



énergie atomique • énergies alternatives

Direction de l'Energie Nucléaire
Direction Déléguée aux Activités Nucléaires de Saclay
Département des Réacteurs et Services Nucléaires
Service d'Exploitation du Réacteur OSIRIS

N/Réf. : CEA/DEN/DANS/11-42

INB 40

Réacteurs OSIRIS et ISIS

**Evaluation complémentaire
de la sureté au regard de
l'accident survenu à la
centrale nucléaire de
Fukushima Daiichi**

SOMMAIRE

1. Caractéristiques générales de l'installation	6
1.1. Généralités	6
1.2. Principales caractéristiques	6
1.2.1. Bâtiments	7
1.2.2. Bloc réacteur	10
1.2.3. Circuits	11
1.2.4. Effluents	13
1.2.5. Auxiliaires nucléaires	14
1.2.6. Auxiliaires électriques	15
1.2.7. Contrôle-commande	15
1.2.8. Radioprotection	17
2. Identification des risques d'effet falaise et des structures et équipements essentiels	18
2.1. Risques d'effet falaise	19
2.2. Structures et équipements essentiels	20
3. Séisme	21
3.1. Dimensionnement de l'installation	21
3.1.1. Séisme de dimensionnement	21
3.1.2. Dispositions de protection du dimensionnement	22
3.1.3. Conformité de l'installation	31
3.2. Evaluation des marges	33
3.2.1. Indication du niveau de séisme au delà duquel la perte des fonctions fondamentales de sûreté ou l'endommagement du combustible (en cuve ou en piscine) deviennent inévitables	33
3.2.2. Points faibles de l'installation et de l'organisation et préciser tout effet falaise	40
3.2.3. Risque d'infiltration d'eau contaminée dans la nappe phréatique	42
3.2.4. Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation (modification de la conception, modification des procédures, dispositions organisationnelles...)	42
3.2.5. Indication sur le niveau de séisme auquel l'installation peut résister sans perdre l'intégrité du confinement	42
4. Inondation	44
4.1. Dimensionnement de l'installation	44
4.1.1. Inondation de dimensionnement	44
4.1.2. Dispositions de protection du dimensionnement	45
4.1.3. Conformité de l'installation	47
4.2. Evaluation des marges	48
4.2.1. Indication du niveau d'inondation auquel l'installation peut résister sans endommagement du combustible (en cuve ou en piscine)	48
4.2.2. Points faibles et effet falaise	49
4.2.3. Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation	50
5. Autres phénomènes naturels extrêmes	51
5.1. Conditions météorologiques extrêmes liées à l'inondation (tempête, pluies ...)	51
5.1.1. Evènements et combinaison d'évènements pris en compte	51
5.1.2. Points faibles et effet falaise	51
5.1.3. Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation	52
5.2. Séisme dépassant le niveau de séisme pour lequel l'installation ou certains ouvrages sont dimensionnés et inondation induite dépassant le niveau d'eau pour lequel l'installation est dimensionnée	52
5.2.1. Identification des situations physiquement possibles	52
5.2.2. Points faibles et effets falaise	56
5.2.3. Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation	57
6. Perte des alimentations électriques et perte des systèmes de refroidissement	58
6.1. Perte des alimentations électriques externes	58
6.1.1. Dispositions de conception	58
6.1.2. Temps de fonctionnement des alimentations électriques internes sans secours extérieurs	64
6.1.3. Dispositions prises pour prolonger le temps de fonctionnement des alimentations de secours	64
6.1.4. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation	64
6.2. Perte des alimentations électriques externes et internes	64
6.2.1. Perte du GUS : fonctionnement sur batterie	64
6.2.2. Perte des batteries	65
6.2.3. Actions extérieures prévues	65

6.2.4. Conformité de l'installation	65
6.2.5. Retour d'expérience et travaux de maintenance sur les groupes électrogènes de secours	66
6.2.6. Retour d'expérience sur la perte du réseau EdF	66
6.2.7. Situation initiale défavorable	66
6.2.8. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation	67
6.3. Perte du système de refroidissement ultime	67
6.3.1. Perte de la source froide principale	68
6.3.1.1. Autonomie dans cette situation	68
6.3.1.2. Actions extérieures prévues	69
6.3.1.3. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation	69
6.3.2. Perte de la source froide principale et de la source froide de secours	69
6.3.2.1. Autonomie dans cette situation	69
6.3.2.2. Actions extérieures prévues	71
6.3.2.3. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation	71
6.4. Perte du système de refroidissement principal cumulée avec la perte des alimentations électriques externes et internes de secours	72
6.4.1. Autonomie dans cette situation	72
6.4.2. Actions extérieures prévues	75
6.4.3. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation	75
7. Gestion des accidents graves	77
7.1. Mesures de gestion des accidents en vigueur	77
7.1.1. Le plan d'urgence interne du centre de Saclay	77
7.1.2. Le plan d'engagement opérationnel du centre de Saclay	79
7.1.3. Formation et exercices	79
7.1.4. Les conventions et relations avec l'extérieur	80
7.1.5. Les moyens disponibles	81
7.1.6. Organisation de l'INB 40 en situation accidentelle	82
7.1.7. Influence d'autres installations sur la gestion de crise dans l'INB 40	86
7.1.8. Robustesse des moyens disponibles	89
7.2. Mesures de gestion des accidents et éléments de conception de l'installation permettant de protéger l'intégrité du confinement après l'endommagement du combustible	91
7.2.1. Gestion du risque hydrogène	91
7.2.2. Gestion du risque de surpression dans l'enceinte de confinement	92
7.2.3. Risque de criticité, accident de criticité et conséquences associées en cas de séisme	93
7.3. Mesures de gestion des conséquences de la perte de la fonction de refroidissement de l'eau de la piscine ou tout autre entreposage du combustible	94
7.3.1. Avant et après la perte d'une protection appropriée contre les radiations :	94
7.3.2. Avant et après le dénoyage du combustible en piscine	94
7.3.3. Avant et après un grave endommagement du combustible dans l'entreposage	95
8. Conditions de recours aux entreprises prestataires	96
8.1. Champs d'activité	96
8.2. Modalités de choix des prestataires	97
8.3. Dispositions prises pour maîtriser les conditions d'intervention	99
8.4. Modalités de surveillance	100
9. Synthèse	101
9.1. Bilan de l'évaluation complémentaire de la sûreté	101
9.2. Evaluation de propositions de dispositions complémentaires qui pourraient être mises en place au regard de l'amélioration qu'elles seraient susceptibles d'apporter en termes de résistance des composants, de renforcement de l'indépendance entre les différents niveaux de défense de l'installation ou de gestion de l'accident	102

Glossaire :

ACQ	Activité concernée par la qualité
ASN	Autorité de sûreté nucléaire
BN	Bas niveau
CEA	Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
CLI	Commission locale d'information
DRG	Détection de rupture de gaine
DUI	Document d'urgence interne (à l'installation)
EIS	Elément important pour la sûreté
ELPS	Equipe locale de premier secours
ERDF	
FLS	Formation locale de sécurité
GUS	Groupe d'ultime secours
HN	Haut niveau
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
INB	Installation nucléaire de base
INSTN	Institut national des sciences et techniques nucléaires
LPS	Laboratoire Pierre Süe
MSK	Medvedev Sponheuer Karnik
NGF	Nivellement général de la France
PAI	Piège à iode
PCDL	PC direction local
PCL	Poste de conduite local
PCR	Personne compétente en radioprotection
PEO	Plan d'engagement opérationnel (du centre CEA de Saclay)
PGA	Peak Ground Acceleration (accélération maximale horizontale)
PUI	Plan d'urgence interne
PPI	Plan particulier d'intervention
RDO	Réseau de diffusion des ordres
RFS	Règle fondamentale de sûreté
RGE	Règle générale d'exploitation
SCR	Service compétent en radioprotection
SDIS	Service départemental d'incendie et de secours
SMHV	Séisme maximum historiquement vraisemblable
SMS	Séisme majoré de sécurité
SPR	Service de protection radiologique – Le SPR est le service compétent en radioprotection (SCR) du centre CEA de Saclay
SST	Service de santé au travail
TCR	Tableau de contrôle des rayonnements
THE	Très haute efficacité
TQRP	Technicien qualifié en radioprotection
UST	Unité de soutien technique

LIMINAIRE

D'une manière générale, les installations nucléaires sont construites en prenant des marges importantes, par rapport à la meilleure évaluation des risques encourus, sur la solidité des bâtiments et des équipements ; sachant que ces installations sont de plus équipées de systèmes de sauvegarde redondants. Ceci pour faire face à des phénomènes extérieurs inhabituels ou à des défaillances matérielles ou humaines.

Par exemple, pour le risque de séisme, les installations sont déjà construites pour résister à un séisme « majoré », significativement supérieur au séisme le plus fort identifié au cours de l'histoire, dans la région où est située l'installation. Une marge importante est donc ainsi mise en place lors de la construction de l'installation, aussi bien en matière de séisme (cf. § 3.1) qu'en matière d'inondation (cf. § 4.1).

L'évaluation complémentaire de la sûreté, objet du présent rapport, consiste à réévaluer ces marges à la lumière des événements qui ont eu lieu à Fukushima, à savoir des phénomènes naturels extrêmes mettant à l'épreuve la sûreté des installations. Il s'agit d'apprécier le comportement des installations dans ces situations, pour éprouver leur robustesse et la pertinence des mesures actuellement prévues en cas d'accident. Ceci pour éventuellement identifier des dispositions complémentaires, aussi bien techniques qu'organisationnelles, qui pourraient être mises en place.

De manière plus détaillée, les situations examinées résultent des événements ou aléas extrêmes suivants :

- séisme au-delà du séisme « majoré », inondation au-delà de la crue majorée, autres phénomènes naturels extrêmes (dont l'inondation qui serait causée par le séisme « majoré », cf. § 5),
- pertes postulées des alimentations électriques internes et externes, perte postulée de la source de refroidissement ; cumul de ces deux pertes (cf. § 6),
- la gestion des accidents dans ces situations extrêmes (cf. §7).

Il s'agit alors d'identifier les éventuelles situations pouvant induire une brusque dégradation des séquences accidentelles (« effet falaise ») et d'évaluer les marges par rapport à cet éventuel effet falaise.

Ceci permet ensuite de proposer des dispositions complémentaires permettant de prévenir de telles situations extrêmes, et de renforcer ainsi la robustesse de l'installation (amélioration de la résistance de certains équipements, renforcement de l'autonomie de certaines alimentations électriques, etc...)

1. Caractéristiques générales de l'installation

1.1. Généralités

Le réacteur Osiris (INB 40) est localisé dans la partie nord-est du Centre CEA de Saclay (Essone).



Figure n°1 : les installations nucléaires de base implantées sur le site de Saclay

- L'exploitant nucléaire est le Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA).
- L'environnement industriel est présenté et analysé au paragraphe 7.1.7.

1.2. Principales caractéristiques

Osiris est un réacteur de recherche de type piscine à cœur ouvert, où l'eau légère joue le rôle de modérateur, de caloporteur et de protection biologique. Il utilise un combustible à plaques de type siliciure (plaques d' U_3Si_2Al gainées d'aluminium, l'uranium est enrichi à moins de 20 % en ^{235}U). Sa puissance nominale est de 70 MW thermiques.

Construit entre 1963 et 1966, sa première divergence a été réalisée en juillet 1966. Le premier cycle a débuté le 8 septembre 1966.

En plus du réacteur OSIRIS, une maquette neutronique ISIS a été prévue pour permettre de tester les configurations de cœur et d'assurer les campagnes de mesure de réactivité, de dosimétrie, de calorimétrie, ... La puissance d'ISIS est de 0,7 MW thermiques.

Le réacteur OSIRIS est utilisé principalement pour :

- L'irradiation de matériaux ou de combustibles nucléaires destinés aux différentes filières de réacteurs de puissance,
- La production de radioéléments artificiels à usage médical
- L'analyse par activation.

Il est exploité par cycles qui comprennent généralement :

- Une période de fonctionnement à la puissance nominale,
- Une période d'arrêt en fin de cycle afin d'effectuer, d'une part les modifications de chargement du combustible ou d'expériences, d'autre part les travaux de maintenance sur l'installation ; des arrêts de plus longue durée sont prévus pour des travaux exceptionnels.

Le réacteur OSIRIS est relié par deux canaux consécutifs (canal n°1 et canal n°2) profonds de 7 m. à un bâtiment contigu qui abrite deux cellules chaudes. Un troisième canal, dans le prolongement des précédents et de même largeur et profondeur, permet l'accès au bâtiment hébergeant le réacteur ISIS.

1.2.1. Bâtiments

L'ensemble OSIRIS se compose de plusieurs bâtiments :

- le bâtiment réacteur,
- les bâtiments annexes où sont logés les servitudes et auxiliaires du réacteur : galerie couronne, bâtiment des groupes électrogènes, ateliers chauds, locaux électrotechniques, etc., ainsi que les bâtiments des laboratoires et bureaux,
- le bâtiment ISIS.

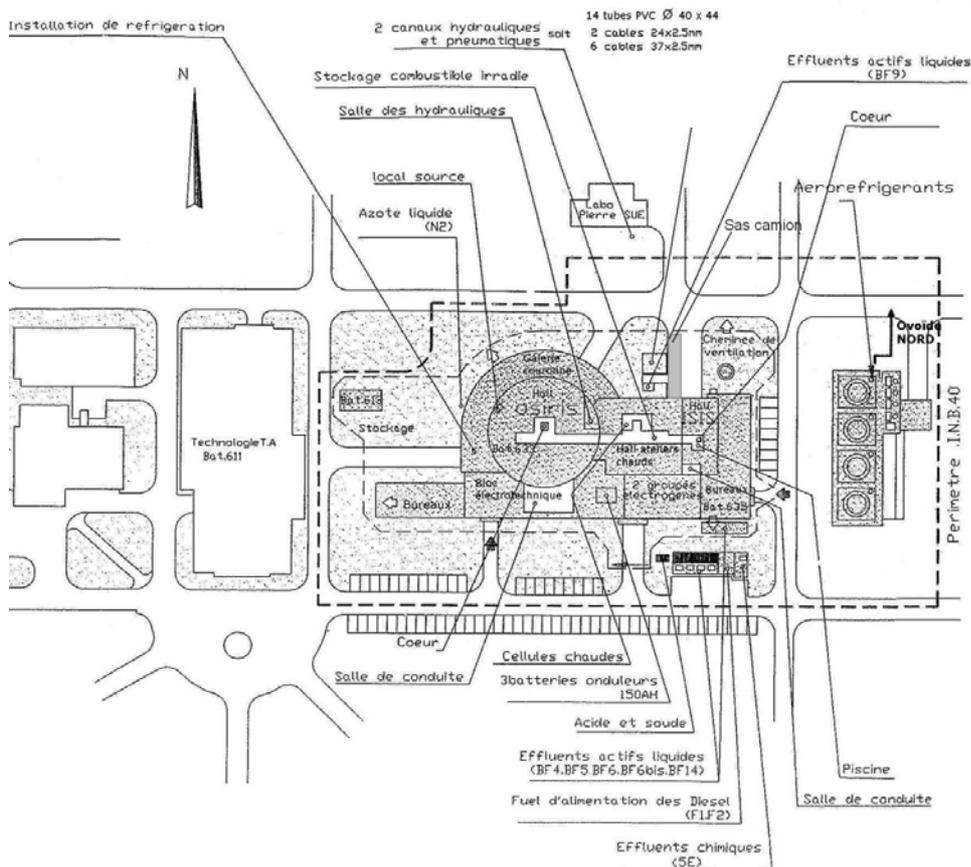


Figure n°2 : vue de dessus de l'implantation des réacteurs OSIRIS et ISIS (INB 40)

1.2.1.1. Bâtiment réacteur

Ce bâtiment, qui abrite la piscine du réacteur, se compose de trois parties principales :

- l'enveloppe extérieure,
- une infrastructure intérieure,
- un radier général.

a) L'enveloppe extérieure est un cylindre de béton, de 32 m de diamètre intérieur. Ce cylindre est fermé par un toit en forme de coupole, également en béton. Le côté intérieur du centre de la coupole est à 21 m au-dessus du niveau du sol. Le volume libre approximatif de ce hall est voisin de 23 000 m³.

L'intérieur de cette enveloppe est en dépression de 50 Pa (0,5 mbar) par rapport à l'extérieur. Le taux de fuite admissible est de 2 000 m³/h sous une pression différentielle de 50 Pa (0,5 mbar). Elle est conçue pour résister à une dépression anormale de 4.10² Pa (4 mbar) pendant quelques minutes et une surpression accidentelle de 2.10³ Pa (20 mbar).

C'est sur l'enceinte que s'appuie le pont roulant de 150/50 kN utilisé pour les manutentions dans le hall pile.

b) L'infrastructure intérieure est essentiellement constituée par le "bloc-eau". Cet ensemble monolithe en béton armé regroupe la piscine, les bacs de désactivation, le canal de stockage et de transfert (canal n°1), les casemates des échangeurs de chaleur cœur et piscine, la bache de vidange, la salle de vidange, la salle du circuit de détection de rupture de gaine (DRG), la salle des hydrauliques et la salle des mécanismes.

Ce bloc constitue un tout reposant sur le radier général, au niveau -11 m. Il est désolidarisé de l'enceinte extérieure. Cette séparation est destinée à éviter la transmission vers l'enceinte de l'onde de choc provoquée par un accident de réactivité à caractère explosif de type BORAX, étudié dans le rapport de sûreté de l'installation et ayant servi au dimensionnement des barrières et des protections. Cet accident regroupe un accident de réactivité et une explosion de vapeur. Il entraîne une montée en pression rapide de l'enceinte de confinement, due à la vaporisation d'une partie de l'eau de la piscine du réacteur. Un rejet de 200 m³ d'air contenant des produits de fission est causé par cette surpression interne. Le passage de la ventilation normale (cf. § 1.2.4.1) en débit réduit permet de retrouver une dépression dans l'enceinte en moins d'une minute. Néanmoins, les pièges à iode (PAI) sont considérés comme rendus inefficaces par l'humidité de l'air à l'intérieur de l'enceinte du réacteur. La mise en service automatique, en moins de trois minutes, de la ventilation de sauvegarde (cf. § 1.2.4.1), de débit réduit et possédant des pièges à iode maintenus efficaces en permanence par préchauffage, permet de maintenir l'enceinte en dépression et de filtrer les rejets. Cet accident est géré dans le cadre du plan d'urgence interne (PUI) du centre de Saclay. Ses conséquences à court terme (2 jours) et à long terme (50 ans), pour les conditions météorologiques pénalisantes (*i.e.* diffusion normale, vent de 5 m/s, par temps de pluie de 2 mm/h), sont inférieures aux valeurs correspondant aux trois niveaux d'intervention indiqués à l'article R1333-80 du Code de la santé publique.

L'infrastructure intérieure comprend :

- La piscine, à peu près au centre, comprise entre les niveaux 0 m et -11 m (le niveau 0 de référence est à la fois le niveau du hall pile et celui de l'eau dans la piscine. Il correspond au niveau 157,50 NGF). Cette piscine, qui abrite le cœur du réacteur, a pour dimensions intérieures : 6,50 x 7,50 x 11 m, soit un volume de 536 m³, ancré dans une enveloppe de béton qui assure la résistance mécanique et la protection biologique.
- La salle des mécanismes des éléments de commande, qui est située sous la piscine, au niveau -15 m.
- Le canal de stockage et de transfert, situé au sud de la piscine et avec laquelle il communique par un batardeau. Large de 2,50 m, profond de 7 m, il permet le transfert, sous protection d'eau, des éléments irradiés vers les ateliers chauds ou le réacteur ISIS. Son volume est de 500 m³.
- Les bacs de désactivation des circuits cœur et piscine situés sous le canal, soit entre les niveaux -11 m et -7,5 m (volumes respectifs 137 m³ et 25 m³).
- Les casemates des échangeurs de chaleur, situées au sud du canal, entre les niveaux -11 m et 0 m.
- Les locaux divers des circuits primaires : bache de vidange et salle des hydrauliques à l'est de la piscine ; local DRG et salle de transfert et de vidange à l'est des casemates.
- Les planchers des niveaux -8 m, -4 m et 0 m, qui ont une épaisseur de 50 cm pour assurer la protection biologique entre les diverses zones expérimentales situées à la périphérie de la piscine. Les communications entre ces différents niveaux se font par des escaliers, un monte-charge et des trémies pour le passage du gros matériel.

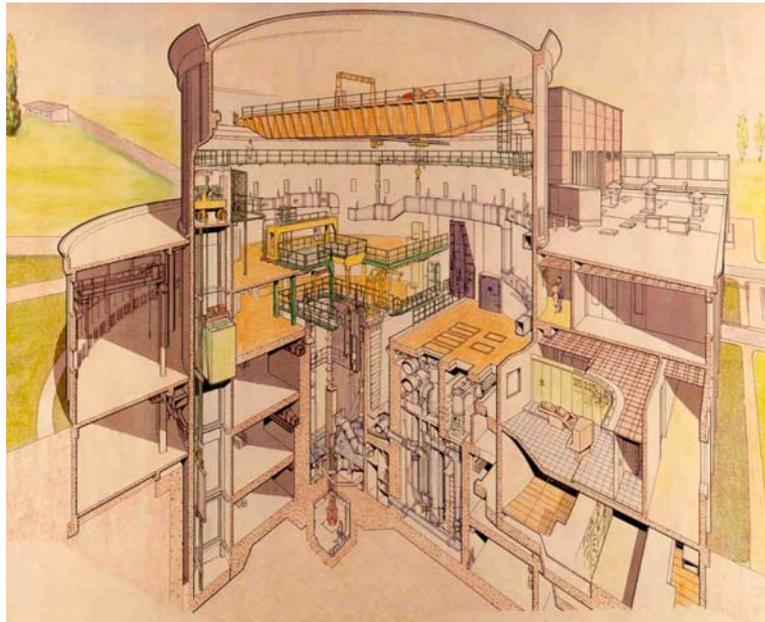


Figure n° 3 : perspective du réacteur OSIRIS

c) Le radier supporte le "bloc-eau", il est lui aussi désolidarisé de l'enceinte extérieure, ce qui autorise un tassement différentiel entre les deux structures.

L'étanchéité entre les deux structures est réalisée par un joint de type Water-Stop.

Un revêtement multicouche enveloppe la partie inférieure de l'enceinte (jusqu'à -9 m.) et le radier. Il évite la pollution de la nappe phréatique par des fuites éventuelles et, inversement, il interdit les infiltrations d'eau de la nappe vers l'intérieur du bâtiment réacteur.

1.2.1.2. Bâtiments annexes

La galerie couronne est accolée au bâtiment réacteur, du sud-ouest au nord-est. Large de 7 m et haute de 11 m, elle abrite les équipements de ventilation-conditionnement, des installations expérimentales, des aires de stockage et le laboratoire SPR.

Les ateliers chauds sont situés entre les enceintes des réacteurs OSIRIS et ISIS, avec lesquelles ils communiquent par des sas et le canal de transfert. Outre les ateliers mécaniques, ils abritent les deux cellules chaudes et, au sous-sol, les équipements des circuits d'épuration des eaux et de filtration de l'air extrait du bâtiment réacteur. Ce bâtiment, fondé sur pieux, est haut de 16 m, à fuites contrôlées, et mis en légère dépression par rapport à l'extérieur pour constituer une barrière.

Les deux cellules sont conçues pour recevoir une source de $3,7 \cdot 10^{15}$ Bq ayant une énergie de 1 MeV. Elles peuvent en particulier recevoir, pour examen, un élément combustible standard irradié.

Un circuit de ventilation assure la mise en dépression des cellules, l'air extrait est filtré avant rejet à la cheminée.

Les cellules sont placées au nord du canal n°2, lequel traverse le bâtiment d'est en ouest. Les cellules surplombent un canal d'entrée, commun aux deux cellules et perpendiculaire au canal n°2. Elles sont placées symétriquement par rapport à l'axe de leur mur de séparation, lui-même dans l'axe du canal d'entrée.

Le mur de séparation plonge de 500 mm dans l'eau du canal d'entrée et assure ainsi la protection et la séparation hydraulique entre les deux cellules.

La zone de travail, ou zone avant des cellules, est située entre le canal n°2 et les cellules et est constituée par une plate-forme en surplomb du canal n°2.

La zone arrière est une zone d'intervention située au nord des cellules ; elle a une longueur de 5,50 m. Le plancher de cette zone contient toutes les trappes d'accès, d'enlèvement et de mise en place des filtres de la ventilation nucléaire.

Le bâtiment des cellules est desservi par un pont roulant ayant un crochet principal de 250 kN et deux crochets de 60 kN.

Ce pont a été équipé en 2008 d'un nouvel automatisme, destiné à améliorer la défense en profondeur vis-à-vis des incidents d'irradiation du personnel, en cas de sortie d'eau d'objet irradiant. Trois capteurs de radioprotection ont été installés et mesurent en permanence le débit de dose à la surface du canal n°2. Lorsqu'au moins un des capteurs mesure un débit de dose supérieur à un seuil prédéfini, le mouvement de montée du palan utilisé est automatiquement stoppé.

Un sas camion a été implanté en 2010 au droit de la porte des ateliers chauds, afin d'assurer une extension du confinement pendant les phases de réception et d'expédition, notamment d'emballages de transport.

Le bâtiment des machines tournantes est implanté au sud des ateliers chauds. Il est large de 12 m, long de 23 m et haut de 7 m. Il abrite les deux groupes électrogènes de secours.

Le bloc électrotechnique est situé au sud du bâtiment réacteur. Composé de trois niveaux, dont un en sous-sol, il abrite tous les équipements électrotechniques nécessaires au fonctionnement du réacteur, y compris la salle de contrôle.

Le complexe comprend également des bureaux, situés dans le prolongement du bloc électrotechnique et à l'ouest de celui-ci, une cheminée d'évacuation des effluents gazeux, située au nord-est du bâtiment réacteur, des aéroréfrigérants situés à l'est du bâtiment ISIS et des fosses à effluents.

1.2.2. Bloc réacteur

1.2.2.1. Cœur du réacteur

Le cœur du réacteur est disposé au centre de la piscine. Il est logé dans un caisson en zircaloy de dimensions intérieures 0,62 x 0,62 x 0,70 m recevant un casier.

C'est dans ce casier que sont mis en place les éléments combustibles, les éléments de commande, les éléments réflecteurs et les dispositifs expérimentaux.

Le combustible utilisé est un combustible dit SILICIURE, dont les caractéristiques générales sont les suivantes :

Les éléments combustibles sont composés de 22 plaques par élément standard, 17 plaques par élément de commande. Les plaques sont constituées d'une dispersion d' U_3Si_2 , gainées d'Al.

Le refroidissement se fait par circulation d'eau de bas en haut entre les plaques.

1.2.2.2. Piscine et bloc pile

La piscine est un réservoir en béton armé revêtu d'acier inoxydable, reposant sur le radier général, au niveau - 11 m. Elle est percée en son centre inférieur pour permettre le passage, vers la salle des mécanismes, des tiges d'attelage et de liaison respectivement pour les éléments standard et les éléments de commande.

Conçue pour permettre un accès facile aux équipements expérimentaux et un remplacement aisé du cœur, elle est construite pour résister à un accident de réactivité à caractère explosif du type BORAX.

Une bache de vidange rapide est adjointe à la piscine. Ayant un volume de 224 m³, elle permet, le batardeau n°1 étant en place, une vidange partielle de la piscine, jusqu'au niveau - 4,5 m, ce qui laisse une garde d'eau de 4 m au-dessus du cœur, et de 0,5 m au-dessus de la cheminée.

Le bloc pile repose au fond de la piscine, au centre de celle-ci. Il est constitué par une structure haute de 6 m, appuyée sur le bloc tubulaire, dans laquelle est mis en place le cœur.

Il comprend, de bas en haut :

- un carter d'entrée d'eau,
- le caisson du cœur proprement dit,
- un carter de sortie d'eau,
- une cheminée.

La circulation de l'eau de refroidissement dans le sens ascendant conduit à verrouiller tous les éléments et certaines expériences contenus dans le cœur, pour éviter leur envol, et à provoquer un contre-courant descendant dans la cheminée, pour éviter que l'eau active aille contaminer la surface de la piscine.



Photo n°1 : le bloc pile

Les dispositifs expérimentaux peuvent être logés dans le caisson du cœur ou dans des grilles entourant celui-ci.

Le bloc pile et la piscine sont conçus pour permettre un démontage et une manutention à distance et sous eau des équipements qu'ils contiennent. Ces opérations nécessitent des outillages adaptés à chacune d'elles : perches, potences et en particulier un convoyeur qui permet de transporter les éléments combustibles et dispositifs expérimentaux vers les aires de stockage ou aux cellules chaudes. Ce convoyeur se déplace le long de la berge sud des canaux et permet toutes les manutentions sous eau entre la piscine d'OSIRIS et celle d'ISIS.

1.2.3.Circuits

1.2.3.1. Circuit principal de refroidissement du cœur

Le fluide de refroidissement est de l'eau déminéralisée. Le débit nominal du circuit est d'environ 5 800 m³/h.

L'eau arrive à la base du bloc pile, traverse le cœur et est dirigée vers un bac de désactivation, où elle séjourne environ 90 secondes. Des pompes de circulation la refoulent alors vers un collecteur commun à partir duquel elle est répartie entre les 4 échangeurs. Trois pompes sur les quatre disponibles sont en service simultanément, la quatrième étant conservée en secours.

La tuyauterie d'entrée d'eau dans le cœur est équipée de deux clapets destinés à assurer le refroidissement du cœur en convection naturelle lorsque les pompes sont arrêtées. Ces clapets s'ouvrent automatiquement par l'action d'un contrepoids lorsque la pression dans le circuit primaire tombe à une valeur réglable comprise entre 10³ et 2,5.10³ Pa (entre 10 et 25 mbar), le cœur étant alors refroidi par l'eau de la piscine, sans inversion du sens de circulation, au niveau du cœur.

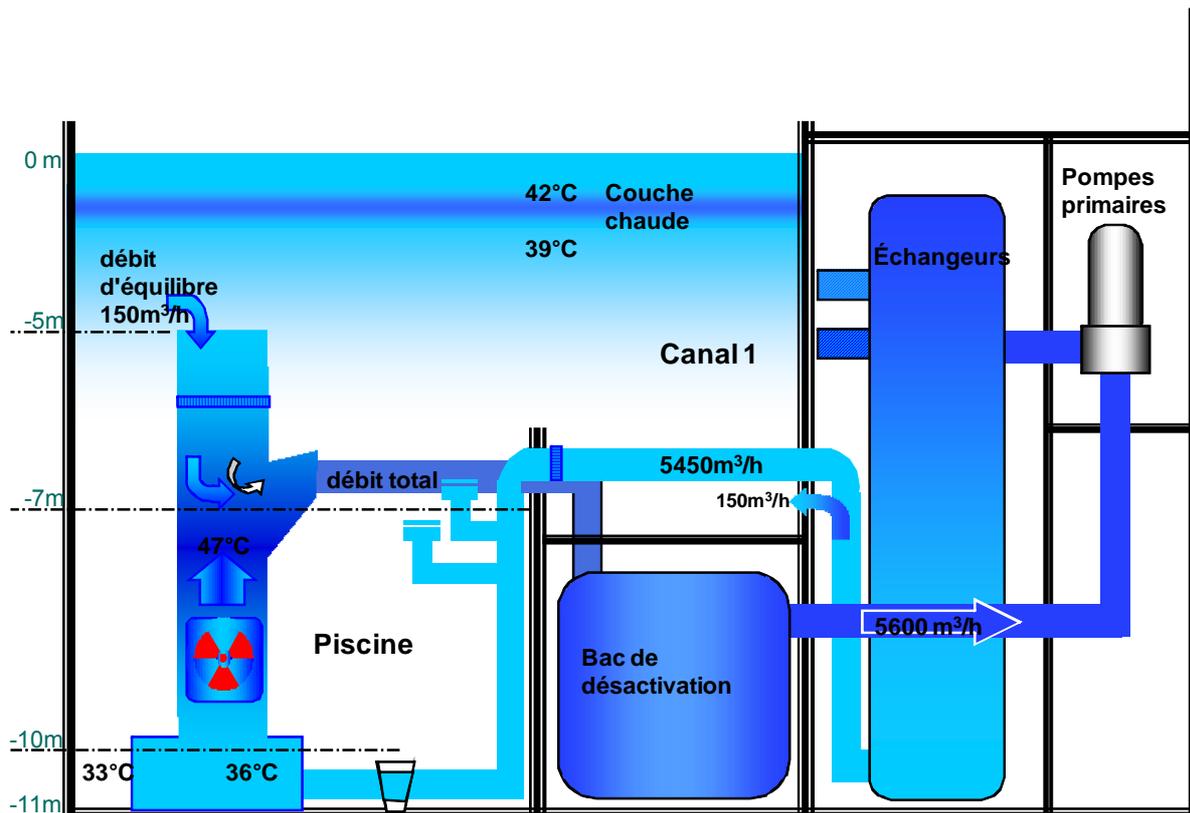


Schéma n°1 : circuit principal de refroidissement du cœur

1.2.3.2. Circuit principal de refroidissement de la piscine

Le but de ce circuit est de refroidir les équipements installés dans la piscine, y compris les dispositifs expérimentaux et les combustibles irradiés en cours de refroidissement.

L'eau utilisée est la même que celle du circuit cœur, avec lequel elle communique.

Le débit nominal du circuit est d'environ 500 m³/h.

L'eau arrive au fond de la piscine, en périphérie. Elle est aspirée au centre, dans la boîte à eau, ce qui l'oblige à refroidir au passage les dispositifs expérimentaux et éléments réflecteurs.

Comme celle du circuit cœur, l'eau traverse un bac de désactivation dans lequel elle séjourne environ 100 secondes.

Elle est alors reprise par une pompe, puis refoulée vers un échangeur avant de revenir en piscine. Deux groupes "pompe-échangeur" sont installés ; un est en service, le second est en secours manuel de l'autre.

Comme pour le circuit de refroidissement du cœur, deux clapets de convection naturelle sont installés, mais sur le circuit de sortie. Ils permettent le refroidissement des expériences placées contre le caisson en périphérie, après inversion du sens de circulation de l'eau.

1.2.3.3. Circuits annexes

Le circuit d'équilibre met en communication le circuit du cœur avec le circuit de la piscine. Le débit, entre piscine et cœur, est réglé entre 100 et 200 m³/h. Ceci provoque un débit équivalent et un courant descendant dans la cheminée jusqu'au carter de sortie d'eau.

Le circuit de la couche chaude, dont le but est de maintenir un matelas d'eau chaude en surface de la piscine afin de réaliser un barrière de protection radiologique, permet de prélever de l'eau à l'est de la piscine, de la réchauffer et de la renvoyer à l'ouest.

Le circuit "canaux" est celui qui permet le refroidissement de l'eau de l'un quelconque des canaux quand les éléments combustibles y sont stockés. Ce circuit est également utilisé pour le remplissage ou l'épuration des capacités.

Le circuit de remplissage permet de produire et de distribuer l'eau déminéralisée utilisée dans les

différents circuits. La station de traitement d'eau est installée au sous-sol des ateliers chauds.

Le circuit d'écumage permet le nettoyage des eaux de surface des piscines et canaux.

Le circuit d'épuration est destiné à assurer l'épuration continue de l'eau déminéralisée afin de maintenir une résistivité élevée. Deux chaînes identiques peuvent traiter chacune 30 m³/h.

Le circuit d'effluents permet de collecter et d'évacuer les effluents actifs produits dans le bâtiment réacteur.

Enfin, le circuit d'appoint d'eau de secours, commandable depuis le poste de repli, permet de pouvoir pallier une éventuelle fuite de la piscine qui pourrait résulter d'un accident de type BORAX.

1.2.3.4. Circuit secondaire de refroidissement

Le circuit secondaire constitue le second étage de refroidissement. Il est destiné à évacuer à l'extérieur les calories transportées par les circuits primaires de refroidissement.

Il utilise de l'eau industrielle pour un débit total de 5 100 m³/h.

L'eau est refroidie dans un réfrigérant atmosphérique à quatre cellules indépendantes à tirage forcé, implanté à l'est des bâtiments.

La circulation est assurée par quatre groupes centrifuges qui refoulent l'eau vers une batterie de douze hydrocyclones de décantation et les six échangeurs principaux installés dans le bâtiment réacteur.

Cette eau secondaire est également utilisée pour le refroidissement des installations expérimentales, des circuits primaires du réacteur ISIS et du groupe frigorifique de conditionnement d'air.

L'appoint d'eau se fait soit par le réseau d'eau industrielle du Centre, soit par le réseau d'eau de ville.

1.2.4. Effluents

1.2.4.1. Ventilation et effluents gazeux

Le circuit de ventilation du bâtiment réacteur a un double but :

- assurer une fonction de sécurité vis-à-vis de l'environnement,
- assurer la climatisation dans les locaux et le renouvellement de l'air.

La fonction de sécurité est fondée sur la mise en œuvre de trois moyens :

- confinement des gaz et poussières radioactifs à l'intérieur de l'enceinte par une mise en dépression de celle-ci de 50 Pa (0,5 mbar),
- capture des dégagements gazeux à la surface de la piscine par un balayage horizontal,
- filtration permanente de l'air extrait.

Le circuit de pulsion comprend une prise d'air au niveau 0, un ensemble de traitement, une batterie de ventilateurs de pulsion.

Le circuit d'extraction est composé d'un réchauffeur, d'un clapet coupe-feu, d'un ensemble de filtres à Très Haute Efficacité (THE) et de PAI à charbon actif ainsi que d'une batterie de ventilateurs d'extraction qui refoulent l'air dans une cheminée haute de 45 m.

Le débit d'air extrait est d'environ 50 000 m³/h pour l'ensemble des bâtiments (Halls pile d'OSIRIS et d'ISIS, Ateliers chauds et cellules chaudes).

Les effluents produits par les dispositifs expérimentaux sont également évacués par la cheminée, au moyen d'un réseau particulier.

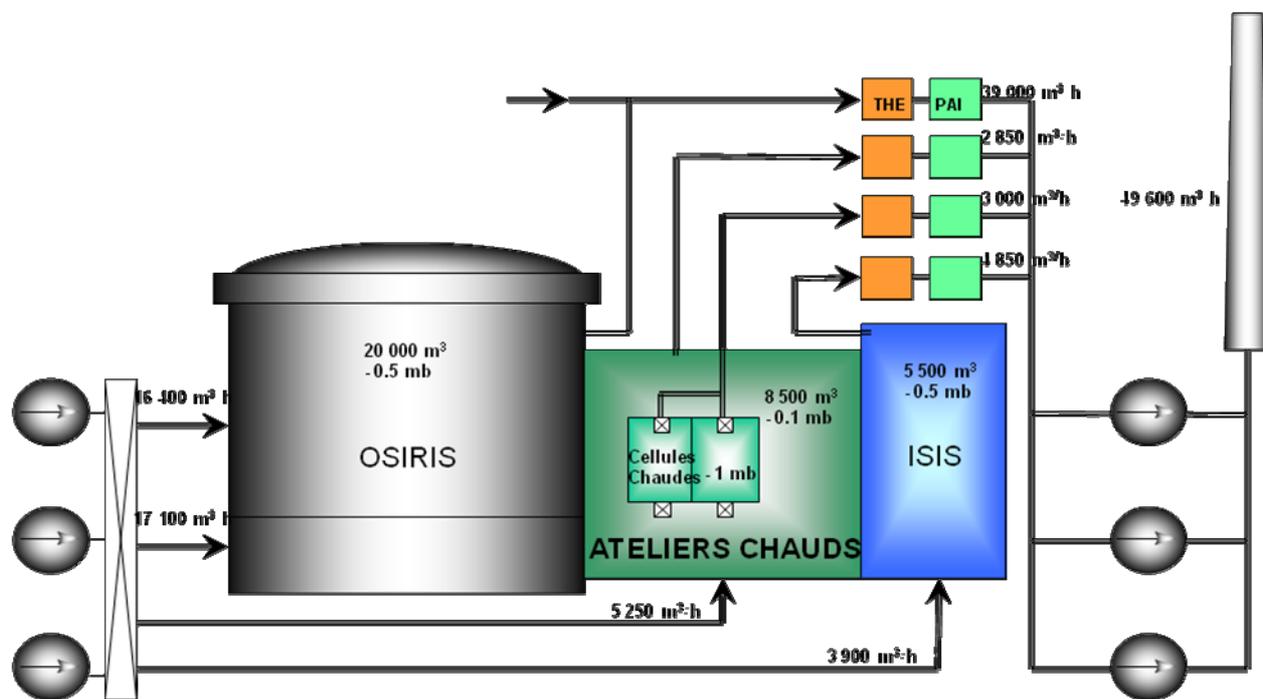


Schéma n°2 : la ventilation nucléaire normale

Le système de ventilation de sauvegarde assure avec un débit d'extraction réduit, en situation post-accidentelle (BORAX), le confinement dynamique de l'enceinte et une filtration efficace par un ensemble de filtres THE et PAI indépendant du système normal de filtration. Il assure également en permanence le maintien en dépression du local des filtres.

