leur trajet et conduire à des lésions dans les cellules vivantes : ils sont alors appelés « rayonnements ionisants ».

Les conséquences de ces ionisations d'atomes ou de molécules dépendent de la partie atteinte de l'organisme (tissus), de la nature (alpha, bêta ou gamma) et de l'énergie du rayonnement, et de la quantité d'énergie absorbée localement par unité de masse (la « dose absorbée » s'exprime en Gray (1 Gy = 1 Joule.kg⁻¹)).

Suite à une exposition à des rayonnements ionisants, les effets biologiques sur le corps entier sont évalués par la « dose efficace » qui s'exprime en Sievert (Sv), calculée à partir des doses absorbées aux différents organes/tissus et de facteurs tenant compte de la radiosensibilité de chaque organe et des différents types de rayonnements.

L'exposition à ces rayonnements ionisants peut être externe et/ou interne :

- * une exposition externe par irradiation, lorsque la source de rayonnements est située à l'extérieur du corps,
- * une exposition interne par inhalation ou par ingestion de radioéléments, ou encore par une plaie, suite à une dissémination de matières radioactives.

L'estimation des doses de rayonnements ionisants reçues aux organes et/ou au corps entier permet d'apprécier le risque total d'un individu exposé, et d'évaluer les risques d'effets sanitaires.

Ainsi, afin d'éviter la survenue de tout effet sur la santé des personnes à court terme et de maîtriser les risques à long terme, les principes généraux de radioprotection, consistent à :

- * éviter toute exposition injustifiée,
- * limiter les doses de rayonnements ionisants reçues par les opérateurs, voire par les personnes du public (limites annuelles de dose efficace et limite en dose aux organes sensibles),
- * maintenir les expositions externes et internes aux rayonnements ionisants à un niveau « aussi bas que raisonnablement possible », en deçà des limites réglementaires de dose (principe d'optimisation ALARA).

Les mesures de maîtrise des risques d'expositions interne et externe aux rayonnements ionisants retenues dans l'INB 22 - installation PEGASE visent donc au respect de ces principes.

F. Analyse des risques d'origine interne et dispositions prévues pour les maîtriser

Pour chaque risque potentiellement présent lors des opérations de fonctionnement et de démantèlement de l'INB 22 - installation PEGASE, une démarche dite « de défense en profondeur » est appliquée afin de prévoir les dispositions à mettre en œuvre afin de les maîtriser.

Il s'agit :

- × des **mesures de prévention** permettant de diminuer la probabilité d'occurrence des accidents,
- × des **moyens et dispositifs de surveillance** et de détection permettant d'identifier au plus tôt les événements indésirables,
- × des **mesures de limitation des conséquences** visant à protéger le personnel, le public et l'environnement et à réduire les effets des accidents si ceux-ci surviennent malgré les lignes de défenses précédentes.

F.1 Risques nucléaires d'origine interne

F.1.1 Risque de criticité

Origine du risque

Le risque de criticité est lié à la présence de matières fissiles dans les combustibles irradiés.

Mesures de prévention

La prévention du risque de criticité repose sur la connaissance de la part des opérateurs des règles relatives à la maîtrise de ce risque. Celles-ci sont portées à la connaissance du personnel :

- × lors des formations initiales pour les nouveaux arrivants,
- × lors de formations par compagnonnage pour les opérateurs d'exploitation,
- × lors de recyclages pendant les semaines de sécurité.

Pour les combustibles irradiés entreposés sous eau, la prévention du risque de criticité repose sur le mode de contrôle par la géométrie des conteneurs ou éléments combustibles et de leurs casiers d'entreposage, associé pour certains types de combustibles au mode de contrôle par la masse de matières fissiles.

F.1.2 Risque de dissémination de matières radioactives

Origine du risque

Le risque de dissémination de substances radioactives provient de la dégradation ou de la perte des systèmes de confinement statique et dynamique permettant de confiner les matières radioactives encore présentes au sein de l'INB 22 - installation PEGASE, notamment :

- * les combustibles irradiés et substances radioactives entreposés dans la piscine de PEGASE,
- * les équipements contaminés (procédés et utilités) de l'installation à démanteler,
- * les matériaux des équipements activés implantés dans la piscine,
- * les matériaux activés entourant la piscine,
- * les volumes d'effluents actifs et suspects à évacuer,
- * la contamination résiduelle présente dans les locaux concernés par les séquences de démantèlement,
- * les structures de génie civil contaminées.

Le risque de dissémination est dû à :

- * la dégradation ou la perte des systèmes de confinement statique et dynamique permettant de confiner les matières radioactives encore présentes au sein de l'INB 22 – installation PEGASE,
- * la remise en suspension de la contamination surfacique des équipements contaminés et des radionucléides issus de l'activation des matériaux notamment lors des opérations de découpe ou de décontamination.

Mesures de prévention

De manière générale, la prévention du risque de dissémination des matières radioactives repose sur l'interposition d'au moins une barrière de confinement statique entre les matières radioactives et le personnel, et d'au moins deux barrières de confinement statique entre ces matières et l'environnement.

Ces barrières de confinement statique sont généralement associées à un ou plusieurs systèmes de confinement dynamique (ventilations des bâtiments, ventilations des sas) qui viennent renforcer l'efficacité du confinement statique.

Les premières barrières de confinement statique et dynamique sont différentes selon le bâtiment concerné, selon l'opération concernée et selon le local d'intervention.

À titre d'exemple :

- * pour la dépose des réseaux de tuyauteries présents dans la galerie technique, la première barrière de confinement statique est constituée du sas de chantier mobile disposé dans la galerie technique associé à une ventilation spécifique,

- * pour la vidange et le démantèlement des bassins et de la piscine, la première barrière de confinement statique est constituée des parois des bassins et de la piscine et du sas chantier disposé au-dessus des bassins et de la piscine, associé à une ventilation spécifique.

Les secondes barrières de confinement statique et dynamique, constituées par les bâtiments et par leur ventilation spécifique ne sont pas modifiées au cours des opérations.

Les sas de chantier, où le risque de contamination est le plus élevé, sont en dépression par rapport aux locaux dans lesquels ils se trouvent.

La prévention du risque de dissémination de matières radioactives repose également sur des mesures adaptées à chaque opération réalisée, dont notamment :

- * choix des moyens de dépose d'équipements et de matériel permettant de minimiser la mise en suspension de la contamination,
- * les procédures visant à emballer tout élément contaminé dans une double enveloppe en vinyle avant de sortir le déchet du sas chantier.

En préalable à la réalisation d'une opération, le niveau de risque radiologique de la zone d'intervention est caractérisé en localisant et évaluant le terme source présent et les zones de contamination.

Pour l'assainissement des structures du génie civil, les dispositions mises en place reposent sur le confinement de la zone de chantier associé à une aspiration spécifique des poussières à la source avec filtration à Très Haute Efficacité (THE).

En complément des dispositions présentées ci-dessus, des dispositions spécifiques sont mises en œuvre pour prévenir le risque de dissémination par voie liquide :

- * présence de dispositifs (type vanne) permettant d'isoler l'équipement,
- * mise en œuvre de rétentions adaptées aux fluides concernés,
- * isolement de l'équipement à déposer : l'ensemble à déposer est séparé de toutes ses alimentations en électricité et fluides, et ses liaisons avec les unités amont et aval doivent être neutralisées. Les éventuelles ouvertures créées sont fermées au moyen d'obturateurs étanches,
- * repérage des équipements et tuyauteries susceptibles de contenir des liquides résiduels,
- * vidange des équipements et tuyauteries avant dépose.

Par ailleurs, les mesures générales de prévention liées à tout chantier ou toute activité en zone contaminante (respect des règles en matière de radioprotection) sont appliquées et des dispositions sont mises en place pour la protection des zones assainies (habillage des murs et condamnation des locaux).

Moyens de surveillance

La surveillance de l'efficacité des barrières de confinement est assurée par les contrôles périodiques des cascades de dépression (lecture directe de manomètres locaux) et par les contrôles périodiques d'efficacité des filtres des systèmes de ventilation.

De plus, une dissémination de substances radioactives serait détectée par le(s) système(s) de surveillance en continu de la contamination atmosphérique qui sont généralement des détecteurs fixes et/ou mobiles (système EDGAR) disposés dans les locaux ou les sas de chantiers à risques.

Ces systèmes de surveillance en continu sont appelés détecteurs actifs puisqu'ils génèrent des alarmes en cas de dépassement de seuils adaptés aux opérations réalisées, ces alarmes étant reportées en local, en salle de commande du bâtiment 216 et au Poste Central de Sécurité (PCS) du Centre.

Par ailleurs, des Appareils fixes et/ou mobiles de Prélèvement Atmosphériques (APA) sont disposés dans l'installation en fonction des risques identifiés. Des vérifications périodiques de la contamination surfacique des locaux sont également réalisés par le SPR de manière à identifier une éventuelle dissémination.

De plus, des contrôles de non-contamination préalables aux sorties de matériels, de déchets et de personnels sont réalisés, au moyens d'appareils de radioprotection (contaminamètres, contrôleur « mains/pieds » ...) pour tous les chantiers ou opérations à risque de contamination.

Les contrôles réalisés sur les effluents liquides générés par les opérations avant leur transfert vers une installation adaptée à leur nature (effluents sanitaires, effluents industriels et effluents radioactifs) peuvent permettre de détecter une dissémination de substances radioactives.

Enfin, les rejets atmosphériques de l'installation sont contrôlés par un dispositif de mesure en continu des aérosols radioactifs α et β déclenchant localement une alarme sonore et visuelle en cas de dépassement de seuil, qui est reportée en salle de commande de l'INB 22 et au PCS du Centre, et par un dispositif de mesure en différé des aérosols α et β (Dispositif de Prélèvement des Rejets Cheminée).

Mesures de limitation des conséquences

De manière générale, les mesures permettant de limiter les conséquences d'une dissémination de substances radioactives sont :

- ✘ la connaissance par les opérateurs et les équipes d'intervention de la conduite à tenir lors du déclenchement des alarmes et la mise en œuvre des consignes de radioprotection et de sécurité en cas d'incident,
- ✘ l'évacuation du personnel, si nécessaire, avec port de l'Équipement de Protection des Voies Respiratoires (EPVR),
- ✘ le balisage de la zone d'intervention contaminée,
- ✘ la présence de l'Équipe Locale de Premiers Secours (ELPS), du Service de Protection contre les Rayonnement (SPR), de la Formation Locale de Sécurité (FLS) et du Service de Santé au Travail (SST).

F.1.3 Risque d'exposition interne aux rayonnements ionisants

Origine du risque

Le risque d'exposition interne du personnel est lié au risque d'inhalation ou d'ingestion de radioéléments lors de leur remise en suspension dans l'air et /ou en cas de contamination surfacique.

De façon générale, ce risque est une conséquence du risque de dissémination de matières radioactives. Toutes les opérations susceptibles de générer un risque de dissémination de matières radioactives (présentées au paragraphe précédent) peuvent donc conduire à un risque d'exposition interne.

Mesures de prévention

Les mesures de prévention vis-à-vis du risque de dissémination (en particulier la présence de barrières de confinements statique et dynamique) sont également efficaces vis-à-vis du risque d'exposition interne.

Les principes et les règles de radioprotection sont pris en compte dans les études préliminaires des opérations de démantèlement. Ainsi, par exemple, les choix du confinement et du débit de ventilation dans les différents locaux d'intervention et sas de chantier sont effectués en amont de la réalisation de toute opération.