1.2.4.2. Effluents liquides radioactifs

En fonctionnement normal, tous les effluents liquides radioactifs sont envoyés dans des bacs de récupération. Des pompes de relevage permettent leur évacuation vers des cuves avec rétention enterrées à l'extérieur des bâtiments de l'INB. L'accès au voisinage immédiat de ces cuves est contrôlé et balisé suivant les débits de dose d'irradiation qu'elles induisent. Ces cuves sont équipées d'alarme de niveau haut.

Après les analyses physico-chimiques d'activité nécessaires, ces cuves sont vidées et leur contenu évacué par camions citernes vers une installation autorisée à cet effet pour traitement ou stockage.

1.2.5. Auxiliaires nucléaires

Le rôle du réacteur étant de permettre l'irradiation de matériaux divers, il possède toutes les installations nécessaires à la manutention, l'alimentation, la fixation et le démontage des dispositifs expérimentaux.

Les dispositifs d'irradiation sont de deux types :

- ceux de grandes dimensions, conçus pour une expérience bien déterminée,
- ceux de petites dimensions, correspondant à l'irradiation de petits échantillons utilisés par les laboratoires spécialisés et pour lesquels le transfert se fait dans des convoyeurs hydrauliques, ou au moyen de conteneurs blindés immergeables ou encore par l'intermédiaire des cellules chaudes.

La récupération des échantillons irradiés et la mise aux déchets des dispositifs de grandes dimensions se font dans les cellules chaudes.

Pour les examens liés aux expériences, le réacteur est, de plus, équipé de :

- un poste de neutronographie pour les examens d'échantillons avant et après irradiation qui sont soit dans leur dispositif expérimental, soit dans un conteneur spécifique,
- un banc de gammamétrie destiné à effectuer des analyses de spectres sur des échantillons restés en place dans leur dispositif expérimental ou disposés dans un conteneur spécifique.

1.2.6. Auxiliaires électriques

L'alimentation du complexe d'OSIRIS se fait sous 15 kV, à partir du poste général de Saclay. Deux arrivées séparées alimentent l'INB 40 (une en service, l'autre en réserve). La puissance installée pour le réacteur OSIRIS est d'environ 6 MVA.

Le tableau haute tension 15 kV alimente une série de tableaux de distribution basse tension 400 V, par l'intermédiaire de transformateurs abaisseurs.

L'alimentation des moteurs et de l'éclairage se fait à partir de ces tableaux 400 V.

Les auxiliaires non secourus sont alimentés uniquement par le réseau EdF.

Les auxiliaires indispensables sont secourus et peuvent être alimentés par deux groupes électrogènes à moteur Diesel de 2 100 kW chacun. La reprise en secours est automatique et instantanée.

Un système de branchement est prévu pour un groupe diesel mobile en cas de défaillance des deux groupes diesel de secours. Ce groupe dit "d'ultime secours" (GUS) est implanté dans l'INB. Sa puissance est de 250 kVA.

Les auxiliaires ou équipements indispensables au bon fonctionnement du réacteur et à son contrôle sont alimentés par des sources de sécurité élaborées à partir du 400 V et d'ensembles redresseurs/batteries 48 V courant continu (Vcc), pour la sécurité des expériences, la commande et la signalisation des installations électrotechniques, le contrôle du réacteur.

La distribution 48 Vcc est assurée par deux ensembles indépendants constitués chacun de 2 batteries et de 2 redresseurs.

La distribution 230 V est constituée de trois réseaux identiques comprenant notamment chacun un onduleur, un redresseur-chargeur, une batterie d'accumulateurs. Ces réseaux alimentent le contrôle-commande du réacteur, la radioprotection, le Réseau de Diffusion des Ordres (RDO).

1.2.7. Contrôle-commande

1.2.7.1. Généralités

Afin de répondre à l'évolution des normes de sûreté, le contrôle-commande du réacteur a été renouvelé dans sa totalité à partir de la fin des années 1980. Cette rénovation s'est terminée en février 1993.

Le contrôle-commande est constitué de deux grands ensembles :

- un système de protection (sûreté),
- un système de conduite adapté aux besoins du procédé, entièrement informatisé, et rénové en 2010.

La conduite du réacteur s'effectue depuis une salle de conduite, située au sud du bâtiment réacteur, au niveau 0 m.

Dans cette salle, sont donc regroupés tous les organes nécessaires : aux contrôles nucléaires, thermiques, hydrauliques et électriques du réacteur et de ses annexes, à la conduite du réacteur, par l'intermédiaire de six barres de commande, aux actions permettant la protection du personnel et du matériel.

1.2.7.2. Systèmes de protection

1.2.7.2.1. Protection nucléaire

Ce contrôle est obtenu au moyen de six chaînes de mesure :

Trois chaînes de démarrage Bas Niveau (BN) utilisées pour le contrôle de la puissance du réacteur jusqu'à un régime limité à 1,4 MW. Les détecteurs sont des chambres à fission et sont mobiles dans un plan horizontal. Le contrôle de cette puissance est réalisé en tenant compte de la position relative de ces détecteurs par rapport au cœur.

Trois chaînes linéaires de sûreté Haut Niveau (HN), redondantes et indépendantes, utilisées pour le contrôle du réacteur jusqu'à la puissance nominale (70 MW). Les détecteurs sont des chambres d'ionisation compensées. Ces chaînes sont fixes.

La chute des barres de sécurité est obtenue par la coupure de l'alimentation électrique d'un embrayage

électromagnétique.

Trois temps de doublement sont calculés à partir soit des mesures BN soit des mesures HN. Ces chaînes sont vérifiées périodiquement et comparées aux mesures azote 16 et aux mesures de bilan thermique.

1.2.7.2.2. Protection non nucléaire

Elle est basée essentiellement sur les mesures thermodynamiques. Celles-ci sont utilisées dans les circuits de sécurité et pour l'établissement du bilan thermique.

Elles permettent également de renseigner le personnel d'exploitation sur l'évolution des phénomènes au cours du fonctionnement normal ou anormal.

C'est ainsi que sont mesurés :

- les températures à l'entrée et à la sortie du cœur et de la piscine,
- les débits des circuits cœur et piscine, par mesure de la pression différentielle entre l'amont et l'aval des échangeurs,
- les pressions différentielles du cœur et de la piscine.

Lors de la rénovation du contrôle - commande, l'ensemble du matériel composant la centrale de calcul du bilan thermique a été réétalonné.

Toutes les chaînes de mesure entrant dans les circuits de sûreté sont triplées et indépendantes les unes des autres.

1.2.7.2.3. Détection de rupture de gaine

La détection des ruptures de gaine est assurée par un dispositif de prélèvement en sortie du cœur et d'analyse des activités neutrons et gamma du fluide.

L'analyse de l'activité neutrons est réalisée par un bloc détecteur de neutrons différés constitué d'un ensemble modérateur et de trois groupes de deux compteurs de neutrons thermiques. Chaque groupe est raccordé à une chaîne de mesure faisant partie des voies de sûreté.

L'analyse de l'activité gamma est réalisée par un bloc comportant un détecteur à scintillation.

1.2.7.3. Systèmes de conduite

Ils reposent essentiellement sur les six barres de commande assurant trois fonctions distinctes:

- sécurité, par chute rapide,
- pilotage, par déplacement lent dans une plage donnée,
- compensation par déplacement lent sur toute la course possible.

Les six barres sont identiques et constituées d'un élément de plaques combustibles surmontées d'un élément absorbant.

Deux barres sur six sont affectées en sécurité, les quatre autres travaillant alors en compensation ou en pilotage.

Une chaîne de pilotage mesure la puissance neutronique. Le détecteur est une chambre d'ionisation sensible aux rayons gamma.

Le déplacement des barres est obtenu par un ensemble composé d'un moteur, d'un réducteur, d'une crémaillère et d'une tige de liaison.

1.2.7.4. Sûreté

L'organisation de la sûreté est basée sur une triple mesure de l'ensemble des grandeurs neutroniques et thermohydrauliques. Ces trois voies sont redondantes et séparées physiquement. Chacune de ces voies se compose de deux armoires d'acquisition et de traitements numériques :

- une armoire SIREX (Système d'Instrumentation pour Réacteurs EXpérimentaux) traitant des mesures neutroniques,
- et une armoire ASU traitant des mesures thermodynamiques et de la détection de rupture de gaine.

Les actions de sûreté élaborées par ces trois voies sont traitées par deux automates de sûreté séparés physiquement. L'arrêt du réacteur par chute des barres de sécurité est ordonné lorsque 2 des 3 valeurs

de même nature mesurées ont franchi les seuils d'arrêt d'urgence.

La sûreté de l'installation est obtenue par une hiérarchisation des défauts :

- les défauts mineurs ou anomalies de fonctionnement, pour lesquels l'attention des opérateurs est attirée,
- les défauts importants pour lesquels il y a arrêt automatique du réacteur, sans intervention humaine.

1.2.8. Radioprotection

Pour protéger le personnel contre les effets des rayonnements ionisants, des dispositifs de détection de radioactivité ambiante et de signalisation de dépassement des seuils fixés sont mis en place.

La détection porte sur le rayonnement gamma et les poussières et gaz radioactifs de l'atmosphère. Elle se fait dans l'ensemble de l'INB (réacteurs OSIRIS et ISIS et ateliers chauds).

Le dépassement de seuils d'alerte provoque, dans les locaux concernés, les signalisations sonores et lumineuses qui renseignent le personnel sur la conduite à tenir.

Les signaux sont également reportés en salle de conduite après passage dans le Tableau de Contrôle des Rayonnements (TCR).

2. Identification des risques d'effet falaise et des structures et équipements essentiels

La conception et le dimensionnement des installations nucléaires reposent sur la mise en œuvre de barrières successives et du concept de défense en profondeur. Le CEA a mis en place une démarche de sûreté intégrant ces éléments sur l'ensemble de ses installations nucléaires de base. Cette démarche conduit ainsi à définir des conditions de fonctionnement accidentelles pour lesquelles des dispositions de conception sont mises en place sur les installations. Les agressions internes et externes sont également prises en compte.

Le concept de défense en profondeur est en effet une méthode de raisonnement qui consiste, malgré les mesures prises pour prévenir les dysfonctionnements, les incidents et les accidents, à postuler qu'ils se produisent et à étudier et mettre en œuvre les moyens de les détecter, d'y faire face et d'en limiter les conséquences.

Ce concept est décliné en 4 niveaux de défense successifs :

Premier niveau : prévention des anomalies et des défaillances (qualité de réalisation, ...);

Deuxième niveau : surveillance et maintien de l'installation dans le domaine autorisé,

Troisième niveau : limitation des conséquences des conditions de fonctionnement accidentelles avec la mise en œuvre sur l'installation de dispositifs de sauvegarde ou de sécurité ;

Quatrième niveau : gestion des séquences accidentelles et dispositions prévues par le plan d'urgence interne (PUI) du site ;

dans lesquels on peut répartir les lignes de défense successives mises en place pour se prémunir de la défaillance des dispositions techniques, humaines ou organisationnelles prévues pour assurer la sûreté de l'installation, ainsi que celles mises en place pour détecter et limiter les conséquences de ces défaillances.

Les conditions de fonctionnement accidentelles étudiées dans le référentiel de sûreté sont définies par un événement initiateur. Les études associées sont menées avec des hypothèses conservatives. Ce conservatisme couvre à la fois les hypothèses liées à l'état initial de l'installation ainsi que les règles d'études du scénario accidentel résultant de l'événement initiateur considéré.

Au titre du 4^{ème} niveau de la défense en profondeur, l'analyse de ces conditions de fonctionnement accidentelles est complétée par l'examen de séquences accidentelles plus complexes, les situations de limitation du risque, qui permettent de couvrir des cumuls de défaillances d'équipements, en particulier la perte de systèmes redondants. Ces séquences sont examinées afin de vérifier la robustesse de la démonstration de la sûreté et ont déjà pu conduire à la mise en place de dispositions spécifiques pour y faire face.

Elles sont complétées par les dispositions prévues par le PUI du centre pour gérer les situations de crise.

L'élaboration du PUI repose sur l'identification de types d'accidents susceptibles de conduire à des rejets de matières dangereuses en quantités telles que des mesures de protection s'avéreraient nécessaires. Le PUI a pour objet de prendre en compte des accidents plus graves que ceux considérés dans le dimensionnement des installations. Ils sont déterminés, par exemple, en ajoutant un aggravant aux conditions de fonctionnement accidentelles étudiées dans le rapport de sûreté.

Ces accidents conduisent à la mise en œuvre de l'organisation des secours de façon à limiter les conséquences possibles de l'accident sur les personnes et les biens par des dispositions particulières.

Le CEA a mis en place une organisation de crise pour faire face à ce type de situations accidentelles. Cette organisation est testée périodiquement au cours d'exercices.

Pour les installations le nécessitant, il existe un cinquième niveau de la défense en profondeur qui comprend les mesures de protection des populations prises par les pouvoirs publics, dans le cadre des plans particuliers d'intervention (PPI).

Les évaluations prescrites dans la décision ASN sont qualifiées de complémentaires car elles viennent en complément des analyses déjà réalisées. Ces évaluations complémentaires font abstraction de la démarche de sûreté mise en place pour la conception et le dimensionnement des installations.

Les évaluations complémentaires demandées exigent de considérer, dans des situations extrêmes, la défaillance cumulée d'un certain nombre d'équipements, même ceux mis place sur l'installation pour faire face à l'événement. L'objectif assigné est d'identifier un éventuel effet falaise et d'évaluer les marges par rapport à cet éventuel effet falaise, sans limitation a priori sur la caractérisation de l'événement ou de l'aléa.

Cette demande de l'ASN conduit donc à faire abstraction, dans les évaluations complémentaires, d'un certain nombre de dispositions conçues et dimensionnées pour empêcher la survenue de certaines situations. L'objectif n'est pas d'examiner de nouvelles situations, il s'agit d'évaluer les marges à disposition au regard d'éventuels risques d'effet falaise.

Un effet falaise se comprend comme une forte discontinuité dans le comportement de l'installation conduisant à une aggravation notable de la situation, notamment en termes de quantités de produits radioactifs ou dangereux mobilisés.

Les risques d'apparition d'effets falaise, identifiés ci-après, nécessitent de répondre simultanément aux deux conditions suivantes :

- ils se produisent lors des situations examinées dans ce document, à savoir lors d'un séisme ou d'une inondation au-delà de ceux pris en compte pour le dimensionnement de l'installation, ou lors de pertes postulées d'alimentation électrique ou de source froide,
- ils conduisent à des conséquences sur l'environnement significativement supérieures à celles des événements considérés dans le référentiel de sûreté actuel de l'installation, y compris le PUI.

Concrètement, il s'agit d'identifier les risques d'effet falaise qui dans le cadre d'une part des aléas considérés et d'autre part des pertes postulées (pertes alimentations électriques, perte de la source froide et cumul de ces deux pertes) pourraient intervenir par rapport :

- à une perte de la fonction de refroidissement du cœur,
- à une perte de la fonction de refroidissement du combustible entreposé à sec ou sous eau,
- à une perte d'intégrité du confinement, notamment de l'enceinte de confinement,

Considérant l'analyse de sûreté présentée dans les rapports de sûreté, on identifie :

- les produits radioactifs ou dangereux susceptibles d'être mobilisés et pouvant conduire à un risque d'effet falaise,
- les événements mettant en jeu ces produits,
- l'état initial de l'installation et les situations initiales défavorables,
- l'état sûr visé et les équipements nécessaires pour y parvenir et pour le maintenir.

Cet examen permet d'identifier les dispositions préventives et les équipements essentiels existants face à ces effets falaise et de définir des dispositions complémentaires visant à augmenter encore la robustesse de l'installation.

2.1. Risques d'effet falaise

Les produits radioactifs ou dangereux susceptibles d'être mobilisés et pouvant conduire à un risque d'effet falaise sont les matières nucléaires constitutives des éléments combustibles présents dans les cœurs des réacteurs OSIRIS et ISIS et dans les entreposages en piscine et canal n°2.

Les événements mettant en jeu ces produits et susceptibles de conduire à un risque d'effet falaise sont :

- Le dénoyage conduisant à la fusion de certains éléments combustibles du cœur d'OSIRIS,
- Le dénoyage des éléments combustibles usés entreposés dans le canal n°2 en attente d'évacuation pour retraitement,
- Le dénoyage du cœur d'ISIS,
- La ruine des enceintes de confinement en présence de dégagement de produits radioactifs.

L'état initial de l'installation est représentatif de son état au 30 juin 2011 :

- Le réacteur OSIRIS est en fonctionnement nominal à 70 MW.
- Huit dispositifs expérimentaux contenant du NaK sont présents dans l'installation (cœur, canal n°1 et canal n°2) ; ils seront considérés en piscine et en cœur d'OSIRIS au titre de la gestion du risque hydrogène (§ 7.2.1.). Ils ne contiennent que des échantillons de matériaux ne présentant qu'un risque d'irradiation pour les personnes séjournant à leur proximité sans protection biologique adaptée (de l'ordre de 3 mètres d'eau).
- Les boucles expérimentales ISABELLE 1 et GRIFFONOS sont à l'arrêt. Si elles sont en fonctionnement, aucune des agressions ou pertes de prestation étudiées au titre de l'évaluation complémentaire de sûreté n'est susceptible de remettre en cause leurs fonctions de sûreté : leurs supports sont dimensionnés pour le séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay, leurs

parties « en pile » sont immergées et leurs baies de contrôle commande sont à l'intérieur du hall du réacteur OSIRIS aux niveaux 0 m et – 4 m respectivement, leur contrôle commande est en logique « à coupure » et les place donc en situation sûre dépressurisée en cas de perte d'alimentation électrique, le simple arrêt du réacteur et leur maintien immergées assure la réfrigération du crayon expérimental qu'elles contiennent. De plus l'analyse de sûreté réalisée sur ces dispositifs indique que les conséquences à l'environnement en cas de fusion des crayons expérimentaux sont minimales et ne conduisent à prendre aucune mesure de protection des populations.

- 35 éléments combustibles usés sont entreposés en piscine ; pour les besoins de l'exercice d'évaluation complémentaire de sûreté, certaines études ont été réalisées en prenant comme hypothèse la présence de 84 éléments combustibles en piscine. L'historique d'irradiation et le temps de refroidissement de ces éléments sont représentatifs du fonctionnement normal de l'installation : 8 cycles de 25 jours de fonctionnement par an, précédés de 10 jours d'arrêt technique, avec déchargement de 7 éléments combustibles à chaque cycle.
- 211 éléments combustibles usés sont entreposés en canal n°2, pour un maximum autorisé de 300 éléments combustibles, et une capacité réelle de 240 éléments combustibles ; pour les évaluations menées pour l'exercice d'évaluation complémentaire de sûreté, les études ont considéré un historique d'irradiation représentatif de la réalité.
- 4 cœurs usés du réacteur ORPHEE sont entreposés dans le canal n°2, pour une capacité maximale et autorisée de 5 cœurs ; pour les besoins de l'exercice d'évaluation complémentaire de sûreté, certaines études ont été réalisées en prenant comme hypothèse la présence de 5 cœurs, avec un historique d'irradiation et un temps de refroidissement représentatifs de la réalité.
- Le réacteur ISIS est à l'arrêt ; comme il sera précisé dans chaque partie cette hypothèse ne conduit à aucune sous-estimation des risques, notamment dans le cas des agressions externes. Une situation avec ISIS en fonctionnement a été considérée pour les situations de pertes des alimentations électriques ou de perte du système de refroidissement.

Les situations initiales défavorables envisagées sont :

- Manutention de déchargement du cœur,
- Chargement de château TN-MTR en vue de l'évacuation de combustible usé vers l'usine de La Hague,
- Chargement de combustible ou de cibles pour la production de radioéléments artificiels à usage médical,
- Manutention de château contenant un crayon de combustible expérimental,
- Niveau bas dans la piscine d'OSIRIS pour maintenance d'installation immergée, le réacteur étant à l'arrêt depuis 2 jours (puissance résiduelle de 286 kW).

2.2. Structures et équipements essentiels

Les équipements identifiés, à ce stade de l'étude, comme nécessaires pour parvenir à l'état sûr et le maintenir sont :

- Les matériels intervenant dans la séquence de chute des barres de commande,
- Les parois et le fond des piscines des réacteurs et du canal n°2,
- Des moyens d'apport d'eau adaptés au besoin (fuite, évaporation),
- Les clapets de convection naturelle permettant la réfrigération du cœur d'OSIRIS après arrêt des pompes primaires du circuit cœur.

L'évaluation complémentaire de sûreté a permis de préciser le contour des « matériels intervenant dans la séquence de chute des barres de commande » en identifiant plus précisément le système de détection de séisme, les armoires du contrôle-commande élaborant et faisant transiter l'ordre de chute de barres et la capacité des barres à chuter sous séisme.

De même les « moyens d'apport d'eau adaptés au besoin » ont été identifiés, et comportent notamment la pompe du circuit de remplissage, la pompe permettant de relever l'eau de la bache de vidange vers la piscine.

S'avèrent notamment essentiels les matériels suivants :

- le plancher métallique à +8 m du hall OSIRIS
- l'alimentation électrique des ponts permettant la manutention des batardeaux,
- le ventilateur de la ventilation de sauvegarde placé en hauteur dans le local ventilation,
- les pompes de relevage du vide annulaire

3. Séisme

3.1. Dimensionnement de l'installation

3.1.1. Séisme de dimensionnement

Dans une note rédigée en 1963, André Barbreau, sismologue, indiquait que le site de Saclay, à l'intérieur d'un domaine considéré comme tectoniquement stable, pouvait être considéré comme "asismique" ; aucune disposition particulière n'était à prendre vis-à-vis du séisme pour les sites nucléaires de la région parisienne.

Une application de la RFS81 a été réalisée en 1984 pour les sites CEA de la région parisienne pour les deux types de séismes de l'Orléanais ou du pays de Caux (profonds ou superficiels). L'étude a conduit à retenir un séisme maximum historiquement vraisemblable (SMHV) d'intensité V (MSK) associé à une accélération maximale horizontale (PGA) de 0,025.g et un séisme majoré de sécurité (SMS) d'intensité VI associé à un PGA de 0,05.g. Le niveau V retenu pour le SMHV était conservatif par rapport aux valeurs représentées dans les catalogues de sismicité historique et instrumentale (aucun évènement n'ayant été recensé dans les environs du site).

A cette époque, il était considéré que le niveau de séisme retenu pour Saclay ne nécessitait pas d'actions particulières autres le respect des règles de construction classique (DTU PS-92), ce qui correspond à la prise en compte d'une sollicitation de l'ordre de 0,05.g.

En 1999 une réévaluation de sûreté de l'INB40 indique que, suivant le guide de sûreté AIEA n°50-SG-S1 (rev.1,1994), le respect des règles de construction classiques suffit à se prémunir des effets du SMS retenu pour le centre de Saclay.

En mai 2001, la RFS 2001-01 a spécifié un spectre de réponse minimal forfaitaire calé en accélération à 0,1.g pour la conception des nouvelles installations. Il est à signaler que celui-ci est défini par l'enveloppe des spectres de réponse calculés avec les couples magnitude distance suivants : 6,5 à 40 km (séisme "lointain") et 4,5 à 10 km (séisme "proche").

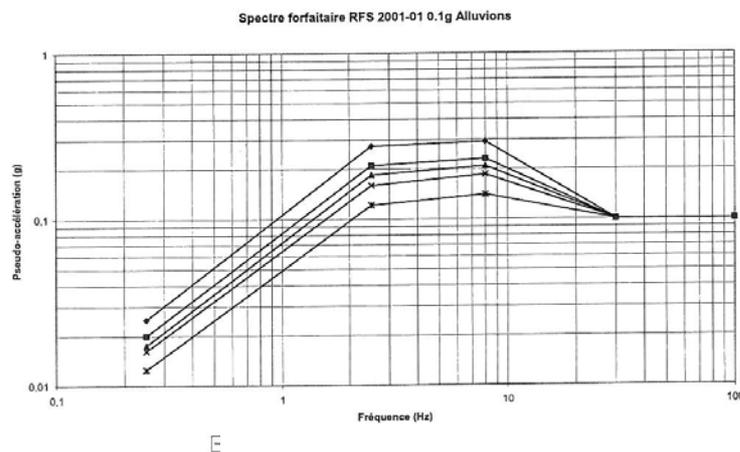


Figure n° 4 : Spectre horizontal de sol

Une étude de l'aléa sismique a été réalisée en 2004 et a conduit à un séisme d'intensité V sur le site (SMHV calé à 0,04.g) et VI (SMS calé à 0,08.g). Un séisme de degré V MSK ne peut conduire à aucune conséquence sur les constructions ordinaires ; les portes et fenêtres mal fermées s'ouvrent et se referment en claquant ; la vibration est ressentie comme celle que causerait un objet lourd tombant à l'intérieur du bâtiment. Un séisme de degré VI MSK peut induire quelques dommages de type "légères fissures dans les plâtres", "chute de petits débris de plâtre" dans les constructions ordinaires.

Comme déjà mentionné, le bassin parisien présente une très faible activité sismique instrumentale et

historique, de faible intensité et essentiellement concentrée à la limite avec les zones sismotectoniques voisines (Massif Armoricain, seuil de Bourgogne...). La confrontation de cette sismicité avec les structures tectoniques du bassin ne permet pas d'associer raisonnablement ces séismes à des failles connues (par exemple, aux failles de la Seine, de Bray, de Sennely, comme aux failles bordières du bassin parisien).

Aucun des 10 indices néotectoniques et paléosismologiques examinés par le comité de pilotage de Néopal (base de donnée française d'indices Néotectoniques et Paléosismologiques) dans la région parisienne n'a été reconnu comme indice certain ou comme indice possible. Ces indices ont tous été rejetés sur la base de l'insuffisance des observations et datations permettant d'attester d'une activité tectonique quaternaire.

Les indices néotectoniques et paléosismiques retenus comme les indices possibles les plus proches du centre de Saclay se situent en Auvergne (Côtes de Clermont Ferrand Puy de Dôme) puis en Alsace (Achenheim, carrière de Saverne, Hangenbieten, Riedseltz) à plus de 300 km du site de Saclay.

D'autre part, les très faibles taux de déformation dans le bassin parisien (très inférieurs à la résolution des mesures géodésiques mises en œuvre pour contraindre le taux de chargement des failles) ainsi que les faibles taux de sismicité ne permettent pas d'évaluer le potentiel sismogène des structures tectoniques régionales tel qu'il est déterminé sur la base de raisonnements physiques à l'échelle du cycle sismique dans des contextes de forte activité tectonique (e.g. en Grèce, le long de la faille Nord Anatolienne etc.)

Ces considérations ont conduit à définir dans la RFS 2001-01 un séisme forfaitaire dont le spectre de réponse est calé à 0,1.g en accélération. Cette accélération est supérieure à celle du SMS, qui lui-même présente des marges importantes par rapport au SMHV.

Le centre de Saclay est équipé d'un détecteur de séisme relié au Laboratoire de Géophysique du CEA (LDG) de Bruyères-le-Châtel. Ce détecteur se déclenche sur les précurseurs.

La station accélérométrique a été déployée pour faire acquérir des signaux accélérométriques de références en cas de mouvements forts.

Les informations relatives à la présence de fichiers de données déclenchées et de calibration sont rapatriées au LDG sur une ligne analogique depuis un PC d'acquisition installé en salle des réseaux du LDG.

Depuis sa mise en service, la station présente un taux de disponibilité de 100%. Il n'y a pas eu de déclenchement dû à un séisme.

3.1.2. Dispositions de protection du dimensionnement

3.1.2.1. Identification des structures, systèmes et composants (SSC) clés nécessaires pour atteindre un état de repli sûr et censés rester disponibles (opérationnels et/ou intègres) après le séisme

Les structures, systèmes et composants clés nécessaires pour atteindre et maintenir l'état de repli sûr sont :

- l'arrêt d'urgence du réacteur OSIRIS,
- le maintien de l'étanchéité et de l'inventaire en eau des piscines des réacteurs et des canaux, ou au moins du canal n°2, avec dans ce cas la disponibilité des batardeaux n°1 et 2, et d'un moyen de manutention de ces batardeaux,
- le fonctionnement des clapets de convection naturelle du circuit primaire cœur d'OSIRIS.

3.1.2.2. Identification principales dispositions de conception/construction associées

3.1.2.2.1. Dispositions relatives au réacteur OSIRIS

3.1.2.2.1.1. Introduction

Le bâtiment Réacteur est constitué de deux sous-ensembles de génie civil structurellement indépendants :

- les structures internes fondées sur un radier général en béton armé de forme circulaire en plan,
- l'enceinte de confinement réalisée en béton armé et qui est constituée par une jupe cylindrique fondée sur une semelle filante annulaire circulaire et par une toiture ayant la forme d'un dôme surbaissé.

3.1.2.2.1.2. Structures internes

Les structures internes de génie civil comportent essentiellement :

- les parties d'ouvrages situées en infrastructure, c'est-à-dire au dessous du niveau 0,00 m, en béton armé et comportant :
 - le radier circulaire de 1,00 m d'épaisseur dont la face supérieure est au niveau -11,00 m, niveau correspondant à celui du fond de la piscine, de la bêche de vidange, des casemates des échangeurs, de la bêche et du bac de désactivation,
 - les planchers aux niveaux -8,00, -4,00 et 0,00 m qui comportent une dalle de 0,50 m d'épaisseur,
 - le fond du canal n°1 au niveau -7,00 m, situé au dessus de la bêche et du bac de désactivation et constitué d'une dalle de 0,50 m d'épaisseur,
 - les voiles de la piscine, de la bêche de vidange, des casemates des échangeurs, de la bêche et du bac de désactivation, et du canal n°1. Les épaisseurs de ces voiles sont importantes, comprises entre 0,60 et 2,00 m. Un batardeau (n°1) a été prévu à la jonction entre la piscine et le canal n°1,
 - les poteaux périphériques de section importante qui portent les planchers dans les zones ne comportant pas de voiles. Ces poteaux sont reliés entre eux et aux voiles par des poutres de forte section à chaque niveau de plancher,
 - quelques voiles secondaires entre les niveaux -11,00 et -4,00 m, situés en périphérie du bâtiment côté est.
- les parties d'ouvrages situées en superstructure, c'est-à-dire au dessus du niveau 0,00 m, en béton armé ou en charpente métallique et comportant :
 - le plancher au niveau +4,00 m constitué d'une dalle en béton armé. Ce plancher ne règne que sur la moitié nord du bâtiment et est porté par des poteaux en béton armé. Ce plancher fonctionne en plancher-dalle. Il comporte quelques poutres et des porte-à-faux sur sa périphérie,
 - le plancher partiel au niveau +8,00 m en charpente métallique situé dans la zone ouest du bâtiment contre l'enceinte périphérique. Ce plancher a été réalisé à une date postérieure à celle de la construction d'origine. Il est supporté par des poteaux métalliques appuyés sur le niveau +4,00 m et par l'enceinte périphérique.

Les ouvrages décrits précédemment sont abrités et confinés par l'enceinte périphérique.

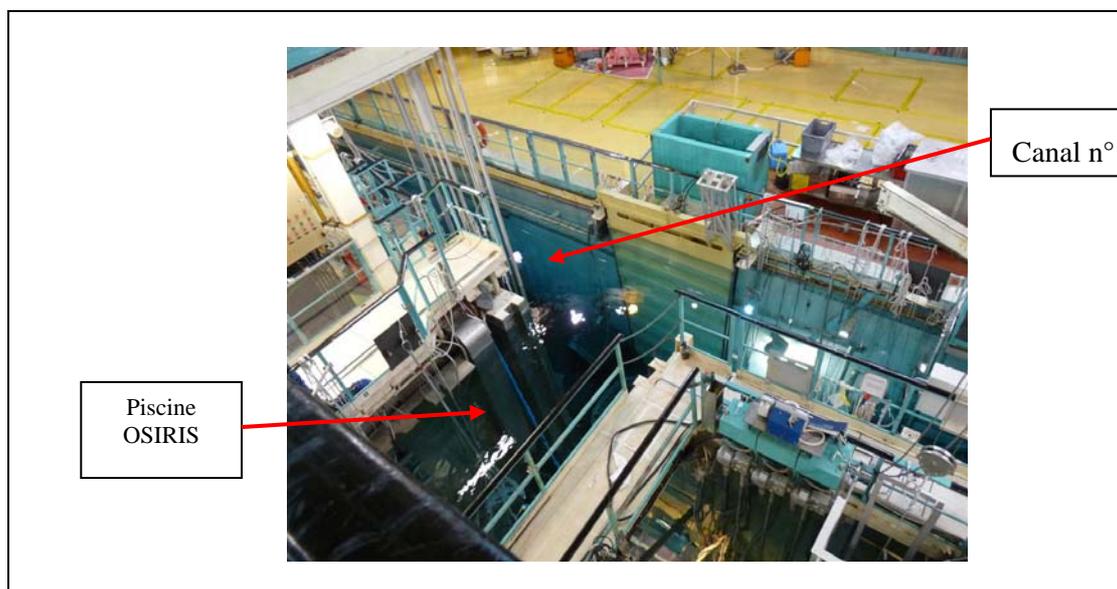


Photo n°2 : Vue de dessus de la piscine et du canal n°1

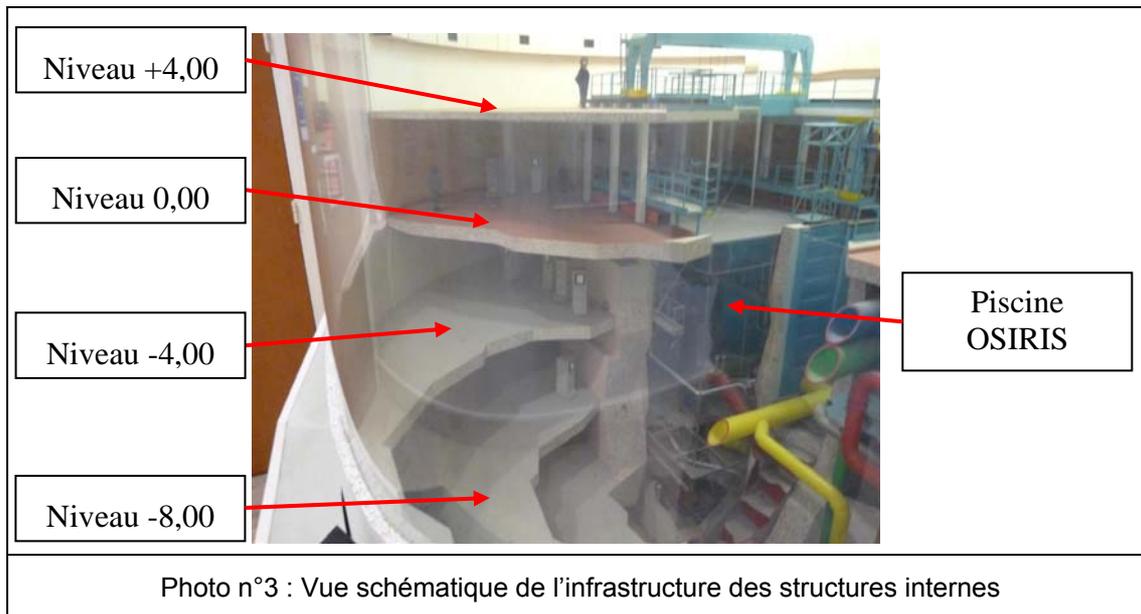


Photo n°3 : Vue schématique de l'infrastructure des structures internes

3.1.2.2.1.3. Enceinte périphérique

L'enceinte périphérique est une enveloppe en béton armé constituée d'une jupe verticale cylindrique supportant une calotte sphérique qui est désignée coupole de couverture dans la suite de l'exposé. Elle a été conçue structurellement indépendante des structures internes du bâtiment Réacteur et séparée de ces dernières par un joint de fractionnement.

La jupe est fondée au niveau -12,00 m par l'intermédiaire d'une semelle annulaire en béton armé non solidaire du radier des structures internes. Les dimensions de la jupe sont les suivantes :

- rayon intérieur : 16,00 m,
- hauteur : 28,00 m,

La coupole de couverture a un rayon interne projeté en plan de 16,00 m et un rayon sphérique de 34,00 m, ce qui lui confère une hauteur d'environ 4,00 m au dessus de la jupe cylindrique. Elle comporte un gousset périphérique où son épaisseur est augmentée progressivement vers la jupe. La préfabrication a été utilisée lors de la réalisation de la coupole de couverture. La coupole est ainsi constituée de secteurs préfabriqués en béton armé sur lesquels a été coulé un béton armé de seconde phase.

La jupe est raidie horizontalement :

- à son niveau supérieur à +17,00 m où elle comporte une poutre circulaire générale de couronnement au droit de sa jonction avec la coupole de couverture,
- au niveau +14,00 m environ où elle comporte une poutre circulaire filante formant corbeau qui sert de chemin de roulement au pont polaire du bâtiment Réacteur,
- au niveau -12,00 m où elle s'appuie sur une semelle épaisse de forme annulaire de largeur variable, en général supérieure à 1,90 m.

Plusieurs ouvertures ont été prévues dans la jupe :

- baies vitrées au niveau +8,00 m environ permettant l'éclairage naturel,
- ouverture de communication avec le hall des Ateliers Chauds. Il s'agit d'une ouverture dans laquelle d'une part pénètre le canal des Ateliers Chauds (continuité du canal n°1) avant sa jonction avec le canal du bâtiment Réacteur et, d'autre part, a été réalisé au dessus du niveau 0,00 m le sas de liaison avec le hall des Ateliers Chauds. La jupe est renforcée autour de cette ouverture par un cadre

- raidisseur en béton armé,
- sas personnel côté est et ouest,
 - sas équipements côté est,
 - sas camion côté ouest,
 - sas Fenwick côté est et ouest.



3.1.2.2.1.4. Cuvelage du bâtiment Réacteur

Le cuvelage général du bâtiment Réacteur est composé :

- d'une part par les ouvrages en béton armé formant en sous-sol la frontière entre les structures de génie civil du bâtiment et le sol ou les infrastructures des ouvrages périphériques annexes, à savoir :
 - la partie en infrastructure de la jupe cylindrique de l'enceinte qui est fondée sur une semelle annulaire présente sur toute la périphérie du bâtiment,
 - le radier général au niveau -11,00 m qui porte les structures internes.
- d'autre part par les revêtements d'étanchéité internes propres aux parties d'ouvrages en eau.

Les joints entre les parties des ouvrages en béton armé dissociées structurellement ont été équipés à la construction de joints water-stop. Ces joints d'étanchéité sont notamment présents entre le radier des structures internes et la semelle de fondation annulaire de l'enceinte périphérique, et à la jonction entre les canaux du bâtiment Réacteur et des Ateliers Chauds (joint du canal n°1).

Les parties d'ouvrages en eau (piscine, canaux, etc.) sont des structures épaisses en béton armé qui sont revêtues sur leurs surfaces en contact avec l'eau par une tôle métallique interne continue assurant l'étanchéité.

3.1.2.2.1.5. Circuits et équipements

Par conception, les circuits hydrauliques extérieurs à la piscine et au canal 1 véhiculant l'eau primaire au-dessous du niveau -4,50 m sont contenus dans différents compartiments qui composent le « bloc-eau ». En cas de brèche sur l'un de ces circuits, il permet une stabilisation du niveau d'eau à une hauteur de 4 m au dessus du cœur (50 cm au dessus de la cheminée).

L'absence d'agression du cœur ou des racks de stockage d'éléments combustibles situés dans la piscine du réacteur OSIRIS par des éléments de structure ou des équipements situés aux niveaux 0 m ou +4 m a été démontrée via une expertise sismique réalisée en septembre 2006 et janvier 2007.

Dispositifs expérimentaux

Les systèmes supports des boucles expérimentales ISABELLE 1 et GRIFFONOS sont dimensionnés au séisme forfaitaire applicable au centre de Saclay.

Depuis la parution de la RFS 2001-01, les nouveaux équipements sont dimensionnés au séisme forfaitaire. C'est notamment le cas pour le sas camion et la ventilation de sauvegarde mis en service en 2010, pour la structure porteuse du tube de force de la boucle ISABELLE 1, et pour le pressuriseur de la boucle ISABELLE 4.

3.1.2.2.1.6. Détection du séisme

En 2010 l'INB a procédé à la mise en place d'un système d'arrêt automatique du réacteur OSIRIS sur détection de séisme dans le cadre d'importants travaux d'amélioration de la sûreté. Le seuil d'action de cet automatisme correspond à une sollicitation de l'ordre de 0,04.g pour une bande d'analyse de 0,1 à 12,5 Hz, valeur très inférieure au séisme forfaitaire résultant de l'application de la RFS 2001-01 au site de Saclay.

Ce dispositif est un « élément important pour la sûreté (EIS) ».

Ce système de protection a pour but :

- de détecter un éventuel séisme touchant le réacteur OSIRIS,
- en cas de détection, de provoquer un arrêt d'urgence du réacteur, par chute des six barres de commande. Cet arrêt d'urgence est opérationnel quel que soit le régime de fonctionnement du réacteur (en circulation forcée ou en circulation naturelle).

Le séisme éventuel est détecté par la mesure des vibrations induites sur le radier du réacteur au niveau -11m.

Le système est composé de trois ensembles de détection de séisme indépendants. Chaque ensemble de détection de séisme est composé d'un accéléromètre triaxial de type contre réaction. Ces ensembles de détection ainsi que les armoires élaborant ou assurant le transit de cet ordre sont qualifiés au séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Le système de détection de séisme est également doté d'un premier seuil, appelé seuil d'enregistrement, réglé à 0,01.g. Cet enregistrement n'est demandé par la RFS 1.3.b que pour les événements dont l'accélération dépasse 0,1.g.

L'ordre d'arrêt d'urgence est donné lorsque les mesures de 2 détecteurs sur 3 dépassent le seuil.

Le séisme peut donc conduire à la situation où le cœur à l'arrêt doit être refroidi en circulation naturelle via les clapets de convection naturelle dont le fonctionnement est assuré pour un niveau de séisme au moins égal à au moins 1,5 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

3.1.2.2.2. Dispositions relatives au bâtiment des ateliers chauds et hall ISIS

Le bâtiment abritant les Ateliers Chauds et la piscine ISIS est situé à l'est du bâtiment Réacteur OSIRIS. Il est de forme rectangulaire en plan et ses dimensions sont environ les suivantes :

- longueur : 33,00 m dans la direction est-ouest,
- largeur : 23,50 m,
- hauteur au dessus du sol : 16,80 m.

Le bâtiment a été réalisé en béton armé. Il est constitué en superstructure de deux halls séparés par un voile en béton : le hall des Ateliers Chauds à l'ouest et le hall abritant la piscine ISIS à l'est. Son infrastructure est fondée sur pieux et comporte :

- un canal traversant le milieu du bâtiment d'ouest en est et dont les parois sont épaisses,
- les voiles épais d'infrastructure des cellules chaudes qui sont liés aux voiles et au radier du canal,
- la piscine ISIS située à l'est et sur laquelle aboutit la partie est du canal, dont les parois sont également épaisses,
- deux planchers aux niveaux -4,00 m et 0,00 m situés au nord et au sud du canal et à l'est de la piscine ISIS,

- entre les niveaux -4,00 m et 0,00 m, un voile périphérique sur les façades nord, sud et est, un voile partiel sur la façade ouest, un voile partiel intermédiaire à l'aplomb du voile de superstructure séparant les deux halls, et un voile partiel intermédiaire situé sous le hall ISIS.

Le canal n°2 se situe côté ouest dans le prolongement du canal n°1 situé dans le bâtiment Réacteur et sa largeur y est de 2,85 m. Il s'élargit à 7,35 m au droit des deux cellules chaudes. Il se rétrécit ensuite à 2,50 m côté piscine ISIS pour former le canal n°3. Le radier et les voiles des canaux sont épais. Le canal est supporté au niveau -8,00 m par un groupe de pieux de gros diamètre. Le canal comporte deux batardeaux (n°2 et 3) aux jonctions entre la zone des cellules chaudes et le canal n°1 du bâtiment Réacteur d'une part, le canal n°3 d'autre part.

Les voiles d'infrastructure des cellules chaudes ont des épaisseurs importantes.

La piscine ISIS est constituée d'un radier dont les parois sont épaisses. Elle comporte un batardeau (n° 4) à sa jonction avec le canal n° 3. Elle est supportée au niveau -8,00 m par des pieux de gros diamètre.

Le plancher du niveau -4,00 m est constitué d'une dalle au sol reposant sur une forme en gros béton. Cette dalle est indépendante de la structure du bâtiment.

Le plancher du niveau 0,00 m est constitué d'une dalle supportée par un réseau de poutres et comporte des trémies.

Les voiles d'infrastructure ont une épaisseur plus faible que celle des ouvrages en eau. Les voiles des façades nord, sud et est et le voile intermédiaire sont raidis transversalement par des poteaux qui se prolongent en superstructure. Ces voiles sont fondés sur des pieux de gros diamètre qui ont été implantés au droit des poteaux. Les pieux situés sous les voiles sont liés entre eux par des longrines. Ces longrines sont liées dans la direction nord-sud aux parois du canal par des tirants disposés dans la forme en gros béton située sous la dalle au sol du niveau -4,00 m.

La superstructure est contreventée par des voiles situés sur les quatre façades et à la séparation des deux halls. Les voiles des façades nord, sud et est et de séparation entre les deux halls sont raidis par des poteaux. Le voile est ne comporte pas d'ouverture. Les particularités des autres voiles sont décrites ci-après :

- le voile situé sur la façade ouest, c'est-à-dire côté bâtiment Réacteur, comporte entre les niveaux 0,00 m et +6,50 m une grande ouverture centrale ;
- le voile de la façade nord comporte deux portes au niveau 0,00 m, l'une dans le hall des Ateliers Chauds, l'autre dans le hall ISIS. Des ouvertures sont présentes en élévation dans ce dernier : neuf baies de dimensions 0,83 x 4,28 m dans le hall des Ateliers Chauds disposées à raison de trois baies entre poteaux, et six hublots dans le hall ISIS ; elles ont été munies d'obturateurs métalliques en 2010 afin d'assurer une continuité de résistance du voile ;
- le voile de la façade sud comporte côté ouest une porte au niveau 0,00 m dans le hall des Ateliers Chauds. Des ouvertures identiques à celles du voile de la façade nord sont également présentes en élévation dans ce dernier ;
- le voile séparant le hall des Ateliers Chauds et le hall ISIS comporte au niveau 0,00 m deux ouvertures constituées par un sas personnel et un sas Fenwick.

La toiture du bâtiment est constituée d'une dalle supportée par un réseau de poutres.

La superstructure supporte deux ponts roulants, un pont de 250 kN dans le hall des Ateliers Chaud et un pont de 50 kN dans le hall ISIS. Les chemins de roulement de ces ponts sont constitués par des poutres en béton armé supportées par les poteaux situés le long des voiles.

La superstructure abrite les deux cellules chaudes qui sont situées dans le hall des Ateliers Chauds. Ces cellules sont indépendantes structurellement de la superstructure et supportées par le radier et les parois du canal. Leur hauteur est de 8,30 m au dessus du niveau 0,00 m. Les structures de ces cellules sont constituées de voiles et de dalles en béton armé épais.

Les parois des ouvrages en eau (piscine et canaux) sont revêtues sur leurs surfaces en contact avec l'eau par une tôle métallique interne continue assurant l'étanchéité.

3.1.2.2.3. Interface entre les bâtiments Réacteur et « Ateliers Chauds et Hall ISIS »

3.1.2.2.3.1. Interface en infrastructure

En infrastructure, le tronçon du canal n°1 situé dans les Ateliers chauds pénètre au maximum d'environ 2,15 m à l'intérieur du bâtiment Réacteur pour se raccorder au tronçon du canal n°1 situé dans ce bâtiment. Un joint de fractionnement a été prévu entre les deux canaux et autour de la partie du canal des Ateliers Chauds. Deux joints « water-stop » ont été mis en place dans le béton à la jonction des deux canaux.

La continuité du revêtement métallique interne d'étanchéité des canaux est assurée au droit du joint de fractionnement des bâtiments par un couvre-joint métallique souple dont la section a la forme d'un W. Ce couvre-joint est soudé de part et d'autre du joint de fractionnement sur la tôle métallique interne d'étanchéité des canaux.



Photo n° 5 : Vue de dessus du couvre-joint métallique de section en W

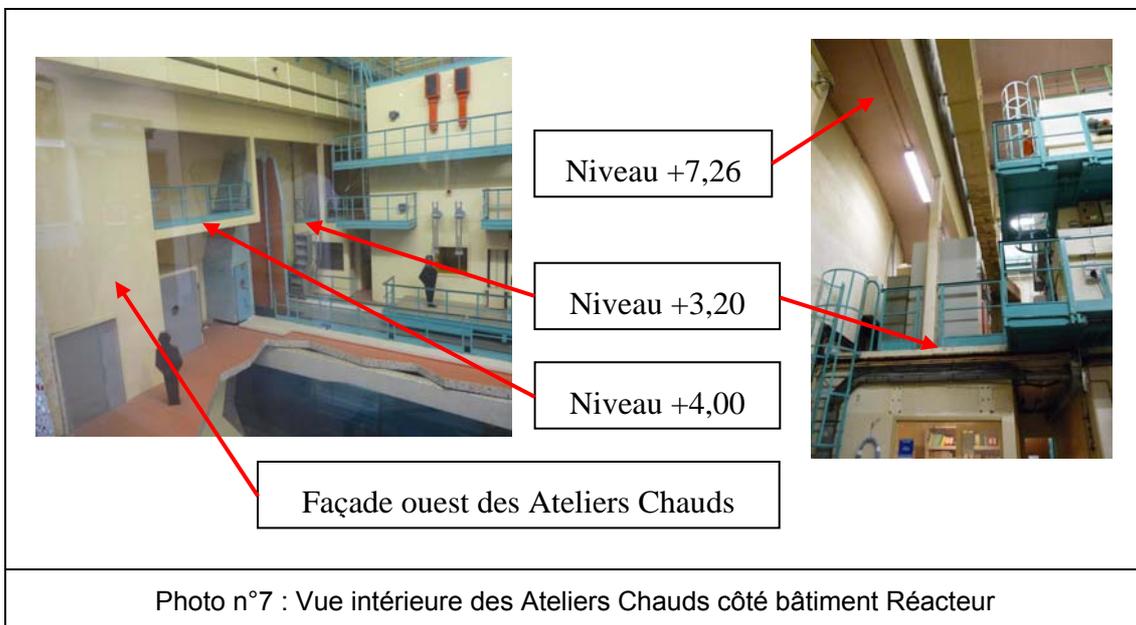
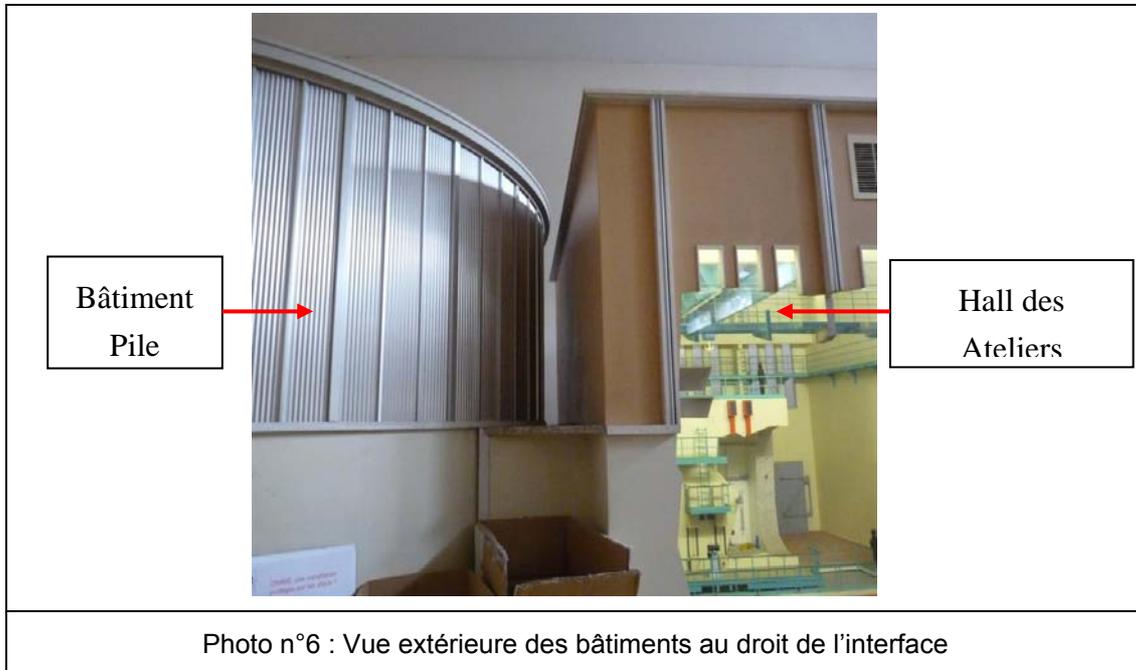
3.1.2.2.3.2. Interface en superstructure

L'enceinte du bâtiment Réacteur et le voile de la façade ouest du bâtiment « Ateliers Chauds et Hall ISIS » sont séparés par un espace dans lequel ont été construits deux planchers partiels et une dalle formant terrasse en béton armé. Compte tenu de la forme cylindrique de l'enceinte, la largeur de cet espace est variable, d'environ 4,80 m côté sud, 4,04 m côté nord, et est au minimum de 1,60 m. L'interface comporte :

- un plancher partiel côté nord au niveau +3,20 m délimité dans la direction est-ouest par l'enceinte du bâtiment Réacteur et la paroi ouest des cellules chaudes. Ce plancher est constitué d'une dalle et de poutres. Il est porté côté nord par un poteau et le voile de la façade nord des Ateliers Chauds, suspendu intermédiairement par deux tirants verticaux en béton armé au voile de la façade ouest des Ateliers Chauds et, côté ouest, par la paroi ouest des cellules chaudes. Ce plancher est séparé de l'enceinte par un joint de fractionnement ;
- un plancher partiel côté sud au niveau +4,00 m délimité dans la direction est-ouest par l'enceinte du bâtiment Réacteur et le voile de la façade ouest des Ateliers Chauds. Ce plancher est constitué d'une dalle et de poutres. Il est porté côté sud par un poteau et, côté ouest, par le voile de la façade ouest des Ateliers Chauds. Le voile de la façade ouest comportant une grande ouverture au dessus du niveau 0,00 m, le plancher est suspendu dans son angle nord-est à ce voile par l'intermédiaire d'un tirant vertical en béton armé. Ce plancher est séparé de l'enceinte par un joint de fractionnement ;
- une dalle terrasse au niveau +7,26 m délimitée dans la direction est-ouest par l'enceinte du bâtiment Réacteur et le voile de la façade ouest des Ateliers Chauds. Elle est supportée côté est par une cornière métallique filante ancrée dans l'enceinte du bâtiment Réacteur, côté ouest par un corbeau

filant en béton armé lié au voile de la façade ouest des Ateliers Chauds, et sur les façades nord et sud par des poutres appuyées sur un poteau et sur le voile ouest des Ateliers Chauds. La dalle est séparée de l'enceinte par un joint de fractionnement.

Il convient également de noter la présence d'un mur en maçonnerie côté nord inséré dans le voile de la façade ouest des Ateliers Chauds qui règne entre les niveaux 0,00 m et 3,20 m d'une part, +3,20 m et +6,50 m d'autre part.



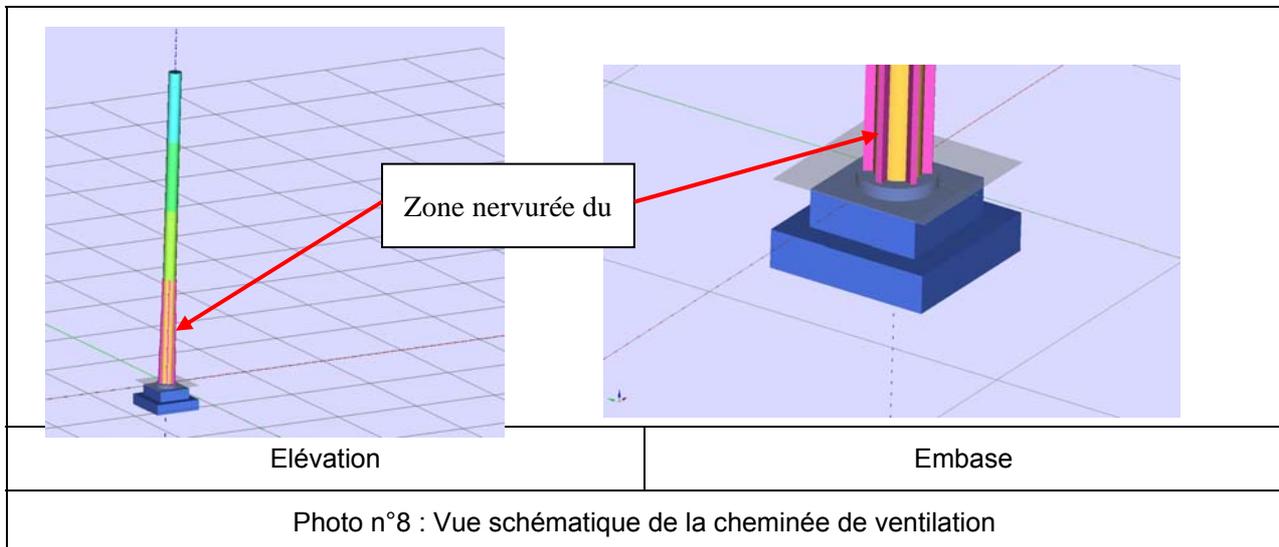
3.1.2.2.4. Cheminée de ventilation de l'installation

La cheminée de ventilation a été réalisée en béton armé. Sa hauteur est de 48,50 m. Elle est fondée au niveau -3,50 m sur une semelle massive superficielle et culmine au niveau +45,00 m. Elle a la forme d'un cylindre à génératrices verticales. Son diamètre intérieur est de 1,50 m.

La structure de cette cheminée comporte de bas en haut :

- une semelle de fondation de forme carrée en plan de dimensions 6,50 x 6,50 m, et de 1,50 m d'épaisseur ;

- un carneau horizontal de raccordement au conduit vertical de la cheminée, situé à l'intérieur d'un massif de forme circulaire en plan de 4,50 m de diamètre et de 1,75 m de hauteur ;
- un tronçon inférieur cylindrique de 0,15 m d'épaisseur et de 15,25 m de hauteur, qui est raidi par six nervures verticales extérieures de section rectangulaire de largeur égale à 0,25 m et de hauteur variable comprise entre 0,58 m à la base et 0,25 m au niveau +15,00 m. Ces raidisseurs sont régulièrement répartis sur le périmètre du fût cylindrique.
- un tronçon supérieur cylindrique de 0,12 m d'épaisseur et de 30 m de hauteur.



3.1.2.2.5. Robustesse aux incendies susceptibles d'être initiés par un séisme

Un séisme pourrait être à l'origine d'un court-circuit sur un des départs des alimentations électriques du réacteur pouvant initier un début d'incendie. Ces départs sont situés dans le local des « équipements » (-4 mètres galerie couronne).

Des dispositions ont été prises pour qu'il ne puisse pas se propager dans tout le local. Pour faire face à cette problématique les différents départs ont été séparés par des écrans coupe-feu pour retarder la propagation d'une alimentation vers l'autre. De même différents dispositifs structurels (câbles non propagateurs de feu, portes coupe-feu, clapets coupe-feu, rebouchage des passages de câbles avec des produits spécifiques) ont permis d'améliorer le local face à une agression de type incendie. Ce local, de par son importance (présence d'EIS) a été considéré comme secteur feu et a bénéficié des dispositions correspondantes. Il possède en outre des détections incendie au plafond et sous plancher qui permettent de prévenir en cas de départ de feu les équipes de la FLS et les équipes de quart de la salle de conduite via des remontées d'alarme et une Gestion technique centralisée (GTC) de ces dernières. Des extincteurs en nombre suffisant sont installés en respectant les règles de l'APSA.

Une expertise incendie a été menée récemment sous forme de 2 études :

- L'étude de la stabilité de la structure des bâtiments de l'INB 40 au feu conventionnel a permis de vérifier la stabilité au feu des éléments porteurs de l'INB 40 en considérant la courbe de sollicitation de l'incendie conventionnel ISO sur la base des valeurs tabulées de l'Eurocode 2 partie 1-2. Cette étude conclut que les structures des bâtiments conservent leur stabilité au feu pendant 90 mn.
- L'étude de la stabilité de la structure des bâtiments de l'INB 40 sous scénarios de feu réel a été conduite pour sept locaux principaux dont cinq secteurs feu.

Le local « Equipements » fait partie des locaux qui ont été examinés. Quatre scénarios ont été pris en compte pour ce local, en fonction des régimes de ventilation, des ouvertures ou fermetures des portes ou trappes. La méthodologie utilisée est une analyse élément par élément et se compose comme suit :

- Pour les poutres et les dalles : les éléments du plafond haut du local impacté par l'incendie réel sont étudiés :
 - Détermination de l'échauffement sous feux réels en section de chaque élément
 - Comparaison des températures atteintes par les armatures les plus échauffées avec la température critique forfaitaire de 500°C (définie dans l'Eurocode 2 partie 1-2) et déduction de la durée de stabilité de l'élément.

- Le cas échéant, un calcul thermomécanique de l'élément est réalisé en prenant en compte son chargement mécanique réel.
- Pour les poteaux et les voiles : les éléments sont étudiés dans la hauteur du local impacté par l'incendie réel :
 - Détermination de l'échauffement sous feu réel en section de chaque élément.
 - Calcul thermomécanique de l'élément avec prise en compte de son chargement mécanique réel.
 - Pour chaque élément on considère de manière sécuritaire que le feu est appliqué sur toute la face ou les faces visibles.

Ces études ont montré qu'en cas d'incendie, sans intervention de la FLS, la tenue des structures de l'installation est suffisante, notamment pour le local « équipements » dont la structure est stable au feu pendant toute la durée de l'incendie quel que soit le scénario d'incendie considéré.

3.1.2.3. Principales dispositions d'exploitation

Une fiche réflexe précise les actions de l'équipe de conduite en cas de détection de séisme par le système propre à OSIRIS ou en cas d'alarme transmise par le centre ou par le réacteur ORPHEE.

Les appoints d'eau pourraient se faire à partir de la chaîne de remplissage (30 m³/h).

Si cela s'avère insuffisant, un appoint peut être réalisé à l'aide du poste incendie qui se trouve à l'extérieur du sas camion (150 m³/h). Des colonnes sèches sont prévues à cet effet pour alimenter les halls d'OSIRIS, d'ISIS et des ateliers chauds.

Pour transférer l'eau présente dans le vide annulaire vers le canal n°2, des tuyaux et pompes peuvent être disposés entre le vide annulaire et le hall des ateliers chauds.

Les conséquences d'un séisme sur le centre peuvent entraîner la perte des alimentations électriques extérieures, et des ruptures de collecteurs, dont l'alimentation en eau potable ou recyclée. Les réseaux peuvent être isolés par des vannes situées en galeries techniques.

Le redémarrage de l'installation après un événement de type séisme ayant entraîné l'arrêt d'urgence du réacteur ne serait initié qu'après des contrôles des EIS, notamment les temps de chute des barres de commande, les essais complets du contrôle-commande correspondant aux essais annuels, l'état des supportages et fixations des EIS et des tuyauteries les reliant, un contrôle du génie civil au moins équivalent au contrôle annuel, un contrôle du débit de fuite de l'enceinte de confinement, une vérification de l'étanchéité des piscines et canaux par comparaison avec la vitesse de baisse de niveau habituelle par évaporation.

3.1.3. Conformité de l'installation

3.1.3.1. Organisation générale de l'exploitant pour garantir la conformité (maintenance périodique, inspections, tests...)

Les Eléments Importants pour la Sûreté (EIS) sont présentés dans le rapport définitif de sûreté. Ils ont été définis à la suite de l'analyse de sûreté du réacteur OSIRIS effectuée pour chacune des trois barrières successives entourant le combustible du cœur. A travers différents scénarios, les causes de défaillance de ces barrières ont été identifiées et des dispositions de prévention et de surveillance ont été mises en place afin d'en limiter des conséquences. L'ensemble des exigences de sûreté en découlant ont été retranscrites dans les règles générales d'exploitation.

Ces exigences sont ensuite reprises dans les différentes procédures et fiches d'essai intégrées au système documentaire de l'installation. Les activités de maintenances et de contrôles périodiques des EIS font l'objet d'un suivi particulier, associé à une planification robuste et des modes opératoires détaillés, permettant de garantir la traçabilité de l'ensemble des opérations réalisées ainsi que le maintien dans le temps des exigences associées aux fonctions de sûreté.

Lorsque l'exigence est assurée par conception, a minima un contrôle visuel périodique permet de s'assurer de la conformité intrinsèque de l'équipement à mesure de son vieillissement. La maîtrise du vieillissement concerne principalement les équipements liés au génie civil ainsi que les équipements sensibles à l'usure (pompe, embrayage, ...). Une fiche de vie est associée à chacun de ces

équipements, permettant d'archiver les opérations de maintenance préventives ou correctives réalisées.

L'installation tient à jour une base informatique centralisant l'ensemble des non-conformités et des actions préventives et correctives effectuées. Chaque année, une revue d'activités est réalisée afin de faire le bilan des écarts et détecter d'éventuels défauts de mode commun. Cette revue permet également d'emmagasiner un retour d'expérience important sur les éléments sensibles à l'usure et au vieillissement (via la synthèse des travaux et opérations de maintenances correctives et préventives), garantissant la maîtrise du vieillissement et de l'obsolescence de l'installation.

La modification d'un EIS (ou impactant un EIS) fait l'objet d'une étude approfondie. Cette réflexion permet de juger de l'ampleur de la modification pour l'exploitation du réacteur et de l'impact sur le référentiel de sûreté. Au préalable à sa mise en œuvre, le dossier justificatif de la modification est soumis à autorisation du niveau adéquat. A l'issue des modifications et de la mise à jour du système documentaire impacté, une fiche de mise en service (ou requalification) permet de valider la modification et de lever les dernières réserves.

Un réexamen de sûreté est réalisé tous les 10 ans. Ces réexamens visent d'une part à se réinterroger sur la sûreté de façon approfondie, d'autre part à définir des axes d'améliorations permettant de rehausser le niveau sûreté à un niveau proche, à défaut d'être équivalent, de celui des installations les plus récentes. Les réexamens de sûreté complètent ainsi le processus continu d'amélioration de la sûreté que constitue l'examen du retour d'expérience de l'exploitation de l'installation.

L'examen de conformité réalisé au titre du réexamen de sûreté de 2009 n'a pas mis en évidence de non-conformité aussi bien sur le plan de l'adéquation entre les exigences de sûreté définies et les informations relatives au référentiel de sûreté ou bien relatives aux contrôles et essais périodiques, que sur le plan de l'état général des équipements. L'ASN a estimé que l'examen de conformité n'appelle pas de remarque particulière et que le vieillissement des principaux équipements assurant les fonctions importantes pour la sûreté apparaît correctement maîtrisé.

Depuis 1999, d'importants travaux ont été engagés par l'installation. Ces travaux ont permis de maintenir l'installation dans un état général de fonctionnement et de sûreté satisfaisant.

3.1.3.2. Organisation de l'exploitant pour s'assurer que les approvisionnements et équipements mobiles à l'extérieur de l'installation, pris en compte dans les procédures d'urgence, sont disponibles et opérationnels

Les approvisionnements et équipements mobiles, provenant de l'extérieur de l'INB 40 et pris en compte dans les procédures d'urgence de l'INB 40 sont ceux qui sont utilisés par :

- la FLS (moyens incendie et de pompage) et les services techniques (diesels mobiles de secours), dont le maintien en condition opérationnelle est assuré selon les mêmes procédures que celles qui sont appliquées dans les INB,
- les centres CEA de Fontenay-aux-Roses et de Bruyères-le-Châtel, dont les règles d'entretien sont identiques,
- le SDIS, pour les interventions de secours et dont le maintien en condition opérationnel ne peut souffrir de lacune.

3.1.3.3. Maintien de la conformité vis-à-vis du risque sismique

3.1.3.3.1. Le système de mise d'arrêt automatique du réacteur en cas de détection de séisme

La qualification réalisée lors de la mise en service du système s'est appuyée sur :

- Essais des coffrets du système « séisme »
- Mise en service du capteur séisme de type ETNA
- Essai d'ensemble du système séisme

Des contrôles périodiques du système sont réalisés avant chaque cycle de fonctionnement du réacteur ou annuellement.

3.1.3.3.2. Contrôle du génie civil

Le taux de fuite de l'enceinte de confinement OSIRIS est vérifié tous les 3 ans. Le critère d'acceptation fixé dans les Règles Générales d'Exploitation (RGE) est de 2000 m³/h.

L'état du revêtement étanche des casemates pompes primaires et échangeurs (4 casemates circuit cœur et 2 casemates circuit piscine) est vérifié visuellement tous les 10 ans.

Les 68 traversées de l'enceinte OSIRIS entre les niveaux +8m et -8m font également l'objet de vérifications visuelles périodiques,

L'absence d'évolution des quelques fissures notées sur la coupole de l'enceinte OSIRIS est vérifié trimestriellement.

3.2. Evaluation des marges

3.2.1. Indication du niveau de séisme au delà duquel la perte des fonctions fondamentales de sûreté ou l'endommagement du combustible (en cuve ou en piscine) deviennent inévitables

Les marges présentées dans les paragraphes suivants ont été évaluées par un groupe d'experts en génie civil parasismique. L'avis du groupe d'experts repose sur la visite approfondie (« walk-down ») de l'installation, l'examen des plans d'exécution des ouvrages de génie civil, et sur l'analyse qualitative du fonctionnement des structures de ces ouvrages en situation sismique.

3.2.1.1. Bâtiment Réacteur

3.2.1.1.1. Introduction

Le génie civil du bâtiment Réacteur comporte trois sous-ensembles principaux dont le comportement au séisme est examiné séparément. Il s'agit de :

- l'enceinte périphérique (jupe cylindrique et coupole de couverture),
- les structures internes en infrastructure, c'est-à-dire situées sous le niveau 0,00 m,
- les structures internes en superstructure, c'est-à-dire situées au dessus du niveau 0,00 m.

3.2.1.1.2. Enceinte périphérique

L'enceinte périphérique est fondée au même niveau que le radier interne. Elle possède sa propre fondation qui est constituée par une semelle annulaire épaisse.

De par sa géométrie, l'enceinte est caractérisée par sa régularité d'ensemble. Elle comporte cependant quelques irrégularités locales résultant des ouvertures situées dans la jupe. Ces ouvertures sont renforcées soit par ajout d'un cadre en béton armé (cas de l'ouverture principale située à la jonction des canaux), soit par ajout de renforts d'armatures périphériques dans l'épaisseur de la jupe.

La jupe cylindrique est armée de façon régulière sur ses deux faces par un ferrailage bien conçu constitué de ronds lisses en acier doux.

La coupole de couverture comporte également un ferrailage correctement conçu. Les éléments coques préfabriqués comportent un ferrailage régulier constitué en périphérie d'armatures radiales et de cerces et, dans la partie supérieure centrale, par des armatures orthogonales. Au droit des joints, les éléments préfabriqués sont reliés entre eux et à la surépaisseur de béton coulée en place par des armatures transversales façonnées en trapèze. Ils sont de plus régulièrement liés à la surépaisseur de béton coulée en place par des chaises de couture en acier doux. Le ferrailage de la surépaisseur de béton coulée en place est constitué d'armatures inférieures et supérieures régulièrement réparties sur la surface de la coupole.

Par conception, les charges appliquées sur la coupole (poids propre, revêtement d'étanchéité, etc.) sont transmises à la jupe par compression radiale de la coupole selon sa ligne moyenne (voute sphérique). Sur la périphérie de la coupole, l'effort de compression transitant dans la coupole se décompose en un effort vertical de compression appliqué à la partie supérieure de la jupe et en un effort horizontal s'exerçant vers l'extérieur de l'enceinte qui est repris par une poutre annulaire de couronnement située à

l'intersection de la jupe et de la coupole. Les plans de coffrage et de ferrailage montrent cette large poutre horizontale en béton armé fortement ferrillée qui constitue la poutre de couronnement (ou « ceinture ») de la coupole et dont la forme permet la collecte et l'évacuation des eaux pluviales. La partie principale de cette poutre, c'est-à-dire la zone où est situé le ferrailage principal, a une section transversale importante.

De par ses caractéristiques géométriques et mécaniques, un bon comportement sismique de l'enceinte externe est prévisible. Du fait de sa raideur importante, ses fréquences propres horizontales seront dans la gamme des fréquences moyennes à hautes et ses déplacements horizontaux seront faibles. Le niveau maximal de séisme que l'enceinte peut supporter sans dommages importants est estimé à environ 1,3 fois le séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Des dommages locaux ne peuvent cependant pas être exclus au delà d'un niveau de séisme voisin de 0,9 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Ces dommages ne concerneront que des parties d'ouvrages secondaires, c'est-à-dire n'ayant pas d'influence sur le comportement sismique de l'enceinte. Il s'agit par exemple des éléments de fermeture des anciennes baies vitrées ou encore des éléments non-structuraux en porte-à-faux extérieurs à l'enceinte comme l'acrotère et la corniche périphérique.

3.2.1.1.3. Infrastructure des structures internes

L'infrastructure des structures internes, située entre les niveaux -11,00 et 0,00 m, est constituée d'éléments structuraux en béton armé présentant une grande robustesse (parois épaisses ferrillées sur leurs deux faces et dans les deux directions, poteaux et poutres de dimensions transversales importantes et bien ferrillés).

D'une façon globale, l'infrastructure des structures internes du bâtiment est apte à supporter un niveau de séisme sensiblement supérieur au séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Par rapport à ce séisme, la marge en termes de stabilité et d'intégrité de l'infrastructure est supérieure à 2, voire davantage pour la majorité des éléments structuraux épais ou massifs.

Les revêtements métalliques qui constituent les cuvelages internes des ouvrages en eau sont généralement constitués de tôles d'acier inoxydable munies de raidisseurs et liées aux parois par des connecteurs. En situation sismique, ces revêtements sont soumis aux déformations imposées par les structures en béton armé. Ces structures étant très rigides, les déformations de ces revêtements vont rester très faibles sous séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay et le resteront pour des niveaux de séisme supérieurs. La marge évaluée précédemment pour l'infrastructure s'applique également à ces revêtements.

3.2.1.1.4. Superstructure des structures internes

Ces superstructures sont constituées par les planchers des niveaux +4,00 et +8,00 m et les poteaux qui les supportent.

Les poteaux en béton armé qui portent le plancher au niveau +4,00 m sont relativement bien ferrillés, avec des armatures longitudinales et transversales à haute adhérence. La dalle du plancher au niveau +4,00 m est également correctement armée. Cette dalle est séparée de l'enceinte par un joint de largeur importante.

La stabilité du plancher au niveau +4,00 m est estimée assurée sans dommages importants jusqu'à un niveau de séisme égal à 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Des désordres locaux modérés ne peuvent cependant pas être exclus à partir d'un niveau de séisme de l'ordre de celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Ces désordres pourraient concerner les zones de ce plancher où la dalle est en porte-à-faux (bordures périphériques intérieure et extérieure de la dalle) et consister en une fissuration et/ou des écaillages du béton d'enrobage des nez de dalle. Ces désordres ne sont en aucun cas susceptibles de mettre en cause l'intégrité de la piscine, du canal n° 1 et des équipements essentiels présents à l'intérieur de ces derniers.

Le plancher métallique au niveau +8,00 m est situé à l'ouest du bâtiment, contre l'enceinte externe. Il est supporté par la jupe de l'enceinte et des poteaux métalliques appuyés sur le niveau +4,00 m. Des problèmes de stabilité de ce plancher peuvent être rencontrés à partir d'un niveau de séisme qui est évalué à 0,7 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Ces problèmes s'expliquent par le caractère hétérogène de ses liaisons et par le possible endommagement des ancrages du plancher sur la jupe de l'enceinte sous l'action des forces horizontales inertielles susceptibles de se développer à ce niveau. Ce plancher pourrait se désolidariser de la jupe de l'enceinte et, de ce fait, basculer vers l'est et chuter sur le plancher du niveau +4,00 m. Dans le cas où le plancher

au niveau +4,00 m serait soumis à l'impact des missiles constitués par le plancher métallique du plancher à +8,00 m et des équipements qu'il supporte, la structure en béton armé du niveau +4,00 m pourrait subir des dommages susceptibles de conduire à la chute d'éléments en béton de cette structure ou d'équipements supportés par cette dernière dans la piscine et le canal n°1. Il ne peut pas être exclu que ces missiles potentiels puissent endommager la tôle de cuvelage et les équipements présents à l'intérieur de la piscine et du canal n°1.

3.2.1.2. Bâtiment "Ateliers Chauds et Hall ISIS"

3.2.1.2.1. Introduction

Le génie civil du bâtiment « Ateliers Chauds et Hall ISIS » comporte trois sous-ensembles principaux dont le comportement au séisme est examiné séparément. Il s'agit de :

- l'infrastructure située sous le niveau 0,00 m,
- la superstructure située au dessus du niveau 0,00 m, constituant l'enceinte périphérique du bâtiment,
- les structures internes situées au dessus du niveau 0,00 m dans le hall des Ateliers Chauds.

3.2.1.2.2. Infrastructure du bâtiment

Les parois des canaux, des cellules chaudes et de la piscine ISIS sont épaisses et comportent un ferrailage orthogonal régulier sur leurs deux faces et parfois une nappe d'armatures intermédiaire. Ces dispositions confèrent à ces structures une grande robustesse.

Les longrines situées à la base des voiles périphériques au niveau -4,00 m et les tirants liaisonnant ces longrines aux parois des ouvrages en eau d'une part, la dalle et le réseau de poutres du niveau 0,00 m d'autre part, contribuent au bon maintien relatif des éléments structuraux et, par conséquent, assurent un bon monolithisme de l'infrastructure.

Les pieux sont implantés au droit des descentes de charges principales et donc correctement répartis sous les ouvrages en eau et sous les voiles et poteaux périphériques. La section transversale de ces pieux est apte à assurer une bonne transmission des charges résultant des actions permanentes et sismiques. Un ferrailage longitudinal et transversal a été mis en place uniquement au sommet des pieux, ce qui constitue un facteur pouvant limiter leur capacité. Cependant, cela ne devrait pas affecter leur bon comportement pour un niveau de séisme tel que celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay, ni pour des niveaux de séisme plus importants de l'ordre de deux fois ce séisme.

L'infrastructure du bâtiment est donc constituée d'éléments structuraux présentant une bonne robustesse (voiles épais bien ferrailés) et qui sont correctement fondés sur des pieux de forte section. La stabilité de l'infrastructure est prévisible pour un niveau de séisme au moins égal à deux fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

3.2.1.2.3. Superstructure du bâtiment

La superstructure du bâtiment qui constitue son enceinte est caractérisée par :

- sa forme parallélépipédique fermée par la terrasse et les voiles relativement homogènes présents sur les quatre façades et continus jusqu'aux fondations sur pieux,
- le voile intermédiaire de contreventement séparant les deux halls,
- la présence de poteaux sur le voile intermédiaire de contreventement séparant les deux halls et les façades nord, sud et est, et de poutres reliant ces poteaux en toiture.

Le voile intermédiaire de contreventement séparant les deux halls et les voiles des façades nord, sud et est sont raidis par des poteaux robustes de dimensions transversales importantes. Ces poteaux forment avec les poutres situées en terrasse et les voiles des façades nord et sud des structures de type portique de direction nord-sud dans le hall des Ateliers chauds. De même, ces poteaux forment avec les poutres situées en terrasse et les voiles intermédiaire de contreventement séparant les deux halls et de la façade est des structures de type portique de direction est-ouest dans le hall ISIS. Les poteaux sont soit directement fondés sur les pieux, soit encastrés dans les parois du canal.

Le voile de la façade ouest est ouvert entre les niveaux 0,00 et +6,50 m où il comporte une traversée générale. Ce voile est fondé au niveau -4,00 m où il est constitué par un trumeau coté sud et un poteau coté nord.

Les voiles des façades nord et sud comportent également des traversées qui ont été décrites dans les paragraphes précédents. Ces voiles, ainsi que celui de la façade est, sont continus en élévation depuis

leur niveau d'appui sur les pieux jusqu'à la terrasse.

Le voile intermédiaire de contreventement séparant les deux halls comporte deux traversées décrites précédemment. Ce voile est fondé au niveau -4,00 m où il est constitué par un trumeau au sud du canal et trois poteaux au nord du canal.

La terrasse comporte des poutres dans les deux directions et est correctement structurée. Elle est en mesure de fonctionner en diaphragme en situation sismique.

La superstructure du bâtiment est irrégulière en plan mais elle est bien contreventée. Son contreventement est en effet assuré par un système de voiles, éventuellement complété par des portiques dans les deux directions et ce compte tenu d'une part des traversées présentes dans les voiles des façades nord et sud et, d'autre part, de la plus faible section en sous sol des trumeaux des voiles de la façade ouest et intermédiaire de contreventement séparant les deux halls. Ce système est de plus lié en tête par le diaphragme constitué par la dalle de la terrasse.