Les principaux moyens collectifs permettant d'assurer la protection du personnel contre l'exposition interne sont :

- ✗ la mise en œuvre de sas et/ou de cellules permettant le confinement des chantiers pour les activités générant de la contamination atmosphérique (sas de travail),
- ✗ l'aspiration au plus près lors des opérations de découpe de manière à limiter la dissémination de matières radioactives dans l'atmosphère de la zone de travail,
- ✗ la mise en place d'un zonage déchets des locaux permettant de distinguer les zones à déchets conventionnels (ZDC) des zones à production possible de déchets nucléaires (ZppDN),
- ✗ et plus généralement toutes les mesures de prévention des différents risques d'origine interne pouvant conduire à une dissémination (incendie, explosion, manutention...).

Des mesures individuelles sont également mises en œuvre et reposent sur :

- le port des tenues de travail adaptées au risque d'exposition interne et/ou de contamination,
- le port des gants pour les opérations le nécessitant telles que les opérations de manipulation des colis de déchets, d'objets suspects de contamination ou contaminés, etc.,
- l'utilisation d'EPVR et/ou d'air respirable pour les opérations le nécessitant telles que les opérations de changement de filtres de la ventilation, les opérations de décontamination, etc..

Ces dispositions ne sont pas systématiques, mais sont appliquées au cas par cas.

Moyens de surveillance

Les locaux équipés de balises situés dans les bâtiments de l'INB 22 - installation PEGASE font l'objet d'une surveillance radiologique en temps réel au moyen des informations délivrées automatiquement par les appareils de détection de rayonnements ionisants.

Ces balises de surveillance du risque de dissémination et d'exposition interne permettent de surveiller la contamination de l'air par les aérosols (rayonnements alpha et bêta) et génèrent, en cas de dépassement de seuil, des alarmes locales qui sont reportées au niveau du TCR dans la salle de contrôle, et au PCS de la FLS.

Mesures de limitation des conséquences

Les opérateurs présents dans les zones à risque sont équipés de protections respiratoires individuelles (isolantes ou filtrantes), en vue de pouvoir les utiliser rapidement, si nécessaire.

Dans le respect des consignes générales de radioprotection, en cas de suspicion d'inhalation ou d'ingestion de contamination, le personnel est dirigé vers le Service de Santé au Travail (SST).

F.1.4 Risque d'exposition externe aux rayonnements ionisants

Origine du risque

Le risque d'exposition externe concerne essentiellement les personnels de l'INB 22 - installation PEGASE situés à proximité des sources de rayonnements ionisants (radioéléments émetteurs γ) présentes dans le terme source (combustibles sans emploi, éléments B₄C, éléments béryllium, éléments activés de structure métallique) entreposé dans la piscine PEGASE, les équipements et les volumes d'effluents liquides résiduels.

Ce risque est essentiellement lié aux :

- * produits de fission ou d'activation présents dans les combustibles,
- * matériaux métalliques activés,
- * sources d'étalonnage pour les appareils de mesure.

Mesures de prévention

À la conception, les choix techniques et les méthodologies envisagées permettent de retenir un scénario optimisé et de choisir les techniques et les outils adaptés et ainsi limiter les temps d'intervention par rapport aux sources potentielles d'irradiation.

Une démarche d'optimisation de la radioprotection dite ALARA (« As Low As Reasonably Achievable ») est appliquée, afin de réduire les doses à un niveau « aussi bas que raisonnablement possible, en deçà des limites réglementaires ».

Les principes suivants sont appliqués :

- * des mesures de débits de dose sont effectuées en préalable à l'ouverture des chantiers pour établir des évaluations prévisionnelles de doses individuelles et collectives,
- * les techniques les plus appropriées aux opérations à réaliser sont sélectionnées afin de minimiser la durée de l'exposition aux rayonnements des intervenants,
- * lorsque cela est possible, des moyens télé-opérés sont utilisés de manière à augmenter la distance entre les sources de rayonnements et les intervenants.

En outre, l'analyse du retour d'expérience des opérations, pouvant générer un risque d'exposition externe déjà réalisées, est également mise à profit pour réduire les doses reçues par les opérateurs à un niveau aussi bas que raisonnablement possible, en deçà des limites réglementaires.

Pendant les opérations, pour toute intervention, un Dossier d'Intervention en Milieu Radioactif (DIMR) est mis en œuvre. Des objectifs de doses individuelles et collectives propres aux opérations à réaliser sont définis en cohérence avec l'analyse d'optimisation mise en œuvre.

Le zonage de radioprotection dans l'INB 22 - installation PEGASE est réalisé en tenant compte des risques nucléaires présents dans l'installation et de la réglementation en vigueur.

Ce zonage permet de délimiter les locaux et zones de travail et de les repérer par une couleur caractérisant les niveaux de débit d'équivalent de dose et/ou de contamination de l'air en tout point de la zone.

Le zonage de radioprotection évolue pour tenir compte de l'évolution des risques potentiels d'exposition et de l'avancement des opérations.

Des barrières ou écran de protection contre les rayonnements ionisants (protections biologiques) peuvent être interposées entre les sources et le personnel. Les principales protections radiologiques interposées entre les sources et le personnel sont l'eau de la piscine et des bassins ainsi que les parois des bâtiments et de la cellule blindée pour les opérations de reprise et de reconditionnement des éléments entreposés sous eau.

Le personnel intervenant est formé et habilité. L'interdiction est faite au personnel non-habilité à la réalisation des opérations de démantèlement de rentrer dans les locaux liés à ces opérations.

Les conditions de circulation du personnel sont clairement définies et imposées.

Moyens de surveillance

Une surveillance radiologique est mise en place dans les locaux présentant un risque d'exposition externe et à proximité de ceux-ci. Cette surveillance est réalisée à l'aide d'appareils de radioprotection (fixes ou portatifs) et de balises de chantier (mobile).

Ces moyens de mesure de débit de dose ambiant génèrent, en cas de dépassement de seuil, des alarmes locales qui sont reportées au niveau du TCR, dans la salle de commande du bâtiment 296 et au PCS de la FLS.

À cette surveillance s'ajoute une surveillance individuelle de l'exposition externe des opérateurs au moyen de dosimètres :

- * opérationnels (permettant une lecture de la dose et du débit de dose en temps réel et délivrant des alarmes),
- * passifs mesurant la dose « corps entier » et, le cas échéant, la dose équivalente au niveau des extrémités (mains, pieds...).

Mesures de limitation des conséquences

La limitation des conséquences du risque d'exposition externe aux rayonnements ionisants repose sur le respect des consignes visant à gérer les situations de dépassement des seuils d'exposition externe.

En cas de déclenchement d'une alarme sur une balise de surveillance d'irradiation ou d'alarme sur les dosimètres électroniques, la conduite à suivre est présentée dans une consigne dont les principales mesures sont :

- * les opérations en cours sont arrêtées et mises en sécurité en fonction du degré d'urgence,
- * le personnel évacue le bâtiment tout en respectant les sauts de zone et les contrôles radiologiques,
- * le SPR est alerté, recherche les causes de l'évènement et définit la procédure à suivre.

Les travaux peuvent reprendre après mises en place de mesures compensatoires.

F.1.5 Risque de radiolyse

Origine du risque

Le risque de radiolyse résulte de :

- * l'entreposage sous eau d'éléments combustibles,
- * l'entreposage des éléments Béryllium dans l'enceinte étanche du CEBe (Caisson Étanche Béryllium) en configuration sous eau.

Le phénomène de radiolyse se traduit par la décomposition de la matière hydrogénée sous l'effet des rayonnements (dégagement d'hydrogène).

Seuls le hall bassins/piscine et l'enceinte étanche du CEBe dans lequel sont entreposés les éléments Béryllium, sont concernés par le risque d'accumulation de gaz de radiolyse :

- * L'analyse réalisée en 2003 a démontré que le risque de radiolyse lié à l'entreposage sous eau d'éléments combustibles est faible,
- * Le risque induit par la radiolyse de l'eau piégée dans le CEBe (entreposage des éléments Béryllium) est une éventuelle montée en pression de l'enceinte étanche.

L'entreposage des conteneurs C3L en rack est limité à 6 mois en bassin. Passé ce délai, le conteneur est renvoyé en cellule blindée pour mesure de la pression interne et réinertage.

Mesures de prévention

La maîtrise du risque de radiolyse de l'eau est assurée par la mise en place d'appareil de suivi de l'évolution des pressions, de dispositif de sécurité passive et de mesure compensatoire.

Moyens de surveillance

Le CEBe a été conçu afin de suivre l'évolution des pressions en eau et en air de son enceinte étanche. Un capteur de pression différentielle est positionné dans le caisson et une lecture de la valeur est disponible sur le SKID qui se trouve en bord de piscine.

La mesure compensatoire à adopter est de chasser l'eau de l'enceinte étanche vers la cuve d'effluents actifs de l'installation. Un renouvellement de l'eau présente dans l'enceinte étanche suffit à repositionner le CEBe dans sa position de sûreté initiale.

Moyens de limitation des conséquences

Néanmoins, si la montée de la pression dans l'enceinte étanche continue, le couvercle du caisson est équipé d'une soupape permettant d'évacuer la surpression.

Enfin, par conception, l'enceinte étanche est garantie pour tenir mécaniquement en cas de surpression. Cette disposition technique de conception permet notamment de garantir que le CEBe et les flexibles/raccords ne se disconnectent pas et ainsi se prémunir d'une surpression liée à la radiolyse de l'eau.

F.2 Risques non nucléaires d'origine interne

F.2.1 Risque lié à l'émission de projectiles

Origine du risque

Le risque d'agression d'origine mécanique par émission de projectiles est lié à la présence de machines tournantes, comprenant principalement les ventilateurs d'extraction des sas de confinement de chantier propres aux opérations de démantèlement, les machines de perçage, les machines de découpe,

L'émission d'un projectile peut conduire à la perte du confinement de la première barrière (ex : sas chantier).

Mesures de prévention

Les mesures de prévention du risque lié aux machines tournantes ou à effort mécanique important reposent notamment sur les principes suivants :

- ✗ les matériels tournants sont carénés et/ou placés dans des armoires de protection dédiées,
- ✗ les machines à effort mécanique important sont munies de carters de protection et d'un bouton d'arrêt d'urgence,
- ✗ l'implantation préférentielle des machines dans une zone spécialement aménagée de manière à ne pas agresser une cible de sûreté en cas de défaillance,
- ✗ la réalisation d'opérations d'entretien et de maintenance préventive et curative (si nécessaire) par du personnel formé, ainsi que la réalisation de contrôles périodiques réglementaires.

Moyens de surveillance

Le dysfonctionnement d'un équipement participant à des fonctions de protection des intérêts est visible en salle de commande, notamment la surveillance du fonctionnement de la ventilation et la surveillance de transfert des effluents. Une inspection visuelle confirme la défaillance de l'équipement.

Le dysfonctionnement d'un équipement qui n'est pas remonté en salle de commande comme les ventilateurs des sas chantier est détecté par le personnel lors des interventions, visites ou inspections visuelles.

Mesures de limitation des conséquences

Les ventilateurs sont positionnés de manière à éviter la détérioration des sas chantier en cas de défaillance.

En cas d'observation d'une éventuelle perturbation :

- * un bruit anormal pour les machines de découpe et de perçage, les opérations sont arrêtées pour mettre en sécurité le poste de travail,
- * un bruit anormal au niveau du ventilateur, les opérations dans le sas chantier associé sont arrêtées et le personnel est évacué.
- * De plus, les actions techniques pour un retour à la normal sont effectuées.

F.2.2 Risque de défaillance d'équipements sous-pression

Origine du risque

La présence de ce risque est liée à l'utilisation d'équipements sous-pression (ESP) mis en œuvre dans le cadre des opérations.

La rupture d'un ESP peut survenir suite à une montée en pression de celui-ci, un choc ou un impact agressant l'ESP, ou encore une défaillance liée au vieillissement ou à une non-conformité de l'équipement. Le risque de rupture d'équipement sous pression est susceptible d'induire une émission de projectile ainsi qu'une onde de surpression.