Il ressort de l'examen des plans et du fonctionnement de la superstructure que sa stabilité d'ensemble est prévisible pour un niveau de séisme de l'ordre de 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Pour un tel niveau de séisme, les déplacements horizontaux resteront faibles à l'échelle des dimensions de l'ouvrage et des diverses dispositions des éléments supportés. La fonction de supportage des ponts roulants sera maintenue. Il ne peut cependant pas être exclu l'apparition de dommages locaux pour un niveau de séisme inférieur au séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

En effet, la grande ouverture située au dessus du niveau 0,00 m dans le voile ouest, l'absence de poteaux raidisseurs sur ce même voile et la présence des planchers partiels d'interface aux niveaux +3,20 et +4,00 m font que le comportement de ce voile va être influencé par des modes locaux de flexion à basse fréquence. Le voile va ainsi avoir tendance à battre hors de son plan en situation sismique. Par ailleurs, l'irrégularité en élévation de ce voile fait que des concentrations d'efforts dans son plan sont prévisibles au voisinage du niveau 0,00 m puisqu'il ne comporte plus qu'un poteau sur la façade nord et un trumeau sur la façade sud au dessous du niveau +6,50 m. Des dommages locaux "sérieux" de ce voile sont prévisibles pour un niveau de séisme supérieur à environ 0,7 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Ce comportement n'est pas en lui-même rédhibitoire et n'a pas de conséquence sur la stabilité d'ensemble du bâtiment. Il ne conduit pas à l'agression d'éléments essentiels, notamment le génie civil des cellules chaudes.

D'autres dommages locaux limités liés aux modes locaux de flexion des voiles sont également prévisibles à partir d'un niveau de séisme voisin de 0,7 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Ces dommages ne concerneront que des éléments non structuraux, c'est-à-dire n'ayant pas d'influence sur le comportement sismique d'ensemble. Il s'agit des baies vitrées des façades nord et sud et des revêtements minces extérieurs des façades du bâtiment.

3.2.1.2.4. Structures internes au dessus du niveau 0,00 m

Les structures internes sont pour l'essentiel constituées par les deux cellules situées dans les Ateliers Chauds. Les structures de ces cellules sont constituées de voiles et de dalles épais en béton armé et sont bien contreventées. Elles sont fondées sur des voiles épais d'infrastructure liés aux parois du canal. Les voiles et les dalles sont correctement ferrailés, avec au minimum un quadrillage d'armatures sur leurs deux faces. Il s'agit par conséquent de structures présentant une grande robustesse.

La stabilité de ces structures est assurée pour un niveau de séisme supérieur à au moins deux fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Selon le guide de Sûreté de l'AIEA n° 50-SG-S1 relatif au risque sismique, un séisme de degré VI sur l'échelle MSK peut induire quelques dommages de type légères fissures dans les plâtres, chute de petits débris de plâtre dans les constructions ordinaires.

Aussi, concernant le bâtiment des ateliers chauds, la chute de petits débris de plâtre au niveau des toits des cellules ne devrait pas les endommager. L'intégrité des cellules devrait rester assurée.

La mise en place sur les dalles de toit des cellules chaudes d'un emballage de 6850 kg n'est pas de nature à remettre en cause la tenue mécanique de ces dalles.



Photo n°9 : Vue de la face sud des Cellules Chaudes au dessus du niveau 0,00 m

3.2.1.3. Interface entre les bâtiments Réacteur et « Ateliers Chauds - Hall ISIS »

3.2.1.3.1. Interface en infrastructure

Comme précisé précédemment, les déplacements horizontaux des bâtiments vont être très faibles en situation sismique, notamment en infrastructure, et la largeur du joint entre les canaux est très largement suffisante pour absorber les déplacements différentiels des bâtiments.

Le couvre-joint métallique du joint de fractionnement du canal n°1 constitue la zone sensible du cuvelage métallique du bloc eau de l'installation. De par sa souplesse, ce couvre-joint est en mesure d'absorber les faibles déplacements différentiels susceptibles de se produire entre les deux bâtiments pour un niveau de séisme au moins égal à celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

3.2.1.3.2. Interface en superstructure

Les dalles et les poutres des planchers aux niveaux +3,20 et +4,00 m et de la dalle terrasse à +7,26 m sont correctement armées. Cependant, il convient de noter que :

- les planchers aux niveaux +3,20 et +4,00 m sont peu contreventés. La stabilité du plancher au niveau +4,00 m est par exemple majoritairement assurée par flexion du voile de la façade ouest des Ateliers Chauds ;
- la dalle terrasse au niveau +7,26 m n'a pas été solidarifiée au voile de la façade ouest des Ateliers Chauds ;
- le système de portage vertical de ces planchers est irrégulier (poutres noyées, appuis sur deux cotés, parties suspendues, etc.) et ne présente pas une robustesse comparable à celle rencontrée dans les structures des bâtiments.

La structuration de cette interface fait que ces planchers secondaires sont susceptibles de subir des dommages locaux importants pour un niveau de séisme de l'ordre de 0,7 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Compte tenu de ces dommages prévisibles, le risque de chutes de morceaux de béton sur le niveau 0,00 m ne peut être exclu, mais il n'y aura pas d'impact sur les structures sous-jacentes. En effet, les planchers aux niveaux +3,20 et +4,00 m ne sont pas situés à l'aplomb du canal n°1 et la toiture du sas métallique présent sous la dalle terrasse devrait en partie arrêter la chute de morceaux de béton émanant de cette dalle. Il est toutefois possible que quelques gravats tombent à l'intérieur du canal n°1, mais dans une zone où il n'y a pas de stockage de matière fissile. Quant au canal n°2, son éloignement de la zone de chute potentielle de gravats fait qu'il ne peut être agressé.

3.2.1.4. Cheminée de ventilation

La seule irrégularité structurelle de la cheminée se situe à sa base et au droit du massif du carneau qui comporte une ouverture latérale. Cette ouverture latérale est cependant bordée verticalement par les nervures du premier tronçon du fût. La cheminée peut donc dans l'ensemble être considérée comme régulière à la fois en plan et en élévation.

Le fût de la cheminée est correctement armé. Son ferrailage est constitué d'armatures verticales et

horizontales de section variable et régulièrement réparties sur la hauteur.

Les nervures sont armées comme des poutres et comportent des armatures longitudinales et transversales.

La fréquence du mode principal de la cheminée est relativement basse, de l'ordre de 0,8 Hz. Les fréquences des modes supérieurs sont plus élevées, de l'ordre de 4 et 10 Hz.

Le comportement sismique de la cheminée peut être considéré comme satisfaisant, c'est-à-dire que son intégrité est assurée, pour un niveau de séisme supérieur à celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Au vu de sa géométrie et de son ferrailage, la défaillance hypothétique de la cheminée se produirait pour un niveau de séisme compris entre 1,5 et 2 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay et ne concernerait que le tronçon supérieur du fût situé entre les niveaux +15,00 et +45,00 m.

3.2.1.5. Robustesse des équipements

3.2.1.5.1. Introduction

Les équipements jugés essentiels ou susceptibles de constituer des agresseurs potentiels d'équipements essentiels sont :

- les clapets de convection naturelle du circuit primaire,
- les tuyauteries secondaires,
- les racks de combustible usé situés dans le canal 2,
- les ballons BR7 et BA51

3.2.1.5.2. Clapets de convection naturelle du circuit primaire

Les clapets de convection naturelle du circuit primaire sont placés sur deux piquages de la tuyauterie d'amenée d'eau au cœur. En fonctionnement normal, ils sont maintenus fermés sous l'effet de la pression dans la tuyauterie.

En cas de chute de pression, provoquée par exemple par un arrêt des trois pompes, les clapets s'ouvrent automatiquement sous l'effet de la gravité permettant à l'eau de la piscine d'être admise directement à la base du cœur, qui peut se refroidir en convection naturelle par bouclage du circuit sur la piscine.

Ces clapets sont munis de dashpots de fermeture évitant les coups de bélier à la mise en route des pompes. La pression minimale en deçà de laquelle l'ouverture des clapets se produit est réglée par un contrepois.

Les deux clapets sont totalement indépendants et l'ouverture d'un seul clapet est suffisante pour assurer la convection naturelle.

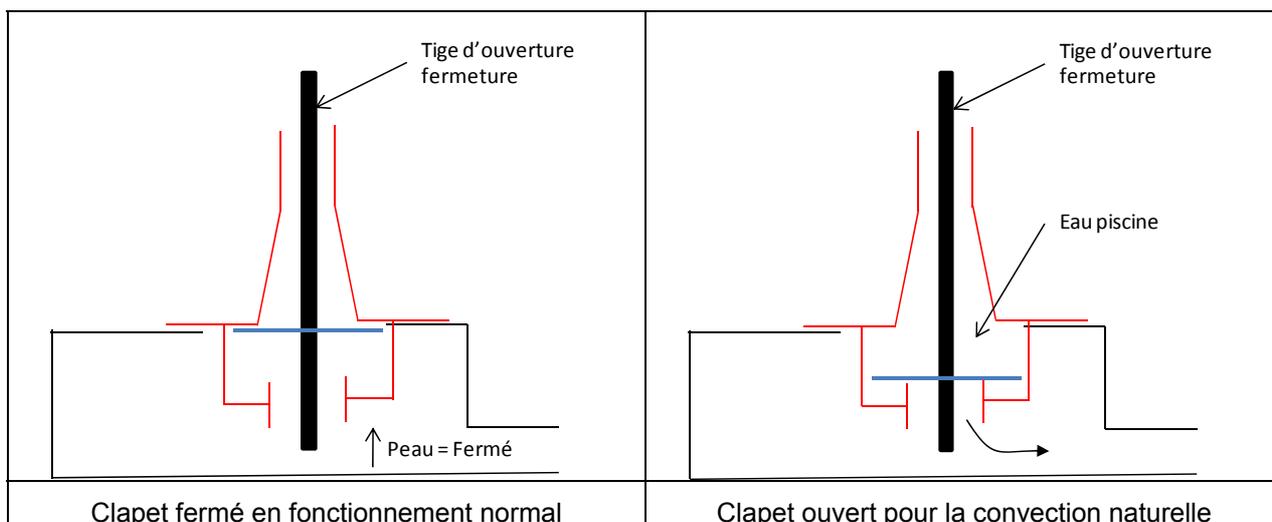


Schéma n°3 : Fonctionnement des clapets de convection naturelle

L'ouverture des clapets étant purement gravitaire, elle pourrait être empêchée en cas de séisme s'il se produisait une déformation excessive irréversible de la tige par flexion.

L'examen des plans des clapets montre que le diamètre de la tige est important vis-à-vis de sa longueur souple, longueur qui est fortement réduite compte tenu de la hauteur des zones de guidage situées à ses extrémités. Les clapets présentent donc une très grande robustesse et la contrainte calculée dans la tige pour le séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay est très faible. En conclusion, l'ouverture de ces clapets restera assurée pour un niveau de séisme supérieur à au moins deux fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

3.2.1.5.3. Tuyauteries secondaires

Les tuyauteries secondaires sont correctement supportées et globalement soumises aux mêmes mouvements sismiques. Le comportement sismique de ces tuyauteries est jugé satisfaisant. Leur intégrité est assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

3.2.1.5.4. Racks de combustible usé situés dans le canal n°2

Les racks de combustible usé sont stockés dans le canal n° 2. Ils ne doivent pas être agressés par la chute de morceaux de béton de la structure du bâtiment ou d'équipements supportés par cette dernière.

La stabilité de la superstructure du bâtiment et des équipements qu'elle supporte est assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Cependant, l'analyse du comportement sismique de la superstructure du bâtiment a mis en évidence un risque d'endommagement du voile de la façade ouest et des planchers situés dans l'interface entre le bâtiment Réacteur et le voile précité, pour un niveau de séisme de l'ordre de 0,7 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Ces planchers et le voile ouest sont situés à l'aplomb du canal n° 1 et les gravats de béton émanant de ces structures qui seraient susceptibles de chuter en situation sismique ne peuvent pas atteindre le canal n° 2.

Les racks de combustible usés ne sont par conséquent pas agressés pour un niveau de séisme au moins égal à 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

3.2.1.5.5. Ballons BR7 et BA51

Le ballon BR7 est en acier inoxydable et il contient 7m³ d'eau déminéralisée. Il a un diamètre d'environ 1,30 m et une hauteur d'environ 5,00 m. Il repose sur trois pieds tubulaires de 0,11 m de diamètre, de 2,00 m de haut et espacés d'environ 1,40 m. Trois cornières renforcent les liaisons entre ses pieds et le ballon.

Le ballon BA51 est en acier inoxydable et sa capacité est de 10 m³. Il est actuellement vide. Son diamètre est d'environ 1,70 m et sa hauteur est de 4,40 m. Trois cornières renforcent les liaisons entre les pieds et le ballon.

Dans l'hypothèse où la stabilité du plancher qui les supporte serait assurée, la stabilité de ces deux ballons serait assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

La stabilité du plancher qui supporte ces ballons est estimée assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 0,7 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. La stabilité des ballons BR7 et BA51 est donc assurée pour un niveau de séisme identique. Au-delà de ce niveau, l'instabilité possible du plancher qui les supporte pourrait entraîner la chute de ces deux ballons sur le plancher du niveau inférieur.

3.2.1.6. Conclusions

Les conclusions relatives au bâtiment Réacteur sont les suivantes :

- la stabilité de l'infrastructure des structures internes est assurée pour un niveau de séisme estimé supérieur à 2 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay ;
- la stabilité de l'enceinte périphérique est assurée pour un niveau de séisme estimé à 1,3 fois celui du

séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay ;

- pour ce qui concerne la superstructure des structures internes, la stabilité du plancher au niveau +4,00 m est estimée assurée sans dommages importants jusqu'à un niveau de séisme égal à 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Des désordres locaux modérés ne peuvent cependant pas être exclus à partir d'un niveau de séisme de l'ordre de 0,9 fois celui de ce séisme. Pour le plancher métallique au niveau +8,00 m, des problèmes de stabilité locale peuvent être rencontrés à partir d'un niveau de séisme évalué à 0,7 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Les conclusions relatives au bâtiment « Ateliers Chauds et Hall ISIS » sont les suivantes :

- la stabilité de l'infrastructure est assurée pour un niveau de séisme estimé supérieur à 2 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay ;
- la stabilité de la superstructure est assurée pour un niveau de séisme évalué à 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Il ne peut cependant pas être exclu l'apparition de dommages locaux pour un niveau de séisme voisin de 0,7 fois celui de ce séisme, en particulier sur le voile de la façade ouest ;
- la stabilité des Cellules Chaudes est assurée pour un niveau de séisme estimé supérieur à 2 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Les conclusions relatives à l'interface entre les bâtiments Réacteur et « Ateliers Chauds et Hall ISIS » sont les suivantes :

- en infrastructure, l'intégrité du couvre-joint métallique du joint de fractionnement du canal n°1 est assurée pour un niveau de séisme au moins égal à celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. L'étude présentée au § 3.2.2 montre qu'une fuite à ce joint n'a aucun impact sur les risques d'effet falaise ;
- en superstructure, les planchers secondaires des niveaux +3,20, +4,00 et +7,26 m sont susceptibles de subir des dommages locaux importants pour un niveau de séisme évalué à 0,7 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Compte tenu de ces dommages prévisibles, le risque de chutes de morceaux de béton sur le niveau 0,00 m ne peut être exclu, mais l'impact de ces dommages sur la sûreté sera négligeable puisque les structures sous-jacentes n'accueillent ni EIS ni structures, systèmes et composants (SSC) clés nécessaires pour atteindre un état de repli sûr et censés rester disponibles (opérationnels et/ou intègres) après le séisme.

La stabilité de la cheminée de ventilation est assurée pour un niveau de séisme estimé à 1,5 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Le fonctionnement des clapets de convection naturelle du circuit primaire cœur reste assuré pour un niveau de séisme supérieur à au moins deux fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

L'intégrité des tuyauteries du circuit secondaire est assurée pour un niveau de séisme au moins égal à 1,5 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Les racks de combustible usés ne sont par conséquent pas agressés pour un niveau de séisme au moins égal à 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

Il convient de noter que des niveaux de séisme sensiblement supérieurs au SMS du site (lequel est forfaitairement enveloppé par le séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay), ne sont pas réalistes pour le site de Saclay situé en zone de sismicité 1 (dite "très faible").

3.2.2. Points faibles de l'installation et de l'organisation et préciser tout effet falaise

Les situations initiales défavorables sont :

- Réacteur OSIRIS en niveau bas pour opération de maintenance ; cette situation est rare et n'est prise que lorsque la puissance résiduelle du réacteur est inférieure à 286 kW. Au titre de l'évaluation complémentaire de sûreté, un niveau de séisme très supérieur à 2 fois le séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay a été appliqué à partir de cette situation initiale défavorable. Cette agression peut conduire à une fuite vers la salle des mécanismes, qui provoquerait une baisse du niveau d'eau d'environ 2 mètres, interrompant la circulation naturelle entre cœur et piscine. Cette

fuite, associée à l'évaporation (cf. § 6.4.1), conduit à atteindre le niveau -8 m en une douzaine de jours, et le dénoyage du cœur en 16 jours. Le risque d'effet falaise correspondant peut être repoussé en mettant en œuvre les moyens d'appoint en eau de la FLS.

- Opérations de déchargement de combustible du cœur d'OSIRIS ou de chargement de combustible usé dans le château TN-MTR en cours ; les moyens de manutentions utilisés disposent de dispositifs anti-soulèvement ou anti-déraillement, et de sécurités interrompant l'action du pont concerné sur détection d'évolution de la charge ou de mouvement de la charge. La coupure de l'alimentation électrique provoque la mise en service des freins. Les moyens de levage disposent d'un dispositif permettant la descente manuelle de la charge en secours. Ainsi, aucune chute d'objet lourd n'est envisagée, laquelle n'est d'ailleurs pas susceptible d'induire un risque d'effet falaise à elle seule.
- Mouvement de combustible expérimental ou de cibles de Molybdène de Fission en cellule chaude ; la chute de l'objet de la hauteur de manutention avec le télémanipulateur n'est pas susceptible d'agresser la gaine du combustible et d'en provoquer la rupture. Par ailleurs les cellules chaudes ne perdent pas leur performance d'étanchéité. Enfin l'inventaire radiologique des échantillons manipulés en cellule chaude ne permet de répondre à la deuxième condition d'apparition d'un risque d'effet falaise tel que défini au § 2.1.

Risque de dénoyage des éléments combustibles entreposés dû à une fuite suite à séisme :

Une fuite éventuelle des canaux est surveillée par un drain de diamètre 100 mm, implanté entre les pieux dans l'axe des canaux entre les niveaux - 8,20 et - 8,40 mètres.

En cas de fuite au niveau du cuvelage canal n°2, le drain sous canal est destiné à récupérer l'eau issue de cette fuite et la diriger dans le vide annulaire.

En cas de détérioration des structures côté nord, l'eau du canal n°2 pourrait se déverser dans le local ventilation au niveau -4 m puis dans le vide annulaire. Si le volume d'eau est supérieur à 560 m³, il y aurait alors transfert d'eau dans le hall pile (voir paragraphe 5.2.1.1 « inondation de la salle des relayages et des équipements »). L'inondation du local ventilation pourrait entraîner une perte totale ou partielle de la ventilation nucléaire (voir paragraphe 5.2.1.1 « inondation du local ventilation »).

En cas de détérioration des structures côté sud, l'eau du canal n°2 pourrait se déverser dans les locaux des stations de remplissage et d'épuration d'eau (avec une partie collectée au niveau du puisard F2) puis inondation de la salle des relayages et des équipements avant transfert dans le vide annulaire. Si le volume d'eau est supérieur à 560 m³, il y aurait alors transfert de l'eau dans le hall pile (voir paragraphe 5.2.1.1). L'inondation des locaux pourrait entraîner une détérioration des alimentations électriques.

Les volumes mis en jeu sont de 460 m³ si le batardeau n°2 est en place et de 1200 m³ sans batardeau n°2. Dans les 2 cas, le batardeau n°1 n'est pas en place.

L'arrivée d'eau est détectée dans le vide annulaire au niveau puisard n°2 avec déclenchement de l'alarme sonore et lumineuse « niveau très haut » en salle de conduite. En parallèle, l'alarme sonore et lumineuse « Niveau bas canal n°2 » sera activée en salle de conduite.

Pour limiter les conséquences d'une inondation et du dénoyage des éléments combustibles, il est prévu de faire appel aux moyens du centre pour retransférer l'eau du vide annulaire vers le canal n°2 et mettre en place le batardeau n°2 à l'aide du pont 6T des ateliers chauds.

En cas de perte totale des alimentations électriques, il faudra mettre en place une alimentation externe afin d'assurer le fonctionnement du pont 6T des ateliers chauds pour la mise en place du batardeau n°2, et avoir la possibilité de désactiver l'automate interdisant la montée du crochet en cas de montée de l'irradiation en surface du canal n°2.

Dans le cas d'un débit de fuite supérieur à 150 m³/h (capacité proposée par les secours), le scénario « dénoyage des éléments combustibles » est à considérer. Celui-ci est traité dans le paragraphe 6.3.2.

L'intégrité du couvre-joint métallique du joint de fractionnement du canal n°1 n'est garantie que jusqu'à un niveau de séisme de l'ordre de celui du séisme forfaitaires applicable au centre CEA de Saclay. Ce joint est l'élément le moins robuste des infrastructures. Ainsi, ce joint est susceptible d'induire une fuite d'eau provenant du canal n°1 dès ce niveau de séisme, sans pour autant que l'étanchéité globale des infrastructures ne soit remise en cause. La fuite s'écoule vers des locaux dont le volume est de l'ordre de 200 m³, situés sous le niveau -4 m du hall du réacteur OSIRIS. Compte tenu de la surface cumulée de la

piscine et des canaux n°1 et n°2 (186 m²), une fuite de l'ordre de 2 m³/j inonderait complètement ces locaux en 108 jours. Dans le même temps, 540 m³ d'eau se seront évaporés. Le niveau d'eau dans l'ensemble piscine + canaux n°1 et n°2 s'établit donc à -4 m ; aucune fuite d'eau n'a lieu hors des locaux directement en contact avec le joint de fractionnement. Aucun risque d'effet falaise n'est dû à une fuite au joint de fractionnement pour un niveau de séisme entre le séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay et 2 fois ce niveau.

Les batardeaux n°1 et n°2, séparant le canal n°1 de la piscine OSIRIS et le canal n°1 du canal n°2, sont normalement déposés. Il est nécessaire de les mettre en place en cas de perte d'eau du canal n°1 pour garantir un niveau dans la piscine et le canal n°2 permettant l'intervention du personnel. Si l'on considère le cumul de la perte de l'étanchéité du canal n°1 et de la perte des fournitures électriques, la manutention des batardeaux doit être effectuée à l'aide des ponts du hall réacteur et du hall des ateliers chauds alimentés par un groupe électrogène normal. Dans le cas de l'impossibilité d'obtenir l'alimentation par cette voie, une disposition doit être mise en place pour l'usage d'un groupe de secours.

3.2.3. Risque d'infiltration d'eau contaminée dans la nappe phréatique

Vu les marges vis-à-vis de la tenue au séisme des infrastructures, il n'est pas possible d'avoir des infiltrations pour un séisme d'un niveau inférieur à 2 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

3.2.4. Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation (modification de la conception, modification des procédures, dispositions organisationnelles...)

Les analyses précédentes ont montré que les principaux équipements et structures de l'INB 40 résistent à un séisme d'un niveau de l'ordre de 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay, y compris si on considère que ce séisme provoque l'agression des infrastructures par les superstructures et équipements de manutention qu'elles supportent. Cette situation est satisfaisante pour une installation située dans une zone où les niveaux de séisme étudiés ne sont pas réalistes pour le site de Saclay situé en zone de sismicité 1 (dite "très faible").

Les résultats de l'évaluation conduisent à :

- mener une étude de faisabilité du renforcement de l'ancrage du plancher métallique du niveau +8 m.
- Mener une étude de faisabilité de la mise en place de sources électriques durcies pour alimenter les ponts du hall pile et des ateliers chauds afin de pouvoir mettre en place les batardeaux, notamment les batardeaux n°1 et n°2, en situation dégradée, en vue de prendre en compte une fuite potentielle du joint de fractionnement du canal n°1.
- Etudier une modification du système provoquant l'arrêt de montée des ponts sur détection d'irradiation en surface des capacités, afin d'en permettre la mise hors service pour utiliser les ponts en situation radiologique dégradée.
- En cas de fuite de la piscine vers la salle des mécanismes à partir d'une situation niveau bas, un effet falaise de dégradation du cœur sous eau est susceptible de se produire dans un délai assez court. Il convient donc de prévoir une réelle capacité à faire un appoint d'eau de l'ordre de 150 m³ dès lors que le réacteur se trouve en situation de niveau bas.

3.2.5. Indication sur le niveau de séisme auquel l'installation peut résister sans perdre l'intégrité du confinement

Comme précisé au paragraphe 3.2.1, le niveau maximal de séisme que l'enceinte du réacteur OSIRIS peut supporter sans dommages importants est estimé à environ 1,3 fois le séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

De même la stabilité de la superstructure du bâtiment des Ateliers Chauds et du Hall ISIS est assurée pour un niveau de séisme évalué à 1,3 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

La stabilité des Cellules Chaudes est assurée pour un niveau de séisme estimé supérieur à 2 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay.

La stabilité de la cheminée de ventilation est assurée pour un niveau de séisme estimé à 1,5 fois celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay. Les rejets de l'INB seront donc filtrés jusqu'à ce niveau de séisme.

4. Inondation

4.1. Dimensionnement de l'installation

4.1.1. Inondation de dimensionnement

Les installations nucléaires ont été conçues en respectant les bonnes pratiques ou l'état de l'art en matière de drainage ou d'évacuation des eaux pluviales.

La grande majorité du réseau pluvial des centres a été construit dans les années 1960-1970 en se basant, à l'époque, sur les règles de dimensionnement classiques des réseaux VRD de type milieu urbain sur la base d'une occurrence décennale comme indiqué dans la circulaire précitée.

4.1.1.1. Inondation de dimensionnement liée à des arrivées d'eaux souterraines

Le centre CEA de Saclay est situé en Ile de France, ensemble géographique constitué de terrains tertiaires occupant le centre du bassin parisien. L'Ile de France est compartimentée en une série de plateaux (d'environ 100 m d'altitude) qui définissent, avec le tracé des vallées, les différentes régions naturelles : la Beauce, la Brie, le Hurepoix, le Gâtinais, le Vexin et les Yvelines.

Le plateau de Saclay est situé au nord du Hurepoix, région de l'Ile de France qui s'étend de Versailles à Etampes et au nord-est de la Beauce. Ses limites naturelles sont marquées par la vallée de la Bièvre au nord et les vallées de l'Yvette et de la Mérançaise au sud. Cette unité morphologique d'une superficie de 5000 ha se trouve à une altitude moyenne de 150 mètres. Elle représente la première zone naturelle (50% de terres agricoles et 20% de milieux naturels) à 10 km au sud de Paris.

Certains plateaux du bassin parisien sont considérés comme des zones temporairement humides suite à la présence d'une série de lentilles aquifères perchées d'épaisseur et d'extension variables dans les formations superficielles argileuses ; c'est le cas sur le plateau de Saclay. Ce niveau superficiel très hétérogène se trouve à des profondeurs très variables sur le centre de Saclay, comprises entre 2,5 et 11,5 mètres.

Sous ce niveau, se trouve la nappe sous-jacente des sables de Fontainebleau, présente sous la totalité du plateau de Saclay. Au droit du centre, sa profondeur est d'environ 40 mètres. Sa direction principale d'écoulement est l'axe Nord-Ouest Sud-Est. Sous les sables de Fontainebleau, les niveaux marneux créent un écran imperméable constituant le mur de l'aquifère principal des sables.

Le cas de remontée de la nappe des sables de Fontainebleau située à plus de 30 mètres de profondeur susceptible de provoquer une inondation du site est exclu.

Le site de Saclay n'est bordé par aucun cours d'eau et l'inondation du site ne peut provenir principalement que suite à de très fortes précipitations générant d'importants débits d'eau à évacuer, ou des ruptures d'ouvrages sur le site.

4.1.1.2. Inondation de dimensionnement liée à des arrivées d'eaux pluviales

Dans l'enceinte du Centre CEA de Saclay, il existe trois réseaux hydrauliques principaux:

- le réseau d'eau potable qui alimente les sanitaires du Centre CEA de Saclay ainsi que 50% des besoins des laboratoires. La majeure partie de cette eau, devenue effluents sanitaires et effluents industriels, est ensuite rejetée après traitement dans le plan d'eau de Villiers. Cette eau potable est aussi utilisée pour le refroidissement du réacteur OSIRIS, et est rejetée en partie après utilisation dans l'ovoïde Nord.
- le réseau d'eau recyclée. Cette eau est pompée dans l'étang après traitement, elle approvisionne les laboratoires et les installations de refroidissement du centre. Après utilisation cette eau rejoint le réseau des effluents industriels. Après traitement, elle est rejetée dans le plan d'eau de Villiers. Pour OSIRIS, cette eau est principalement utilisée pour le refroidissement du réacteur. Ensuite une partie de cette eau est rejetée dans l'atmosphère sous forme de vapeur lorsque les aéroréfrigérants fonctionnent à pleine puissance, l'autre partie est évacuée, mélangée à l'eau potable, par l'ovoïde

Nord.

- o le réseau des eaux pluviales dirigé vers le ru de Corbeville, le plan d'eau de Villiers et l'aqueduc des Mineurs.

Les entrées d'eau sur le centre CEA de Saclay sont l'eau potable, le ru de Corbeville et les eaux pluviales. Les évacuations d'eau se font en aval du plan d'eau de Villiers et par l'ovoïde nord dans l'aqueduc des Mineurs.

Situé dans l'enceinte du Centre CEA de Saclay, le plan d'eau de Villiers est utilisé comme réserve d'eau brute pour les besoins industriels du centre. C'est aussi l'exutoire pour les eaux usées qui ont été préalablement traitées dans la station d'épuration du Centre CEA de Saclay. Le plan d'eau est situé dans la partie ouest du centre. Sa capacité maximale est d'environ 25 000 m³, sa profondeur moyenne est d'environ 1,4 mètre.

Par ailleurs, un bassin d'écrêtement des crues, dit le bassin aux biches, a été mis en service à la fin 2006 afin de porter à 14 900 m³ la capacité globale de stockage en amont de l'aqueduc des Mineurs.

La pluviométrie mesurée à la station de Villacoublay, située sur le plateau de Vélizy-Villacoublay est représentative de celle du centre de Saclay. La pluviométrie dans ce secteur a une valeur annuelle comprise entre 550 et 750 mm de hauteur d'eau, valeur faible par rapport au reste de la France (maximum Biarritz, 1482 mm, et minimum à Marseille Marignane 544 mm sur la période 1961-1990).

La valeur moyenne 1958-2005 à Saclay est de 679 mm/an.

Une fraction importante des précipitations s'évapore au sol ou est reprise par la végétation. Cette évapotranspiration est évaluée dans la région parisienne à 450 mm. Par différence avec la hauteur totale des précipitations, on obtient la pluviométrie efficace soit en moyenne 150 mm/an.

Les systèmes d'évacuation des eaux pluviales et l'implantation de réseaux de drainage périphériques, ont été conçus dans les années 60, sur la base d'évènements "décennaux". Les études effectuées pour le cas de pluies moins fréquentes a été réalisée en 2005 ont permis d'établir que, dans la zone d'OSIRIS, la capacité à pleine section des collecteurs Ø 300 mm au sud des bâtiments de l'INB 40 était inférieure à celle calculée pour une pluie centennale correspondant à la borne de l'intervalle de confiance à 70 %, mais que ces eaux se dirigeraient vers le ru de Corbeville suite à l'engorgement des réseaux (et non vers l'INB).

A cet égard, la conclusion de l'étude a pu être vérifiée lors de l'épisode pluvieux du 29 avril 2007 (90 mm en 6 heures) ; le ru de Corbeville est effectivement sorti de son lit et a inondé le CD 306. Il n'y a pas eu d'inondation au niveau d'OSIRIS, situé dans la zone la plus haute au nord-est du site.

Au titre des évaluations complémentaires de sûreté, il a été examiné les conséquences d'une situation d'inondation due à :

- o l'engorgement du réseau pluies pour des pluies plus importantes (au moins pour des pluies centennales correspondant à la borne d'intervalle de confiance de 95%) (cf. § 4.2.1),
- o la rupture du château d'eau ou de toute autre capacité ou bache susceptible de produire sur le site des volumes d'eau importants (cf. § 5.2.1.1),
- o la rupture de tuyauterie interne à l'installation suite à un séisme (cf. § 5.2.1.2).

4.1.2. Dispositions de protection du dimensionnement

4.1.2.1. Structures, systèmes et composants clés

Dans le cas d'une inondation, quelle qu'en soit l'origine, les conséquences les plus pénalisantes pour l'installation sont :

- o la perte totale des alimentations électriques à l'exception des lignes alimentées directement par le GUS (ventilateurs d'extraction),
- o la perte de la ventilation nucléaire.

Dans cette situation, les fonctions importantes pour la sûreté : confinement de la matière nucléaire, maîtrise de la réactivité, refroidissement du cœur et limitation de l'exposition aux rayonnements ionisants sont assurées.

Vis-à-vis du confinement, les lignes de défense sont dégradées du fait de la perte de la ventilation, mais le confinement de la matière nucléaire reste assuré par les barrières du confinement statique à savoir la gaine des éléments combustible, puis la piscine et le circuit primaire et le hall.

La maîtrise de la réactivité est garantie par la chute des barres automatique suite à la perte d'alimentation électrique et/ou la perte de la ventilation.

Du fait de la perte des alimentations électriques, le refroidissement du cœur n'est plus assuré par la circulation forcée de l'eau dans le circuit primaire, à l'aide des 3 pompes du circuit primaire cœur. Dès l'arrêt des pompes, une circulation naturelle se fait avec l'eau de la piscine. En effet, sur la tuyauterie d'entrée cœur se trouve deux clapets de "convection naturelle", qui s'ouvrent par gravité lorsque la pression dans la tuyauterie passe en dessous d'un certain seuil. L'ouverture de ces clapets permet d'assurer ainsi la communication entre la piscine et le cœur et d'initier le refroidissement par circulation en convection naturelle.

Vis-à-vis de la limitation de l'exposition aux rayonnements ionisants, la perte de l'alimentation électrique entraîne l'arrêt de la pompe liée à la couche chaude qui assure une protection biologique en partie supérieure de la piscine.

4.1.2.2. Principales dispositions de protection

Pour se prémunir d'une infiltration d'eau importante dans le réacteur OSIRIS, les dispositions suivantes ont été mises en place :

- implantation des fondations générales à l'intérieur d'un précuvelage circulaire en béton armé (mur SOLETANCHE),
- mise en place d'un multicouche bitumeux sous le radier et relevé de deux mètres sur la paroi extérieure de l'enceinte (de -11m à -9m),
- trois drains, mis en place sous le revêtement multicouche, aboutissent dans trois puisards implantés dans le vide annulaire compris entre l'enceinte et le précuvelage. Ils permettent ainsi de recueillir les éventuelles venues d'eau ; des pompes assurent l'évacuation des eaux ainsi recueillies,
- des murets de 10 cm de hauteur entourent les passages de tuyauteries donnant accès au niveau -4 m à partir du niveau 0 m.

Concernant le bâtiment des ateliers chauds, le sol du sous-sol est constitué par un dallage flottant prenant appui sur un béton poreux et une couche drainante et fondé sur pieux traversant la couche argileuse et fichés dans le sable gréseux sur une hauteur de 2 m minimum.

Il n'y a pas de revêtement multicouche comme sous le bâtiment réacteur : les eaux d'infiltration sont dirigées au moyen de buses soit vers deux puits de drainage, soit vers le vide annulaire.

Au nord des cellules, le sous-sol est occupé par les casemates de filtres de la ventilation nucléaire. Dans la zone sud, en sous-sol, se trouvent les locaux des stations de remplissage et d'épuration d'eau. Ils abritent aussi l'échangeur de la piscine ISIS et des canaux.

Dispositions du réacteur ISIS

De même que pour le hall des ateliers chauds, il n'y a pas de revêtement multicouche sous ce radier. Par contre, un réseau de drainage, situé sous le radier, et débouchant dans le vide annulaire d'OSIRIS au moyen d'un collecteur cheminant sous le canal, permet de récupérer les fuites éventuelles. L'étanchéité est assurée par la mise en place de joints souples. Des joints de type Water-Stop assurent l'étanchéité à l'air et à l'eau entre les niveaux 0,00 et -4,00 m du bâtiment ISIS.

Risque de défaillance de mode commun par inondation interne Les mesures prises à la conception, tant sur la disposition des équipements électriques EIS que sur le cheminement des canalisations d'eau permettent d'exclure le risque qu'une inondation soit à l'origine de la perte simultanée des voies de sûreté des réacteurs OSIRIS et ISIS.

4.1.2.3. Principales dispositions d'exploitation pour alerter de l'imminence de l'inondation, puis pour limiter les conséquences de l'inondation

Les dispositions d'exploitation pour alerter de l'imminence de l'inondation, puis pour limiter les conséquences de l'inondation dépendent de l'origine de l'inondation prise en compte dans le cadre du

dimensionnement à savoir : des entrées d'eau souterraine ou une pluie centennale.

Cas « Entrées d'eau souterraine »

Elle peut être détectée par des rondes et les sondes de détections en place dans les 3 puisards du vide annulaire. Ces puisards sont équipés de sondes. Une sonde de niveau haut déclenche automatiquement la pompe de relevage du puisard concerné et une sonde de niveau bas assure l'arrêt de la pompe. Deux autres sondes renvoient une alarme de niveau haut et très haut en salle de commande, permettant d'alerter sur un dysfonctionnement de pompes de relevage ou sur une entrée d'eau dont le débit serait supérieur au débit de relevage des pompes (5 à 10 m³/h).

Cas « Pluie centennale »

L'imminence d'un tel phénomène est signalée par Météo France, puis le Centre.

Compte tenu de l'absence d'impact d'une pluie centennale sur l'installation, aucune consigne d'exploitation n'est écrite. Pour autant, l'exploitant étant averti, une attitude vigilante vis à vis de ce phénomène (entrées d'eau possibles) est de rigueur.

Les cas d'inondations liées aux pluies exceptionnelles ou à une rupture d'infrastructures internes ou externes à l'installation sont traités dans les § 4.2. et 5.2.

Après une inondation, les moyens de détection des rejets (débit, activité) du Centre et de l'INB 40 restent opérationnels.

Les moyens du centre consistent en des pompes immergeables et des moto-pompes permettant de relever l'eau et la canaliser vers des exutoires. Ces moyens peuvent être complétés par ceux que les centres de Bruyères-le-Châtel et de Fontenay-aux-Roses sont susceptibles de mettre à disposition au titre de la convention d'assistance mutuelle et par ceux que le SDIS viendra mettre en œuvre au titre de la convention liant le SDIS et le centre de Saclay.

L'INB 40 dispose pour sa part de moyens de pompage mobiles permettant d'évacuer l'eau vers l'extérieur des locaux.

4.1.3. Conformité de l'installation

4.1.3.1. Organisation générale de l'exploitant pour garantir la conformité

Les dispositions générales prises pour garantir la conformité vis-à-vis du risque d'inondation sont identiques à celles décrites au § 3.1.3.1.

4.1.3.2. Organisation de l'exploitant pour s'assurer que les équipements mobiles à l'extérieur du site, prévus dans les procédures d'urgence, sont disponibles et opérationnels

Comme précisé au paragraphe 7.1, une convention lie le centre CEA de Saclay et les services de secours départementaux, qui seraient sollicités dans le cas où les moyens de pompage du centre et de l'ensemble des installations s'avéraient insuffisants.

Les approvisionnements et équipements mobiles, provenant de l'extérieur de l'INB 40 et pris en compte dans les procédures d'urgence de l'INB 40 sont ceux qui sont utilisés par :

- la FLS (moyens incendie et de pompage) et les services techniques (diesels mobiles de secours), dont le maintien en condition opérationnelle est assuré selon les mêmes procédures que celles qui sont appliquées dans les INB,
- les centres CEA de Fontenay-aux-Roses et de Bruyères-le-Châtel, dont les règles d'entretien sont identiques,
- le SDIS, pour les interventions de secours et dont le maintien en condition opérationnel ne peut souffrir de lacune.

4.1.3.3. Maintien de la conformité de l'installation vis-à-vis du risque d'inondation

Surveillance des locaux à risque de venue d'eau

Des rondes quotidiennes sont réalisées par les équipes de quart dans les locaux à risque de venue d'eau.

Chaque ronde est notifiée sur le cahier du mécanicien de quart et fait l'objet d'un enregistrement sur une fiche suiveuse. Les eaux éventuellement recueillies sont analysées (mesure de l'activité) par le service de protection radiologique (SPR).

Les venues d'eau à proximité immédiate des bâtiments de l'INB 40 sont également surveillées. Des prélèvements sont réalisés trimestriellement dans les regards des drains extérieurs.

Les prélèvements sont transmis à l'équipe SPR locale. Avec ces prélèvements sont également transmis le bilan des quantités d'eau recueillies aux différents points de prélèvement issu des rondes quotidiennes.

Les résultats de l'analyse des échantillons d'eau prélevée dans les sous-sols et au voisinage de l'installation n'ont permis de déceler aucune fuite à travers le radier.

Drains sous OSIRIS

Trois puisards recueillent les eaux de trois drains mis en place sous le revêtement multicouche. Ces points de prélèvement permettent de surveiller l'étanchéité vis-à-vis des eaux de la nappe et vis-à-vis des fuites du bloc eau.

L'inspection télévisuelle des drains rayonnants sous OSIRIS réalisée en 1999 a conclu au bon état général des tuyauteries et des grilles.

Joint multicouche

Un revêtement multicouche enveloppe la partie inférieure de l'enceinte et le radier. Il évite la pollution de la nappe phréatique par des fuites éventuelles et inversement il interdit les infiltrations d'eau de la nappe vers l'intérieur du bâtiment réacteur.

Un déversement d'eau colorée dans la rainure en périphérie extérieure du radier provoquant une mise en charge du joint "Water-Stop" permet par prélèvements au débouché des drains de vérifier l'intégrité du revêtement multicouche.

Ce test d'étanchéité est réalisé tous les 10 ans. Comme les précédents, le test de 2009 a montré l'intégrité du revêtement multicouche.

Drains sous canal

Des opérations de contrôle par caméra vidéo et de curage par une hydrocureuse ont été menées au début de l'année 1990 au niveau du drain situé entre les niveaux -8,20 et -8,10 mètres (dont le rôle est de collecter les eaux provenant du sol sous-jacent du bâtiment des ateliers chauds et d'ISIS et les eaux d'infiltration provenant des terrains environnants). Le curage a permis de retirer les dépôts de calcaire, de sable et de gravillons. Une vérification du bon fonctionnement du drain par utilisation de Brome 82 a également été faite.

Une inspection télévisée et un hydrocurage ont à nouveau été effectués en 1995 et en 2010 afin de s'assurer que le drain est bien en état de remplir sa fonction de surveillance. Un léger dépôt de calcaire a été noté, qui ne remet pas en cause la capacité du drain à collecter et évacuer les eaux.

Pompe de relevage

Le démarrage automatique des pompes de relevage (vers le réseau des effluents industriels) situées au niveau des puisards du vide annulaire est testé tous les 4 mois.

4.2. Evaluation des marges

4.2.1. Indication du niveau d'inondation auquel l'installation peut résister sans endommagement du combustible (en cuve ou en piscine)

L'étude des risques d'engorgement des réseaux pluviaux de l'INB40 suite à une inondation d'occurrence centennale a conclu en 2005 à l'absence de risque de débordement au niveau des regards des collecteurs situés à proximité des bâtiments de l'INB 40 dans lesquels se trouvent les réacteurs OSIRIS

et ISIS, ainsi que les ateliers chauds.

En effet, au niveau des regards amont de ces collecteurs, la profondeur théorique de l'eau varie de 1,23 m à 1,42 m et la hauteur théorique de mise en charge en amont des conduites varie de 0,54 à 0,65 m.

Afin d'estimer les marges disponibles par rapport à une pluie centennale, les études de 2005 ont été reprises avec le modèle de calcul utilisé en 2005 mais affiné suite aux études menées dans le cadre du réexamen de sûreté du réacteur ORPHEE, en considérant une pluie centennale correspondant au milieu de l'intervalle de confiance à 70 %.

Ces études concluent à une limite de débordement, avec un volume de débordement de l'ordre de 170 litres. Compte tenu de ce faible volume, les conséquences pour l'installation sont nulles.

Par ailleurs, ces études ont recherché la pluie dimensionnante en termes de période intense et d'intensité pour l'INB 40. Alors que l'étude de 2005 avait postulé une pluie dimensionnante ayant une période intense de 6 minutes avec une intensité de 165 mm/h, les études de 2011 ont montré qu'une pluie ayant une période intense de 30 minutes pour une intensité de 79 mm/h est également à considérer pour l'INB 40.

Dans un deuxième temps, les calculs ont été repris pour une pluie centennale correspondant à la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95%.

Les résultats montrent que pour ces pluies, ce sont systématiquement les regards situés au sud, sud-est des bâtiments de l'INB 40 qui sont sujets à engorgement.

Les volumes d'eau issus du débordement de ces regards ont été évalués à 71 et 221 m³ respectivement pour des pluies de période intense de 6 et 30 minutes. La différence entre ce résultat et celui issu des études de 2005 provient de l'hypothèse relative à l'intervalle de confiance à 95 % et du positionnement de la pluie centennale à la borne supérieure de cet intervalle de confiance.

Il convient de noter que lors de l'épisode pluvieux de 2007, les regards n'ont pas débordé.

Compte tenu de la planéité du terrain entre les INB 40 et 101, un tel volume de débordement conduirait à une lame d'eau de moins de 50 cm de hauteur et pourrait entraîner des entrées d'eau dans les rétentions des cuves acide, soude, fuel et d'effluents radioactifs BF14, mais aussi dans le local des diesels puis vers le niveau -4m de la galerie couronne avant de rejoindre le vide annulaire. Cet événement n'est pas de nature à induire un risque d'effet falaise.

Les cuves BF4, 5, 6 et 6bis ne seraient pas impactées car leur fosse est relevée sur une hauteur d'environ 60 cm.

Concernant l'impact d'une entrée d'eau dans les rétentions des cuves d'acide, soude et de fuel, ces cuves n'étant pas fixées, elles pourraient se soulever en cas d'entrée d'eau dans leurs rétentions et rompre les tuyauteries qui les relient aux équipements de l'INB ; des dispositions interdisant le soulèvement des cuves ou empêchant l'eau de pénétrer dans les rétentions seront mises en place.

La cuve du BF14 étant fixée au sol, une entrée d'eau dans la rétention ne peut pas conduire au soulèvement de cette cuve. De plus, le niveau haut de la cuve étant au-dessus du niveau du sol une entrée d'eau directement dans la cuve n'est pas envisagée.

Il est à noter que les pentes naturelles du site dirigeront les eaux vers le sud du centre et devraient nettement limiter le volume d'eau susceptible d'entrer dans les bâtiments de l'INB 40. Par ailleurs, le volume maximal d'eau susceptible de déborder (221 m³) est nettement inférieur au volume mis en œuvre dans le cas de la rupture de tuyauteries du circuit secondaire traité au paragraphe 5.2.

Il convient de noter également qu'aucun risque d'effet falaise et aucune agression d'élément essentiel n'intervient tant que le niveau -4 m n'est pas envahi par plus de 60 cm d'eau, ce qui représente un volume de plus de 5000 m³ dans les sous-sols de l'INB 40.

4.2.2. Points faibles et effet falaise

Les situations initiales défavorables sont :

- Réacteur OSIRIS en niveau bas pour opération de maintenance ; la seule perte des alimentations électriques, induite par une inondation, n'a aucune conséquence sur la réfrigération du combustible en piscine. Les appoints d'eaux sont encore possibles avec des camions. Le besoin est de l'ordre de 2 à 3 m³/j. Comme une inondation n'est pas susceptible de créer une fuite de la piscine vers la salle des mécanismes, l'effet falaise de dégradation du cœur sous eau n'a aucune raison d'être atteint.
- Opérations de déchargement de combustible du cœur d'OSIRIS ou de chargement de combustible

usé dans le château TN-MTR en cours ; le délai de prévenance avant l'arrivée de l'inondation permet d'interrompre les manutentions de châteaux et de rejoindre une situation sûre.

- Mouvement de combustible expérimental ou de cibles destinées à la production de radioéléments artificiels à usage médical en cellule chaude ; le délai de prévenance avant l'arrivée de l'inondation permet d'interrompre les manutentions et de rejoindre une situation sûre.

4.2.3. Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation

Comme indiqué au § 4.1.2.1. « Structures, systèmes et composants clés », en cas d'inondation, les conséquences les plus pénalisantes sont la perte de l'alimentation électrique et de la ventilation.

Pour autant, même si cette situation ne conduit pas à un risque d'effet falaise, les dispositions suivantes pour renforcer la robustesse de l'installation peuvent être envisagées :

- Isoler la galerie technique reliant le Laboratoire Pierre Sûe (LPS) au vide annulaire d'OSIRIS. Cette galerie arrive au niveau - 4 m dans le vide annulaire, et n'est pas isolée par un mur. Elle peut ainsi alimenter le vide annulaire en cas de présence importante d'eau.
- Mettre en place des dispositions interdisant le soulèvement des cuves acide, soude et fuel ou empêchant l'eau de pénétrer dans les rétentions.
- Installer un dispositif permettant d'isoler la grille d'aspiration de la ventilation de pulsion.

5. Autres phénomènes naturels extrêmes

5.1. Conditions météorologiques extrêmes liées à l'inondation (tempête, pluies ...)

5.1.1. Evènements et combinaison d'évènements pris en compte

Vent

Concernant les enceintes des réacteurs OSIRIS et ISIS, les surcharges climatiques prises en compte sont celles définies dans les règles Neige et Vent, édition 1946.

Le flux général des vents au-dessus de la région présente une composante principale à 220°-240° (vents de Sud-Ouest) très marquée et une composante secondaire de secteur nord-est (20° à 80°).

Cela se retrouve parfaitement sur les roses des vents de Toussus et Vélizy.

Le record de force de vent mesuré sur le site depuis 1968 s'est produit pendant la tempête du 26/12/1999 (198 km/h à 110 m).

La rose des vents pour la période 1989 – 2004 est la suivante :

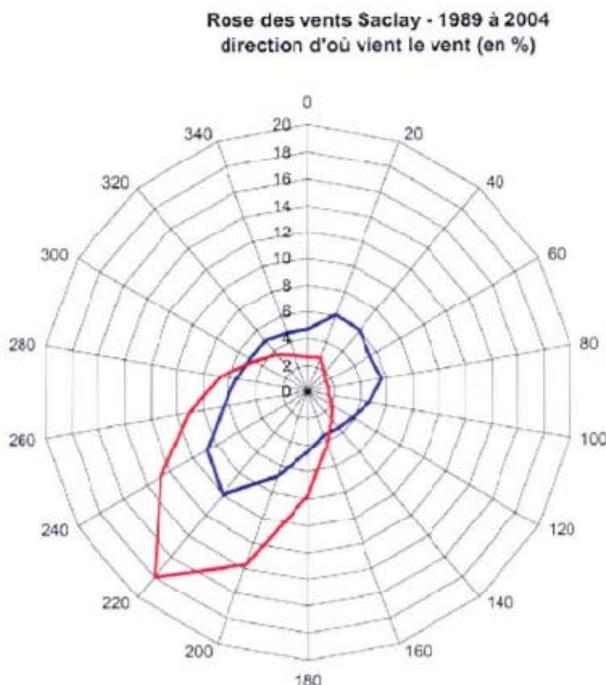


Figure n°4 : Rose des vents Saclay : 1989 à 2004

Foudre

Le risque lié à la foudre fait partie des agressions externes prises en compte dans le référentiel actuel. L'installation est protégée par un paratonnerre implanté sur la cheminée de l'INB. Il s'agit d'un paratonnerre à dispositif d'amorçage datant de mai 2006, conforme à la réglementation en vigueur.

Grêle

La grêle n'a pas été prise en compte dans le référentiel actuel.

5.1.2. Points faibles et effet falaise

Vent

Les bâtiments susceptibles d'être endommagés par une tempête sont les infrastructures métalliques et les équipements en extérieur à savoir, les réserves de produits chimiques du secondaire.

La seule infrastructure métallique située en extérieur et jouant un rôle important dans le maintien de la sûreté de l'installation est le local abritant le GUS. Cependant, ce local est situé au nord-est du bâtiment OSIRIS et se trouve donc protégé des vents dominants de sud-ouest par ce bâtiment.

Les réserves de produits chimiques en extérieur pourraient être endommagées par les divers objets envolés qui pourraient venir les percuter.

Pour autant, les récipients concernés sont à double enveloppe et placés sur rétention.

Le vent peut concentrer les feuilles tombées en des endroits où la disposition des bâtiments provoque des tourbillons. Dans la zone de l'INB 40, les avaloirs du réseau d'évacuation sont disposés dans des endroits où la circulation de l'air n'est pas entravée. De plus l'INB 40 est entourée d'une clôture, qui limite le volume de feuilles pouvant circuler à l'intérieur.

Foudre

Le risque lié à la foudre peut aller d'une dégradation de certains équipements à une perte totale d'alimentation électrique. Ce point est traité dans les cas d'inondation entraînant une inondation dans la salle des relayages et des équipements.

La foudre peut également être à l'origine d'un incendie. Cette situation est traitée dans le référentiel actuel.

Grêle

En cas de grêle exceptionnelle, les impacts envisagés sont le bouchage des avaloirs, impliquant un risque d'inondation. Les risques liés au cas d'une inondation liée à une pluie supérieure à une pluie centennale ou à une inondation liée à une rupture d'infrastructures environnantes sont majorant par rapport aux risques liés à une grêle.

De plus, une grêle, contrairement à une pluie centennale, devrait se dérouler sur une durée relativement courte. S'il est envisagé qu'une grêle exceptionnelle puisse effectivement venir obstruer les avaloirs, une fois la chute de grêle arrêtée, cette obstruction peut être enlevée grâce aux moyens de la FLS (cf. § 7.1.).

Une grêle associée à des vents violents pourrait être à l'origine d'une dégradation des pales des aéroréfrigérants. Cette dégradation nécessitera l'arrêt manuel du réacteur sur constatation du manque d'efficacité du circuit secondaire.

5.1.3. Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation

Vis-à-vis des phénomènes naturels pris en compte, à savoir le vent, la foudre et la grêle, la seule disposition envisagée est la mise en place d'une consigne demandant l'arrêt des aéroréfrigérants et donc du réacteur, en cas d'évènements météorologiques extrêmes de type grêle, induisant une perte d'efficacité du circuit secondaire, et au plus tard avant l'atteinte des seuils de sûreté des sondes de température d'entrée cœur.

5.2. Séisme dépassant le niveau de séisme pour lequel l'installation ou certains ouvrages sont dimensionnés et inondation induite dépassant le niveau d'eau pour lequel l'installation est dimensionnée

5.2.1. Identification des situations physiquement possibles

5.2.1.1. Cumul Séisme / Inondation externe due au séisme (défaillances d'un barrage, d'une digue...) :

Compte tenu de la situation géographique du centre de Saclay, plateau limité au nord par la vallée de la Bièvre, au sud-ouest par la vallée de la Mérantaise, au sud par la vallée de l'Yvette, un risque d'inondation lié à une dégradation d'un barrage ou d'une digue peut être écarté.

Impact sur la tenue des bâtiments :

Des infrastructures situées à proximité de l'INB40 peuvent également être à l'origine d'une inondation. C'est le cas des bassins des aéroréfrigérants des réacteurs OSIRIS, ISIS et ORPHEE et du château d'eau du centre CEA de Saclay.

2. Cas 2 : la zone inondée considérée englobe les bâtiments de l'INB 40.

Le calcul de la hauteur réelle d'eau arrivant aux portes du réacteur OSIRIS en cas d'une rupture de bassins des aéroréfrigérants ou du château d'eau nécessiterait une modélisation du site fine et coûteuse. Il a donc été décidé d'estimer une plage de hauteur dans laquelle devrait se situer cette hauteur réaliste. La hauteur minimale considère une absence totale d'obstacle autour des bassins des aéroréfrigérants ou du château d'eau et correspond à la hauteur d'eau sur la surface totale de la zone inondée. Pour la hauteur maximale, la totalité de l'eau a été répartie sur le quart du cercle en direction d'OSIRIS. Cette situation est jugée largement enveloppe de la réalité.

Compte tenu des hauteurs d'eau mises en jeu, la tenue des bâtiments ne peut être remise en cause. Par ailleurs, des murets de 10 cm de hauteur entourent les passages donnant accès au niveau -4 m à partir du niveau 0 m de la galerie couronne. Cette disposition protège ainsi les locaux électriques et procure le délai nécessaire à la mise en place des moyens de pompage de l'installation ou du centre.

Impact des entrées d'eau dans le bâtiment ISIS :

Les entrées d'eau dans le bâtiment ISIS pourront avoir un impact sur le réacteur ISIS en supposant que l'eau franchisse les portes étanches. Cet impact serait une inondation à -4m et -7m du bâtiment ISIS.

Dans le cas où le réacteur fonctionne du personnel est obligatoirement présent en salle de commande et pourrait arrêter le réacteur immédiatement.

Dans le cas où le réacteur est à l'arrêt, des détections de fuite à -7m signaleraient l'anomalie en salle de commande OSIRIS.

Dans le cas où le batardeau entre ISIS et le canal 3 ne serait pas en place, de l'eau se dirigerait également vers le ballon d'écumage des capacités BEC13 situées à -11m. Ce ballon déborde vers le BF2 qui est relevé par pompage automatique vers les BF4 et BF5.

Compte tenu de la vitesse de déroulement d'un tel évènement « Rupture du bâtiment des aéroréfrigérants avec entrée d'eau vers ISIS », le risque de faire déborder également le BF2 peut être écarté.

Les équipements liés à la ventilation et aux alimentations électriques sont communs au réacteur OSIRIS.

Impact des entrées d'eau dans le bâtiment OSIRIS :

Les entrées d'eau dans le bâtiment OSIRIS se dirigeront vers le vide annulaire en passant essentiellement par -4m, (hors hall pile) où se trouvent principalement la salle des relayages et des équipements, le local épuration et les locaux ventilation (pulsion et extraction).

Des 3 évènements initiateurs envisagés (rupture des bassins des aéroréfrigérants d'OSIRIS et d'ORPHEE et du château d'eau), l'évènement le plus pénalisant serait la rupture simultanée suite à un séisme des bassins des aéroréfrigérants d'OSIRIS et ORPHEE.

En tenant compte de la position des bassins par rapport aux bâtiments de l'INB 40, on suppose que la moitié des bassins des aéroréfrigérants d'OSIRIS et le quart des bassins d'ORPHEE, soit un volume forfaitaire de 620 m³, se dirigent vers OSIRIS et se retrouvent dans le vide annulaire. Pour le calcul de la hauteur d'eau arrivant au niveau du bâtiment ISIS suite à une rupture des bassins des aéroréfrigérants d'OSIRIS, l'hypothèse prise a été de répartir la totalité de l'eau sur la moitié du cercle et non du quart. En effet, dans le cas d'une répartition sur un quart du cercle la hauteur d'eau est supérieure à la hauteur d'eau initiale dans les bassins. De plus, aucun obstacle ne se trouve autour des bassins. La hauteur réaliste devrait donc être proche de la hauteur minimale.

Inondation de la salle des relayages et des équipements :

Le vide annulaire se trouve en bordure de la salle des relayages et des équipements. La majeure partie des câbles part de ces locaux pour plonger dans le vide annulaire avant de passer dans le hall pile via les 8 passages étanches situés au niveau -8m. Un volume d'eau d'environ 560 m³ peut être recueilli dans le vide annulaire avant d'entraîner une inondation dans le hall pile.

En supposant que les 620 m³ finissent dans le vide annulaire, 60m³ inonderont le hall pile via les passages étanches mais se dirigeront vers -11m.

Le niveau -11m a une superficie de 452 m² et pourrait contenir environ 1500 m³, soit le volume total des bassins des aéroréfrigérants des réacteurs OSIRIS et ORPHEE.

Il convient de signaler que l'inondation du niveau -11 m n'est pas une situation susceptible de conduire à un risque d'effet falaise, car aucun élément clé n'est hébergé à ce niveau.

Pour relever l'eau présente dans le vide annulaire plus rapidement qu'avec les seules pompes des

puisards, il serait fait appel aux moyens du centre.

Les armoires de la salle des relayages et des équipements étant surélevées à l'aide d'un faux plancher placé à 60 cm du sol, le risque de perdre la totalité de l'alimentation électrique est faible. En cas de perte totale ou partielle de la distribution électrique, seul le GUS pourrait continuer à assurer l'alimentation électrique en direct des moyens de surveillance et d'un groupe de ventilation, assurant ainsi un confinement dynamique.

Inondation du local épuration :

L'eau issue des bassins pourrait entrer dans le local des Diesels ou envahir les galeries techniques et se diriger vers le local d'épuration à travers les passages de tuyauteries, notamment les canalisations des chaînes d'épuration.

Le puisard F2 du local épuration est directement relié par une tuyauterie au BF2 situé dans le hall pile à -11m. Le débit d'évacuation par cette tuyauterie sera relativement faible (diamètre de cette tuyauterie de l'ordre de 100 mm). Le BF2 peut être relevé par pompage vers le BF4 et le BF5. Pour autant, le risque d'inondation du niveau -11 m lié à un débordement du BF2 ne peut être écarté.

Pour limiter l'impact d'une telle inondation, une amélioration de l'étanchéité du passage des tuyauteries entre le local des diesels et les galeries techniques et le local des épurations peut être envisagée.

Inondation du local ventilation :

En cas d'inondation du local ventilation (hauteur d'eau supérieure à environ 30 cm), le risque est de mettre hors service les 3 ventilateurs d'extraction de la ventilation nucléaire.

Un des 2 ventilateurs de la ventilation de sauvegarde est placé à 2,20 m du sol. Une alimentation de ce ventilateur en direct depuis le GUS pourrait permettre de configurer la ventilation de sauvegarde et ventiler à minima le hall pile.

Après un tel évènement, les réacteurs OSIRIS et ISIS sont à l'arrêt. Le refroidissement du réacteur OSIRIS est assuré par convection naturelle. Les activités aux ateliers chauds sont à l'arrêt. La pompe de la couche chaude est à l'arrêt entraînant une lente augmentation de l'activité dans le hall pile, qui reste cependant accessible pour réaliser les rondes de surveillance et les interventions.

5.2.1.2. Cumul Séisme / Inondation interne due à une rupture de tuyauterie due au séisme

En cas de séisme d'un niveau au moins 2 fois supérieur au séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay, la rupture d'une tuyauterie est à envisager :

- Cas des tuyauteries du secondaire (dans le bloc pile et en dehors).
- Cas d'une tuyauterie d'arrivée d'eau (potable ou industrielle) en galerie couronne à -4m.

Inondation en dehors du hall pile suite à une rupture de tuyauterie secondaire

En dehors du bloc pile, la rupture des tuyauteries du secondaire à -4m survenant en cas de séisme entraînerait une inondation de la salle des relayages et des équipements, et du local épuration.

Le volume du secondaire est de l'ordre de 2000 m³, les 4 bassins du bâtiment des aéroréfrigérants contiennent 4 x 330 m³, soit 1320 m³ et le volume du canal déversoir restant après désamorçage de la pompe, est de l'ordre de 150 m³.

Un volume de l'ordre de 530 m³ est donc susceptible de fuir en cas de rupture des 2 tuyauteries du secondaire.

Inondation de la salle des relayages et des équipements :

Cette situation a été présentée dans le cas précédent « Impact des entrées d'eau dans le bâtiment OSIRIS ».

Cependant, dans le cas d'une rupture du secondaire, le risque d'inondation du hall pile via les passages étanches est écarté, avec une marge supérieure à 30 m³.

Inondation du local épuration :

Cette situation a été présentée dans le cas précédent « Impact des entrées d'eau dans le bâtiment OSIRIS ».

Pour autant, en cas de rupture des tuyauteries du secondaire, l'eau irait principalement vers le vide annulaire. L'inondation au niveau -11m restera limitée à ce niveau.

Après un tel évènement, les réacteurs OSIRIS et ISIS sont à l'arrêt (détection de séisme, perte des alimentations électriques associée au séisme). Le refroidissement du réacteur OSIRIS est assuré par convection naturelle. Les activités aux ateliers chauds sont arrêtées.

Inondation dans le hall pile suite à une rupture du secondaire

Dans le cas d'une rupture de tuyauterie du secondaire dans le hall pile, en casemate, le volume d'eau déversé serait toujours de l'ordre de 530 m³.

Le volume se répartirait entre les 6 casemates des échangeurs (360 m³), la salle de vidange (90 m³) et remonterait également au niveau du local DRG (70 m³). Ces locaux font partie du bloc eau et l'eau pourrait y rester confinée en attente d'évacuation soit par le BF1, puis les BF4, 5 et 14 pour évacuation par citerne, soit par relevage direct.

Dans le cas d'une rupture de tuyauterie du secondaire dans le hall pile, hors casemate, le volume d'eau déversé serait toujours de l'ordre de 530 m³. Par contre, dans ce cas l'eau se dirigerait vers la salle de vidange, le local DRG, et -11m, dont la capacité maximale est de l'ordre de 1500 m³.

Après un tel évènement, les réacteurs OSIRIS et ISIS sont à l'arrêt (détection de séisme, perte des alimentations électriques associée au séisme). Le refroidissement du réacteur OSIRIS est assuré par les pompes primaires. Les activités aux ateliers chauds sont arrêtées.

Effets d'une inondation de -4 m galerie couronne

L'origine d'une inondation de -4m galerie couronne peut être :

- soit une rupture des bassins des aéroréfrigérants,
- soit une rupture de tuyauterie d'eau potable ou d'eau recyclée située en galerie couronne suite à un séisme.

Le premier point a été traité dans les cas précédents.

L'inondation due à une rupture de tuyauterie d'eau potable ou d'eau recyclée, dont le débit est de l'ordre de 150 m³/h, aurait pour conséquence de remplir le vide annulaire, si tant est que la seule rupture de tuyauterie du réseau centre soit localisée à - 4 m galerie couronne d'OSIRIS, ce qui est une hypothèse tout-à-fait irréaliste. Au bout d'un peu plus de 3 heures et demie, l'eau déborderait vers le hall pile, -11m, et il faudrait encore un peu plus de 10 heures avant d'avoir rempli le niveau -11m.

Un délai d'environ 13 heures est donc disponible pour isoler ces arrivées d'eau. La mise en place des moyens de pompage du centre (débit de pompage de 120 m³/h par moto-pompe) permettrait de prolonger ce délai.

Le niveau -8 m serait inondé 24 heures après la rupture de tuyauterie. Compte tenu des surfaces considérées, remplir le niveau -4 m nécessiterait 48 heures de plus.

Après un tel évènement, les réacteurs OSIRIS et ISIS sont à l'arrêt (détection de séisme, perte des alimentations électriques associée au séisme). Le refroidissement du réacteur OSIRIS est assuré par convection naturelle. Les activités aux ateliers chauds sont arrêtées. La ventilation est arrêtée.

5.2.2. Points faibles et effets falaise

Dans le cas d'un séisme d'un niveau au moins 2 fois supérieur au séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay et d'une inondation externe ou interne causée par le séisme, les conséquences les plus pénalisantes pour l'installation sont :

- la perte totale des alimentations électriques à l'exception des lignes alimentées directement par le GUS (ventilateurs d'extraction),
- la perte de la ventilation nucléaire.

Comme vu au § 4.1.2.1 et au § 5.2.1, aucun risque d'effet falaise n'est à craindre tant que le cœur du réacteur OSIRIS est réfrigéré par convection naturelle et tant que l'inventaire en eau des piscines et canaux reste satisfaisant. L'étude de la baisse de niveau dans les capacités est traitée aux § 6.3.1.1, 6.3.2.1 et 6.4.1.

Par ailleurs, des mesures peuvent être prises pour renforcer la robustesse de l'installation et faciliter les interventions après inondation.

5.2.3. Dispositions envisagées pour prévenir ces effets falaise ou pour renforcer la robustesse de l'installation

Un séisme de niveau supérieur à 1,5 fois le niveau du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay peut provoquer des inondations localisées par destruction des bassins des aéroréfrigérants ou rupture de tuyauterie. Les dispositions suivantes sont envisageables pour renforcer la robustesse de l'installation et/ou faciliter les interventions après inondation:

- Secourir par le GUS le ventilateur de la ventilation de sauvegarde placé à 2 m de hauteur et les équipements permettant de configurer la ventilation sur le hall pile OSIRIS, afin de filtrer les rejets de la ventilation,
- Secourir par le GUS les pompes de relevage du vide annulaire,
- Secourir la pompe de la couche chaude pour assurer une protection biologique dans le hall,
- Fermer la galerie technique assurant la liaison entre le local épuration à -4 m galerie couronne et les aéroréfrigérants pour éviter toute entrée d'eau liée à une rupture de bassins,
- Étendre l'utilisation de murets autour de tous les passages donnant accès au niveau -4 m à partir du niveau 0 m.

6. Perte des alimentations électriques et perte des systèmes de refroidissement

6.1. Perte des alimentations électriques externes

6.1.1. Dispositions de conception

L'alimentation en énergie électrique des auxiliaires de l'INB40 est assurée à partir d'un tableau haute tension 15 kV, qui distribue l'énergie reçue du poste général de SACLAY. Deux jeux de barres 15 kV (l'une ou l'autre en service) distribuent l'énergie sur 7 tronçons (A, B, C, D, E, F, G) via 7 transformateurs abaisseurs 15kV/400V. La puissance totale installée pour le réacteur OSIRIS est de 6 MVA. En cas de manque de tension EdF, deux groupes électrogènes à moteur Diesel fournissent l'énergie suffisante pour assurer la sûreté du réacteur et des dispositifs expérimentaux.

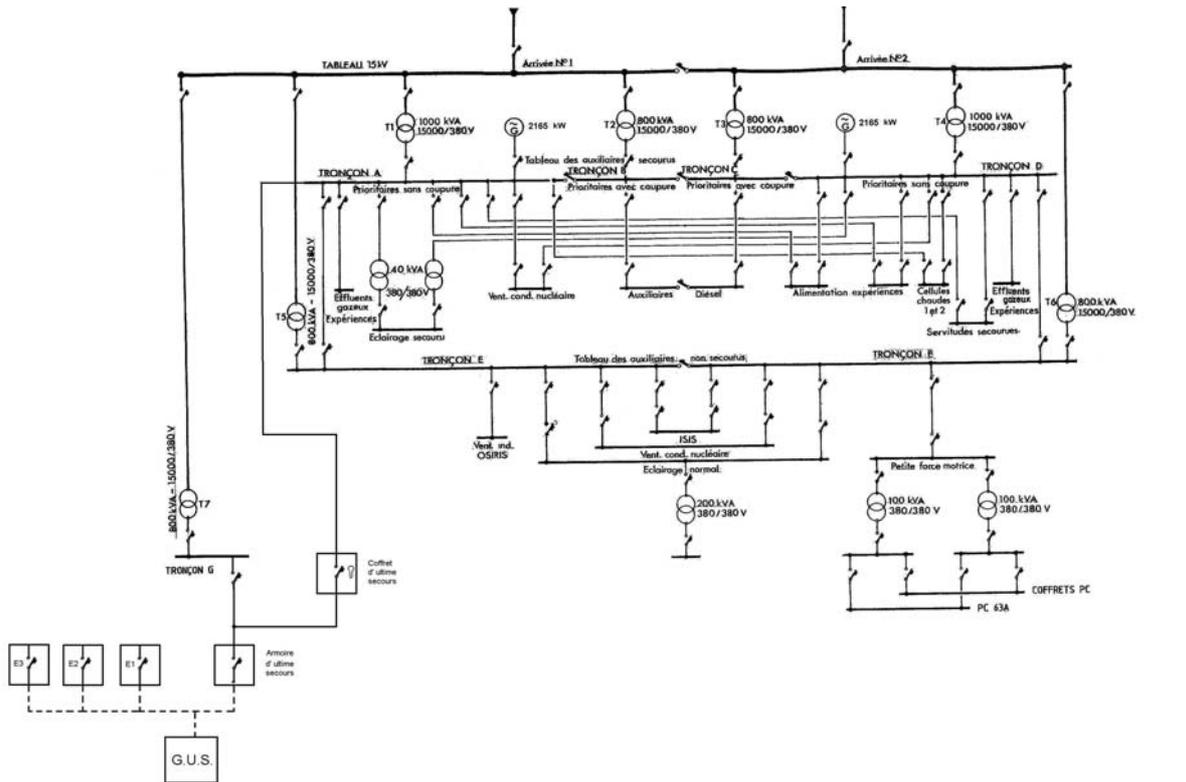


schéma n°4 : Usine électrique

6.1.1.1. Distribution basse tension

Les auxiliaires du réacteur OSIRIS sont répartis suivant 2 catégories :

- Ceux qui jouent un rôle indispensable dans le fonctionnement du réacteur et sans lesquels le fonctionnement en puissance est impossible ; ils sont alimentés à partir du tableau des auxiliaires secours,
- Ceux qui jouent un rôle secondaire ; ces derniers sont alimentés à partir du tableau des auxiliaires non secours

Tableau des auxiliaires secours :

Le tableau des auxiliaires secours comporte 4 tronçons :

- Deux tronçons A et D, alimentés chacun par un transformateur 15 kV/400V et comportant chacun une « arrivée » alternateur Diesel. Ces tronçons sont repris instantanément par les groupes Diesel en cas de panne secteur. Ils sont appelés : *prioritaires sans coupure*. Ils alimentent notamment les pompes cœur, les pompes piscine, les ventilateurs de la ventilation nucléaire, de la ventilation de sauvegarde et des effluents gazeux, les équipements électriques des cellules chaudes...
- Deux tronçons B et C, alimentés chacun par un transformateur 15 kV/400V et pouvant être couplés,

sur le tronçon A pour le tronçon B, et sur le tronçon D pour le tronçon C, en cas de panne secteur et réalimentation par groupes Diesel. Ces tronçons doivent être repris en cas de panne secteur, mais admettent néanmoins un temps de coupure. Ils sont nommés *prioritaires avec coupure*. Ils alimentent notamment les 3 onduleurs 220V, les 4 ensembles de batteries 48 Vcc, le pont roulant du hall pile, les pompes du circuit secondaire, les réchauffeurs de la ventilation nucléaire et de sauvegarde (sur la partie extraction)...

Un couplage entre les tronçons B et C permet par ailleurs de coupler ces quatre tronçons entre eux dans le cas où, lors d'une panne de secteur et indisponibilité d'un groupe électrogène, il serait nécessaire de reprendre l'ensemble du tableau par un seul groupe.

Tableau des auxiliaires non secourus :

Le tableau des auxiliaires non secourus comporte 3 tronçons :

- Deux tronçons E et F, alimentés chacun par un transformateur 15 kV/400V. En cas de panne secteur prolongée, la reprise manuelle de ces tronçons peut être réalisée afin d'alimenter des auxiliaires dont l'arrêt peut provoquer une gêne dans le fonctionnement normal du réacteur. Le tronçon E peut être couplé sur le tronçon A et le tronçon F peut être couplé sur le tronçon D. Les tronçons E et F alimentent notamment les ventilateurs des réfrigérants, les réchauffeurs et la pompe couche chaude, les groupes de climatisation des ventilations nucléaire et industrielle...
- Le tronçon G, alimenté par un transformateur 15kV/400V. Le tronçon G n'est pas repris en secours par les groupes électrogènes. Il alimente notamment le pont tournant du hall pile, le réseau expérimentateurs ...

6.1.1.2. Sources de contrôle, de signalisation et de sécurité

L'ensemble des sources de contrôle est alimenté par les tronçons « *prioritaire avec coupure* » (tronçons B et C).

Source 230V monophasé sur batteries-onduleur

Le contrôle du réacteur et des expériences exige une grande stabilité et une continuité de tension. Ces performances ne peuvent pas être assurées par le réseau de distribution EdF qui présente des variations de tension et de fréquence risquant de perturber le fonctionnement de certaines chaînes de mesure et d'automatisme. D'autre part, dans le cas d'une panne secteur, la partie du réseau d'OSIRIS reprise instantanément par les groupes électrogènes, présente des perturbations de tension incompatibles avec les performances exigées par les appareils de contrôle.

Pour ces raisons, les alimentations

- du contrôle commande du réacteur,
- de la radioprotection,
- du contrôle des expériences,

sont assurées par trois ensembles « redresseur/chargeur + batteries + onduleurs » qui forment trois réseaux distincts insensibles aux perturbation et aux pannes secteur, les batteries ayant une réserve suffisante pour assurer la continuité de fonctionnement des onduleurs jusqu'à la reprise en secours des groupes électrogènes (autonomie minimum : 30 minutes).

Source 48 V courant continu sur redresseurs-batteries

La distribution 48V cc est assurée par deux ensembles redresseurs-batteries indépendants (2 batteries et 2 redresseurs par ensemble). Ces sources servent notamment à l'alimentation des automates de confinement, des dispositifs d'alarme sonore, de la signalisation lumineuse générale, des réseaux d'évacuation.

En présence du secteur, l'énergie provient de celui-ci sans que ses perturbations ne soient ressenties sur l'installation. En cas de panne secteur, en attendant la montée en puissance des groupes électrogènes, la totalité des charges est reprise par les batteries (autonomie minimum : 30 minutes).

6.1.1.3. Moyens de secours prévus et conditions de mise en œuvre

6.1.1.3.1. Alimentations de secours conventionnelles

Dans le cas d'une panne secteur, deux groupes électrogènes de secours reprennent automatiquement les auxiliaires prioritaires sans coupure et les auxiliaires prioritaires avec coupure. Les groupes électrogènes de secours sont constitués :

- d'un moteur diesel,
- d'un embrayage,
- d'un volant d'inertie,
- d'un alternateur.

En présence du réseau, le volant d'inertie est entraîné par l'alternateur (qui fonctionne alors en mode « moteur synchrone ») à la vitesse nominale de 1500 tr/min. En cas de panne secteur, le moteur diesel démarre et embraye sur la ligne d'arbre. Le déficit momentané en énergie, pendant le temps de détection du défaut secteur et mis en régime du moteur, est compensé par l'énergie cinétique du volant d'inertie.

6.1.1.3.1.1. Processus « premier secours »

La disponibilité des deux groupes électrogènes est nécessaire pour assurer la continuité de l'exploitation du réacteur en cas de panne secteur, c'est la configuration « premier secours ». Dans ce cas, la totalité des auxiliaires indispensables au maintien de l'exploitation est reprise par les 2 groupes électrogènes. Cette reprise s'effectue sans coupure pour une partie des auxiliaires, avec coupure et délestage momentané d'une durée de 5.5 s ou de 30 s pour l'autre partie.

Réacteur OSIRIS : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

Le centre de Saclay est un client prioritaire pour ERDF, ce qui réduit le risque de perte totale des alimentations électriques extérieures. Aucun accord ne lie le centre à ERDF pour disposer de moyens mobiles de secours en cas de perte des moyens fixes. Les UST exploitent les transformateurs et la distribution sur le centre, ainsi que des moyens de secours. Une permanence est présente sur le site.

Le risque d'effet falaise identifié est lié à la dégradation du cœur. La dégradation du cœur peut être atteinte si deux fonctions de sûreté ne sont pas assurées : fonction de maîtrise de la réactivité et fonction de refroidissement.

Dans le cas de la reprise en 1^{er} secours, l'alimentation des moyens de radioprotection est assurée.

Fonction de maîtrise de la réactivité :

Avant la reprise de l'alimentation des tronçons B et C par les GE à $t_0 + 30$ s, les batteries des onduleurs alimentent :

- les armoires de mesures neutroniques,
- les armoires de logique de vote équipées des alimentations des embrayages des barres de commande,
- les moteurs des barres de commande,
- les automates du pilotage automatique du réacteur.

Le contrôle de la réactivité est donc assuré.

Fonction refroidissement :

Avant la reprise de l'alimentation des tronçons B et C par les GE à $t_0 + 30$ s, les batteries des onduleurs alimentent les armoires de mesures thermohydrauliques.

Les trois pompes en service du circuit primaire cœur ainsi que la pompe en service du circuit primaire piscine sont alimentées par les tronçons A ou D, prioritaires sans coupure.

Les pompes secondaires, alimentées par le réseau prioritaire avec coupure, (tronçon B ou C), subiront un arrêt temporaire de 5,5 s (PS52 et PS54) ou 30s (PS51, PS53) avant reprise par les GE. Cet arrêt n'a aucune conséquence sur le fonctionnement du circuit secondaire.

La vanne de réglage du débit d'eau secondaire envoyée au balcon des aéroréfrigérants, alimentée par le tronçon B, retrouvera son alimentation électrique après 30 s, ce qui n'a pas de conséquence sur le fonctionnement du circuit secondaire.

Les ventilateurs des aéroréfrigérants, alimentés par les tronçons non secourus E et F, peuvent être couplés manuellement respectivement aux tronçons A et D afin de donner de nouveau la pleine efficacité des aéroréfrigérants.

Enfin la pompe de la chaîne de remplissage, permettant les appoints d'eau aux capacités, est alimentée par le tronçon C et retrouvera son alimentation au bout de 30 s.

En cas de perte du réseau EdF et de reprise en secours de l'installation par les 2 groupes électrogènes de secours (processus 1^{er} secours), le risque d'effet falaise lié à une dégradation du cœur d'OSIRIS n'est pas atteint.

Ateliers chauds : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

L'effet falaise identifié est le dénoyage des éléments combustibles entreposés au fond du canal n°2. La sûreté de l'entreposage en canal n°2 repose sur :

- o la surveillance visuelle lors des rondes du mécanicien, qui reste assurée,
- o la surveillance par sonde électronique avec report de « Niveau bas » au tableau de commande, qui reste assurée par le réseau secouru (onduleurs + 48 VCC)
- o la possibilité d'appoint réalisé par la chaîne de remplissage, avec la pompe PR22 alimentée par le tronçon C, qui reste assurée.