L'INB 22 - installation PEGASE ne possède aucun équipement sous pression nucléaire (ESPN), seuls sont présent dans l'installation des ESP transportables (extincteurs, bouteilles de gaz sous pression et les compresseurs d'air mobiles).

Moyens de prévention

De façon générale, les ESP sont conçus dans le respect des réglementations qui leur sont applicables et font l'objet de contrôles périodiques.

Des rondes de surveillance sont organisées et des opérations de maintenance sont effectuées régulièrement.

Mesures de limitations des conséquences

En cas de défaillance d'un ESP, les opérations sont arrêtées immédiatement et les équipements sont éloignés des cibles de sûreté.

Dans ce contexte, le risque de défaillance d'un ESP n'est pas susceptible de remettre en cause la sûreté de l'INB 22 - installation PEGASE.

F.2.3 Risque de collision et chute de charges

Origine du risque

Les opérations de manutention (transfert de matériel et des déchets, dépose d'équipements) à l'aide de moyens de levage de l'installation (ponts polaires et roulants des bâtiments, portiques, chariots, grues...) sont susceptibles d'endommager, par chocs ou par chutes de charge transportée, les objets radioactifs ou les équipements importants pour la sûreté de l'installation (EIPS).

Les causes principales d'un incident de manutention ou de transfert sont :

- * la défaillance d'un engin de manutention ou d'un équipement utilisé lors des opérations,
- * une erreur humaine.

Les principaux risques de chute de charge sont liés aux opérations de manutention réalisées au sein de l'installation pour le transfert de matériels / déchets ainsi que pour le maintien des équipements au moment de leur dépose.

Mesures de prévention

Les dispositions de prévention suivantes doivent être appliquées :

- * le survol d'éléments importants pour la protection est limité autant que possible,
- * La vitesse de manutention (levage, direction et translation) est limitée,
- * Présence de freins de sécurité sur certains équipements de manutention,
- * S'assurer de la conformité et de la vérification périodique de l'équipement de manutention utilisé,
- * Les opérateurs à ce type d'opération spécifique et évaluer les risques liés à l'opération spécifique sont formés, recyclés, habilités et autorisés,
- * Concernant le transfert des colis de déchets ou d'équipements contaminés, les trajets empruntés par les moyens de manutention mobiles sont prédéfinis. Le survol des sas chantier, des bassins et de la piscine n'est pas autorisé. Cependant lors de certaines opérations, il se peut que le survol des sas ne puisse être évité. Les mesures compensatoires suivantes sont mises en place :
 - pas d'opérations en cours dans le sas,
 - les colis de déchets en cours de remplissage dans les bassins ou la piscine sont fermés
- * Le survol de charges lourdes au-dessus de zone d'entreposage tampon de l'installation n'est pas autorisé,
- * Les colis de déchets sont manutentionnés en deçà de leur hauteur de qualification,
- * La CMU de l'équipement de manutention est respectée,

- ✘ Dans le cadre de la prévention du risque de collision, les positions de garage banalisés sont prévues pour les nouveaux moyens de manutention dans les sas où ils seront employés.
- ✘ En cas de manutention d'équipement lourd (dont la masse est suffisante pour agresser un élément important pour la protection des intérêts de l'INB 22 - installation PEGASE en cas de chute ou collision), la manutention du matériel doit être fiabilisé (redondance de la chaîne de levage, ...),
- ✘ Les nouveaux moyens de manutentions sont choisis en fonction des charges manutentionnés et leur CMU est compatible avec les masses des équipements ou déchets manutentionnés,
- ✘ Les transports hors de l'INB 22 sur le centre de Cadarache sont réalisés conformément aux règles en vigueur sur le centre. Les emballages de transport des déchets sont dimensionnés afin de prévenir de toutes conséquences radiologiques en cas d'accident sur la route.

Moyens de surveillance

La surveillance des moyens de manutention est principalement assurée par les opérateurs par un contrôle visuel. Dans le cadre des opérations sensibles (masse importante ou enjeux directs pour la sûreté), la vérification du bon déroulement des opérations est réalisée par un opérateur qui supervise et contrôle l'opération.

Les opérations de maintenance, de contrôle périodique et d'essais permettent de s'assurer du bon fonctionnement et du maintien en conformité de l'équipement concerné.

Mesures de limitation des conséquences

En cas de remise en suspension de contamination suite à un accident de manutention, le confinement statique et dynamique permet de limiter le transfert de radionucléides à l'environnement et au public. Le SPR effectue ensuite un balisage, des contrôles radiologiques et une décontamination si nécessaire.

F.2.4 Risque d'explosion

Origine du risque

Les origines du risque d'explosion sont liées au risque de radiolyse (cf. § F.1.5), à la défaillance d'ESP (cf. § F.2.2) et à la présence de zones ATEX dans l'installation.

Cependant, les zones ATEX étant éloignées des EIP de l'installation, elles n'impactent pas la protection des intérêts de l'INB 22 - installation PEGASE.

F.2.5 Risque d'incendie d'origine interne

Origine du risque

Le risque d'incendie résulte de la présence simultanée d'une source d'ignition, de matières combustibles et de comburant (en général, l'oxygène présent dans l'air).

Dans l'INB 22 - installation PEGASE le risque d'incendie est notamment lié à :

- * une possible défaillance d'équipements électriques (court-circuit, surintensité...),
- * l'utilisation possible de matériels de découpe pouvant générer des projections incandescentes (torche oxycoupage ou torche plasma, disqueuse),
- * la présence dans l'installation et sur le chantier de matériaux combustibles (vinyle, déchets, câbles électriques...),
- * la foudre (cf. § G.3 relatif au risque lié à la foudre).

Mesures de prévention

L'objectif de mesures de prévention du risque d'incendie est d'éviter de rassembler les trois éléments dont la présence simultanée peut provoquer un incendie (combustible, comburant et source d'ignition).

La prévention de ce risque repose sur :

- * la limitation des matières combustibles et inflammables (en quantité et en nature) présentes dans les locaux de l'installation, dont les zones de chantier,
- * la tenue au feu des éléments de structure dont notamment les sas de chantier d'assainissement et de démantèlement,
- * la conformité du matériel électrique utilisé,
- * l'utilisation d'éclairages complémentaires froids dans et autour des sas de chantier,
- * l'utilisation de matière de classe de réaction au feu adaptée pour la réalisation des sas de chantier ainsi que pour l'emballage des déchets,
- * la sensibilisation et la formation du personnel,
- * pour les opérations par point chaud (ex : disqueuse), la disposition, autour de la découpe, des rideaux pare-étincelles pour limiter la projection de particules incandescentes. Des chicanes pare-étincelles sont également mises en place au-devant des bouches d'extraction dans les sas abritant des découpes thermiques, afin de protéger les filtres THE. Les éventuels besoins de découpes par points chauds nécessitant l'utilisation de gaz feront l'objet d'une analyse de risque spécifique au travers de l'établissement d'un permis de feu (processus d'autorisation installation)..
- * la création d'une zone d'exclusion vis-à-vis des sources d'allumage et une matérialisation au sol pour les point de collecte des déchets combustibles
- * l'entreposage dans une armoire métallique fermée des équipements combustibles nécessaires à l'exploitation (tenues tyveck, gants coton, etc.),

- ✖ la zone d'entreposage des colis 870L issus du démantèlement des boîtes à gants du procédé de traitement des fûts plutonifères (prévue dans la galerie des casemates au niveau -1) sera implantée dans une zone du local exempte de source d'ignition.

Moyens de surveillance

Le réseau de détection et d'alarme incendie, qui s'appuie sur un ensemble de capteurs répartis dans les locaux et adaptés aux différents type de feu, permet de repérer rapidement un début d'incendie et de limiter sa propagation.

Ainsi, un début d'incendie génère une alarme sonore et vocale dans l'installation et au niveau du PCS de la Formation Locale de Sécurité (FLS).

Des détecteurs supplémentaires seront installés en tant que de besoin au cours des opérations de démantèlement à réaliser. Ces détecteurs seront reliés au réseau de détection et d'alarme incendie, avec report au PCS.

Une surveillance visuelle est également réalisée en horaire normal, par le personnel présent dans les locaux et en dehors des heures de présence des intervenants, par des rondes de surveillance.

Par ailleurs, des visites périodiques sont réalisées sur les chantiers, afin de vérifier entre autres, l'état de propreté de ces derniers et de détecter toute dérive significative de la charge calorifique dans les locaux.

En cas de travaux par point chaud, une ronde est effectuée après l'arrêt des opérations, conformément aux règles en vigueur sur le centre de Cadarache.

Mesures de limitation des conséquences

Les mesures de limitation des conséquences d'un incendie sont les suivantes :

- ✖ l'utilisation de moyens d'extinction adaptés au type de feu,
- ✖ la mise en œuvre de matériaux et d'aménagements ayant des qualités de réaction et de résistance au feu adaptés au risque, et ce plus particulière à l'intérieur des sas de chantier,
- ✖ l'intervention de l'Équipe Locale de Premier Secours (ELPS) de l'INB 22 - installation PEGASE et de la FLS du centre,
- ✖ les balisages, les consignes et plans, destinés à informer le personnel et à le diriger en cas d'évacuation,
- ✖ la conduite de la ventilation selon le lieu de l'incendie (locaux radiologiques ou non).

F.2.6 Risque d'inondation d'origine interne

Origine du risque

Le risque d'inondation interne ou d'épandage est dû à la présence :

- × De l'eau contenue dans la piscine et les bassins,
- × Des différentes cuves,
- × Des canalisations des différents circuits des eaux (deminéralisée, industrielle et surchauffée),
- × Des volumes d'eau de rinçage générés lors des opérations d'assainissement (piscine et bassins, cuve effluents suspects).

Le risque d'inondation est lié soit à la défaillance d'un de ces éléments, soit aux éventuelles eaux d'extinction d'incendie qui sont susceptibles d'engendrer une perte des utilités ou la dispersion de matières radioactives.

Mesures de prévention

La principale mesure destinée à prévenir les risques de fuites d'eau repose sur le dimensionnement et la qualité de réalisation des contenants (parois des bassins et de la piscine, cuves, ...).

Les cuves de l'installation sont munies soit d'un trop-plein, soit d'un détecteur de niveau « haut », soit d'un détecteur de « baisse de niveau ».

Des contrôles périodiques sont réalisés sur les circuits d'eaux (dont les pompes) et des actions correctives sont engagées si nécessaire.

La vidange des bassins est réalisée par gravité vers la cuve des effluents suspects via les bouches de vidange situées dans chaque bassin. L'aiguillage cette destination est réalisée par des vannes. En cas de besoin, il est possible de vidanger séparément les bassins de l'atelier chaud par la mise en place de batardeaux étanches.

Les effluents actifs résiduels présents dans les cuves sont repris par des pompes qui refoulent dans un camion-citerne préalablement positionné sur une rétention mobile. Le risque d'épandage des effluents au moment de leur reprise est limité au pompage de ces derniers.

Moyens de surveillance

La surveillance de l'installation est assurée par les moyens suivants :

- × des détecteurs d'inondation reliés au réseau de téléalarme,
- × les pompes de reprise qui démarrent automatiquement lorsque les fosses de récupération atteignent leur niveau haut.

- ✖ lors d'une présence d'eau dans la salle des mécanismes en dessous de la piscine, la pompe démarre automatiquement et une alarme est reportée au tableau local de téléalarme de la salle de contrôle et au PC sécurité du Centre,
- ✖ deux détecteurs d'eau à alarme locale sont implantés dans les deux travées est et ouest du radier.

Par ailleurs, l'alarme niveau « bas » piscine et bassins, reliée à la téléalarme, permet de suspecter une fuite au niveau d'un cuvelage ou d'une tuyauterie.

D'autre part, des seuils bas sur les débitmètres du circuit des eaux engendrent l'arrêt des pompes de circulation pour éviter d'alimenter une fuite sur les canalisations (source probable de la chute de débit si les pompes fonctionnent sans défaut).

Le dysfonctionnement d'un équipement est détecté par le personnel intervenant.

Mesures de limitation des conséquences

Lors des opérations de dépose des circuits, des chiffonnettes sont mises à dispositions pour essuyer les égouttures et limiter le risque de dissémination.

La détection d'une fuite ou d'une inondation donne lieu à :

- ✖ la recherche de la source pour la réduire,
- ✖ l'étude des dégâts causés, radioprotection incluse, et organes probablement atteints,
- ✖ l'isolement et la consignation des sources sous tension électriques touchées,
- ✖ l'évacuation des effluents, sous contrôle de radioprotection, par des moyens mobiles.

En cas d'inondation, le personnel présent prend les dispositions nécessaires et notamment la fermeture des circuits concernés pour éliminer la source d'inondation.

Par ailleurs, pour éviter l'accumulation de l'eau dans certains locaux, et pour récupérer l'eau, l'installation dispose d'un circuit de reprise des dalots.

Le circuit de reprise des fuites permet de recueillir les fuites qui peuvent se produire en différents points du circuit des eaux. L'eau est recueillie dans des fosses tampon puis reprise par des pompes commandées par contacteur de niveau et renvoyée soit dans la cuve d'effluents suspects, soit dans les cuves d'effluents actifs.

Par ailleurs, en cas de fuite importante, le bâtiment 216 dispose d'un radier. La capacité du radier de l'ordre de 1 700 m³, associée à celle de la zone du 2^{ème} sous-sol de l'ordre de 700 m³ permet de recueillir tout le volume d'eau contenu dans les bassins et la piscine.

F.2.7 Risque lié à la perte de l'alimentation électrique

Origine du risque

La perte de l'alimentation du réseau électrique normal peut être dû à :

- * La défaillance d'un équipement lié à l'alimentation et/ou la distribution de l'électricité de l'installation,
- * L'agression d'un équipement lié à l'alimentation et/ou la distribution de l'électricité (incendie, chute de charge, ...),
- * La perte de l'alimentation du Centre CEA de Cadarache.

Mesures de prévention

Pour prévenir le risque de perte de l'alimentation normale, des dispositions de conception et d'exploitation sont mises en œuvre dans l'installation Pégase :

- * Dispositions de conception : l'alimentation normale de l'INB 22 - installation PEGASE, à partir de la boucle de 15 kV du Centre, s'effectue par deux câbles ayant un cheminement séparé. Les deux arrivées sont en permanence sous tension et la section des câbles est suffisante pour qu'une seule arrivée alimente l'ensemble des deux transformateurs.

Les deux tableaux électriques principaux de l'installation (tableaux A et B) sont, en fonctionnement normal, alimentés par deux transformateurs assurant une redondance de l'alimentation des tableaux, chaque transformateur ayant une puissance suffisante pour absorber seul le maximum de puissance consommé observé ces dix dernières années.

- * Dispositions d'exploitation : l'alimentation électrique fait l'objet de contrôles et essais périodiques, et d'opérations de maintenance.

Surveillance

La surveillance du risque de défaillance de l'alimentation électrique repose sur :

- * la surveillance du bon fonctionnement des armoires électriques de l'installation avec une signalisation visuelle,
- * la surveillance du bon fonctionnement des installations électriques mis en place pour les opérations de démantèlement au moyen de dispositifs munis d'alarme,
- * la surveillance d'un défaut d'alimentation en énergie électrique avec un report en salle de commande.

De plus, la surveillance du réseau électrique est assurée par les intervenants pendant la durée du chantier et par des vérifications périodiques et réglementaires.

Le synoptique situé au poste de surveillance du service technique du Centre permet de signaler :

- * La perte de l'alimentation normale de l'installation,

- × Le démarrage du ou des Groupes Electrogènes Fixes (GEF 1 et/ou GEF 2),
- × Un défaut des transformateurs.

La puissance absorbée par les transformateurs est également reportée sur ce synoptique.

Limitation des conséquences

En cas de perte de l'alimentation électrique normale, le Groupe Electrogène Fixe 1 du bâtiment 216 démarre automatiquement. Il permet d'alimenter :

- × les récepteurs essentiels de l'installation,
 - × l'onduleur 30 kVA qui alimente notamment :
 - le réseau de surveillance de radioprotection,
 - la supervision de la téléalarme,
 - les baies de contrôle-commande de la salle de contrôle,
 - les baies de mesure,
 - × le tableau TGBT/S de l'installation de désentreposage.
- × En cas de perte de l'alimentation normale de l'ancienne installation de désentreposage des fûts et du procédé DECAP (TGBT/N), le Groupe Electrogène Fixe (70 kVA) démarre automatiquement afin de reprendre l'alimentation des équipements secourus via le TGBT/S, ainsi que les équipements alimentés en courant permanent via le TGBT/P en by-pass de l'onduleur du désentreposage des fûts.

En cas de perte de l'alimentation électrique lors d'opérations, la limitation des conséquences repose sur la mise en œuvre des dispositions suivantes :

- × les opérations en cours dans les zones de chantiers concernées sont interrompues,
- × les zones de chantiers sont mises en position de repli sûr (reconstitution du confinement statique, affalage des charges en cours de manutention, etc.),
- × le personnel évacue la zone de chantier.

Avant la reprise des opérations, une ronde de surveillance est réalisée dans les installations afin de vérifier l'absence d'anomalie (ventilation, surveillance, etc.).

F.2.8 Risque lié à la perte de la ventilation

Origine du risque

La ventilation nucléaire de l'INB 22 - installation PEGASE assure notamment le confinement dynamique et l'assainissement de certains locaux.

Le confinement dynamique participe, selon le cas, à la deuxième ou troisième barrière de confinement de la matière radioactive.

La perte de la ventilation nucléaire peut être :

- ✗ totale provenant essentiellement d'une défaillance de mode commun aux différents réseaux ou d'une agression interne/externe,
- ✗ partielle suite à la défaillance d'un des réseaux de ventilation nucléaire ou une agression interne/externe.

Les situations à l'origine d'une défaillance de la ventilation générale ou de type chantier sont les suivantes :

- ✗ perte de l'alimentation électrique.
- ✗ défaillance du ou des ventilateurs d'extractions de l'installation.
- ✗ défaillance du module autonome d'extraction de type Promindus installé pour le chantier.

Les conséquences potentielles d'une défaillance de la ventilation sont la perte de la maîtrise du risque de dissémination de substances radioactives avec :

- ✗ la perte de la fonction de confinement dynamique (mise en dépression de locaux et enceintes et maintien d'un sens préférentiel d'écoulement de l'air dans l'installation),
- ✗ la perte de la fonction d'assainissement de l'atmosphère des enceintes et locaux (renouvellement de l'air),
- ✗ la perte de la fonction d'épuration des rejets radioactifs atmosphériques (assurés par les dispositifs de filtration).

Mesures de prévention

La prévention du risque de défaillance de la ventilation repose sur :

- ✗ l'utilisation de matériels adaptés et conformes à la réglementation en vigueur,
- ✗ la réalisation d'opérations de maintenance et d'entretien périodiques au niveau des équipements liés à la ventilation.

Pour limiter l'occurrence d'une perte totale de la ventilation nucléaire, des dispositions de conception concernant les défaillances de mode commun ont été prises :

- ✗ redondance de la ventilation nucléaire (soufflage, extraction, filtres...),
- ✗ en cas de perte de l'alimentation électrique normale, les systèmes de ventilation nucléaire peuvent être repris par le réseau électrique secouru de l'INB 22 - installation PEGASE alimenté par le GEF 1 et le GEF 2.
- ✗ des dispositions de prévention de la perte du contrôle - commande sont mises en œuvre.

Afin d'augmenter la disponibilité et la fiabilité de la ventilation nucléaire, une redondance de la plupart des réseaux de ventilation existants.

Par ailleurs, tous les circuits de soufflage sont asservis aux circuits d'extraction de manière à arrêter le circuit de soufflage en cas de défaut du circuit d'extraction, pour éviter des surpressions des locaux concernés.

La ventilation nucléaire de l'INB 22 - installation PEGASE et les asservissements associés font l'objet d'une maintenance préventive systématique ou conditionnée par les résultats des contrôles et essais périodiques.

La perte d'un groupe de ventilation est détectée sur la baie de ventilation par une alarme et l'allumage sur le synoptique du voyant correspondant. Dans cette situation, des actions de maintenance corrective sont engagées.

Moyens de surveillance

Pour détecter la perte de la ventilation nucléaire ou un défaut de celle-ci (manque de débit, défaut ventilation), des alarmes sont reportées sur la baie de commande de la ventilation avec report au tableau local de téléalarme en salle de contrôle.

L'ensemble des alarmes sont reportées au PC sécurité du Centre sous la forme d'un « Défaut ventilation ».

La surveillance du risque de défaillance de la ventilation repose également sur :

- * les essais de mise en service pour une ventilation « chantier » mise en œuvre dans le cadre des opérations de démantèlement,
- * la surveillance des paramètres aérauliques de la ventilation,
- * la surveillance des dispositifs de filtration de la ventilation.

Mesures de limitation des conséquences

En cas de perte d'un ou plusieurs réseaux de ventilation nucléaire de l'INB 22 - installation PEGASE, après information du chef d'installation et de l'agent SPR, les moyens de limitation des conséquences, dans les zones concernées, sont les suivants :

- * la surveillance radiologique fonctionne en permanence,
- * le confinement statique du local et les cascades de dépression sont maintenus et permettent de limiter le risque de dispersion dans les locaux adjacents et dans l'environnement,
- * les opérations à risque de contamination sont arrêtées lorsque nécessaire,
- * les intervenants portent des protections respiratoires adaptées pour terminer les opérations et intervenir dans les locaux concernés lorsque nécessaire,

- * les ouvertures des portes ou sas sont limitées au minimum,

Suite à un évènement de perte de la ventilation :

- * les causes sont recherchées et des actions de maintenance corrective sont initiées,
- * le respect des caractéristiques et du bon fonctionnement du ou des réseaux de ventilation nucléaire concernés sont vérifiés après réparation.

F.2.9 Risque lié à la perte de la surveillance

Origine du risque

La perte des réseaux de surveillance de l'INB 22 - installation PEGASE (voir les paragraphes « moyens de surveillance » des autres risques traités) peut être due à des défaillances au niveau des alimentations électriques, des équipements de surveillance ou à un défaut de basculement lors du transfert des voies de surveillance.

La perte des systèmes participant à la sûreté de l'installation concerne principalement les systèmes de surveillance :

- * radiologiques,
- * de la ventilation nucléaire,
- * le réseau de téléalarme.

Mesures de prévention

Les dispositions génériques liées à la maîtrise du risque de perte des systèmes de surveillance reposent principalement sur des dispositions de conception des réseaux et sur la réalisation des contrôles de bon fonctionnement et essais périodiques ainsi que sur les opérations de maintenance. Ces opérations de maintenance permettent :

- * la vérification du bon fonctionnement des dispositifs par des essais de déclenchement de seuils d'alarme,
- * l'étalonnage des dispositifs.

En cas de défaillance du TCR (Tableau de Contrôle Radioprotection), la surveillance radiologique est toujours assurée car les mesures restent disponibles en local et le renvoi des alarmes au PC sécurité du Centre par le biais du réseau de téléalarme est toujours en service.

Pour limiter l'occurrence d'une perte du réseau de téléalarme, le réseau de téléalarme est alimenté par l'alimentation de secours de l'installation. Un GEM (Groupe Electrogène Mobile) d'ultime secours peut être mis en place pour alimenter l'armoire SAFIR associée à la téléalarme et aux pompes de prélèvement atmosphérique.