En cas de perte du réseau EdF et de reprise en secours de l'installation par les 2 groupes électrogènes de secours (processus 1^{er} secours), le risque d'effet falaise lié au dénoyage des éléments combustibles du canal n°2 n'est pas atteint.

Réacteur ISIS : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

Le risque d'effet falaise identifié est lié à la dégradation du cœur. La dégradation du cœur peut être atteinte si deux fonctions de sûreté ne sont pas assurées : fonction de maîtrise de la réactivité et fonction de refroidissement.

Fonction de maîtrise de la réactivité :

Le 30 juin 2011, le réacteur ISIS est à l'arrêt toutes barres basses (marge de sous criticité > 3000 pcm). La maîtrise de la réactivité est assurée.

Si celui-ci était en fonctionnement, la perte totale de l'alimentation électrique induirait la mise en position sûre du réacteur par coupure de l'alimentation des électro-aimants des barres de commande et la chute de celles-ci. Les électro-aimants sont alimentés par un tronçon non secouru.

Fonction refroidissement :

Le 30 juin 2011, le réacteur ISIS est à l'arrêt toutes barres basses. Le refroidissement du cœur est assuré par l'eau de la piscine :

- o la surveillance visuelle lors des rondes du mécanicien reste assurée
- o la surveillance par sonde électronique avec report de « Niveau bas » au tableau de commande reste assurée par le réseau secouru (onduleurs + 48 VCC)
- o la possibilité d'appoint réalisé par la chaîne de remplissage, avec la pompe PR22 alimentée par le tronçon C reste assurée.

Dans le cas où le réacteur ISIS est en fonctionnement à puissance nominale (700 kW), les pompes des circuits primaire et secondaire s'arrêtent, car non secourues électriquement, et le régime de convection naturelle « cheminée » s'établit. Il est suffisant pour l'évacuation de la puissance résiduelle.

En cas de perte du réseau EdF et de reprise en secours de l'installation par les 2 groupes électrogènes de secours, le risque d'effet falaise lié à la dégradation du cœur d'ISIS n'est pas atteint.

6.1.1.3.1.2. Processus « deuxième secours »

En cas d'indisponibilité d'un des deux groupes électrogènes lors d'une panne secteur, le réacteur OSIRIS s'arrête automatiquement, et l'alimentation nécessaire à l'exploitation du réacteur à l'arrêt est assurée par le groupe disponible. C'est la configuration « deuxième secours ».

Dans ce cas, le réacteur se trouve arrêté par défaut du débit du circuit primaire et seuls certains auxiliaires essentiels sont repris en secours après le démarrage du groupe électrogène disponible. L'alimentation des moyens de radioprotection est assurée.

Réacteur OSIRIS : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

Le risque d'effet falaise identifié est lié à la dégradation du cœur. La dégradation du cœur peut être atteinte si deux fonctions de sûreté ne sont pas assurées : fonction de maîtrise de la réactivité et fonction de refroidissement.

Fonction de maîtrise de la réactivité :

Avant tout, il convient de préciser qu'en cas de reprise en 2^{ème} secours, il y a délestage de certains auxiliaires, notamment les pompes primaires cœur. Dans ce cas, il y a ordre d'arrêt automatique du réacteur par chute des 2 barres de sécurité (sur dépassement de seuil mini ΔP cœur).

Après arrêt du réacteur, le contrôle de la réactivité est assuré par les armoires de mesures neutroniques, alimentées par les batteries et onduleurs puis par les GE à t0 + 30 s.

Fonction refroidissement :

En cas de reprise en 2^{ème} secours, le refroidissement du cœur est assuré par convection naturelle. La coupure d'alimentation électrique des pompes primaires (délestage) au début de la reprise en secours induit un arrêt complet de leur rotation en 90 secondes. Cette inertie est obtenue grâce aux volants qui équipent les pompes et qui permettent une décroissance du débit primaire compatible avec la décroissance de la puissance jusqu'au passage au régime de refroidissement par convection naturelle. Ce régime est mis en place par ouverture automatique (par gravité) des clapets de convection naturelle. La surveillance des paramètres thermohydrauliques reste assurée car les batteries des onduleurs assurent l'alimentation des auxiliaires avant la reprise par le GE à t0+30s. La pompe de la chaîne de remplissage retrouve son alimentation électrique par le GE à t0 + 30s. En cas de perte du réseau EdF et de reprise en secours de l'installation par 1 groupe électrogène de secours (processus 2^{ème} secours), le risque d'effet falaise lié à la dégradation du cœur n'est pas atteint.

Ateliers chauds : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

En cas de perte du réseau EdF et reprise par au moins un diesel, si une intervention est en cours sur une expérience en cellule chaude, une mise en position sûre de l'expérience pourra être réalisée à l'aide des équipements des cellules chaudes (ces derniers étant sur le tableau des auxiliaires secourus). Il y aurait également maintien du confinement des cellules chaudes, la ventilation nucléaire étant secourue.

Si une manutention est en cours à l'aide du pont des ateliers chauds (alimenté via le tronçon F qui est non secouru), la possibilité de basculer manuellement le tronçon F sur le tronçon D (à partir de la salle de conduite ou en local) permet d'utiliser le pont et de mettre en position sûre la charge manutentionnée. L'alimentation des moyens de levage au niveau des départs TGBT de l'installation permet à terme une reconfiguration sur tableaux secourus par les diesels de l'installation. Ceci permet une réalimentation des moyens de levage et ainsi une dépose de la charge en toute sécurité.

Le risque d'effet falaise identifié est le dénoyage des éléments combustibles entreposés au fond du canal n°2. L'entreposage sûr des éléments combustibles est assuré par le niveau d'eau du canal 2 :

- o la surveillance visuelle lors des rondes du mécanicien reste assurée,
- o la surveillance par sonde électronique avec report de « Niveau bas » au tableau de commande reste assurée par le réseau secouru (onduleurs + 48 Vcc)
- o la possibilité d'appoint par la chaîne de remplissage avec la pompe PR22 alimentée par le tronçon C reste assurée.

En cas de perte du réseau EdF et de reprise en secours de l'installation par 1 groupe électrogène de secours (processus 2^{ème} secours), le risque d'effet falaise lié au dénoyage des éléments combustibles du canal n°2 n'est pas atteint.

Réacteur ISIS : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

Pour le réacteur ISIS, l'analyse et les résultats sont strictement identiques à ceux présentés pour la reprise en « 1^{er} secours ».

6.1.1.3.2. Autres alimentations de secours

En cas de perte cumulée de l'alimentation 15 kV, du GE n°1 et du GE n°2, un système de branchement est prévu pour un groupe électrogène mobile dit « d'ultime secours » appelé GUS. De manière à éviter les risques de mode commun géographique avec les deux groupes électrogènes de secours, le GUS est implanté à l'extérieur de la galerie couronne dans un local fermé conçu à cet effet. Ce local contient notamment le coffret électrique d'ultime secours qui assure la distribution de la tension délivrée par le GUS. C'est à partir de ce coffret d'ultime secours, avec un jeu de clés prisonnières, que le tronçon A peut être alimenté par le GUS : dans cette configuration, le tronçon A peut alors alimenter les tronçons B, C et D. Le basculement de toutes les alimentations se fait manuellement en moins de 30 minutes et le GUS alimente alors :

- un groupe Pulseur/Extracteur,
- les 4 redresseurs 48V,
- les 3 onduleurs.

Pendant la durée du branchement du GUS, les batteries des onduleurs 230V ainsi que les batteries des redresseurs 48Vcc sont les seules sources d'alimentation de l'installation, assurant l'alimentation des organes de contrôle, signalisation et la sécurité.

L'alimentation des moyens de radioprotection est assurée.

Réacteur OSIRIS : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

Le risque d'effet falaise identifié est lié à la dégradation du cœur. La dégradation du cœur peut être atteinte si deux fonctions de sûreté ne sont pas assurées : fonction de maîtrise de la réactivité et fonction de refroidissement.

Fonction de maîtrise de la réactivité :

La reprise en ultime secours est consécutive à l'échec de reprise en secours des 2 groupes électrogènes de secours. Ainsi, pendant les 30 minutes de mise en service du GUS, seules les batteries onduleurs et redresseurs délivrent une alimentation. Le réacteur est donc arrêté automatiquement par chute des 2 barres de sécurité, l'ensemble des pompes primaires et secondaires sont arrêtés. La convection naturelle s'établit après ouverture des clapets.

Le contrôle de la réactivité est assuré par la chute des barres de sécurité suivie de l'ordre manuel de chute des 4 autres barres de commande, les armoires de mesures neutroniques étant alimentées par les batteries des onduleurs avant la reprise par le GUS à 30 mn.

Fonction refroidissement :

En cas de reprise en 2^{ème} secours, le refroidissement du cœur est assuré par convection naturelle.

La surveillance des paramètres thermohydrauliques reste assurée car les batteries des onduleurs assurent l'alimentation des auxiliaires avant la reprise par le GE à t0+30s.

La pompe de la chaîne de remplissage n'est pas réalimentée par le GUS.

En cas de perte du réseau EdF et de reprise en secours de l'installation par le GUS, le risque d'effet falaise lié à la dégradation du cœur n'est pas atteint.

Ceci étant, on perd le moyen classique de faire des appoints d'eau aux capacités, en n'assurant plus l'alimentation de la pompe de la chaîne de remplissage PR22. Cette situation n'engendre pas de risque d'effet falaise puisque le dénoyage du cœur ne commence qu'après plus de 8 mois, délai rendant impossible la fusion du cœur. L'ambiance radiologique dans le hall du réacteur rendra difficiles les interventions. La puissance du GUS permettrait sans problème de réalimenter cette pompe pour effectuer des appoints.

Ateliers chauds : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

En cas de perte totale de l'alimentation électrique :

- les activités dans les cellules chaudes seraient arrêtées, les éléments présents restant confinés.
- Si une manutention est en cours à l'aide du pont, l'ensemble des freins sont immédiatement fermés afin d'immobiliser et de retenir la charge en position. Les ordres de sécurité étant à manque de tension, il n'est pas mis en œuvre de batteries spécifiques afin de maintenir les alimentations de ces systèmes. En cas de perte des alimentations, l'affalage manuel de la charge en sécurité est possible.

Le risque d'effet falaise identifié est lié au dénoyage des éléments combustibles entreposés au fond du canal n°2. L'entreposage sûr des éléments combustibles est assuré par le niveau d'eau du canal n°2 :

- o la surveillance visuelle lors des rondes du mécanicien reste assurée,
- o la surveillance par sonde électronique avec report de « Niveau bas » au tableau de commande reste assurée par le réseau secouru (onduleurs + 48 VCC)
- o la possibilité d'appoint par la chaîne de remplissage n'est plus assurée.

En cas de perte du réseau EdF et de reprise en secours de l'installation par le GUS. Cette situation n'engendre pas de risque d'effet falaise puisque le dénoyage du cœur ne commence qu'après 6 mois, délai rendant impossible la fusion du cœur. L'ambiance radiologique dans le hall des ateliers chauds rendra difficiles les interventions.

Réacteur ISIS : état de l'installation vis-à-vis du risque d'effet falaise

Pour le réacteur ISIS, l'analyse et les résultats sont strictement identiques à ceux présentés pour la reprise en « 1^{er} secours » et « 2^{ème} secours », excepté les appoints qui ne sont plus réalisables avec les moyens usuels (pompe PR22).

En cas de perte du réseau EdF et de reprise en secours de l'installation par le GUS, le risque d'effet falaise lié à la dégradation du cœur n'est pas atteint.

6.1.2. Temps de fonctionnement des alimentations électriques internes sans secours extérieurs

L'étude de la consommation d'huile et de gazole des 3 groupes électrogènes de l'installation montre que sans aucune aide extérieure, sans gestion optimisée des ressources en huile et en gazole, l'INB40 dispose de ses alimentations de secours pendant un temps qui varie entre 35 heures et 100 heures en fonction de l'état initial des stocks au moment de la perte du réseau électrique.

6.1.3. Dispositions prises pour prolonger le temps de fonctionnement des alimentations de secours

Afin de prolonger le temps de fonctionnement des alimentations de secours, il est envisagé d'établir une procédure de conduite de l'installation en cas de perte prolongée du réseau EDF, qui établirait une gestion des groupes électrogènes afin d'optimiser l'utilisation des stocks de gazole et d'huile. En particulier, le groupe d'ultime secours étant le groupe électrogène le moins consommateur, la possibilité d'utiliser les réserves des groupes de secours pour alimenter le GUS sera étudiée.

6.1.4. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation

6.1.4.1. Alimentation de secours conventionnelle

Les dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation se portent essentiellement sur la rédaction d'un protocole de gestion des consommables gazole et huile comprenant :

- La définition des stocks minimaux à assurer dans l'installation et les modalités de surveillance des stocks,
- une procédure de réalisation d'un appoint de gazole et d'huile moteur, groupe électrogène en fonctionnement.

Il est enfin prévu d'alimenter la pompe du circuit de remplissage à partir du GUS ou d'une autre source électrique mobile.

6.1.4.2. Autres alimentations de secours

Au même titre que les groupes électrogènes de secours, les dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation se portent essentiellement sur la rédaction d'un protocole de gestion des consommables gazole et huile s'appuyant sur une procédure de réalisation d'un appoint en gazole et huile du moteur, groupe électrogène en fonctionnement.

Par ailleurs l'objectif est pouvoir filtrer les rejets de la ventilation en permanence. Il convient en ce sens d'étudier la possibilité d'alimenter au moins un ventilateur de la ventilation de sauvegarde par le GUS ou une autre source électrique mobile.

6.2. Perte des alimentations électriques externes et internes

6.2.1. Perte du GUS : fonctionnement sur batterie

Batteries onduleurs : Chacun des trois réseaux onduleurs est équipé d'un ensemble d'environ 200 éléments de batteries qui permet l'alimentation des armoires de distribution onduleur en cas de perte complète des alimentations externes. Leurs capacités assurent à minima un fonctionnement de 30 minutes pour un onduleur à pleine charge (40 kVA). Ce délai permet la mise en service du GUS. En réalité, l'autonomie réelle des batteries des onduleurs est, d'avis d'expert, proche de 1 heure.

Batteries redresseurs 48 VCC : Les 4 batteries sont constituées chacune de 39 éléments couplés en série. Elles peuvent débiter un courant de 95 A pendant 30 minutes et supporter des courants de pointe de 150 A pendant 0,25 seconde, trois fois de suite. Les relevés de puissance effectués sur l'installation montrent que l'on ne débite pas plus de 30 A par ensemble de batteries. L'autonomie réelle des batteries redresseurs 48 Vcc est donc, d'avis d'expert, proche de 1 heure.

Pendant le fonctionnement sur batteries et onduleurs, l'état de l'installation vis-à-vis des risques d'effets falaises identifiés est exactement le même que lors d'une reprise en ultime secours, excepté l'alimentation de la pompe PR22 permettant les appoints d'eau aux capacités qui ne peut pas être alimentée. Différents scénarios d'évaporation sont présentés au § 6.4. Dans le cas le plus défavorable correspondant à une perte totale des alimentations électriques et des possibilités d'appoint d'eau lors d'un niveau bas piscine, un délai supérieur à 1 mois est accordé pour mettre en œuvre des moyens de secours et approvisionner environ 150 m³ d'eau.

L'alimentation électrique des moyens de radioprotection reste assurée.

6.2.2. Perte des batteries

En cas de perte des batteries, il n'y a plus aucune alimentation sur l'INB. L'alimentation des moyens de radioprotection n'est plus assurée. Afin d'éviter toute atteinte d'effet falaise, il faut assurer la surveillance du niveau d'eau dans les capacités et pouvoir effectuer des appoints. La surveillance des niveaux d'eau peut être assurée par des rondiers équipés de détecteurs de radioprotection mobiles. Les appoints peuvent être réalisés par la FLS qui dispose de différentes méthodes d'approvisionnement en eau en utilisant notamment les colonnes sèches qui permettent d'alimenter la piscine OSIRIS, le canal n°2 et la piscine ISIS.

6.2.3. Actions extérieures prévues

Fonctionnement sur les GE : approvisionnement huile et gazole hors centre

De l'huile peut être livrée par le prestataire d'entretien des GE sous 2 jours. L'approvisionnement en huile moteur peut aussi être effectué auprès de n'importe quelle station service.

Le remplissage des citernes de gazole demande en général un délai d'une semaine

Fonctionnement sur le GUS : fourniture d'huile et de gazole par le centre

Les services techniques du centre de Saclay disposent d'une réserve de 600 litres de gazole et de dizaines de litres d'huile qui permettent d'augmenter l'autonomie de l'installation en ultime secours de 12 heures (avec un ½ plein dans le réservoir) à 49 heures.

Défaillance du GUS : mise à disposition des groupes mobiles des UST :

Les UST disposent de 2 groupes électrogènes mobiles (250 kVA chacun) sur le centre de Saclay, dont l'un est entreposé dans un bâtiment de la partie sud du centre, et l'autre en permanence déployé sur le centre dans le cadre de la campagne annuelle de coupure électrique. En cas de défaillance du GUS, ces groupes peuvent être remorqués en moins d'une heure en heures ouvrables et 4 heures en heures non ouvrables jusqu'au local GUS de l'INB40 et mis en service à la place du GUS, dans la même configuration électrique. Un seul groupe du Centre suffit à alimenter l'INB 40.

Appoint d'eau en cas d'impossibilité de mise en œuvre de la chaîne de remplissage :

Dans cette situation, les appoints d'eau peuvent être réalisés en faisant appel à un prestataire assurant la livraison d'eau déminéralisée par camion, ou par le circuit d'appoint d'eau de secours (cf. § 6.3.2.1) ou grâce à l'intervention de la FLS (cf. § 6.3.2.2). Dans les deux derniers cas, l'eau ne sera pas déminéralisée.

6.2.4. Conformité de l'installation

Outre les dispositions générales décrites au § 3.1.3.1, l'entretien et la maintenance des deux groupes électrogènes de secours fait l'objet d'un contrat de maintenance passé entre l'installation et un prestataire. Le contrat intègre 4 interventions de maintenance préventive chaque année (dont les modalités sont définies dans le cahier des charges initial et qui peuvent être modifiées avec l'aval de l'INB et du prestataire) ainsi que la possibilité d'effectuer divers travaux de rénovation et de jouvence qui n'entrent pas dans le cadre des maintenances préventives.

Le bon fonctionnement des deux groupes électrogènes de l'installation est contrôlé à l'occasion d'un essai obligatoire de reprise en secours (premier secours ou deuxième secours suivant l'état de l'installation) qui est effectué à chaque inter cycle. Cet essai est représentatif d'une coupure réseau et permet de tester l'ensemble de la chaîne, depuis la détection de la perte réseau jusqu'à l'alimentation

des tronçons de l'installation par le(s) groupe(s) électrogène(s).

En plus de cet essai demandé au titre des RGE, l'INB40 a mis en place un essai de reprise en secours en fin de cycle qui permet de faire fonctionner les 2 groupes électrogènes en charge pendant plus d'une heure à la fin de chaque cycle de fonctionnement.

Les bons résultats de ces deux essais confirment la fiabilité des groupes électrogènes.

Chaque année, le contrôle de l'ensemble des sécurités diesels et alternateurs est également effectué.

Lors de l'examen de conformité de l'INB40, réalisé en 2009, les groupes électrogènes de secours ont été analysés. Ils ont été déclarés « conforme », tant au niveau de la conformité documentaire qu'au niveau de la conformité intrinsèque.

L'entretien et la maintenance du GUS fait l'objet d'un contrat de maintenance passé entre le centre de Saclay et un prestataire. Une visite hebdomadaire est prévue sur le groupe, avec contrôle général de l'état du groupe et des niveaux. Des démarrages et essais en charge sont également réalisés.

6.2.5.Retour d'expérience et travaux de maintenance sur les groupes électrogènes de secours

- Entre 1999 et 2000, les groupes électrogènes ont fait l'objet d'une requalification complète (requalification de l'alternateur, de l'embrayage et remplacement du moteur).
- En 2006, une rénovation des circuits d'air comprimé de lancement des groupes électrogènes a été réalisée.
- En 2007, une maintenance lourde de l'alternateur n° 1 a été réalisée en usine.
- En 2010, les modules de préchauffage moteur (résistances et pompe de circulation) ont été remplacés.
- A l'été 2011, une maintenance lourde l'alternateur n°2 a été réalisée, identique à la maintenance réalisée sur l'alternateur n°1 en 2007.

6.2.6.Retour d'expérience sur la perte du réseau EdF

Depuis le début de l'exploitation du réacteur OSIRIS, 3 pertes de réseau EdF ont conduit à un arrêt du réacteur:

- 29/09/67 : arrêt du réacteur par chute des barres de sécurité suite à une augmentation de la température entrée cœur. Un problème de couplage des tronçons a empêché l'alimentation des pompes secondaires. Les disjoncteurs de couplage des jeux de barres ont été révisés et un ensemble de modifications sur les chaînes de verrouillage des couplages A-B et C-D a été réalisé.
- 22/07/95 : arrêt du réacteur par l'atteinte du seuil mini ΔP cœur lors de la reprise en 1^{er} secours (légère diminution de la vitesse de rotation des pompes pendant la reprise). Cet incident a entraîné le remplacement de relais de couplage, l'amélioration du report d'informations en salle de conduite et la rédaction d'une consigne particulière précisant les conditions de fonctionnement du réacteur en fonction de la disponibilité des groupes électrogènes de secours et de la distribution électrique par EdF.
- 30/10/09 : arrêt du réacteur par l'atteinte du seuil mini ΔP cœur lors de la reprise en 1^{er} secours. Les deux moteurs des groupes électrogènes ne démarrent pas assez vite et entraînent la ligne d'arbre à une vitesse inférieure à 1500 tr/min pendant quelques secondes. Ce manque de vitesse déclenche l'ouverture automatique des 2 disjoncteurs alternateurs. Les moteurs étant néanmoins disponibles, les opérateurs ferment manuellement les disjoncteurs alternateurs rétablissant l'alimentation des auxiliaires. La cause de ce retard au démarrage est une dégradation des résistances de préchauffage moteur. Les résistances ont été changées, le contrôle systématique (par mesure ohmique) de ces résistances a été intégré aux fiches de maintenance du prestataire et une consigne sur la conduite à tenir en cas de mauvais déroulement de la séquence de reprise en secours a été rédigée.

6.2.7.Situation initiale défavorable

En cas de perte prolongée du réseau EdF et des deux groupes électrogènes de secours, la situation initiale défavorable identifiée est la situation de niveau bas dans la piscine du réacteur OSIRIS pour opération de maintenance (cf. § 6.4.1). Les pompes permettant le transfert de la bache de vidange vers la piscine OSIRIS sont alimentées par les tronçons E et F. En cas de reprise en 1^{er} secours ou en deuxième secours, le fonctionnement de ces pompes est assuré. En revanche, leur alimentation par le

GUS n'est pas prévue.

6.2.8. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation

L'étude de la perte des alimentations électriques montre une bonne robustesse de l'installation et des moyens de secours nombreux (3 groupes électrogènes sur l'installation + 2 groupes électrogènes sur le centre de Saclay).

En cas d'isolement complet de l'INB, sans aucune action extérieure possible, trois points sont identifiés :

- La gestion des ressources nécessaires au fonctionnement des Groupes Electrogènes (gazole et huile) n'est pas formalisée aujourd'hui.
- En cas de fonctionnement sur le GUS, le fonctionnement de la pompe permettant les appoints d'eau n'est pas prévu.
- En cas de fonctionnement sur le GUS alors que la piscine du réacteur OSIRIS est en niveau bas, le fonctionnement des pompes permettant de remonter le niveau de la piscine n'est pas prévu.

Ainsi, trois actions sont envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation :

- Rédaction d'une procédure de gestion des ressources huile et gazole : basée sur l'étude des consommations des groupes électrogènes, elle permettra d'établir une stratégie d'utilisation des différents groupes de secours et des réserves de l'installation et du centre afin d'assurer un niveau de sûreté satisfaisant pendant la période la plus longue possible.
- Etude de la faisabilité de l'alimentation électrique de la pompe du circuit de remplissage par le GUS.
- Définition de la conduite à tenir en cas de perte prolongée du réseau EdF et des deux groupes de secours principaux alors que le réacteur OSIRIS est en niveau bas. Etude de la faisabilité d'alimenter par le GUS les pompes permettant le transfert de la bache de vidange vers la piscine OSIRIS.

6.3. Perte du système de refroidissement ultime

Le risque d'effet falaise considéré est lié au dénoyage des éléments combustibles, induisant deux conséquences :

- Le manque de réfrigération, pouvant conduire à la fusion du combustible ou à la remise en cause de la première barrière,
- Le manque de protection biologique contre le très fort rayonnement gamma et bêta.

Le renoyage permet de revenir dans une situation sûre.

Le refroidissement des combustibles usés présents dans l'installation est garanti par :

- un système actif reposant sur les circuits de réfrigération primaire piscine et primaire cœur, ainsi que le circuit secondaire. Ce système est en fonctionnement en conditions nominales et permet de refroidir le cœur, les éléments combustibles fraîchement déchargés pendant un minimum de 40 jours, et les expériences en périphérie et le caisson du cœur. Concernant le réacteur ISIS, le circuit primaire assure le refroidissement du cœur à la puissance nominale de 700 kW, avec un débit de 50 m³/h.
- un système passif constitué par l'ensemble des capacités : piscines réacteurs, bloc-eau et canaux. Il garantit l'intégrité de la première barrière pour les combustibles stockés ainsi que la protection biologique liée au rayonnement des produits de fission. C'est le système de refroidissement ultime.

Ce système est détaillé et illustré au § 1.2.3.

Le niveau d'eau de la piscine du réacteur fait l'objet d'une surveillance continue par l'intermédiaire de trois capteurs indépendants reliés au système de protection. Les opérateurs de la salle de conduite sont prévenus par une alarme centralisée dès qu'un des capteurs détecte une baisse d'eau anormale (0,07 m par rapport au niveau de référence de la piscine). Lorsque 2 capteurs différents détectent une baisse d'eau anormale (0,5 m par rapport au niveau de référence de la piscine), le système de protection déclenche un arrêt d'urgence du réacteur et un arrêt automatique des 3 pompes primaires en service.

La conception du bloc eau garantit, lorsque le batardeau n°1 est en place, que le niveau d'eau dans la piscine ne baissera pas en dessous du niveau -4,5m.

6.3.1. Perte de la source froide principale

6.3.1.1. Autonomie dans cette situation

Dispositions de conception d'OSIRIS destinées à empêcher la perte de la source froide :

Le circuit de réfrigération du réacteur OSIRIS est dimensionné pour évacuer la puissance de 70 MW avec un débit primaire de 5800 m³/h et un débit secondaire de 5100 m³/h. L'arrêt du circuit secondaire se traduira par une montée de la température d'entrée du cœur, qui activera l'arrêt d'urgence. La coupure d'alimentation électrique des pompes primaires induit un arrêt total avec un délai d'environ 90 secondes dû à leur inertie.

Pendant ce temps, la puissance du cœur décroît vers une valeur de 3,5 MW environ en une minute (cf. § 6.4.1). Le régime de convection naturelle est mis en place par ouverture automatique (par gravité) des clapets de convection naturelle.

Cette situation est décrite dans le rapport de sûreté. Un essai a été réalisé en vraie grandeur en mai 1997 lors des essais de qualification du combustible siliciure utilisé actuellement dans l'INB 40. Cet essai a permis, grâce à des éléments instrumentés, de montrer qu'en cas de coupure d'alimentation électrique des pompes primaires cœur à une puissance initiale de 40 MW, la température décroît 2 mn après l'arrêt des pompes et la chute des barres de sécurité. Des essais identiques avaient été effectués en 1979 et 1968 et avaient abouti aux mêmes conclusions.

Les réserves d'eau des capacités et les nombreuses possibilités de réaliser des appoints d'eau assurent une très grande autonomie.

En particulier, tant que les alimentations électriques sont présentes, la pompe de la chaîne de remplissage peut réaliser les appoints d'eau nécessaires pour compenser l'évaporation. En dernier recours, des colonnes sèches permettent de brancher des manches à incendie pour alimenter directement les piscines des réacteurs et les canaux.

Concernant les éléments combustibles entreposés en canal n°2 :

La puissance résiduelle du stockage des éléments usés en canal 2 est de 21 kW environ, incluant l'ensemble du combustible entreposé.

Les réserves d'eau des capacités et les nombreuses possibilités de réaliser des appoints d'eau assurent une très grande autonomie.

En particulier, tant que les alimentations électriques sont présentes, la pompe de la chaîne de remplissage peut réaliser les appoints d'eau nécessaires pour compenser l'évaporation. En dernier recours, des colonnes sèches permettent de brancher des manches à incendie pour alimenter directement les piscines des réacteurs et les canaux.

La réfrigération du cœur d'ISIS en fonctionnement normal en puissance est réalisée via le circuit primaire cœur. Celui-ci est dimensionné pour évacuer la puissance de 700 kW avec un débit primaire de 50 m³/h. Le batardeau cheminée étant fermé, la coupure d'alimentation électrique de la pompe primaire induit un arrêt total avec un délai immédiat. La puissance du cœur décroît vers une valeur de 35 kW environ en une minute. Ce niveau de puissance est cohérent avec le régime de convection naturelle prévu avec batardeau fermé (le mode de fonctionnement « Enseignement » a pour puissance nominale 50 kW en convection naturelle et n'utilise que la cheminée).

La puissance résiduelle du cœur est donnée dans le tableau suivant (en prenant l'hypothèse d'un fonctionnement à 700 kW pendant dix jours).

Les considérations de l'évaporation vis-à-vis de la puissance résiduelle sont les mêmes que celles données pour le cas du canal n°2. En effet, la profondeur de la piscine est la même que celle du canal n°2, d'une part, et d'autre part la puissance résiduelle est inférieure, compte tenu du nombre d'éléments (44 éléments dont les 6 barres de commande où le combustible a un taux de combustion infinitésimal).

Temps	0	1 mn	5 mn	10 mn	30 mn	1 h	6 h
Puissance résiduelle kW	700	35	24	14	11	9	6

6.3.1.2. Actions extérieures prévues

L'appoint d'eau dans les capacités peut être effectué suivant différentes voies :

- Depuis les chaînes d'épuration et de remplissage (débit : 30 m³/h)
- Depuis le circuit d'appoint d'eau de secours (débit : 90 m³/h)
- Par transfert du circuit secondaire (capacité : 2000 m³)
- Par le réseau incendie du centre (débit moyen des appareils : 150 m³/h)
- Par les pompes FLS, autonomes (débit unitaire de 120 m³/h), celles-ci étant raccordées à diverses sources, pouvant être :
 - Le bassin de réserve (2 000 m³),
 - Le plan d'eau de Villiers (25 000 m³),
 - Les étangs de Saclay

La FLS dispose pour ces opérations d'engins pompe pouvant fournir des débits de 2000 l/mn sous 15 bars et de 3 km de tuyaux de 110 mm de diamètre pour véhiculer l'eau.

L'état sûr visé est l'immersion de tout le combustible stocké, avec une hauteur d'eau compatible avec la fonction de barrière biologique. Ceci est traité au § 3.1.2.2.

6.3.1.3. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation

Vis-à-vis de la seule perte des sources de réfrigération principale (circuit primaire cœur pour OSIRIS et ISIS), une situation initiale défavorable consiste à débiter le transitoire avec la piscine OSIRIS en niveau bas. Dans ce cas le batardeau n°1 est déjà en place. L'étude présentée au § 6.4.1 montre que le délai accordé pour apporter de l'eau, si possible déminéralisée, est de l'ordre du mois. Les nombreuses possibilités de réaliser des appoints d'eau dans les capacités conduisent à ne pas prévoir de dispositions complémentaires à ce stade.

Le cumul de la perte de toutes les sources de réfrigération et des alimentations électriques est étudié au § 6.4.1.

6.3.2. Perte de la source froide principale et de la source froide de secours

6.3.2.1. Autonomie dans cette situation

Concernant le réacteur OSIRIS :

La conception du bloc-eau garantit un niveau d'eau dans la piscine recouvrant la cheminée, donc au moins 4 mètres au-dessus du cœur. Toutefois, dans des cas hors-dimensionnement, on peut considérer les scénarios suivants :

- Vidange de la piscine suite à perte de l'intégrité du génie civil (cf. § 3.1.2.2).
Vidange de la piscine suite à évaporation (cf. § 6.4.1). La conséquence est l'assèchement du cœur et des stockages en piscine. Suivant le délai après l'arrêt réacteur (moins de 40 jours), certains éléments combustibles peuvent être amenés à la fusion.
- Vidange du canal n°1 suite à une fuite du joint de fractionnement (cf. § 3.2.2)

L'utilisation du circuit d'appoint d'eau de secours ou un apport d'eau extérieur (environ 200 m³ nécessaires pour la seule piscine) permet de rejoindre un état sûr (cœur immergé sous 2 mètres de protection biologique).

Circuit d'appoint de secours en eau

Le circuit d'appoint de secours en eau à la piscine du réacteur OSIRIS est principalement constitué d'une tuyauterie industrielle (acier carbone et acier inoxydable) de diamètre intérieur 125 mm qui est piquée, en galerie technique nord du centre de Saclay, sur la canalisation de distribution d'eau potable du centre de Saclay et chemine jusqu'au bord ouest de la piscine.

Le coffret de pilotage du circuit d'appoint de secours en eau est installé au poste de repli et alimenté depuis un départ secouru du tableau de distribution du poste de repli. Ce coffret permet de commander l'ouverture et la fermeture de deux électrovannes montées en parallèle. Les positions des électrovannes sont reportées sur le coffret de pilotage, ainsi que le débit du circuit.

Le circuit d'appoint de secours en eau à la piscine du réacteur, tel que décrit ci-dessus permet, en cas de fuite, de maintenir un niveau d'eau entre 0 et -4,50 mètres.

Concernant les éléments combustibles entreposés en canal n°2 :

En utilisant la méthodologie décrite au paragraphe 6.4.1, une étude a été menée spécifiquement sur le canal n°2. Les hypothèses suivantes ont été retenues:

- Batardeaux n°2 et n°3 en place
- Volume d'eau : 440 m³
- Surface d'échange 64 m²
- Système {eau + Hall des ateliers chauds} adiabatique
- Volume des ateliers chauds : 8500 m³

La puissance résiduelle du stockage des éléments usés en canal n°2 prise en compte est la suivante :

Puissance des EC entreposés	
Temps (j)	Puissance (kW)
0	59,4
1	57,1
10	56,9
25	47,6
30	47,5
50	47,0
75	39,9
100	34,9
150	28,6
200	25,7
250	22,4
300	20,5
365	18,8

Elle prend en compte l'ensemble du combustible : éléments OSIRIS et ORPHÉE.

	Evolution du niveau d'eau par rapport au niveau +0m			
	7 jours	14 jours	21 jours	1 mois
Cas 4 : canal 2 seul	-1,1cm	-2,4cm	-5,1cm	-12,5cm

Au bout d'un mois, l'eau du canal n°2 n'est toujours pas à ébullition, la température est proche de 95°C. Le niveau d'eau du canal a baissé d'environ 12,5 cm, écartant tout risque de dénoyage des éléments combustibles entreposés.

Le débit d'évaporation moyen (sur la période d'un mois) est d'environ 0,3 m³/j.

Une extrapolation montre que le niveau d'eau dans le canal n°2 baisse de 4 m en 175 jours, laissant plus d'un mètre d'eau au-dessus des éléments combustibles. Compte tenu du temps de refroidissement des éléments en piscine avant transfert dans le canal n°2, leur puissance résiduelle est largement inférieure à 400 W, excluant toute possibilité de fusion.

De même dans la situation nominale de l'installation, où piscine OSIRIS et canaux n°1 et 2 communiquent, le niveau – 4 m dans le canal n°2 est atteint au bout de 184 jours, incluant 40 jours de refroidissement en piscine. La fusion des éléments combustibles entreposés en canal n°2 est exclue.

La rupture de l'intégrité du canal n°2, causée par un séisme d'un niveau plus de 2 fois supérieur à celui du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay peut provoquer la vidange du canal n°2. Le combustible arrivant pour entreposage dans le canal n°2 est resté un minimum de 40 jours dans la

piscine, lui permettant de laisser décroître sa puissance résiduelle (maximum 1500 W par élément pour les plus chauds). Cette puissance résiduelle est insuffisante pour remettre en cause l'intégrité de la première barrière.

La seule conséquence liée au dénoyage est un fort problème d'irradiation gamma et bêta, pouvant être résorbé par ré-immersion (cf. § 7.3.2).

L'état sûr visé est donc le renoyage, grâce aux appoints d'eau cités au § 5.1 à concurrence d'un mètre au-dessus des éléments combustibles (pour avoir une barrière biologique), soit un besoin de 130 m³ environ pour un canal n°2 préalablement vide.

Concernant ISIS :

Dans le cas d'une brèche au niveau de la traversée du poste de neutronographie (casemate -8m), la casemate sera immergée complètement, le niveau piscine se stabilisera au-dessus de -4m, garantissant encore le non dénoyage du cœur.

La perte totale du réfrigérant est la conséquence de la vidange totale de la piscine. Celle-ci survient en cas d'évaporation (plusieurs mois) ou de la perte de l'intégrité du génie civil au-dessous du niveau -5m. Compte tenu du temps de vidange, même après un fonctionnement à puissance nominale (700 kW), la puissance résiduelle du cœur est inférieure à 35 kW 1 mn après l'arrêt du réacteur. L'assèchement ne remet pas en cause la première barrière.

6.3.2.2. Actions extérieures prévues

Pour OSIRIS, l'utilisation du circuit d'appoint d'eau de secours (délai 15 mn) depuis le poste de repli ou en manuel dans la galerie couronne (-4 m.), ou des colonnes sèches permettant d'alimenter la piscine par des camions pompes (délai 15 mn), permet de réaliser les appoints d'eau.

L'appoint d'eau peut être effectué suivant les mêmes voies que celles citées au paragraphe 6.3.1.2.

Pour le canal n°2, l'utilisation de la colonne sèche réservée dans le sas camion pour alimenter le canal est possible dans un délai de 15 mn. L'appoint d'eau peut être effectué suivant les mêmes voies que pour OSIRIS.

Pour ISIS, il est possible d'ajouter de l'eau dans la piscine, directement par la cheminée cœur, qui est débouchante à la surface sur ce réacteur. L'accès peut se faire directement par l'extérieur par la porte camion ou par la colonne sèche à côté du sas d'accès (délai 15 mn).

L'appoint d'eau peut être effectué suivant les mêmes voies que pour OSIRIS.

Il n'y a donc pas de risque d'effet falaise, que ce soit pour la perte du débit ou la perte totale du réfrigérant (l'eau de la piscine).

6.3.2.3. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation

La seule situation initiale défavorable pour la perte des systèmes de refroidissement principal et de secours est une situation de niveau bas dans la piscine OSIRIS au début du transitoire. Tant que les alimentations électriques sont disponibles, il est possible de récupérer 130 m³ d'eau de la bache de vidange vers la piscine. De plus, de multiples moyens complémentaires sont précisés au paragraphe 6.3.1.2.

En cas de baisse du niveau dans les piscines et canaux, il peut être nécessaire de mettre en place les batardeaux dans une ambiance radiologique dépassant les seuils activant l'arrêt automatique de montée des ponts. Il convient donc d'étudier une modification permettant d'inhiber ce système d'arrêt de montée.

Au titre de la défense en profondeur, il pourrait être envisagé de constituer un stock de sacs de sable qui pourraient être utilisés pour obstruer une fissure survenant au fond d'une piscine ou d'un canal.

6.4. Perte du système de refroidissement principal cumulée avec la perte des alimentations électriques externes et internes de secours

6.4.1. Autonomie dans cette situation

Par rapport aux situations décrites au § 6.3, la perte des alimentations électriques externes et internes de secours prive l'installation de pompes utilisées pour faire les mouvements d'eau, notamment la pompe de la bache de vidange et la pompe du circuit de remplissage.

Par contre, le circuit d'appoint d'eau de secours devrait être disponible, de même que les moyens de secours mobiles du centre.

Aspect lié à l'évaporation

Une étude spécifique d'évaporation de l'eau des capacités du réacteur OSIRIS a été réalisée à l'occasion de l'évaluation complémentaire de sûreté. La suite de ce paragraphe présente la méthodologie adoptée ainsi que les résultats de cette étude.

L'ensemble des calculs ont été réalisés à partir d'un logiciel modélisant le comportement thermohydraulique de l'évolution de l'atmosphère d'une enceinte de confinement en prenant en compte les phénomènes de radiolyse de l'eau et d'évaporation de l'eau.

La piscine du réacteur est située au milieu d'une enceinte à fuites contrôlées. Une fuite maximale de 2 000 m³/h est tolérée à la dépression nominale de 5 daPa (0,5 mbar). Cette dépression est maintenue en permanence, elle permet le rejet de l'air extrait à la cheminée après passage sur des filtres THE et PAI. Le dernier essai, réalisé en début d'année 2011, estime à 1366 m³/h le taux de fuite de l'enceinte sous - 0,5 mbar de dépression. La section de fuite permettant de reproduire fidèlement les résultats de l'essai périodique du taux de fuite est estimée à 300 cm². Cette dernière valeur a été utilisée pour l'ensemble des calculs réalisés.