Moyens de surveillance

En cas de défaillance d'un équipement de surveillance radiologique, de surveillance de la ventilation nucléaire ou d'un équipement du réseau de téléalarme, une alarme est reportée en salle de contrôle et au PC sécurité du Centre.

Mesures de limitations des conséquences

Les principales consignes appliquées en cas de perte des systèmes de surveillance sont :

- × l'arrêt des opérations et la mise en sécurité des postes de travail,
- × la mise en place de moyens mobiles de surveillance,
- × la mise en place de rondes de surveillance,
- × la recherche de l'origine de la perte et la mise en œuvre d'actions correctives.

En cas de perte d'un asservissement sur la ventilation liée à une indisponibilité du système de surveillance associé, le démarrage du circuit de secours est réalisé manuellement.

F.2.10 Risque lié à la perte des alimentations en fluides

Origine du risque

Le réseau d'air comprimé de l'installation alimente notamment les vannes pneumatiques et les ballons tampons des clapets coupe-feu de la ventilation nucléaire, ainsi que les joints des portes des sas d'accès à l'enceinte étanche.

La défaillance du système de production ou de distribution de l'air comprimé pourrait donc conduire à l'indisponibilité ou la perte de la ventilation de secours de l'enceinte étanche, une altération de l'étanchéité des sas de l'enceinte étanche et donc une perte de l'intégrité de la deuxième barrière de confinement.

Pour pallier ou prévenir ces situations, diverses mesures de prévention, de surveillance et de limitation de conséquences sont mises en œuvre sur l'installation.

L'INB 22 - installation PEGASE utilise du gaz comprimé argon – CO₂ ou argon - méthane pour le fonctionnement de certains appareils de radioprotection (contrôleurs mains-pieds de sortie de zone contrôlée). L'alimentation est assurée par une installation fixe qui dessert les vestiaires.

Par ailleurs, la perte de l'alimentation en azote utilisée pour le balayage de certains emballages ou de l'argon et de l'hélium utilisés dans le cadre du procédé DECAP, n'engendre pas d'impact sur la protection des intérêts.

Prévention du risque

La prévention du risque repose sur des dispositions :

- * générales relatives à l'installation de production et de distribution d'air comprimé,
- * particulières vis-à-vis des équipements concernés par une perte d'alimentation en air comprimé (ventilation, circuit des eaux, perches de manutention).

Dispositions générales :

L'installation de production d'air comprimé est située au rez-de-chaussée du bâtiment ventilation. Elle comporte notamment deux compresseurs et une réserve d'air comprimé.

Lorsque le 1^{er} compresseur est sélectionné, le 2^{ème} compresseur assure une reprise en secours, et inversement. Lorsque la pression chute en dessous d'un certain seuil, les deux compresseurs fonctionnent simultanément. Le fonctionnement automatique et la régulation des compresseurs sont assurés par une unité intégrée aux compresseurs.

Le circuit d'alimentation des vannes de la ventilation nucléaire est équipé d'un pressostat qui déclenche une alarme « manque d'air comprimé » sur la baie de commande de la ventilation lorsque la pression atteint 4 bars.

À la suite d'une alarme « manque d'air comprimé », par consigne :

- * le personnel ou l'agent d'astreinte vérifie l'ouverture de la vanne du réservoir d'air comprimé qui permet d'alimenter le circuit d'air comprimé. Le réservoir permet de compenser la fuite en attendant les actions correctives,
- * les opérations de manutention à risque (manutention d'éléments radioactifs) sont reportées ou sont arrêtées (remise du conteneur ou de l'élément combustible dans son emballage de transport ou dans son casier),
- * l'utilisation des sas de l'enceinte étanche est limitée.

Par convention avec le service technique du Centre, un compresseur mobile électrique ou thermique peut être acheminé.

Dispositions particulières :

- Ventilation nucléaire :

La perte de l'air comprimé engendre une indisponibilité de certaines fonctions (by-pass du filtre et basculement sur le réseau de secours), qui en fonctionnement normal ne sont pas sollicitées. Cependant la continuité du confinement statique des locaux est assurée.

- Circuit des eaux :

Les vannes électropneumatiques du circuit des eaux se mettent en position ouverte en cas de perte d'air comprimé.

Compte tenu de la configuration des électrovannes, la quantité d'eau traitée par la station d'épuration serait moins importante en cas de perte d'alimentation en air comprimé. Cependant, cette situation ne remet pas en cause la sûreté de l'installation.

Surveillance

La mesure de la pression d'air dans le réseau déclenche une alarme lorsque celle-ci descend en dessous de 4 bars, l'alarme est reportée au PC sécurité.

Limitation des conséquences

En cas de perte de l'alimentation en air comprimé, l'ouverture des bouteilles de secours situées à postes fixes, à proximité des sas, permet de rétablir la continuité du confinement statique de l'enceinte étanche et la manœuvre des sas. Le personnel doit évacuer les locaux équipés de sas car en l'absence de rétablissement de l'air comprimé et en cas d'épuisement des réserves, les manœuvres de sortie des sas seraient compromises.

En cas de défaillance de l'installation fixe d'alimentation en argon – CO₂ ou argon – méthane, les dispositions de surveillance et de limitation des conséquences associées sont les suivantes :

- * des bouteilles remplies sont constamment en réserve sur le râtelier,
- * des dispositifs de détection de contamination surfacique sont placés à la sortie des zones contrôlées.

F.2.11 Risque d'émission de substances dangereuses

Origine du risque

Le risque d'émission de substances dangereuses est lié à :

- * l'utilisation de réactifs chimiques nécessaires au démantèlement (produits de décontamination, gels, etc.) susceptible de provoquer une réaction d'inflammation, des dégagements gazeux, d'hydrogène ou de vapeurs toxiques,
- * la présence de peinture au plomb sur certains équipements, susceptibles de provoquer des dégagements de gaz ou de poussières en cas de travail par point chaud sur ces peintures,
- * la présence de matériaux amiantés dans certaines structures à déposer autour de l'aéroréfrigérant et dans les brides de la ventilation industrielle. La dépose de ses éléments est susceptible de remettre des fibres d'amiante dans l'atmosphère et ainsi d'exposer le personnel à un risque d'inhalation des fibres.

Les opérations de démantèlement comportant un risque amiante sont principalement :

- le démantèlement de l'aéroréfrigérant,

- le démantèlement de la ventilation industrielle.

Mesures de prévention

Concernant le risque lié à l'utilisation de produits chimiques, les moyens de prévention mis en place sont :

- ✗ la limitation des quantités de produits chimiques utilisés,
- ✗ une identification claire des produits utilisés et la connaissance de la réactivité des produits avec les surfaces à traiter,
- ✗ le respect des Fiches de Données de Sécurité (FDS) propres à chaque produit,
- ✗ la formation et/ou l'information du personnel aux risques liés à l'utilisation de produits chimiques,
- ✗ le tri et la collecte des déchets pour éviter le mélange de réactifs incompatibles.

Les règles relatives au stockage des produits chimiques et à l'approvisionnement de nouveaux produits dans le périmètre de l'INB 22, ainsi que les obligations des utilisateurs sont décrites dans une consigne de gestion des produits chimiques.

Concernant le risque lié à la présence potentielle de peinture au plomb sur des équipements à démanteler, un diagnostic plomb doit être réalisé pour localiser la présence de plomb. Les mesures de prévention adéquates seront définies et mises en œuvre à partir des résultats des investigations.

La prise en compte du risque amiante est assurée par :

- ✗ le respect des règles de sécurité concernant la gestion de l'amiante,
- ✗ l'établissement d'un plan de retrait, préalablement validé par le CSE, permettant d'identifier précisément les risques en présence et de spécifier les dispositions associées de prévention, surveillance et limitation des conséquences, est établi en préalable à la réalisation des opérations,
- ✗ la réalisation des opérations de retrait d'amiante par une entreprise certifiée,
- ✗ l'aménagement des chantiers : un système d'aspiration à la source au plus près des opérations,
- ✗ l'information des opérateurs concernant les risques encourus en préalable à la réalisation des opérations réalisées sur des matériaux amiantés,
- ✗ la formation et l'habilitation des opérateurs à la réalisation des opérations présentant ces risques,
- ✗ le respect des exigences réglementaires en vigueur au moment des opérations.

Moyens de surveillance

La surveillance est réalisée par les opérateurs qui manipulent les substances et par les équipes de sécurité (visite de sécurité) afin de détecter au plus tôt d'éventuelles fuites sur les emballages de produits chimiques en vérifiant notamment l'intégrité des emballages et la fermeture effective des emballages.

Les dispositions de surveillance mises en place vis-à-vis du risque amiante sont des dispositions prises au niveau des postes de travail amiante qui consistent à contrôler la concentration en fibre d'amiante à l'aide d'un appareil de mesure.

Par ailleurs, les opérateurs intervenant sur des opérations réalisées sur des matériaux amiantés sont suivis médicalement vis-à-vis de ce risque.

Mesures de limitation des conséquences

Les conséquences pour les opérateurs sont limitées par le port d'un appareil de protection des voies respiratoires filtrant en position de protection.

Les mesures de limitation des conséquences du risque chimique sont :

- × la limitation des quantités de produit utilisé,
- × la présence d'une Equipe Locale de Première Intervention (ELPS) et de la FLS du site,
- × la présence de moyens d'alerte pour le personnel,
- × la mise en place si besoin d'équipements de premiers secours à proximité des opérations (rince-œil, douche de sécurité),
- × la mise à disposition de kits d'intervention absorbants pour produits chimiques.

En cas de constat d'une détérioration d'emballage et/ou d'un épandage de produits chimiques, il est procédé au reconditionnement du produit dans un nouvel emballage et au nettoyage de la surface.

F.2.12 Risque lié aux Facteurs Organisationnels et Humains

L'étude des risques liés au Facteurs Organisationnels et Humains (FOH) est conduite suivant la démarche du CEA préconisée dans le cadre des projets d'assainissement et de démantèlement, à savoir :

- × une analyse des dispositions d'organisation générale dont les insuffisances pourraient conduire à la survenue de défaillances humaines lors du déroulement du travail : **approche macroscopique**,

- * une analyse centrée sur certaines activités humaines qualifiées de « sensibles³ » vis-à-vis de la sûreté : **approche microscopique**.

La mise en œuvre de ces deux approches complémentaires (macroscopique et microscopique) permet de réaliser l'étude FOH/sûreté des activités et de déterminer les exigences FOH permettant de garantir le bon déroulement des opérations, notamment celles concernant le démantèlement.

Les sources de données suivantes sont exploitées et combinées entre elles pour mettre en évidence les exigences FOH :

- * l'analyse documentaire,
- * l'analyse des situations de travail,
- * les entretiens avec les opérateurs, l'encadrement, l'équipe projet et les concepteurs,
- * les réunions permettant de présenter le diagnostic et de discuter les exigences FOH.

L'analyse macroscopique et ses conclusions sont résumées dans les paragraphes suivants.

Les activités repérées sensibles vis-à-vis de la sûreté sont :

- * la manutention de charges lourdes (équipements dimensionnant, colis de déchets),
- * le démantèlement des équipements (opérations de découpe),
- * la vidange de la cuve des effluents actifs (ceci est une activité sensible, du fait que c'est une activité ponctuelle et espacée dans la durée lors de la phase de démantèlement).

Organisation du travail

L'organisation du travail permet la définition des rôles et des responsabilités des intervenants. Cette structure organisationnelle vise la coopération de tous les intervenants pour atteindre un objectif commun, à savoir la fiabilité des interventions.

La répartition des tâches est construite de manière à homogénéiser la dose de rayonnements ionisants reçue par les intervenants. De plus, elle vise à bénéficier de l'acquis d'expérience dû à l'avancement des travaux.

L'organisation mise en place permet une communication à double sens entre le CEA (exploitant et projet) et le sous-traitant en charge des travaux. L'entreprise intervenante planifie ses activités et cette planification est discutée, affinée puis validée par le CEA (exploitant et projet).

De même, la préparation des opérations se base sur les documents de travail établis par les entreprises intervenantes et validés par le CEA.

³ Les activités dites « sensibles » vis-à-vis de la sûreté sont des activités de travail qui comportent, dans leur déroulement, des opérations réalisées avec une contribution importante des opérateurs et qui présentent un caractère sensible pour la sûreté.

Enfin, des réunions d'informations sont organisées pour le personnel intervenant. Ces réunions permettent d'insister sur les risques liés aux opérations à réaliser et de rappeler les mesures à prendre en cas d'incident.

Gestion des équipes et des compétences des intervenants

Il est prévu que les interventions soient réalisées *a minima* en binôme. L'exploitant dispense un circuit d'accueil des « nouveaux arrivants » permettant au personnel intervenant d'avoir une connaissance suffisante de l'installation et de ses risques, le cas échéant complétée par une phase de formation par compagnonnage.

Tous les intervenants sont :

- ✘ formés aux opérations qu'ils entreprennent : pilotage des équipements de manutention, réalisation des opérations de découpe, reprise des effluents, réalisation de chantier à risque amiante,
- ✘ qualifiés à l'utilisation des équipements nécessaires à ces opérations : équipements de manutention, outils de découpe, équipements de vidange des cuves d'effluents actifs, équipements de pompage des effluents en piscine,
- ✘ sensibilisés à l'utilisation des produits chimiques employés : utilisation de fixateur de contamination,
- ✘ habilités aux opérations de manutention par leur employeur,
- ✘ informés des risques présents dans les zones d'interventions et des dispositions associées de prévention, surveillance et limitation des conséquences (plan de prévention établi en préalable de la réalisation des opérations).

Gestion de la documentation et des dispositifs techniques

Le suivi des activités réalisées se fait à partir des documents de travail, tels que les modes opératoires, procédures, plans de contrôle qualité, cahiers de chantier, etc.

Ces documents reflètent le cadre des travaux et les directives à suivre pour fiabiliser l'intervention des opérateurs. Dans ce cadre, un système de validation de la documentation par le CEA est mis en place.

Concernant les dispositions techniques prévues pour les opérations, le principe retenu en conception des scénarios est de mettre en place des dispositifs techniques facilitant les opérations et limitant, de manière efficace, le risque de défaillance humaine et de dégradation de la sûreté.

Gestion de l'environnement de travail

L'aménagement des espaces de travail (accès aux postes de travail et aux zones d'intervention, zones de circulations entre les postes de travail) ainsi que les ambiances physiques (thermique, sonore, lumineuse, qualité de l'air, radiologique...) influent sur les comportements et attitudes des opérateurs.

Ceci peut exposer l'installation à des risques potentiels vis-à-vis de la sûreté.

Vis-à-vis de ces risques, un aménagement des environnements de travail adapté (aménagement de la zone de travail, installation des enceintes de confinement de chantier et de la ventilation, etc.) pourra être retenu.

Pour faire face aux contraintes spéciales, les axes de circulation (personnel, matériel et déchets) sont matérialisés, autant que possible, en s'appuyant sur les plans établis lors des études d'exécution et en prenant en compte la réalisation d'opérations en parallèle.

Toute modification est validée avec l'exploitant en réunion périodique.

F.2.13 Risque lié à la coactivité

Origine du risque

Les risques de coactivité proviennent de l'éventuelle interaction entre les différentes opérations réalisées dans l'installation.

Ce type de risque, générique à toutes les opérations, est essentiellement lié au fait que des opérations de démantèlement, d'assainissement et de SENEX peuvent être réalisées en même temps ou dans un même lieu géographique de l'installation. Les principaux risques induits par la coactivité sont les suivants :

- * risques d'exposition externe et interne,
- * risques liés à la circulation et aux déplacements,
- * risques liés aux opérations de manutention et chute de charge.

Le scénario de référence prévoit pour la plupart des chantiers de démantèlement, leur réalisation en série. Certains chantiers pourront se dérouler en même temps que d'autres mais ils ne se trouveront pas géographiquement proches ce qui évite toute interactivité.

Dispositions de prévention

Le risque lié à la coactivité peut être diminué en optimisant la planification des opérations et en s'assurant de la connaissance par tous les intervenants des autres opérations en cours dans l'installation.

Dans cette optique, les procédures (plan de prévention et autorisations de travail) permettent principalement de prendre en compte les risques relatifs au chantier et les risques liés à la coactivité avec l'environnement de celui-ci.

Les mesures mises en place sont :

- * chaque chantier fait l'objet d'un dossier d'intervention décrivant les travaux devant être réalisés et précisant les consignes applicables ainsi que les dispositions devant être mises en œuvre,
- * chaque chantier réalisé fait l'objet d'un plan de prévention établi par l'ingénieur sécurité de l'installation pour chaque entreprise extérieure. Il permet d'anticiper au mieux la gestion de la co-activité en amont de l'intervention
- * une réunion hebdomadaire de co-activité, qui permet d'analyser les risques de co-activité et d'identifier les éventuelles mesures à mettre en place pour la semaine à venir. La prise en compte des semaines N+2 et N+3 dans les réunions hebdomadaires de co-activité permet en plus, d'améliorer l'anticipation de la gestion de la co-activité (vision plus long terme).
- * un suivi de la planification est mis en place entre l'exploitant et les entreprises en charge des travaux pour suivre de manière régulière le planning et gérer les interactions.

Pour réduire le risque lié à ces interférences, une autorisation de travail journalière est établie en complément du plan de prévention pour permettre de gérer au quotidien, au plus près des interventions, les risques de co-activité. Les moyens de prévention suivants sont aussi déployés sur place :

- * interdiction d'accès à la zone d'intervention au personnel non autorisé ;
- * balisage et affichage des opérations dites à risque.

Dispositions de limitation des conséquences

Les dispositions de limitation des conséquences associées sont les suivantes :

- * évacuation du personnel en cas d'incident,
- * rapidité d'intervention des ELPS sur le lieu de l'incident.

De plus, les imprévus sont gérés en temps réel, par la re-définition des priorités, et en fonction, la re-planification des activités intégrant une réévaluation des risques de co-activité associés.

G. Analyse des risques d'origine externe

G.1 Risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication

G.1.1 Risques liés à la présence des autres installations avoisinantes

Ce paragraphe décrit succinctement les installations du centre de Cadarache susceptibles de générer une agression vis-à-vis de l'INB 22 - installation PEGASE.

Atelier de Technologie du Plutonium (ATPu) INB 32

L'Atelier de Technologie du Plutonium se situe à quelques mètres de l'INB 22 - installation PEGASE, il avait pour objet la fabrication de combustibles à base d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium. L'ATPu a cessé toute activité commerciale en juillet 2003. Depuis 2009, l'installation est en phase de démantèlement.

L'accident de référence à l'ATPu pouvant avoir un impact sur l'INB 22 se traduit par un incendie en cellule d'entreposage entraînant un rejet par la cheminée de plutonium dans l'environnement. Cette situation accidentelle demeure sans conséquences notables pour les personnels de l'INB 22 - installation PEGASE.

Laboratoire de Purification Chimique (LPC) INB 54

Le Laboratoire de Purification Chimique se situe à quelques mètres de l'INB 22 - installation PEGASE et avait pour activité les opérations de contrôle des combustibles fabriqués à l'ATPu ainsi que le suivi des opérations de traitement des rebuts. Le LPC a cessé toute activité commerciale en juillet 2003. Il est entré en phase de démantèlement début 2009.

L'accident de référence au LPC pouvant avoir un impact sur l'INB 22 se traduit par un incendie de fûts de déchets entreposés en cellule entraînant un rejet dans l'environnement de plutonium. Cette situation accidentelle demeure sans conséquences notables pour les personnels de l'INB 22 - installation PEGASE.

Installation nucléaire de base LEFCA (INB 123)

L'installation LEFCA (INB 123) est située à quelques centaines de mètres de l'INB 22. À la suite de la décision de transfert des activités de R&D vers l'installation nucléaire de base n°148, dénommée ATALANTE, à Marcoule, les activités réalisées actuellement au LEFCA concernent essentiellement le

reconditionnement et le traitement de stabilisation de matières uranifères et plutonifères en vue de leur évacuation vers les exutoires.

Les accidents enveloppes de l'INB 123, identifiés dans le PUI, sont :

- * un accident de criticité avec des conséquences radiologiques dues à l'irradiation et au rejet atmosphérique des produits de fission,
- * un incendie entraînant un rejet par la cheminée.

Ces situations accidentelles demeurent sans conséquences notables pour les personnels de l'INB 22 - installation PEGASE.

G.1.2 Risque lié aux voies de communication terrestres

Les voies de communication externes au Centre de Cadarache sont l'autoroute A51, la RN96 et la D952 ainsi que la voie ferrée qui longe la RN96.

L'attention, en termes d'agression, est surtout portée sur l'autoroute A51 et la voie ferroviaire qui peuvent être empruntées pour des transports de matières dangereuses, comme par exemple des substances chimiques, toxiques, radioactives ou explosives.

Le trafic de matières dangereuses sur la voie ferrée a été recensé en 2005 sur la base des informations fournies par la SNCF et les industriels concernés (usine ATOFINA de Saint-Auban (04) en particulier).

Un accident de transport de telles matières se déroulant à proximité du Centre pourrait conduire à la formation d'un nuage toxique-chimique qui, dans des situations de vent défavorables, pourrait concerner le Centre de Cadarache.

Toutefois, les conséquences d'un éventuel accident de transport de matières dangereuses restent limitées car :

- * l'INB 22 est située à une distance relativement importante de l'A51 et de la voie ferrée,
- * les transports de ce type sont particulièrement encadrés par la réglementation et les contraintes qui en découlent sont conçues pour maîtriser ce type de risque,
- * les bâtiments permettent d'assurer une protection des personnels vis-à-vis des agressions extérieures par voie atmosphérique,
- * les mesures de protection (regroupement, confinement et évacuation) et les moyens d'intervention et de protection du Centre peuvent être mis en œuvre, si nécessaire.

G.1.3 Risque lié à la circulation aérienne

L'évaluation du risque lié à la chute d'avion est menée de manière probabiliste, conformément aux Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) en vigueur et en prenant en compte les probabilités d'impact

liées à chaque type d'avions (aviation commerciale, générale, militaire et de la Sécurité Civile) et les dimensions des différents bâtiments.

L'évaluation de la probabilité d'impact totale, de l'ordre de $10^{-7}.an^{-1}$, est suffisamment faible pour que le risque de chute d'avion ne soit pas pris en compte dans le dimensionnement actuel des bâtiments.

G.2 Risque lié au séisme

Le dimensionnement initial des bâtiments de l'INB 22 - installation PEGASE a été réalisé en respectant les règles en vigueur à l'époque de leur conception.

Compte tenu de l'évolution des connaissances scientifiques et des exigences en matière de séisme, l'analyse de sûreté réalisée conclut à la non-tenu au séisme des structures des bâtiments de l'INB 22 - installation PEGASE en cas de Séisme Maximal Historiquement Vraisemblable (SMHV) retenu aujourd'hui pour le Centre de Cadarache, conformément à la Règle Fondamentale de Sûreté RFS-2001-01.

Dans le cadre du réexamen de sûreté de l'INB 22 en 2017, des études ont été réalisées et selon les dernières évaluations, un séisme entraînerait :

- * la détérioration de la structure du bâtiment,
- * la détérioration de la structure des bassins provoquant le dénoyage total des bassins,
- * un dénoyage partiel de la piscine (tenue de la coupelle monolithique qui correspond au fond de la piscine pour une hauteur d'eau de 4 m).