Pour le déroulement des transitoires nous supposons la perte totale des alimentations électriques ainsi que la perte de la source froide principale (circuit secondaire).

Plusieurs configurations, représentatives de l'exploitation du réacteur ont été étudiées :

- 1) Le batardeau n°2 est en place, la piscine et le canal n°1 forment un volume unique d'environ 1100 m³ contenu uniquement dans le volume de l'enceinte du réacteur. A l'instant t_0 où est supposée arriver la perte d'alimentation électrique et l'arrêt des pompes primaires cœur, le niveau d'eau est supposé être à +0m.
- 2) Le batardeau n°1 est en place, et on étudie 3 configurations différentes, avec 3 niveaux d'eau différents dans la piscine:
 - a. Piscine pleine : Niveau d'eau à + 0 m (536 m³)
 - b. Piscine en niveau bas : Niveau d'eau à -4,5 m (316 m³)
 - c. Piscine en niveau très bas : Niveau d'eau à -6,5 m (220 m³), correspondant à une fuite en salle des mécanismes alors que la piscine est en niveau bas,
Le niveau bas de la piscine est réalisé 1 ou 2 fois par an pour des interventions spécifiques, notamment sur la chambre de pilotage. En pratique, le niveau bas piscine ne peut être réalisé que réacteur à l'arrêt depuis 48 heures, après avoir laissé décroître la puissance résiduelle du cœur.
- 3) Les batardeaux n°1 et n°2 ne sont pas en place. On considère la quantité d'eau contenue dans la piscine et les canaux n°1 et n°2 (1500 m³) situés dans un volume constitué de l'enceinte et du hall des ateliers chauds.

Lorsque la cheminée est dénoyée, l'eau du cœur qui s'évapore par évaporation (ou ébullition) est alors remplacée par l'eau de la piscine arrivant à travers les clapets de convection naturelle. Le clapet le plus bas se trouvant à -8m, les calculs s'arrêtent lorsque l'eau de la piscine atteint ce niveau.

L'ensemble des calculs ont été réalisés en considérant:

- Volume de l'enceinte : 16 000 m³
- Volume du Hall des Ateliers Chauds : 8500 m³
- Température initiale de l'eau : 30°C
- Température initiale de l'air : 20°C avec une hygrométrie de 10%

- Système {eau + enceinte} adiabatique
- Trou dans l'enceinte de 300 cm²

La puissance résiduelle du cœur est définie ci-dessous :

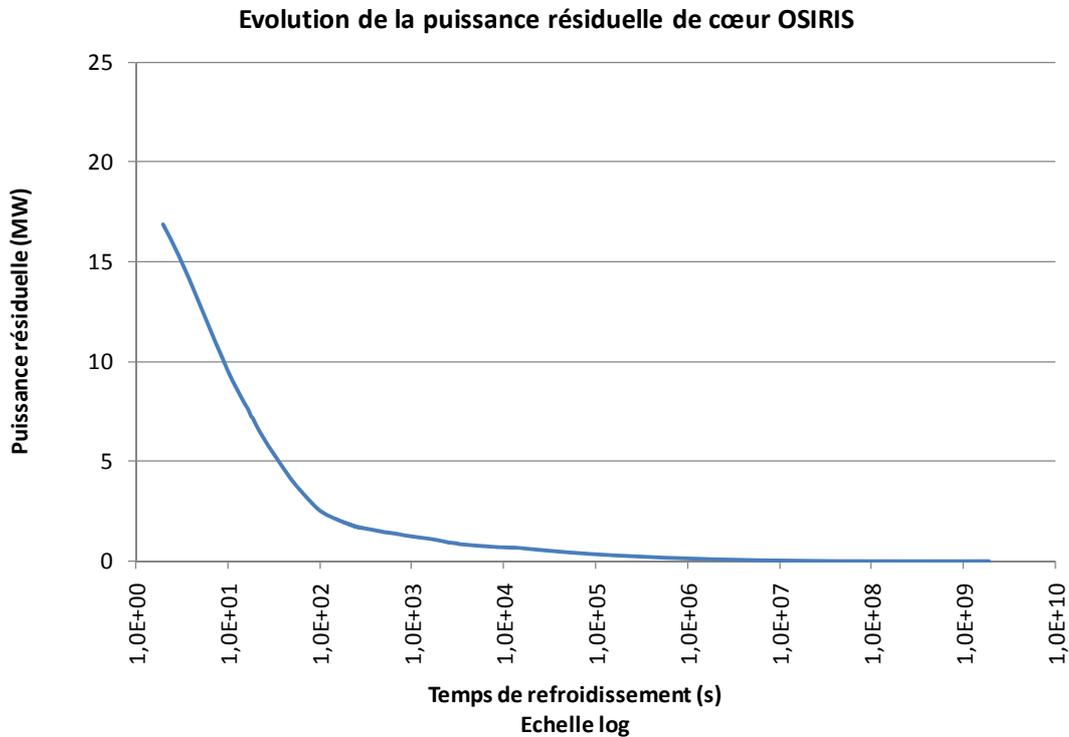


Figure n°6 : Evolution de la puissance résiduelle du cœur d'OSIRIS

Pour la puissance résiduelle des éléments combustibles entreposés, les valeurs suivantes ont été utilisées :

Puissance résiduelle des EC entreposés en piscine :

Puissance résiduelle des EC entreposés	
Temps (j)	Puissance (kW)
0	67,2
1	63,9
10	57,7
25	44,7
30	44,6
50	40,9
75	33,2
100	26,4
150	18,5
200	15,7
250	12,1
300	10,2
365	8,7

Puissance résiduelle des EC entreposés en canal 2 :

Puissance des EC entreposés	
Temps (j)	Puissance (kW)
0	59,4
1	57,1
10	56,9
25	47,6
30	47,5
50	47,0
75	39,9
100	34,9
150	28,6
200	25,7
250	22,4
300	20,5
365	18,8

Synthèse des résultats :

Les calculs ont été réalisés sur 1 mois et peuvent être facilement extrapolés.

Le tableau suivant présente l'évolution du niveau d'eau dans les capacités pour les différentes configurations décrites ci-dessus :

	Evolution du niveau d'eau par rapport au niveau +0m			
	7 jours	14 jours	21 jours	1 mois
Cas 1 : Piscine + canal 1	-4 cm	-14 cm	-42 cm	-75cm
Cas 2a : Piscine pleine	-40cm	-1,4m	-2.2m	-3.1m
Cas 2b : Piscine en niveau bas -4,5m	-5,40m	-6,4m	-7,2	-8,1m
Cas 2c : Piscine en niveau très bas - 6,5m	-7,7m	-8,7m	-9,4m	-10,3m
	<i>En supposant le caisson coeur ouvert</i>			
Cas 3 : Piscine + canaux 1 et 2	-2cm	-6cm	-21cm	-50cm

	Débit d'évaporation moyen pendant 1 mois (m ³ /j)
Cas 1 : Piscine + canal 1	3
Cas 2a : Piscine pleine	5
Cas 2b : Piscine en niveau bas -4,5m	5,9
Cas 2c : Piscine en niveau très bas -6,5m	6,2
Cas 3 : Piscine + canaux 1 et 2	3,1

Le tableau ci-dessous précise les temps à partir duquel l'eau commence à bouillir :

	Temps de passage en ébullition des capacités (j)
Cas 1 : Piscine + canal 1	15,6
Cas 2a : Piscine pleine	6,1
Cas 2b : Piscine en niveau bas -4,5m	3,1
Cas 2c : Piscine en niveau très bas -6,5m	2
Cas 3 : Piscine + canaux 1 et 2	18,5

Si les capacités sont pleines à l'instant initial et dans la configuration normale correspondant au cas 3, le niveau dans la piscine atteindra $-6,70$ m (2 mètres d'eau au-dessus du cœur) en 230 jours ; le dénoyage du cœur OSIRIS sera atteint en 255 jours et la vidange de la piscine en 270 jours. La fusion du cœur est exclue.

Les éléments combustibles usés entreposés en canal n°2 seront recouverts d'un mètre d'eau pendant 145 jours ; ils commencent à être dénoyés au bout de 192 jours, délai qui rend impossible leur fusion. Cependant l'environnement radiologique (cf § 7.3.2) en bord du canal n°2 entrainera des difficultés pour les interventions éventuelles.

Une hypothèse défavorable est de partir d'une situation initiale avec niveau bas dans la piscine (cas 2b), initié 48 heures après l'arrêt du réacteur conformément aux consignes. La puissance résiduelle du cœur est alors de 286 kW. Le niveau dans la piscine atteint -8 m en 35 jours et le dénoyage du cœur intervient au bout de 43 jours, induisant un risque d'effet falaise. qui peut être repoussé en mettant en œuvre les moyens d'appoint en eau de la FLS. Un objectif prioritaire est de permettre la filtration des rejets par des THE et PAI efficaces en atmosphère humide causée par l'évaporation de l'eau des capacités.

Les éléments combustibles usés entreposés en canal n°2 seront recouverts d'un mètre d'eau pendant 230 jours, délai rendant impossible leur fusion. L'environnement radiologique est précisé au § 7.3.2.

La perte de ventilation et l'évaporation de l'eau conduisent à une augmentation de l'hygrométrie dans le hall, d'où une perte d'isolement électrique, et des risques de courts-circuits et d'informations aberrantes de la surveillance au retour éventuel d'une alimentation électrique ; ces effets sont limités par la création d'une aspiration naturelle par la cheminée de ventilation, les registres étant restés ouverts lors de la perte d'alimentation électrique.

6.4.2. Actions extérieures prévues

Les actions extérieures prévues sont celles décrites au paragraphe 6.3.2.2, à savoir le déploiement des groupes électrogènes du centre pour retrouver l'alimentation électrique fournie par le GUS, un groupe moto-pompe de la FLS pour réaliser un appoint d'eau.

6.4.3. Dispositions envisagées pour renforcer la robustesse de l'installation

Une réflexion sera menée pour compléter la procédure décrivant la conduite à tenir en cas de baisse du niveau d'eau de la piscine afin de considérer le cas pénalisant du cumul des aléas (perte totale d'alimentation électrique, impossibilité de réaliser des appoints d'eau, fuite dans plusieurs pièces du bloc eau simultanément). En particulier, si l'on considère le cumul de la perte de l'étanchéité d'un canal et de la perte des fournitures électriques, la manutention des batardeaux permettant d'isoler la brèche doit être effectuée à l'aide d'un pont alimenté par un groupe électrogène normal (branchement électrique manuel) ou par un groupe électrogène mobile de secours, complémentaire du GUS actuel.

Pour mettre en place les batardeaux dans une ambiance radiologique dépassant les seuils activant l'arrêt automatique de montée des ponts ; il convient donc d'étudier une modification permettant d'inhiber ce système d'arrêt de montée.

La mise en place d'une alimentation électrique secourue de la pompe du circuit de remplissage et de la pompe permettant de transférer l'eau de la bache de vidange vers la piscine (130 m^3) par une source

électrique mobile permet de maintenir les éléments combustibles sous eau et ainsi de repousser le risque d'effet falaise.

Pour assurer une filtration sûre des rejets de ventilation, il est envisagé de secourir l'alimentation électrique du ventilateur de sauvegarde placé à 2 m de hauteur ainsi que les équipements permettant de configurer la ventilation de sauvegarde.

7. Gestion des accidents graves

7.1. Mesures de gestion des accidents en vigueur

Afin de garantir une réactivité optimale en cas de situation d'urgence survenant sur un de ses centres, le CEA s'appuie chaque jour sur un dispositif d'astreinte et de permanence pour motif de sécurité, constitué de personnels prêts à intervenir 24h/24 et à se mobiliser dans les plus brefs délais.

Le CEA organise et participe chaque année à une vingtaine d'exercices de grande ampleur dont certains mobilisent l'ensemble de la chaîne décisionnelle et opérationnelle publique. Ces exercices permettent de tester l'ensemble des chaînes décisionnelle et opérationnelle dont l'efficacité et la réactivité sont essentielles pour assurer la meilleure gestion de la situation d'urgence voire de la situation extrême. Ces exercices permettent d'assurer ainsi l'entraînement des équipes de crise, de mettre à l'épreuve les moyens opérationnels mobilisables, de tester l'organisation de crise décrite dans les plans d'urgence, d'en vérifier l'efficacité et enfin de consolider le dispositif de gestion de crise grâce à l'exploitation d'un retour d'expérience.

Des exercices au scénario orienté pour prendre en compte le retour d'expérience de Fukushima seront proposés, dans le futur, en liaison avec les autorités compétentes.

L'organisation de crise mise en place par le CEA doit permettre de faire face à une crise qui surviendrait sur un ou plusieurs de ses 10 centres. Cette organisation repose :

- au niveau national, sur le Centre de Coordination en cas de Crise (CCC) situé à Saclay (avec repli possible à Fontenay-aux-Roses),
- au niveau local, sur un poste de commandement de direction local (PCDL) dans chaque centre.

Placé sous l'autorité de l'Administrateur Général du CEA ou de son représentant, le CCC est en liaison étroite et permanente avec le PCDL du centre où la crise est survenue. Le CCC, point de contact des autorités gouvernementales et des responsables des autorités de sûreté nationales, est notamment chargé de superviser et coordonner les interventions du CEA, arbitrer les choix stratégiques et consolider et diffuser l'information vers les pouvoirs publics nationaux, les médias, le personnel CEA.

Des Equipes Techniques de Crise, aux niveaux national et local, ont pour mission, en appui du CCC et du PCDL, de :

- valider le diagnostic de l'accident établi dans les premiers instants de la crise ;
- étudier l'évolution prévisible de la situation, et fournir un pronostic sur l'état de l'installation, les rejets, leurs conséquences dans l'environnement, ainsi que sur les parades envisageables ;
- anticiper les aggravations éventuelles de la situation en les identifiant et en proposant des parades préventives au niveau de l'installation.

7.1.1. Le plan d'urgence interne du centre de Saclay

Le plan d'urgence interne (PUI) est le recueil des dispositions qui doivent être prises dans le centre en cas d'accident dont les conséquences nécessitent l'application de mesures dépassant le cadre d'action du responsable de l'installation accidentée. Le PUI complète donc les consignes et les dispositions d'urgence de chaque installation en cas d'accident important survenu ou menaçant l'installation. Ces dispositions visent à circonscrire le sinistre, à mettre l'installation dans un état sûr, à secourir et à protéger les personnes et l'environnement, à évaluer les conséquences et l'évolution du sinistre, à informer le personnel, les autorités, les élus locaux...

Pour ce faire, le Centre de Saclay décrit dans son PUI l'organisation mise en place sur son site en cas d'accident et présente les documents opérationnels indispensables à la mise en œuvre et à la gestion des moyens utilisables en cas de crise. A cet égard, ce document :

- identifie tous les moyens matériels et humains (propres au Centre de Saclay ou extérieurs à celui-ci, mobilisés par le biais de conventions par exemple) pouvant être mis en œuvre pour assurer le bon déroulement du PUI,
- définit les tâches et les responsabilités en cas de crise et leur répartition en terme de fonctions dans le cadre du PUI et décrit le regroupement de ces fonctions en termes de postes de commandement,
- traduit les missions associées à chacune de ces fonctions en terme d'actions à effectuer et les regroupe dans des fiches réflexes, établies en vue de recenser de façon chronologique ou par ordre d'importance, les opérations à déclencher de manière systématique pour faire fonctionner le plus efficacement possible l'organisation mise en place,
- présente les messages types destinés à recueillir l'information et à la véhiculer au sein de l'organisation de crise, tant locale que nationale,

- décrit ce que l'exploitant met en œuvre en matière de formation et d'exercices PUI et également d'entretien des matériels nécessaires au PUI,
- décrit les responsabilités de l'exploitant en matière d'information des médias et des populations autour du Centre de Saclay,
- indique les méthodes et les moyens pour, après la mise en œuvre du PUI, exploiter les documents émis pendant la crise, faire un compte-rendu, le diffuser et en tirer les enseignements,
- recense les moyens de télécommunication du Centre de Saclay utilisables en situation de crise et décrit les liaisons internes ou externes ; recense dans les annuaires de crise, les coordonnées nécessaires pour diffuser l'alerte et dialoguer, aussi bien à l'intérieur du Centre de Saclay qu'avec l'extérieur, avec les différents partenaires de l'organisation de crise,
- résume les dispositions prévues dans le but d'informer le personnel travaillant sur le Centre de Saclay et présente les actions que chacun aurait à effectuer en cas d'alerte PUI.

Les situations accidentelles envisagées sont celles qui sont susceptibles de créer une situation dépassant la capacité de l'installation à gérer seule ces événements.

Ces accidents types entrent dans l'une des 2 catégories suivantes :

- accidents sans caractère radiologique ni toxique (PUI conventionnel),
- accidents à caractère radiologique et/ou toxique dont les conséquences sont limitées ou non au site (PUI radiologique et/ou toxique).

L'organisation de crise s'appuie sur des compétences disponibles via des astreintes à domicile ou des permanences, notamment au sein des unités listées ci-dessous. Ces compétences étant identifiées, l'organisation dispose du personnel nécessaire, en nombre et compétences, en permanence, y compris lors des périodes de fermeture du Centre. Le directeur de centre dispose :

- de la formation locale de sécurité (FLS), gardiennage, secours (incendie, inondation, explosion, accident corporel) ;
- du service de santé du travail (SST), soins d'urgence, décontamination externe et interne, tri des blessés, mise en condition des blessés graves pour évacuation vers les hôpitaux ;
- du laboratoire d'analyses de biologie médicale (LABM), examens biologiques, radio toxicologiques, anthropogammamétriques ;
- du service de protection contre les rayonnements (SPR), surveillance radiologique du personnel, des installations, de l'environnement ;
- de la cellule de contrôle de la sécurité des INB et des matières nucléaires (CCSIMN), analyses de sûreté en liaison avec le centre de crise de l'IRSN (CTC) et l'équipe technique de crise du CEA (ETCC) ;
- de la cellule qualité, sécurité et environnement (CQSE), prise en charge des problèmes de sécurité classique, assistance aux unités d'intervention ;
- des unités de soutien technique (UST), moyens logistiques : transport, distribution des fluides, téléphone et fax, intendance, renforts en personnel ;
- du service d'assainissement et de gestion des déchets (SAGD), décontamination, fourniture de masques.

En cas d'accident à cinétique rapide, le directeur du centre a la possibilité de déclencher le PPI en phase réflexe et peut faire fonctionner la sirène du centre ainsi que celles des communes concernées, soit de façon globale, soit de façon sélective. Dans cette situation, la direction du centre donne l'alerte en téléphonant aux maires des communes de Saclay, Saint-Aubin, Villiers-le-Bâcle et de Gif-sur-Yvette. Cette alerte est confirmée par fax. Le préfet et le centre de coordination en cas de crise du CEA (CCC) en reçoivent une copie. L'ASN est prévenue dès le déclenchement du PUI.

Le centre CEA de Saclay dispose d'un automate d'appel destiné à prévenir les populations présentes à l'intérieur du rayon du PPI (2,5 km centré sur le château d'eau du centre CEA de Saclay), c'est-à-dire, selon l'heure, les résidents, les personnes qui y travaillent, et, dans la mesure du possible, celles qui y transitent.

Le risque d'isolement du centre de Saclay de tout soutien extérieur n'est pas susceptible d'entraîner de conséquences sur la sûreté de l'INB 40, l'équipe de quart présente devant attendre l'arrivée de ses remplaçants, et pouvant s'appuyer sur le personnel habilité présent dans l'installation, avant de mettre le réacteur à l'arrêt.

La définition des priorités de mise en œuvre des moyens centre est réalisée au PC Direction Local (PCDL) en fonction des agressions et des installations touchées. D'éventuelles orientations pourront ressortir des évaluations complémentaires de sûreté des différentes INB du centre CEA de Saclay et de l'examen des besoins d'autres installations et des moyens disponibles.

7.1.2. Le plan d'engagement opérationnel du centre de Saclay

En cas d'incident sur le CEA Saclay, l'organisation des secours mise en place par les services concernés (FLS, SPR et SST) est décrite dans le plan d'engagement opérationnel (PEO). Ce plan a pour objectif de répondre aux besoins de coordination des actions et de définition des interfaces entre ces trois services en cas d'interventions communes. Il répond également aux exigences réglementaires ainsi qu'à l'intégration des équipes CEA au sein des équipes extérieures au site lors de la prise de commandement par ces dernières.

Le PEO est mis en œuvre pour tout déclenchement du PUI mais peut l'être également pour tout incident mettant en jeu un risque radiologique, chimique ou biologique nécessitant l'intervention de plusieurs services de sécurité, qu'il ait provoqué des victimes ou non. Son principe repose sur une organisation géographique et un enchaînement chronologique des opérations qui met en œuvre les moyens d'intervention du centre. Cette organisation géographique s'appuie sur trois zones contigües en périphérie de l'installation sinistrée communiquant entre elles par l'intermédiaire de points d'entrée et de sas de sortie dont les emplacements ont été prédéfinis pour toutes les INB selon quatre secteurs de vent de 90°.

- La zone d'exclusion (ZE), la plus proche du sinistre est considérée a priori comme zone contaminée ou susceptible de l'être dont l'accès est réservé aux seules équipes d'intervention ;
- La zone contrôlée (ZC), à ne pas confondre avec celle du zonage radiologique, est définie comme une zone tampon entre la zone d'exclusion et la zone de soutien. Elle regroupe les moyens nécessaires aux premiers traitements des victimes et à la décontamination des personnes et du matériel. Cette zone est considérée comme douteuse vis-à-vis de la contamination ;
- Enfin, la zone de soutien (ZS) regroupe les moyens de renfort et de commandement ainsi que le ou les postes médicaux avancés. Elle est considérée comme propre vis-à-vis du risque radiologique.

La mise en préavis pour décider ou confirmer le déclenchement et l'engagement des moyens du PEO est réalisée par les premiers intervenants et analysée par les PC FLS ou SPR.

7.1.3. Formation et exercices

La formation du personnel à la sécurité comprend plusieurs volets :

- la formation initiale à la sécurité qui comprend le suivi d'une formation générale à la sécurité pour tout nouvel arrivant ;
- la formation spécifique à la sécurité en fonction des risques liés aux activités de son poste de travail ;
- la formation spécifique et obligatoire pour avoir l'accès à certains postes (chef d'installation, ingénieur de sécurité d'installation) ;
- la formation annuelle, globale à la sécurité, organisée par le chef d'installation qui donne lieu à l'établissement d'un programme et à la rédaction d'un compte rendu.

Cette formation comprend généralement, des exposés généraux sur la prévention des risques rencontrés dans l'installation, un exercice de sécurité, une séquence d'entraînement à l'utilisation des extincteurs.

Les interventions lors d'incidents mineurs constituent des entraînements à l'emploi du matériel et aux techniques utilisées dans le cas d'incident plus important pour le SST, le SPR et la FLS.

En complément, des séances de formation et des exercices sont organisés dans chaque unité pour maintenir les équipes au niveau nécessaire pour une action rapide et efficace.

Des réunions d'information et des séances de formation sont organisées concernant les plans d'urgence et la communication en cas de crise.

Des exercices annuels sont effectués dans chacune des installations du centre CEA de Saclay. Le thème est choisi par le chef d'installation en liaison avec la FLS (il appartient au chef d'installation de décider du caractère inopiné ou non de l'exercice). Ces exercices permettent d'entraîner les agents de l'équipe locale de premier secours (ELPS) à leurs différentes missions, de donner à l'ensemble du personnel des réflexes satisfaisants, de valider la diffusion intérieure et extérieure de l'alerte, de vérifier la coordination des actions.

Ils mettent en œuvre le plus souvent les moyens de la FLS et, plus ponctuellement les moyens du SST

et du SPR. Ils sont complétés par des séances d'instruction organisées par la FLS au cours desquelles sont rappelées les règles en matière de prévention des principaux risques, le maniement des extincteurs et les gestes à accomplir en configuration d'accident.

Des exercices généraux font intervenir, en plus du personnel d'une ou plusieurs installations supposées sinistrées, l'organisation de commandement du centre et mettent en œuvre les moyens des services d'intervention. Ils ont pour but de vérifier l'application des instructions et consignes dans le cadre du plan d'urgence interne du centre et en particulier la bonne diffusion des ordres à tous les secteurs concernés, la mise en sécurité des installations, la mise en place des moyens de contrôle du personnel provenant des installations évacuées, le fonctionnement de la communication interne et externe.

Le personnel OSIRIS est formé annuellement à l'utilisation des extincteurs. Les ELPS, constituées de la totalité des équipes de quart, ingénieurs de fonctionnement et chefs d'ilots, sont formées annuellement aux risques présents dans l'installation. La formation porte sur le rôle des ELPS, la manière de passer les alarmes et les différents messages à diffuser, la manière d'identifier les risques en priorité dans les locaux à forts risques (secteurs feu et les nouveaux matériels installés au cours de l'année), les nouvelles consignes à appliquer et les premières mesures à prendre en attente d'arrivée de la FLS, le confinement du personnel présent dans l'installation, la façon de regrouper le personnel en sécurité, de l'identifier, de le comptabiliser en attente d'évacuation aux différents points de regroupement, l'accueil des équipes de la FLS vers le lieu du sinistre en appliquant les fiches réflexes, la sensibilisation au document d'urgence interne de l'installation (DUI) de l'installation, l'application du PEO du centre CEA de Saclay, du PUI du centre CEA de Saclay, en utilisant le plan d'intervention (PI) adéquat, le poste de repli, les consignes incendie et ventilation.

On vérifie la connaissance des locaux et des mesures de prévention par le personnel en l'entraînant régulièrement par l'intermédiaire d'exercices incendie semestriels dont le retour d'expérience (suite à débriefing) est réintégré au niveau de la formation, en allant jusqu'à organiser des exercices complémentaires en vue d'approfondir la maîtrise de certains points.

7.1.4. Les conventions et relations avec l'extérieur

Les relations entre les divers organismes impliqués dans la gestion de crise sont gérées au travers de protocoles et de conventions notamment un protocole, entre le CEA, la DGSNR (*actuellement ASN*) et l'IRSN, relatif à l'organisation mise en place en cas d'incident ou d'accident affectant une Installation Nucléaire de Base dont l'exploitant est le CEA, et une convention particulière, entre les mêmes acteurs, relative aux relations entre les équipes techniques de crise en cas d'incident ou d'accident affectant une Installation Nucléaire de base dont l'exploitant est le CEA.

Par ailleurs, pour répondre avec toute l'efficacité souhaitable aux besoins résultant d'une situation de crise, des conventions d'assistance mutuelle ont été signées entre le CEA Saclay et les centres CEA de Fontenay-aux-Roses et de Bruyères-le-Châtel, mais aussi le Service Départemental d'Incendie et de Secours de l'Essonne (SDIS 91) pour définir la mise à disposition de ressources humaines et en matériel de nature à renforcer le dispositif du PUI ou faciliter la relève des équipes déjà engagées dans la gestion de la situation de crise.

Au même titre, un protocole d'accord entre le CEA Saclay et le Service de santé des armées précise les modalités de l'organisation relative à la prise en charge des victimes et aux transports sanitaires associés.

Le service de santé au travail du centre de Saclay entretient des relations suivies avec le SAMU, qui serait associé à toute gestion de crise impliquant des victimes.

Enfin, un autre protocole d'accord a été mis en place avec le service météorologique interrégional Île-de-France pour préciser les actions en matière d'observation, de prévision et d'information météorologique.

Le CEA est partie prenante, au même titre que EdF et AREVA, du groupement d'intérêt économique « INTervention Robotique sur Accident » (GIE INTRA). Cette équipe de professionnels peut intervenir sur toute installation nucléaire accidentée en France dans des délais courts et mettre en œuvre des moyens robotisés. Un exercice a été conduit en 2010 dans le but de vérifier l'efficacité des liaisons hertziennes avec les robots au passage des sas métalliques et dans l'enceinte d'OSIRIS, et de s'assurer de la faisabilité des manœuvres qui pourraient être confiées à des engins robotisés.



Photo n°10 : Le robot pénètre dans le hall pile OSIRIS



Photo n°11 : Le bras du robot tourne la clé d'alimentation électrique du pont hall pile OSIRIS



Photo n°12 : Le robot saisit un objet

La Commission locale d'information (CLI) des Installations nucléaires de base du plateau de Saclay est généralement associée aux diverses démarches entreprises au titre de la gestion de crise. Elle a entre autres été consultée pour la validation de la plaquette d'information PPI diffusée lors de la distribution préventive des comprimés d'iode stable. Elle participe également aux différents exercices nationaux par le biais d'observateurs présents aussi bien sur le terrain qu'au PCDL du CEA Saclay ou au PCO de la préfecture.

7.1.5. Les moyens disponibles

La FLS dispose de matériels et véhicules spécialisés pour accomplir ses différentes missions de sécurité :

- Véhicules de liaison équipés de moyens de diffusion d'ordre et de moyens de transmissions,
- Véhicules de Secours et d'Assistance aux Victimes
- Fourgons pompe tonne,
- Camion Dévidoir Mousse
- Motopompes remorquables,
- Cellule mobile d'intervention chimique,
- Véhicule d'interventions diverses,
- Véhicule toute utilité,
- Groupe électrogène remorquable,
- Groupes électrogènes portatifs,
- Fourgon technique,
- Divers matériels et équipements spécialisés (ventilation éclairage, épuisement, assèchement, balisage, forçement et désincarcération).

En cas de feu dans une installation, deux engins-pompe du centre, dont un 2000 l / 15 bars, sont dépêchés sur les lieux, autorisant la disponibilité immédiate de trois binômes. De plus, l'engagement d'engins-pompe sur feu avéré en INB provoque systématiquement l'activation de la convention avec le SDIS de l'Essonne qui renforce les moyens du centre conformément au Plan d'Etablissement Répertoire (ETARE)

Les réseaux et moyens de communication décrits ci-après sont, hormis les lignes téléphoniques ordinaires, pour la plupart auto-surveillés et contrôlés périodiquement par la FLS.

Moyens de communication entre PCS et INB40

- Lignes téléphoniques "ordinaires" sur Autocom CEA,
- Téléphones de Sécurité (indépendants du réseau téléphonique) ,
- Réseau radio,
- Réseau de Diffusion d'Ordres.

Moyens de communication entre PCDL et INB40

- Lignes téléphoniques Autocom CEA et hors-autocom,
- Interphones indépendants du réseau téléphonique.

Moyens de communication PCS à Extérieur

- Lignes téléphoniques "ordinaires" sur Autocom CEA et hors-autocom,
- Lignes directes avec Pompiers (CDAU Corbeil) et Gendarmerie (CORG Evry),
- Réseau protégé.

Moyens de communication PCDL à Extérieur

- Lignes téléphoniques "ordinaires" sur Autocom CEA et hors-autocom,
- Téléphone satellitaire,
- Réseaux protégés,

7.1.6.Organisation de l'INB 40 en situation accidentelle

Au niveau de l'INB 40, un document d'urgence interne (DUI) précise l'organisation et les actions à réaliser pour rejoindre et maintenir un état sûr des installations et protéger les travailleurs, les populations et l'environnement.

7.1.6.1. Chef d'installation

Le responsable de l'INB est le chef d'installation ou, en son absence, son suppléant dans l'ordre de la liste de succession. En dehors des heures ouvrables, l'ingénieur de fonctionnement représente le chef d'installation.

En cas de nécessité, le chef d'installation ou son suppléant, active le Poste de Commandement Local (PCL).

7.1.6.2. Equipe de conduite

Le chef de quart prend, en tout temps, les mesures immédiates nécessitées par le maintien en état sûr de l'installation ainsi que de la sécurité classique ou nucléaire. Dès que possible, il rend compte au chef d'installation ou à son suppléant.

En cas d'arrêt de longue durée, avec suppression de l'équipe de quart, le personnel de permanence agit à la place du chef de quart pour les mesures initiales indispensables et la mise en alerte. Il faut remarquer que, dans ce cas-là, le réacteur est à l'arrêt avec le cœur partiellement déchargé et les dispositifs expérimentaux en position sûre.

7.1.6.3. ELPS

L'ELPS interne à l'installation intervient à la demande du chef de quart, du chef d'installation ou du PC Local. L'ELPS est placée sous l'autorité de l'Ingénieur de Sécurité de l'Installation ou son représentant. L'ELPS est constituée en premier lieu par l'équipe de quart, complétée pendant les heures ouvrables par des membres ELPS externes à l'équipe de quart.

Ce groupe comprend des personnes figurant sur la liste d'exposition d'urgence, plusieurs secouristes et des chefs d'îlots qui supervisent les différentes zones de l'INB 40.

L'ELPS :

- facilite, canalise et contrôle les évacuations,
- porte assistance aux blessés,
- comptabilise le personnel et effectue un bilan humain de l'accident,
- prépare l'arrivée des secours extérieurs (équipes FLS envoyées par le PC Sécurité - Poste Médical Avancé mis en place par le Service de Santé du Travail – équipes du SPR en liaison avec le PC-SPR).

7.1.6.4. Poste de Commandement Local

Etabli à la diligence du chef de l'INB, le Poste de Commandement Local (PCL) :

- coordonne l'action des intervenants,
- assure les liaisons avec le PC-FLS et le PC-SPR (présence d'un représentant du SPR et liaison avec un représentant FLS, Commandant les Opérations Internes),
- analyse la situation et fournit à la Direction du Centre les informations utiles à un éventuel déclenchement du PUI,
- provoque les demandes de renfort,
- donne au personnel les informations qu'il juge nécessaires sur l'évolution de la situation,
- en cas d'évacuation du bâtiment, indique le lieu de regroupement en fonction du sens des vents.

Le PCL est normalement situé dans le bâtiment OSIRIS et dispose d'un pupitre local du RDO, de plusieurs télécopieurs, de plusieurs lignes téléphoniques dont une liaison directe avec la FLS. Etant placé dans l'INB 40, il est parfaitement accessible.

La gestion de crise au niveau de l'INB40 est réalisée à partir de ce poste tant que la situation radiologique permet la présence de personnel en salle de conduite. Le personnel concerné par la gestion de crise, notamment au PCL, a une connaissance approfondie de l'installation et est entraîné au cours des exercices conduits au sein de l'installation ou en liaison avec le centre.

7.1.6.5. Poste de repli

7.1.6.5.1. Généralités

Dans certains cas incidentels, il peut être nécessaire d'évacuer la salle de conduite du réacteur : incendie, incident important de réactivité (fusion complète du cœur sous eau, fusion à l'air d'un élément, etc.), agression externe.

Un poste de repli a été implanté dans un bâtiment du CEA Saclay situé 300 m à l'Ouest de l'INB 40 avec :

- possibilité de séjour dans les cas où le séjour en salle de conduite est impossible,
- possibilité d'accès aux principales mesures et actions nécessaires sur le réacteur.

Suite à une évacuation de la salle de conduite, le poste de repli abriterait le PCL tel que défini dans le PUI du centre. Il est aisément accessible depuis l'INB.

7.1.6.5.2. Fonctions à assurer au poste de repli

7.1.6.5.2.1. Communication en situation de crise

L'unique correspondant du PCL durant l'incident est l'Equipe Technique de Crise du PC PCDL. Un téléphone direct (point à point) les met en liaison. Deux téléphones supplémentaires sont disponibles pour permettre les communications du Poste de Commandement Local.

Deux télécopieurs sont dédiés à l'envoi et la réception de messages. Il y a aussi une liaison interphone avec l'ensemble du réseau d'interphones de l'INB 40.

7.1.6.5.2.2. Mesures de surveillance et informations disponibles

Le poste de repli est équipé de deux moyens de visualisation des mesures de surveillance déportées. Le premier moyen de visualisation du poste de repli est un pupitre de contrôle commande sur lequel les informations et mesures suivantes sont reportées :

- Niveau d'eau piscine,
- Pression dans l'enceinte OSIRIS,
- Fonctionnement des extracteurs et des réchauffeurs
- Mesures radiologiques de rejets à la cheminée
- Mesures des balises haut flux
- Détection de la position basse pour chacune des 6 barres de commande
- Présence tension pour le poste de repli

Le pupitre de contrôle commande du poste de repli est alimenté par un départ secouru de l'armoire de distribution du poste de repli. Les capteurs sont alimentés par le poste de repli et les informations circulent dans des liaisons fil-à-fil.

Le second moyen de visualisation est un superviseur du même type que ceux de la salle de conduite, doté d'une interface homme machine identique à celle de la salle de conduite. Ce superviseur acquiert les informations des 5 automates de la salle fonctionnelle, par l'intermédiaire du même réseau que les superviseurs de la salle de conduite.

Les mesures de surveillance disponibles sur ce superviseur sont notamment les suivantes :

- Mesures de niveau d'eau piscine
- Température d'eau piscine,
- Niveau bas de l'eau piscine,
- Débits de dose dans les différents locaux,
- Dépressions dans les différents locaux,
- Fonctionnement de la ventilation et position des registres d'isolement des circuits de la ventilation nucléaire,
- Mesures radiologiques de rejets à la cheminée ,
- Débits de dose mesurés par les balises haut flux,
- Détection de la position basse pour chacune des 6 barres de commande.

Le doublement des moyens de visualisation permet de disposer au poste de repli de deux systèmes de report des mesures et informations de surveillance, indépendants.

En outre, un pupitre de commande spécifique à la ventilation de sauvegarde a été installé au poste de repli, identique à celui présent en salle de conduite du réacteur. Il comporte en plus un inverseur à clé permettant une prise de contrôle prioritaire de la ventilation de sauvegarde à partir du poste de repli, rendant tout ordre à partir du pupitre de la ventilation de sauvegarde de la salle de conduite inopérant.

Enfin un pupitre permet le pilotage du circuit d'appoint d'eau de secours.

Disponibilité des informations et des actionneurs :

La gestion des situations accidentelles utilise les informations et actionneurs disponibles en salle de conduite, puis au poste de repli). Le poste de repli peut être alimenté en secours par un diesel mobile du centre. Les modalités de mise en œuvre de ces moyens d'ultime secours sont indiquées dans le document d'urgence interne.

Fonction de sûreté : criticité

Les informations de position basse des barres de commande sont fournies par des détecteurs inductifs situés sur les mécanismes des barres à -15 m. Des essais périodiques mensuels et annuels permettent de confirmer leur bon fonctionnement.

La robustesse de ces informations est renforcée par la redondance fonctionnelle de ces détecteurs assurée par les capteurs de fin de course basse transitant par le système de supervision.

Fonction de sûreté : refroidissement

Le niveau d'eau de la piscine du réacteur est fourni par les capteurs de pression absolue reliés respectivement au bac de désactivation du circuit primaire cœur et au bac de désactivation du circuit primaire piscine. Ces capteurs redondants sont situés à -12 m en salle de vidange. Ils sont alimentés depuis le poste de repli. Ces capteurs nécessitent l'arrêt des pompes cœur et piscine pour délivrer une mesure valide.

Le débit du circuit d'appoint d'eau de secours est donné par un capteur situé en galerie technique Nord, alimenté via le poste de repli.. Une corrélation est possible avec les voyants d'état des électrovannes

d'appoint.

Fonction de sûreté : confinement

Les mesures de la dépression dans les locaux sont fournies par des capteurs à pression différentielle gamme large alimentés via le poste de repli. Il existe une redondance des capteurs par les capteurs de la supervision.

Le débit cheminée est fourni par des débitmètres à ultrasons alimentés par le réseau secouru d'OSIRIS. Il existe une redondance du capteur par les capteurs de débit de la ventilation de sauvegarde via la supervision.

Les capteurs des mesures de radioprotection à la cheminée sont placés sous la gaine cheminée et sont alimentés par le réseau secouru d'OSIRIS. Il existe une redondance des capteurs par les capteurs de la supervision du TCR et par la supervision.

Mesures de radioprotection

Les balises de mesure de débit de dose dans les locaux sont alimentées par le réseau secouru d'OSIRIS. La robustesse de la mesure est renforcée par une redondance par les capteurs de la supervision du TCR et par le système de supervision.

7.1.6.5.2.3. Possibilités d'action

Après analyse des incidents susceptibles d'entraîner l'utilisation de la salle de repli, il apparaît que l'évacuation de la salle de conduite s'effectue toujours après chute des barres. Avant de quitter la salle de conduite, l'équipe de conduite s'assure que les barres sont en position basse et que les circuits de réfrigération sont à l'arrêt.

Les volumes d'eau du réacteur OSIRIS permettent une évacuation correcte de la puissance résiduelle par convection naturelle sans aucune intervention. Néanmoins, une fuite d'eau de la piscine vers la salle des mécanismes a été considérée.

A cet effet, des améliorations ont été mises en place en 2010 afin :

- de limiter les déversements d'eau dans l'installation et ainsi limiter la baisse de niveau piscine, suite à un événement conduisant à une vidange de la piscine vers la salle des mécanismes, notamment par le biais de la mise en place d'une réhausse étanche sur la trémie de l'escalier de la salle des mécanismes,
- de rénover l'étanchéité de la salle des mécanismes.