Les conséquences potentielles radiologiques d'une telle agression externe sont étudiées dans le cadre plus général du scénario de référence (séisme provoquant le dénoyage des capacités en eau cumulé à un incendie de colis en cours de constitution).

G.3 Risque lié à la foudre

La foudre peut tomber soit directement sur une structure, soit à proximité d'une installation. Le foudroiement entraîne alors des effets directs (effets thermiques, mécanique et/ou éjection de la matière incandescente pouvant provoquer un incendie ou une explosion) ou indirects (perturbations électriques pouvant notamment conduire à la perte de la ventilation ou de la surveillance radiologique).

Les bâtiments disposent d'une protection contre la foudre (paratonnerre à tige installé sur la cheminée et relié à deux prises de terre) afin d'améliorer la fiabilité des installations électrique sensibles, d'une part contre les effets directs de la foudre (canalisation vers la terre du courant de foudre touchant l'installation) et d'autre part contre les effets indirects (limitation de la propagation des perturbations électriques dans les équipements sensibles de l'installation).

Un examen de conformité de l'installation aux dispositions réglementaires vis-à-vis du risque foudre a été effectué lors du dernier réexamen de sûreté décennal et les travaux associés ont été réalisés.

G.4 Risques liés aux conditions météorologiques ou climatiques extrêmes

G.4.1 Vent et neige

L'installation a été conçue suivant les règles en vigueur à la date de construction, à savoir les règles Neige et Vent NV 46, et NV 65 pour le génie civil de la cheminée.

Les études réalisées lors du dernier réexamen de sûreté décennal concluent que le calcul de dimensionnement initial de 1962 est enveloppe d'un calcul suivant les Règles NV65 (2009).

Une étude portant sur la résistance des structures béton a également été réalisée. Cette note a permis de vérifier la tenue aux actions climatiques des toitures des bâtiments ventilation, traitement des eaux et électrotechnique et des voiles du bâtiment principal. Cette étude, réalisée en 2017, inclut une vérification des structures porteuse de la cheminée, ainsi que les effets d'accumulation de la neige contre les parois des bâtiments adjacents. Elle permet de conclure au respect des critères définis pour ces ouvrages.

G.4.2 Températures extrêmes

G.4.2.1 Grands chauds

Origine du risque

L'impact potentiel lié aux fortes chaleurs (42,1 °C) sur l'INB 22 - installation PEGASE serait au niveau de l'évacuation de la puissance thermique des combustibles entreposés sous eau.

Maîtrise du risque

La prévention du risque lié au dégagement thermique repose sur les études réalisées en 1997 qui ont permis de fixer la limite de température à 50 °C et de puissance thermique résiduelle à 100 kW. Une température de 42,1 °C dans l'air ambiant ne permettrait pas d'atteindre une température équivalente et encore moins supérieure dans l'eau. Le risque relatif aux fortes chaleurs est donc négligeable pour l'INB 22 - installation PEGASE.

G.4.2.2 Grands froids

Origine du risque

L'occurrence du gel a été prise en compte dans la conception des réseaux d'admission d'air neuf de la ventilation des bâtiments par la mise en place de batteries chaudes assurant la régulation de la température d'ambiance et dans la conception des conduites d'alimentation en eau de l'INB 22 - installation PEGASE avec la mise en place de calorifugeage et par l'enfouissement des canalisations extérieures.

G.5 Risques liés à une inondation d'origine externe

G.5.1 Risque de débordement du Ravin de la bête

L'INB 22 - installation PEGASE est située en rive droite du Ravin de la Bête. Au droit de l'installation, le Ravin de la Bête est canalisé dans un ovoïde à la côte fil d'eau d'environ 278 m NGF. Avec une côte de l'ordre de 292 m NGF, l'INB 22 - installation PEGASE est située hors de la zone inondable générée par le débordement du Ravin de la Bête.

58

G.5.2 Risque de crue d'un ou des bassins versant

Le bassin versant en amont de l'installation est très pentu, végétalisé et de très petite taille. La crue de ce bassin versant n'est pas prise en compte car, d'une part, le réseau pluvial amont à l'installation est dimensionné pour reprendre les débits d'occurrence centennale et, d'autre part, on note l'absence de formation de ruissellement sur le bassin du fait de sa topographie.

L'éloignement avec la Durance, l'écart topographique et la présence de barrières hydrographiques telles que l'autoroute et le canal EDF conduisent à écarter tout risque d'inondation du Centre par une crue naturelle de la Durance.

EDF a établi des mémoires relatifs à l'onde de submersion liée à la rupture des barrages de la Durance et du Verdon. Les calculs ont été effectués en prenant les conditions les plus défavorables qui correspondent à une onde de submersion se propageant sur lit sec.

La côte maximale atteinte serait de 265 m NGF en cas de rupture de barrage de la Durance. L'INB 22, qui se trouve au-dessus de cette cote, ne serait pas touchée par l'onde de submersion.

En cas de rupture de l'un des barrages du Verdon, la cote atteinte par l'onde de submersion est nettement inférieure (254 m NGF pour Sainte-Croix et 250 m NGF pour Esparron / Gréoux). Par conséquent ce risque peut être écarté.

G.5.3 Inondation par la pluie

Origine du risque

Les précipitations peuvent engendrer un ruissellement et une infiltration d'eau ayant pour conséquence une inondation de l'installation.

Mesures de prévention

Les pentes, les fossés périphériques collectant les eaux du bassin versant naturel amont et les dispositions constructives ont été conçues pour favoriser l'éloignement des eaux de ruissellement des bâtiments ou éviter l'intrusion d'eau dans le bâtiment.

Un aménagement VRD a été mis en place afin d'éviter que les eaux pluviales ruissellent vers le bâtiment PEGASE et pour qu'elles se dirigent en direction du Nord-est (hors INB 22), vers une canalisation suffisamment dimensionnée pour l'évacuation du débit centennal.

Enfin, la canalisation collectant les eaux pluviales du bassin versant D ainsi que les bassins versants naturels amont et latéral et le bassin latéral installation, est suffisamment dimensionnée pour l'évacuation du débit centennal. Le risque d'inondation vis-à-vis de l'installation est faible.

Les évacuations des toitures sont dans l'ensemble suffisamment dimensionnées. Des accumulations d'eau sont possibles par l'absence de trop-plein sur certaines toitures et la présence de toitures terrasses avec acrotères mais elles sont faibles et n'ont pas d'incidence sur la sûreté de l'installation.

Moyens de surveillance du réseau pluvial

L'efficacité du réseau pluvial de surface est assurée via la mise en œuvre du contrat Centre d'entretien du réseau eaux pluviales :

- ✖ les rondes mensuelles réalisées par l'opérateur industriel en charge de la maintenance des réseaux sur le Centre de Cadarache sur les points critiques identifiés,
- ✖ les opérations de curage/entretien des réseaux eaux pluviales dans le périmètre de l'INB 22 prévues annuellement après autorisation d'intervention du chef d'installation,
- ✖ les rondes effectuées par l'exploitant qui, sur simple demande, peut faire réaliser un curage ou réparer des descentes d'eaux pluviales.

Mesures de limitation des conséquences

Afin de limiter les conséquences de toute éventuelle inondation dans l'installation, les mesures compensatoires sont les suivantes :

- ✖ toute détection visuelle d'inondation entraîne les actions appropriées de l'équipe d'exploitation de l'INB avec les moyens disponibles de pompage,
- ✖ toute détection d'inondation par capteur avec report sur SAFIR déclenche l'intervention immédiate de la FLS,
- ✖ un système de pompage situé dans la galerie technique permet de reprendre les eaux et de les évacuer vers le réseau pluvial après analyse et validation du SPR,
- ✖ si les moyens de pompage de l'installation s'avèrent insuffisants, des moyens mobiles supplémentaires de pompage sont mis en place.

G.5.4 Remontée de nappe phréatique

Origine du risque

L'INB 22 - installation PEGASE est fondée sur un radier. La cote supérieure du radier de l'installation est à 280,9 m NGF environ.

Afin d'évaluer le niveau extrême de la nappe phréatique dans le cas de l'INB 22, une analyse statistique des niveaux de remontée de la nappe a été réalisée (méthode conforme aux recommandations). Le niveau de référence retenu pour l'évaluation du risque d'inondation par remontée de nappe (qui correspond au niveau de période de retour centennale assorti de son intervalle de confiance à 95 %), au droit de l'installation de l'INB 22, est de 280,60 m NGF (valeur la plus majorante obtenue pour les différents cumuls de pluies et les différentes méthodes statistiques testées).

L'INB 22 - installation PEGASE n'a jamais été inondée à la suite de fortes précipitations depuis sa création, même suite aux événements pluvieux exceptionnels des 5 et 6 novembre 2011. La téléalarme équipant le piézomètre PEG02 ainsi que le détecteur d'eau positionné au-dessus du radier n'ont jamais déclenché depuis leur date de mise en service (2003).

L'occurrence du risque d'inondation par remontée de nappe est par conséquent très faible pour l'INB 22 - installation PEGASE et peut être considéré comme non significatif compte tenu des dispositions constructives existantes (dispositif de drainage + mesure en temps réel du niveau de nappe) et du REX de l'installation depuis sa création (absence de déclenchement des alarmes de détection d'eau).

Mesures de prévention

Lors de la conception du bâtiment, des mesures préventives ont été prises permettant d'assurer l'étanchéité du bâtiment au niveau du radier et des parties latérales enterrées. Une couche filtrante a été mise en place sous le gravier ainsi qu'un drain gravitaire de diamètre 0,5 m dont le fil d'eau se situe à la cote 282 m.

Moyens de surveillance

Les rondes périodiques permettent de détecter les infiltrations d'eau éventuelles dans le radier. Des détecteurs à flotteur ont été installés dans les puisards des files Est et Ouest des cellules du radier avec report local de l'alarme au 2^{ème} sous-sol vérifié lors des rondes périodiques.

Un piézomètre permet de suivre le niveau de la nappe sur une des baies implantées en salle de commande. Une alarme à -12 m permet de détecter une éventuelle remontée de nappe au niveau du radier du bâtiment.

Mesures de limitation des conséquences

L'eau susceptible d'être recueillie dans le radier peut être reprise par la pompe P50 et évacuée soit vers le réseau des effluents industriels du Centre, soit vers l'unité de traitement spécialisée du Centre.

G.6 Risque lié à un incendie d'origine externe

Origine du risque

La principale origine d'un incendie externe pouvant affecter l'installation est un feu de forêt, le site de Cadarache étant une zone boisée.

Mesures de prévention

Un plan CEA/Centre établit les règles à mettre en place sur les installations pour leur protection vis-à-vis d'un incendie. Cette prévention est basée sur un entretien régulier de l'extérieur des installations par les services techniques du Centre, en particulier :

- * le débroussaillage dans un rayon de 50 m sauf exception 20 m,
- * l'enlèvement des feuilles mortes aux abords des bâtiments,
- * le déboisement dans un rayon d'environ 20 m.

Mesures de surveillance

Les rondes effectuées par la FLS pour la surveillance du site, concourent au repérage des départs de feux de forêt. De plus, un mirador est installé sur le chemin des crêtes à la cote 382 m (au-dessus de l'installation Pégase) et est armé en permanence en période d'alerte rouge et la journée pendant les périodes sensibles.

Mesures de limitation des conséquences

Pour éviter toute pénétration de particules incandescentes et l'envahissement par une nappe de fumées et de gaz chauds, le soufflage du bâtiment 216 est arrêté tant que le feu menace le bâtiment. Les ventilateurs d'extraction des locaux sont arrêtés en cas de constatation de particules incandescentes à proximité de l'INB et les activités dans le bâtiment sont suspendues.

Par ailleurs, l'intervention des équipes spécialisées du Centre permet de limiter la propagation de l'incendie vers l'installation.

H. Conséquences potentielles des accidents pour l'environnement

H.1 Généralités

Les dispositions retenues en matière de prévention, de surveillance et de limitation des conséquences sont destinées à maîtriser tout risque de défaillance, après une agression de l'installation d'origine interne ou externe.

62

Pièce 9

Néanmoins, dans le cadre de la défense en profondeur, l'existence de défaillances est postulée malgré toutes les mesures de maîtrise des risques, et les conséquences potentielles des accidents sur les personnels, le public et l'environnement sont examinées.

Ces accidents sont définis à partir des risques identifiés pour les opérations de fonctionnement et de démantèlement. Ils prennent en compte les cumuls plausibles d'agressions.

On évalue ainsi les conséquences radiologiques des « accidents enveloppes » dont l'analyse montre qu'ils sont représentatifs des situations accidentelles susceptibles de se produire pendant chaque opération de fonctionnement et de démantèlement et conduisant aux conséquences maximales, pour ces opérations.

De la même manière, l'analyse de l'ensemble des accidents plausibles identifiés permet de définir un « accident de référence » dont les conséquences en termes d'impacts radiologique (et chimique le cas échéant) sont les plus pénalisantes, toutes opérations confondues.

Les conséquences potentielles maximales de l'accident de référence, supérieures ou égales à celles des accidents enveloppes des opérations sont estimées en détail afin de vérifier qu'elles restent acceptables pour les personnels de l'installation, mais aussi pour le public et l'environnement, ce qui permet de garantir que les conséquences de l'ensemble des accidents enveloppes des opérations le sont également.

H.2 Conséquences potentielles de l'accident de référence de l'installation

H.2.1 Scénario et hypothèses

L'accident de référence pris en compte pour le démantèlement de l'INB 22 - installation PEGASE correspond à un séisme provoquant la fissuration du bâtiment et le dénoyage des capacités en eau de l'installation ainsi qu'un incendie survenant dans une zone de constitution de colis de déchets.

De manière pénalisante, il est considéré que le séisme a lieu au début de l'étape de démantèlement des bâtiments, afin de considérer le terme source le plus pénalisant.

H.2.2 Conséquences radiologiques

Le tableau suivant détaille les doses dans les différentes conditions météorologiques :

	Point de calcul	Saint-Paul-lez-Durance (4 350 m)			Hameau (2 250 m)		
	Diffusion	DF2	DN5	DN5p	DF2	DN5	DN5p
Adultes (mSv)	2 jours	3,95E-03	1,80E-03	1,60E-03	1,46E-02	6,11E-03	5,74E-03
	1 an	4,15E-03	1,90E-03	1,89E-03	1,46E-02	6,12E-03	5,78E-03
	50 ans	4,47E-03	2,04E-03	2,50E-03	1,58E-02	6,59E-03	7,21E-03

Figure 6. Doses efficaces totales par conditions météorologiques

H.2.3 Conclusion sur les accidents

Les conséquences radiologiques potentielles de cet accident de référence sont nettement inférieures à 10 mSv pour le groupe de référence résidant à Saint-Paul-Lez-Durance (groupe représentatif des populations les plus exposées).

Cette valeur (10 mSv) correspond au premier niveau d'intervention présenté dans l'arrêté du 20 novembre 2009, portant homologation de la décision n° 2009-DC-153 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 18 août 2009, relative aux niveaux d'intervention en situation d'urgence radiologique.

De plus, quel que soit l'accident considéré, l'activité ajoutée, évaluée dans les productions agricoles d'origine locale, est toujours inférieure aux niveaux maximaux de contamination présentés dans le *Journal Officiel* des Communautés Européennes.

Il n'y a donc pas lieu de prévoir la mise en œuvre de mesures de protection des populations ou de restriction de consommation des produits agricoles d'origine locale.

I. Moyens de secours et d'alerte de la population

I.1 Plan d'Urgence Interne

Dès la connaissance d'une anomalie dont les conséquences peuvent concerner le Centre, le Directeur peut déclencher le Plan d'Urgence Interne (PUI) qui prévoit la mise en œuvre des moyens d'intervention :

- * propres à l'INB 22 - installation PEGASE, dont notamment :
 - les personnels du SPR affectés à l'installation et leurs moyens matériels,
 - les personnels d'astreinte,
- * propres au Centre, dont notamment :
 - les personnels de la FLS et leurs moyens d'intervention,
 - le Service de Santé au Travail du CEA.



Figure 7. Parc de véhicules d'intervention du centre de Cadarache

I.2 Plan Particulier d'Intervention

Dans le cas où les conséquences envisagées viendraient à dépasser les limites géographiques du Centre de Cadarache, malgré les actions réalisées au niveau de l'installation et du Centre, le Préfet des Bouches-du-Rhône est en mesure de déclencher le Plan Particulier d'Intervention (PPI), destiné à la protection des populations environnantes.

Le Préfet, garant de la protection de ces populations, serait alors en charge de la conduite des actions et de la coordination des moyens de secours et d'intervention prévus par le PPI, dont notamment :

- × les pompiers et/ou la sécurité civile,
- × la police et la gendarmerie,
- × l'aide médicale (SAMU...).

En cas de nécessité, le PPI prévoit également la mobilisation des cellules de crises de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et de son appui technique, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), ainsi que des moyens spécialisés du CEA.

Dans ce cadre, le PPI prévoit également l'information immédiate des populations, notamment par des communiqués transmis via les stations de radiophonie locales. Les éventuelles consignes de sécurité applicables à la situation peuvent être ordonnées par le Préfet et diffusées sur ce type de médias. Ces consignes de protection sont notamment rappelées dans la fiche « Les bons réflexes en cas d'alerte » figurant ci-dessous et distribuées de manière préventive dans les mairies concernées.

QUE FAIRE EN CAS D'ALERTE ?

 Si un accident susceptible d'entraîner le déclenchement du PPI se produit au CEA-Cadarache, l'alerte sera donnée par un signal unique : une sirène au son modulé (c'est-à-dire montant et descendant).
Ce signal dure 3 fois 1 minute espacées de 5 secondes.

LES BONS RÉFLEXES

-  Si vous êtes dehors, entrez dans le bâtiment le plus proche. Fermez portes et fenêtres.
-  Si vous êtes en voiture, arrêtez-vous et réfugiez-vous dans le bâtiment le plus proche. Ne tentez pas de vous enfuir, vous seriez plus exposé au danger et vous gêneriez la circulation des véhicules de secours.
-  Si vous êtes à l'intérieur, chez vous, à votre travail ou dans un lieu public (école, magasin, poste, etc.), assurez-vous que toutes les issues sont fermées. Sachez surtout que l'important est de se protéger dès les premières secondes de l'alerte ; plus vous perdez de temps et plus vous vous exposez inutilement au danger.
Alors ne tentez pas de rejoindre vos proches ou d'aller chercher vos enfants à l'école, ils y sont à l'abri.
-  Écoutez votre radio habituelle. Des précisions y seront apportées sur la nature du danger et sur l'évolution de la situation.
Pendant l'alerte, les lignes téléphoniques doivent rester à la disposition des secours. Ne téléphonez pas au CEA-Cadarache ni aux services publics. Téléphonez uniquement au numéro spécial qui sera mis à votre disposition et communiqué par radio (numéro indigo).
-  La durée de la mise à l'abri ne devrait pas dépasser quelques heures. Soyez patient. Ne quittez pas votre abri sans autorisation des pouvoirs publics (fin d'alerte donnée par message radio et signal continu de 30 secondes de la sirène).
Après l'alerte : suivez tous les conseils qui vous seront communiqués par les pouvoirs publics. (www.pref.gouv.fr).
-  Si vous pensez avoir été touché par des produits toxiques ou radioactifs répandus lors de l'accident, douchez-vous, changez de vêtements et présentez-vous à un médecin dès la fin de l'alerte.

Figure 8. Fiche « les bons réflexes en cas d'alerte »

J. Retour d'expérience en matière de démantèlement d'installations analogues

J.1 Généralités

Ce chapitre aborde le Retour d'Expérience (REX) issu de quelques opérations de démantèlement d'autres réacteurs nucléaires de type piscine, comportant des procédés similaires à ceux de l'INB 22 - installation PEGASE.

66

Pièce 9

Le retour d'expérience a notamment pour objectif d'identifier et d'analyser les écarts ou anomalies susceptibles de conduire à une dégradation significative de l'installation, mais aussi de faciliter la diffusion des bonnes pratiques en matière d'exploitation.

La mise en œuvre du retour d'expérience repose sur des échanges techniques réguliers entre exploitants d'installations nucléaires de même type, au niveau national et international.

Son efficacité est un maillon essentiel dans la recherche permanente du maintien d'un haut niveau de sûreté des installations nucléaires, que celles-ci soient en phase de fonctionnement ou en phase de démantèlement.

J.2 Réacteurs SILOE et SILOETTE (Grenoble)

Le réacteur SILOE a été le deuxième réacteur de type piscine à cœur ouvert construit en France (1961). Il a été mis en service en février 1963. La dernière chute des barres, intervenue en décembre 1997, a marqué l'arrêt définitif de production.

Le réacteur SILOETTE était également un réacteur de type piscine à cœur ouvert. La première divergence a eu lieu en mai 1964, soit un an environ après celle de SILOE. Ce réacteur a été définitivement arrêté en juillet 2002, date de la dernière chute des barres.

Ces deux réacteurs de type piscine sont intéressants du point de vue du REX pour l'INB 22 - installation PEGASE, notamment pour ce qui concerne les opérations de démantèlement des piscines.

Les parois des piscines des réacteurs SILOE et SILOETTE étaient constituées de béton ferrailé et d'un cuvelage constitué de panneaux d'acier soudés. Sur toute la hauteur des parois étaient soudés des profilés en « L » qui servaient de nervures et de pattes de scellement. Afin d'améliorer l'ancrage de la cuve dans le béton, des fers ronds en forme d'épingles étaient soudés sur les parois extérieures verticales de la cuve.

Le décuvelage a consisté à séparer les panneaux d'acier du béton, en découpant les panneaux et en les désolidarisant de leurs fixations. Pour le décuvelage du fond et des parois inférieures des bassins, un porteur d'outils téléopérés de type "BROKK" a été utilisé.

Préalablement à l'utilisation du « BROKK » pour ces travaux de décuvelage, des essais en inactif sur maquette ont permis de valider la technique retenue.

Ensuite, les surfaces ont fait l'objet d'un assainissement final.

J.3 REX démantèlement de Boites à gants Pu

Les opérations de démantèlement des boites à gant de l'INB 22 – installation PEGASE seront comparables à celles réalisées à partir des années 2000 sur les installations suivantes :

- * UP 1 MA Marcoule,
- * UP1 IECDA Marcoule,
- * La Hague AT1,
- * APM Marcoule,
- * ATPu Cadarache.

Ces opérations ont permis de définir une procédure de traitement « type » applicable à des opérations similaires.

Cette procédure s'articule sur les items suivant :

- * Aménagements,
- * Opérations de démantèlement,
- * Gestion des déchets,
- * Moyens de surveillance,
- * Procédés d'intervention.

J.4 Enseignements tirés du retour d'expérience

Le REX des opérations de démantèlement des piscines des réacteurs SILOE et SILOETTE a permis de valider la méthodologie appliquée puisqu'aucune problématique n'a été rencontrée durant ces opérations. La stratégie de démantèlement pour les opérations de démantèlement de la piscine de l'INB 22 - installation PEGASE, comparable à celle de SILOE et SILOETTE, apparaît ainsi comme étant l'un des meilleurs choix techniques.

J.5 Conclusion du retour d'expérience

À ce jour, les études réalisées en vue du démantèlement de l'INB 22 - installation PEGASE n'ont pas mis en évidence de difficulté particulière pour réaliser les opérations et pour atteindre les objectifs.

Crédits photographiques

Photothèque du CEA