Ces améliorations permettent, en complément au circuit d'appoint de secours en eau, de limiter le débit de dose ambiant et d'éviter la mise en communication du hall pile avec le hall des ateliers chauds (dont la porte du sas de communication est également équipée d'une bavette de prolongement) en cas de baisse de niveau du canal n°1.

Commandes de la ventilation nucléaire

Les commandes de la ventilation nucléaire OSIRIS installées sur le pupitre contrôle commande du poste de repli permettent d'agir sur :

- l'extraction (marche ou arrêt d'un extracteur) pour moduler la pression dans l'enceinte et les rejets extérieurs
- les deux réchauffeurs pour traiter l'air extrait avant filtration sur pièges à iode
- la configuration des circuits de ventilation en commandant individuellement les registres d'isolement

Ces dispositions permettent au PCL, suivant les demandes du PCDL et en fonction de la situation constatée après analyse des mesures et informations disponibles au poste de repli, d'adapter la ventilation nucléaire pour moduler les rejets vers l'extérieur ainsi que les baisses d'activité dans l'installation elle-même.

Commandes de la ventilation de sauvegarde

Le pupitre de la ventilation de sauvegarde installé au poste de repli permet de prendre la conduite depuis le poste de repli et de sélectionner les différents modes de fonctionnement de la ventilation de sauvegarde. Un commutateur sélectionne les modes « Automatique », « Manuel » ou « Arrêt ».

En position « Automatique », les moteurs, vannes et réchauffeurs sont pilotés en fonction du choix des locaux à desservir effectué sur les commutateurs du pupitre de commande.

En mode « Manuel », les moteurs, vannes et réchauffeurs sont pilotables individuellement. L'automate

n'intervient que pour assurer les fonctions de sécurité principales. Le fonctionnement est laissé à l'initiative de l'opérateur.

Chaque moteur, vanne et réchauffeur possède ses propres indications de position ou d'état (Marche/Arrêt, Ouvert/Fermé).

Des voyants de synthèse des défauts informent de l'état de la ventilation de sauvegarde lorsque celle-ci sort du cadre normal. Le détail des défauts est reporté sur le système de supervision.

7.1.7. Influence d'autres installations sur la gestion de crise dans l'INB 40

7.1.7.1. Environnement industriel

7.1.7.1.1. Description

Le développement général des activités à l'ouest de Paris concerne le plateau de Saclay et ses environs. On assiste à des implantations importantes de zones industrielles (entrepôts, petites usines), de centres d'études, de grandes écoles, de centres commerciaux.

- Dans un rayon de 2 km :
 - Des entreprises : OMNIPLAN, RAZEL.
 - Des zones technologiques et industrielles :
 - le domaine technologique de Saclay,
 - l'espace technologique de Saint Aubin,
 - le parc technologique Les Algorithmes,
 - SOLEIL,
- Dans une couronne comprise entre 2 et 2,5 km :
 - Une partie des installations du Centre DGA/Essais Propulseurs
 - Des organismes universitaires ou de recherche :
 - Ecole Supérieure d'Electricité (SUPELEC),
 - Institut Universitaire de Technologie (IUT) du Moulon,
 - Centre Technique des Industries Aéronautiques et Techniques (CETIAT),
 - Centre National d'Etudes et de Formation de la Police Nationale,
 - Quelques locaux de la Faculté des Sciences.
- Dans une couronne comprise entre 2,5 et 5 km, les principales installations sont :
 - l'aérodrome de Toussus le Noble et sa zone d'activités,
 - la zone d'activités de Buc (entrepôts, petites industries),
 - le Centre National de la Recherche Zoologique (CNRZ) à Jouy en Josas,
 - l'Ecole Polytechnique du haut de Palaiseau,
 - le CNRS à Gif sur Yvette,
 - les Laboratoires Thomson-CSF à Corbeville-Orsay,
 - le centre de recherche de Danone,
 - IONISOS à Corbeville,
 - THALES
 - l'université d'Orsay (abritant notamment le Laboratoire pour l'Utilisation du Rayonnement Electromagnétique (LURE : INB n°106)).

Ces installations ainsi que certaines installations industrielles, médicales ou scientifiques, implantées dans la région parisienne, notamment certains laboratoires de la faculté d'Orsay, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) à Jouy-en-Josas ou le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) à Gif-sur-Yvette sont susceptibles d'effectuer des rejets radioactifs atmosphériques ou liquides.

Enfin, des installations nucléaires, dans l'environnement proche du Centre du CEA/Saclay sont susceptibles d'effectuer des rejets atmosphériques ou liquides. Ce sont les centres CEA de Fontenay-aux-Roses (à environ 13 km) et de Bruyères-le-Châtel (à environ 16 km).

7.1.7.1.2. Risques potentiels

- Dépôts de carburant : le seul dépôt important, à plus de 2 km, est celui du Centre d'Essais des Propulseurs (7 000 m³ répartis en une dizaine de réservoirs non enterrés). Etant trop éloigné, il ne peut pas présenter de risque pour la sûreté des installations du centre CEA de Saclay.

- Conduite de gaz : une canalisation de gaz naturel longe la clôture sud-est du centre le long de la N 306 et la clôture Nord le long du D 36. Cette canalisation est enterrée à 1 m de profondeur. Son diamètre nominal est de 150 mm pour la partie sud-est et 100 mm pour la partie Nord. Le risque le plus important est la perforation de la canalisation avec inflammation, selon un processus d'explosion, du jet de gaz rejeté à l'atmosphère, sur le lieu même de l'accident. La valeur de la distance de sécurité conduisant à une surpression de 20 mbar sur les bâtiments est de 232 m. L'INB 40 résiste à une telle sollicitation.

7.1.7.2. Voies de communication

7.1.7.2.1. Caractéristiques du trafic terrestre

- les voies routières nord - sud
 - La RN118, à 2 x 2 voies, est l'axe de circulation le plus important qui traverse le plateau de Saclay. Son trafic est de l'ordre de 70 000 véhicules/jour entre Saclay et Bièvres.
 - Les RN446 et RN306, à 2 voies, se croisent au rond-point du Christ de Saclay et relient Gif-sur-Yvette à Jouy-en-Josas. Ces voies supportent un trafic de 10 000 véhicules/jour pour la RN306 et de 9 000 véhicules/jour pour la RN446
- les voies routières est - ouest
 - La RD36 (à 2 voies) traverse d'est en ouest le plateau en permettant de desservir Vauhallan (par la RD60), Saclay, Saint-Aubin, Villiers-le-Bâcle et Châteaufort. Son trafic est de l'ordre de 18 000 véhicules/jour.
- les voies ferrées les plus proches sont :
 - la ligne B du RER, Roissy en France - Saint-Rémy-les-Chevreuse qui suit la vallée de l'Yvette,
 - la ligne SNCF Versailles - Juvisy qui suit la vallée de la Bièvre.

7.1.7.2.2. Risques liés au trafic routier

Ces risques sont dus à la fréquentation des portions de routes avoisinant le Centre par des transports de produits dangereux. Une partie du trafic de camions concerne le fonctionnement propre du CEA Saclay qui en est soit le point d'arrivée, soit le point de départ.

Les principaux transports de produits dangereux recensés sont notamment ceux accédant au Centre lui-même :

- transports de matières radioactives :
 - o solides : 400 transports de gros châteaux par an
 - o liquides : 30 transports vers l'extérieur du Centre, 70 transports vers l'intérieur du Centre, 250 transports à l'intérieur ;
- transports de produits chimiques, représentant environ cinq tonnes de produits par an.
- transports d'hydrocarbure : en ce qui concerne les conséquences de l'explosion d'un camion d'hydrocarbure longeant le site par la RD36 et la RN306 les longueurs maximales de sécurité (pour respectivement 22 t de butane et 22 t de propane), pour une surpression réputée admissible correspondant à la limite des petits dommages (20 mbar) sont de 642 m pour le butane et 607 m pour le propane.

L'INB 40 résiste à cette sollicitation et est équipée d'un système de détection d'explosion de gaz provoquant l'arrêt du réacteur.

Une étude a permis d'évaluer quantitativement les flux thermiques en fonction de la distance pour plusieurs volumes de citerne déversés sur la chaussée. Pour le plus grand volume déversé (30 m³), le seuil de 5 kW/m² est atteint à une distance de 65 m. L'INB 40 est à une distance assez largement supérieure à 65 m des voies de communication pour ne subir que des flux thermiques radiatifs largement inférieurs au seuil de 5 kW/m², seuil de dégradation significative de vitres.

7.1.7.3. Influence de CISBIO (INB 29)

Les éléments suivants seront mis à jour à l'issue de l'évaluation complémentaire de sûreté de l'installation.

Un accident dans l'INB 29 (Cis bio) pourrait entraîner des conséquences radiologiques sur l'INB 40 distante d'environ 400 m. L'accident type retenu conduit à un départ de feu avec perte du confinement

des laboratoires qui contiennent le plus de matières radioactives. .

Un accident sur l'INB 29 n'est pas de nature à perturber le fonctionnement de l'organisation de crise de l'INB40. Il convient de préciser que le déclenchement du PUI de l'INB29 entraîne le déclenchement du PUI du centre CEA de Saclay, conformément à la convention liant le centre CEA de Saclay et l'INB29. Les éventuelles mesures à prendre sur l'INB40 seraient prises dans ce cadre.

7.1.7.4. Influence d'ORPHEE (INB 101)

Les éléments suivants seront mis à jour à l'issue de l'évaluation complémentaire de sûreté de l'installation. La proximité du réacteur ORPHEE pourrait entraîner, lors d'un accident de type BORAX ou de fusion à l'air d'un élément combustible, des conséquences radiologiques.

Un accident BORAX ou la fusion à l'air d'un élément standard dans le hall réacteur du réacteur ORPHEE n'est pas de nature à perturber le fonctionnement de l'organisation de crise de l'INB 40.

7.1.7.5. Influence du LECI (INB 50)

Les éléments suivants seront mis à jour à l'issue de l'évaluation complémentaire de sûreté de l'installation.

Un accident dans l'INB 50 (LECI) pourrait entraîner des conséquences radiologiques sur l'INB 40 distante d'environ 200 m. L'accident type retenu pour l'INB50 conduirait à la perte du confinement d'une cellule, et à un incendie dans cette cellule.

Un accident sur l'INB50 n'est pas de nature à perturber le fonctionnement de l'organisation de crise de l'INB 40. Il convient de préciser que la survenue d'un tel accident sur l'INB 50 entrainerait le déclenchement du PUI du centre CEA de Saclay et les éventuelles mesures à prendre sur l'INB 40 seraient prises dans ce cadre.

7.1.7.6. Autres installations

L'analyse des risques présentés par les autres installations du centre de Saclay conduit à retenir les ICPE susceptibles d'influer sur la sûreté de certaines INB. La chaufferie du centre est une ICPE susceptible de représenter un risque non nucléaire. L'atelier de décontamination (ADEC), le service des molécules marquées et le laboratoire national Henri Becquerel (LNHB) sont des ICPE susceptibles d'être à l'origine de risques nucléaires. Ces installations sont répertoriées dans l'arrêté préfectoral de 2009.

7.1.7.6.1. La chaufferie du centre

Le périmètre de la chaufferie centrale comprend :

- une installation de combustion
- un dépôt de liquides inflammables de 500 m³
- une installation de compression de 680 kW, centrale d'air comprimé.

Les dangers potentiels présentés par ces installations pourraient provenir d'un incendie provoquant des explosions et l'émission de fumées de combustion. L'INB 40 est éloignée de la chaufferie de 300 m sans vue directe, ce qui est de nature à minimiser l'impact d'un incendie de la chaufferie centrale sur l'INB 40.

La chaufferie est située à proximité des postes d'alimentation et de distribution d'énergie électrique du centre. Un impact sur ces installations électriques ne peut être exclu. Pour l'INB 40, la situation serait celle de la perte d'alimentation électrique externe, présentée au paragraphe 6.1.

7.1.7.6.2. L'ADEC

L'ADEC, en cours de fermeture, était destiné à la réalisation d'opérations de décontamination, d'expertise, de traitement et de conditionnement de déchets radioactifs.

Cet atelier était susceptible d'être à l'origine de risques d'incendie ou de rejets accidentels de substances radioactives.

L'INB 40 est éloignée de l'ADEC de 600 m, distance qui permet de considérer qu'un incendie dans

l'ADEC n'aurait pas de conséquences sur la gestion de crise dans l'INB 40.

De même, compte tenu du terme source contenu dans l'ADEC et de la distance séparant les deux installations, la dispersion de substances radioactives issue d'une situation accidentelle dans l'ADEC ne serait pas susceptible de nuire à la gestion de crise dans l'INB 40.

7.1.7.6.3. Le service chimie et biomoléculaire

Il s'agit d'une ICPE radioactive dans laquelle le service chimie et biomoléculaire réalise des synthèses de molécules marquées au carbone 14, au tritium et à l'iode 125, utilisées par des laboratoires industriels ou de recherche.

Compte tenu des activités très faibles mises en jeu, un accident dans cette installation n'est pas susceptible d'avoir un impact sur le fonctionnement de l'INB 40.

7.1.7.6.4. Le LNHB

Le LNHB a pour vocation la préparation, la transformation, le conditionnement et l'étalonnage des substances radioactives constituant les étalons nationaux qui sont destinés à accorder les laboratoires et autres utilisateurs qui mettent en œuvre les techniques de mesure d'activité. Il a pour mission de conserver les références nationales concernant la radioactivité et la dosimétrie des rayonnements et d'effectuer des recherches dans son domaine de compétences.

Compte tenu des activités très faibles mises en jeu, un accident dans cette installation n'est pas susceptible d'avoir un impact sur le fonctionnement de l'INB 40.

7.1.8. Robustesse des moyens disponibles

L'objectif de ce paragraphe est d'analyser la robustesse des moyens de gestion de crise disponibles dans des situations plus pénalisantes que celles envisagées aujourd'hui, notamment lors d'un accident survenant après un séisme ou une inondation.

Evaluation des conséquences

Les conséquences d'un séisme ou d'une inondation sur le centre pourraient être les suivantes :

- perte totale des alimentations électriques et des fluides,
- difficulté d'accès au centre et aux installations pouvant notamment conduire à des difficultés de mobilisation du personnel d'astreinte,
- désordre possible au niveau des bâtiments,
- contamination potentielle de l'eau en cas d'inondation,
- non garantie de la disponibilité des moyens techniques d'intervention du fait de leur potentielle dégradation suite au séisme (réseau interne d'eau d'incendie, véhicule d'intervention...).

Il convient de plus de signaler que, dans un contexte d'événements extrêmes tels qu'il est demandé d'examiner dans le cadre de l'évaluation complémentaire de sûreté (séisme dépassant le dimensionnement de l'installation, inondations), la disponibilité des moyens externes au Centre (astreintes, services de secours, ...) peut également être remise en cause, compte tenu d'une part de l'absence de garanties quant à leur protection à l'extérieur du Centre, et d'autre part du contexte qui pourrait conduire ces moyens à être sollicités en priorité sur d'autres urgences.

De fait, cette situation perturbée a un impact sur la disponibilité des moyens d'intervention prévus dans le cadre du PUI.

Perte des alimentations électriques et des fluides

La perte totale de l'alimentation électrique au niveau du site a pour principales conséquences :

- l'indisponibilité de la plus grande partie des moyens de communication internes et externes (téléphone, sirène...),
- l'indisponibilité des moyens techniques d'intervention non autonomes électriquement (pompes, matériels de radioprotection, dispositif de mesures radiologiques, antennes relais pour les radios du site ...),
- l'indisponibilité des moyens de surveillance de l'installation

Les lignes téléphoniques directes permettant d'assurer un contact avec l'extérieur en cas de crise peuvent également être endommagées suite à un séisme.
Par nature, les liaisons radio et satellite sont intrinsèquement moins sensibles vis-à-vis du séisme et de l'inondation, ainsi que des pertes d'alimentations électriques.

Vis-à-vis de la surveillance de l'installation, le système de supervision et le système de protection sont alimentés par les sources électriques propres à l'INB 40.

Difficultés d'accès au site et aux installations

L'inondation peut rendre difficiles les accès aux lieux d'intervention et isoler le site de Saclay. L'accès au site et à l'installation pour les astreintes PUI, les renforts et les relèves ou encore les secours pourrait être difficile.

Le PUI prévoit une heure pour l'arrivée sur site des astreintes. Pendant ce temps là, la crise est gérée par les équipes en place 24 heures sur 24.

Désordre possible au niveau des bâtiments

Les équipes de crise de l'INB 40 sont localisées dans au PCL ou au poste de repli dont la tenue au séisme forfaitaire applicable au centre de Saclay doit être évaluée.

La gestion de crise au niveau du Centre de Saclay est majoritairement réalisée depuis des bâtiments dont la tenue au séisme forfaitaire applicable au centre de Saclay doit être évaluée. Une réflexion doit être menée pour déterminer le positionnement optimal d'un PCDL de secours.

Les matériels et équipements de la FLS sont entreposés dans des bâtiments dont la tenue au séisme forfaitaire applicable au centre de Saclay doit être évaluée. Dans un premier temps il est envisagé, si leur tenue est confirmée, de remplacer les portes métalliques d'accès par des portes souples.

De même une répartition optimisée des moyens dans les différents locaux permettra d'équilibrer le potentiel global dans l'ensemble des locaux concernés.

Concernant le SPR :

- les équipements, les laboratoires et les matériels du SPR sont situés dans des bâtiments dont la tenue au séisme forfaitaire applicable au centre de Saclay doit être évaluée.
- les véhicules d'intervention et ceux destinés aux mesures dans l'environnement étant stationnés sur un parking à l'extérieur du bâtiment, on peut les supposer opérationnels post-séisme sous réserve de mesures de bon sens (stationnement à l'écart de tout bâti, poteau, etc.).

Contamination potentielle de l'eau

En cas d'inondation, l'eau pourrait s'infiltrer dans certains locaux de l'INB, tout particulièrement si l'étanchéité de certains locaux a été dégradée suite à un séisme. Plusieurs cas de figure peuvent ainsi être envisagés :

- l'inondation est limitée aux locaux conventionnels (hors zone contrôlée) où aux locaux de la zone contrôlée ne présentant pas de contamination (c'est le cas de la majorité des locaux). L'eau restera alors propre et pourra être pompée puis rejetée sans difficulté particulière,
- l'inondation atteint des locaux dont la contamination surfacique n'est pas nulle. L'eau pourrait alors véhiculer une partie de cette contamination dans les autres locaux par ruissellement. Compte-tenu du très faible niveau de contamination des locaux concernés dans l'INB 40, les débits de doses induits par cette contamination devraient rester limités et ne devraient pas perturber significativement la mise en œuvre de moyens de mitigation et en particulier les interventions humaines.

Des dispositions particulières pourraient en revanche être à envisager avant de rejeter l'eau (filtration,...),

Conclusion quant à la disponibilité des moyens d'intervention

L'analyse réalisée au paragraphe précédent montre que la disponibilité et la fonctionnalité des moyens techniques et humains nécessaires à l'intervention post-séisme doivent être évaluées pour s'assurer que la mise en place de la gestion de crise telle que prévue dans le PUI n'est pas perturbée.

A travers les études à conduire pour le 15 septembre 2012, on confirmera la disponibilité des moyens nécessaires à la gestion de crise, notamment vis-à-vis des agressions causées par les autres installations du centre.

Une analyse de la priorisation de la mise à disposition des moyens est également prévue.

7.2. Mesures de gestion des accidents et éléments de conception de l'installation permettant de protéger l'intégrité du confinement après l'endommagement du combustible

7.2.1. Gestion du risque hydrogène

Géométrie de l'enceinte de confinement

Le bâtiment réacteur OSIRIS est constitué d'un cylindre surmonté d'une coupole hémisphérique. Le diamètre est de 32 m soit une surface $SB = 804 \text{ m}^2$ et la hauteur du volume libre est d'environ $H = 22 \text{ m}$. Au niveau +4 m, un plancher intermédiaire couvrant une partie de la surface horizontale crée un confinement partiel. Cependant, les casemates fermées ne sont pas étanches au gaz. Ensuite, l'aspiration de la ventilation se situe sur une couronne périphérique au niveau +7 m. Enfin, des fenêtres ou hublots sont présents au niveau +9 m. Le volume libre du bâtiment est pris égal à $V = 16000 \text{ m}^3$. La piscine du réacteur est située au centre du bâtiment entre les niveaux 0 et -11 m. Elle correspond à un parallélépipède de dimensions 6,5x7,5x11, soit un volume de 536 m³ et une surface de $S = 48,75 \text{ m}^2$. L'inventaire en éléments combustibles (EC) est de 44 EC dans le cœur et 84 EC usés, en phase de refroidissement, stockés dans la piscine du réacteur. L'évolution de la puissance résiduelle dans les EC est donnée dans le tableau du paragraphe 6.4.1.

Radiolyse de l'eau de la piscine

En considérant 44 éléments combustibles dans le cœur et 90 éléments combustibles usés en phase de refroidissement stockés dans la piscine du réacteur, et en considérant de manière très enveloppe que la puissance résiduelle gamma de chaque élément combustible est de 50 kW (ce qui revient à considérer que les 134 éléments combustibles en piscine sortent tous d'un cycle de fonctionnement), la puissance gamma maximale est de 6700 kW. La radiolyse produit au maximum 27,1 m³/h d'hydrogène. Pour le cœur seul, le terme source initial est de 8,9 m³/h. Un taux de fuite du bâtiment de 1366 m³/h, correspondant à la valeur mesurée lors du dernier contrôle périodique en janvier 2011, est retenu.

Une solution analytique, obtenue en considérant un terme source constant et un taux de fuite identique pour l'air et l'hydrogène, permet d'estimer la teneur limite en H₂ (temps longs) en fonction de la puissance résiduelle gamma et du taux de fuite. Pour l'ensemble des 134 éléments combustibles en piscine, cette teneur atteint une valeur proche de 1,9%, inférieure à la moitié de la limite inférieure d'explosivité (LIE) de l'hydrogène dans l'air.

Un calcul plus réaliste, prenant en compte la variation de la puissance résiduelle, donne une valeur inférieure à 0,06% après un mois, en décroissance depuis la valeur maximale 0,19% atteinte 1 jour après l'arrêt du réacteur.

Par ailleurs, la convection est dominante au moins le premier jour, le relâchement d'hydrogène provenant de la radiolyse se fait sans présence de stratification importante.

Approche expérimentale

Dans le cadre de l'évaluation complémentaire de sûreté, une campagne de prélèvements dans l'atmosphère des différents locaux (hall pile du réacteur OSIRIS, hall des ateliers chauds, hall du réacteur ISIS) a été organisée afin d'évaluer le débit de production d'hydrogène par les réacteurs et par les combustibles en entreposage dans le canal n°2.

L'analyseur d'hydrogène utilisé possède une limite de détection de quelques ppb (partie par milliard) en volume.

Cinquante prélèvements ont été réalisés réacteur OSIRIS en fonctionnement et à l'arrêt au niveau du soufflage dans le hall pile, de l'extraction du balayage piscine, de l'extraction générale de l'INB, de l'extraction des ateliers chauds et de l'extraction du hall ISIS.

Il ressort de l'analyse des résultats que la production d'hydrogène au niveau de la piscine OSIRIS, réacteur en puissance à 68 MW ou à l'arrêt depuis 5 jours, est inférieure ou égale à 0,05 m³/h. La puissance gamma déposée dans l'eau lorsque le réacteur est stabilisé à 68 MW est estimée à 4,6 MW ; on atteint un équilibre entre décomposition de l'eau et recombinaison des produits de radiolyse (H₂, H₂O₂, etc.) avec une production d'hydrogène extrêmement faible.

En se basant sur la solubilité de l'hydrogène dans l'eau à température et pression ambiantes, on constate que les 500 tonnes d'eau de la piscine du réacteur OSIRIS contiennent moins de 9,55 m³ d'hydrogène.

La production globale d'hydrogène pour le canal n°2 est inférieure ou égale à 0,0003 m³/h.

La production d'hydrogène par le réacteur ISIS en puissance à 700 kW est inférieure ou égale à 0,0005 m³/h.

Ces résultats expérimentaux sont cohérents avec les résultats de mesures réalisées sur le réacteur SILOE en 1968.

En conclusion, le risque hydrogène peut être écarté au niveau de l'INB 40. De plus, une circulation d'air est maintenue par tirage naturel de la cheminée de rejet lorsque la ventilation est arrêtée. Une dépression résiduelle de 0,1 mbar est constatée lors des arrêts de ventilation programmés.

Réaction NaK-eau

Nous supposons que 8 dispositifs expérimentaux sont agressés et que le NaK qu'ils contiennent entre en réaction avec l'eau. La réaction stoechiométrique de l'ensemble du NaK contenu dans ces dispositifs libèrera au maximum 72 g d'hydrogène (0,8 m³ environ).

Si on distribue de manière homogène cette quantité d'hydrogène dans l'enceinte de confinement, on obtient la concentration de 5,5.10⁻³% en volume soit une valeur bien en dessous de la limite inférieure d'explosivité.

7.2.2. Gestion du risque de surpression dans l'enceinte de confinement

Une étude évaluant la montée en pression de l'enceinte OSIRIS a été menée dans la situation de perte totale des alimentations électriques (ventilation nucléaire hors-service) et de sources de refroidissement.

La montée en pression est due à trois composantes : le relâchement d'hydrogène par radiolyse de l'eau, la réaction NaK-Eau (8 dispositifs accidentés) et l'évaporation de l'eau.

Plusieurs scénarios d'évaporation ont déjà été modélisés (cf. § 6.4.1), prenant également en compte la quantité d'H₂ dégagée par la radiolyse de l'eau.

Le réacteur est situé dans une enceinte à fuite contrôlée. L'analyse des essais du taux de fuite de l'enceinte réalisés en début d'année 2011 a permis d'évaluer à 300 cm² la section du trou situé sur l'enceinte correspondant au taux de fuite constaté. Le taux de fuite de l'enceinte est principalement dû à l'étanchéité des sas de communication avec l'extérieur.

L'enceinte étant par conception à fuite contrôlée, aucun des scénarii modélisés n'a permis d'observer une montée en pression de l'enceinte au dessus de 20 mbar. A l'arrêt de la ventilation nucléaire, le retour à la pression atmosphérique dans l'enceinte s'effectue après quelques minutes et le débit d'évaporation (composante dominante) n'est pas suffisant pour pressuriser l'enceinte. Il en est de même pour le cas particulier du canal 2 : aucune montée en pression du hall des ateliers chaud n'a été constatée.

Les surpressions maximum obtenues pour les différents cas décrits au § 6.3 sont :

	Surpression maximum (Pa) Seuil de dimensionnement de l'enceinte : 2000 Pa
Cas 1 : Piscine + canal 1	2
Cas 2a : Piscine pleine	6
Cas 2b : Piscine en niveau bas -4,5m	10
Cas 2c : Piscine en niveau très bas -6,5m	20
Cas 3 : Piscine + canaux 1 et 2	0
Cas 4 : Canal 2 seul	3

7.2.3. Risque de criticité, accident de criticité et conséquences associées en cas de séisme

En cas de séisme les différents scénarios pouvant conduire à un accident de criticité ont pour principale origine une perte de la géométrie des unités ou postes de travail contenant la matière fissile. Cette perte de géométrie est occasionnée soit par la chute d'un projectile sur la matière fissile, soit par une déformation ou un renversement des structures dû aux secousses sismiques. La matière fissile est constituée, pour l'essentiel, d'éléments combustibles neufs ou usés.

Ces scénarios peuvent avoir lieu aux différents endroits de l'INB 40 où est localisée la matière fissile, c'est-à-dire :

- au niveau des cellules chaudes,
- en piscine sur le cœur d'OSIRIS
- en piscine sur le cœur d'ISIS,
- dans les différents canaux d'entreposage des éléments combustibles usés,

L'analyse qui suit consiste principalement à balayer tous les scénarios hypothétiques, à déterminer, pour chacun d'eux, si l'accident de criticité est inéluctable et d'estimer dans ce cas son impact et les mesures à mettre en place afin de pouvoir le maîtriser dans les plus brefs délais.

7.2.3.1. Scénario au niveau des cellules chaudes :

La sûreté criticité des cellules chaudes est assurée par une limitation de la masse de matière fissile et ce quelle que soit sa géométrie. L'accident de criticité est donc exclu. Pour le concevoir, il faudrait un apport supplémentaire de matière fissile ce qui n'est pas envisageable puisque les cellules sont situées en hauteur par rapport au canal d'entreposage.

7.2.3.2. Scénario au niveau de la piscine sur le cœur d'OSIRIS :

Précisons en préalable qu'en cas de séisme un arrêt d'urgence du réacteur est déclenché par les dispositifs de détection dédiés provoquant l'insertion des barres de contrôle. La marge de sous-criticité est alors de 3000 pcm. Pour qu'un accident de criticité se produise, il faudrait imaginer la chute d'un projectile sur le cœur. Ce scénario peut être écarté étant donné que pour qu'il se réalise il faudrait que le projectile puisse pénétrer dans la cheminée du circuit primaire, qu'il traverse la grille supérieure située au-dessus du cœur, ce qui implique qu'il soit de petite taille (la surface d'entrée de la cheminée est de 0,55 m²) et par conséquent de faible poids. Ces conditions font que le projectile en question ne sera pas de nature à modifier la géométrie du cœur.

7.2.3.3. Scénario au niveau de la piscine sur le cœur d'ISIS :

La démarche est identique à celle déroulée ci-dessus. En outre, la cheminée d'ISIS est, à la différence de celle d'OSIRIS, équipée des mécanismes des barres de contrôle qui surplombent le cœur. Cet encombrement écarte d'autant la possibilité de la chute d'un projectile dans la cheminée du cœur.

7.2.3.4. Scénarios sur les différents entreposages d'éléments combustibles :

7.2.3.4.1. Casier de stockage IRIS et Plumier

De même que pour les cellules chaudes la sûreté vis-à-vis du risque de criticité de ces deux « unités criticité » est assurée par une limitation de la masse de la matière fissile quelle que soit la géométrie. L'accident de criticité est donc exclu suite à un séisme.

Actuellement les masses de matière fissile entreposées sont de l'ordre du tiers des limites en oxyde de

^{239}Pu et en ^{235}U métallique.

Quel que soit le scénario envisagé, ces deux entreposages restent sous critiques.

7.2.3.4.2. Racks d'entreposage d'éléments combustibles irradiés

Les racks d'entreposage (piscine Osiris et canaux n°1 et n°2) sont constitués d'un réseau d'éléments de combustible disposés dans des paniers de stockage. Le taux de combustion de ces éléments, à la date du 30 juin 2011, est pour l'un d'entre eux de 75 GWj/t et pour les autres de 100 GWj/t environ.

La sûreté-criticité de ces différents stockages est assurée par la géométrie. Compte tenu des masses de matières fissiles mises en jeu, il est possible d'imaginer une configuration géométrique du combustible dégradé correspondant à l'état critique. Les racks d'entreposage des éléments combustibles ORPHEE sont positionnés de telle sorte que les objets susceptibles de chuter ne risquent pas de porter atteinte à leur intégrité géométrique (cf. § 3.2.1.5.4). L'accident de criticité est donc exclu.

7.3. Mesures de gestion des conséquences de la perte de la fonction de refroidissement de l'eau de la piscine ou tout autre entreposage du combustible

L'objectif visé dans ce cas est de maintenir en permanence un inventaire en eau suffisant dans les piscines et canaux en compensant par appoint le phénomène d'évaporation qui va s'accroître compte tenu de la perte de la fonction de refroidissement.

7.3.1. Avant et après la perte d'une protection appropriée contre les radiations :

- AVANT : en s'appuyant sur la surveillance des températures et niveaux des piscines et canaux, l'objectif est de rétablir un niveau d'eau suffisant par appoint via les différents moyens d'appoint de secours déjà décrits. Des moyens de manutention des batardeaux peuvent être requis en cas de besoin de compartimenter les capacités.

- APRES : rétablir au plus vite un niveau d'eau suffisant.

La chaîne de remplissage à la piscine peut être commandée depuis la salle d'épuration et le circuit d'appoint d'eau de secours depuis le poste de repli, donc sans besoin d'intervention à l'intérieur de l'enceinte.

Dans le cas où ce circuit d'appoint d'eau de secours n'est pas disponible, ou en fonction de la disposition des batardeaux, une intervention dans l'enceinte OSIRIS ou dans le hall des ateliers chauds pourra s'avérer nécessaire, par exemple pour disposer un tuyau souple dans une piscine ou canal, afin de réaliser un appoint d'eau, notamment via la « colonne sèche » prévue à cet effet dans le sas camion. On peut envisager l'utilisation éventuelle d'un robot télécommandé pour cette opération en fonction de l'ambiance dosimétrique.

7.3.2. Avant et après le dénoyage du combustible en piscine

Les objectifs restent ceux décrits au § 7.3.1. Il convient de noter que les calculs effectués ont montré que la dynamique de dénoyage et assèchement des éléments combustibles entreposés par évaporation de l'eau n'est pas susceptible de conduire à un accident de re-criticité.

La baisse du niveau d'eau en piscine et canaux s'accompagnera d'une montée du débit de dose d'irradiation, due aux matériels et dispositifs accrochés sur les rambardes. Les délais cités précédemment permettent de transporter les dispositifs dans une partie saine de l'installation, voire de les couler en fond de piscine d'OSIRIS.

Les interventions dans le hall pile du réacteur OSIRIS et dans le hall des ateliers chauds pourront se dérouler dans des conditions radiologiques acceptables tant qu'une épaisseur d'eau de 2 m sera présente au-dessus du cœur d'OSIRIS (soit le niveau -7 m), ou de 1 m au-dessus des combustibles en canal n°2 (soit le niveau -4,5 m).

En effet, une étude conduite dans le cadre de l'évaluation complémentaire de sûreté a montré, en utilisant les mêmes hypothèses que celles présentées au § 2.1, que :

- Au niveau de la margelle piscine, avec 2 m d'eau au-dessus du cœur d'OSIRIS, le débit d'équivalent

de dose maximal serait de 3,7 mSv/h en vue directe du cœur. En s'éloignant de la bordure de la margelle piscine, le débit de dose est estimé à 75 μ Sv/h à 1 m du bord.

- Au niveau de la margelle canal n°2, avec 1 m d'eau au-dessus des éléments combustibles, le débit d'équivalent de dose maximal serait de 90 mSv/h en vue directe des éléments combustibles. En s'éloignant de la bordure du canal, le débit de dose est estimé à 4,5 mSv/h à 1 m du bord.
- En l'absence d'eau recouvrant les éléments combustibles dans le canal n°2, le débit d'équivalent de dose maximal serait de 13,5 Sv/h en bordure de canal. En s'éloignant de la bordure du canal, le débit de dose est estimé à 0,7 Sv/h à 1 m du bord.

7.3.3. Avant et après un grave endommagement du combustible dans l'entreposage

Les objectifs et modalités restent ceux décrits au § 7.3.2.

8. Conditions de recours aux entreprises prestataires

Le recours à la sous-traitance est un acte normal d'entreprise, consistant à faire faire ce qu'on ne sait pas faire, ce que d'autres savent mieux faire ou ce qu'on ne peut pas faire en temps utile ou avec les moyens dont on dispose. Toutefois au CEA, il revêt un caractère sensible du fait qu'il implique des tiers dans le fonctionnement ou les activités de l'établissement public et dans l'exploitation d'installations réglementées, notamment dans le domaine nucléaire. Il est donc indispensable que le recours à la sous-traitance soit convenablement maîtrisé, ce qui nécessite un encadrement adéquat, en matière de sûreté et de sécurité ainsi que sur les plans juridique et technique, et qu'il fasse l'objet d'un suivi et d'un contrôle rigoureux.

La décision de faire appel à une entreprise extérieure fait dorénavant l'objet d'une analyse préalable sur les risques et les modalités de l'opération et sur son intérêt économique pour le CEA.

Un marché de sous-traitance n'est confié qu'à une entreprise présentant les compétences requises par le cahier des charges, dotée de la technicité et disposant des moyens en rapport avec la nature et l'importance des tâches objet de la prestation ainsi que de l'organisation de nature à satisfaire les exigences du CEA en matière de sûreté et de sécurité. Cette dernière condition fait l'objet d'une attention toute particulière de la part des décideurs, tant lors de la définition des besoins, que de la sélection des offres et de l'exécution du marché.

Pour l'attribution des marchés de sous-traitance, le CEA applique le principe du mieux-disant, consistant à choisir l'offre qui présente les meilleures garanties de bon achèvement tout en étant économiquement avantageuse, c'est-à-dire celle qui est le plus en adéquation avec ses besoins et respecte au mieux, à un coût raisonnable, les exigences requises, notamment en matière de sécurité et de sûreté. A cette fin, la prestation sous-traitée fait l'objet, avant la procédure de mise en concurrence (appel d'offre, dialogue compétitif, ...), d'un cahier des charges définissant précisément les besoins de l'unité, les conditions posées à l'attribution du marché, les exigences établies, notamment en matière de sûreté, et le résultat attendu.

L'entreprise prestataire retenue par le CEA, doit, au cas où elle recourt elle-même à des entreprises sous-traitantes, respecter les règles fixées par les conditions générales d'achat du CEA et en particulier obtenir un accord écrit et préalable du CEA pour ce faire.

Par ailleurs, la situation de la sous-traitance, avec ou sans intervention de personnel d'entreprises extérieures, fait l'objet d'une information annuelle des Comités d'établissement et du Comité National, conformément aux articles L. 2323-55 et R. 2323-11 du code du travail. En cas de primo-sous-traitance, il y a également consultation du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail.

8.1. Champs d'activité

Le directeur délégué aux activités nucléaires de Saclay a émis en juillet 2008, une prescription externe fixant les « exigences pour le système de management de la qualité des fournisseurs d'EIS ou d'activités concernées par la qualité (ACQ) en INB ». Cette prescription définit les exigences complémentaires à la norme ISO 9001 : 2000 que le fournisseur doit respecter afin d'être conforme à l'arrêté du 10 août 1984. Ces exigences, applicables au système de management de la qualité, ont pour objectif de garantir le respect des exigences techniques applicables aux activités concernées par la qualité, c'est-à-dire toute activité susceptible d'affecter la disponibilité, la fiabilité ou les performances d'un équipement important pour la sûreté et donc de dégrader la défense en profondeur d'une INB.

Les EIS, ACQ et exigences définies sont spécifiés dans le cahier des charges et complétées autant que de besoin par le fournisseur. Le cahier des charges explicite les éventuelles exigences spécifiques à la commande relatives au système de management (traçabilité, maîtrise des documents, organisation du contrôle technique, gestion des écarts, audits, etc...), l'identification des EIS et ACQ concernés, et les exigences définies applicables aux ACQ et aux EIS.

L'application de cette prescription est obligatoire pour les EIS tels qu'identifiés dans le référentiel de sûreté de l'installation ; elle peut être élargie à l'initiative du prescripteur à l'ensemble d'une activité concernant à la fois des EIS et d'autres équipements.

Un fournisseur est considéré comme « titulaire d'achat critique » du point de vue de la sûreté lorsque l'achat de produits ou la prestation effectuée influe sur la qualité des éléments importants pour la sûreté ou impacte les ACQ.

L'évaluation des prestataires titulaires d'achats critiques, intervenant sur des EIS ou exerçant des ACQ

est faite par l'installation sur la base du formulaire annexé à la procédure.

Sa déclinaison sur l'INB 40 est la suivante :

De façon à centrer ses efforts sur son cœur de métier, l'INB 40 fait appel à la sous-traitance en profitant du métier et du savoir-faire des entreprises du domaine concerné. Toutefois, l'INB 40 ne confie à des entreprises extérieures l'exécution de ces tâches que si ces entreprises ont les qualités requises pour les mener à bien dans le respect du cadre réglementaire et des exigences de sécurité et de sûreté.

L'exploitation de l'INB 40 est réalisée notamment grâce à des équipes de quart, intervenant en 3 x 8, soutenues par des équipes intervenant en horaire normal. Ainsi, la sous-traitance est limitée aux activités spécifiques, pour lesquelles le CEA ne possède pas en propre les compétences de terrain, ou aux activités pour lesquelles le CEA n'aurait pas de valeur ajoutée. Sont ainsi concernées :

- des actions de maintenance soutenues par des contrats pluriannuels :
 - o diesels,
 - o organes de ventilation,
 - o onduleurs
 - o sècheurs d'air,
 - o compresseurs d'air,
 - o cellules haute tension,
 - o éclairage,
 - o traitement de l'eau des tours aéroréfrigérantes,
 - o tests des filtres THE et des pièges à iode,
 - o étalonnages et vérifications d'appareils de mesure
 - o moyens de levage et de manutention, via un contrat porté par le Centre,
 - o contrôles réglementaires via un contrat global CEA pour distribution électrique, appareils de levage, équipements sous pression, etc.
- l'assistance technique à la planification des tâches liées à l'exploitation et aux expériences,
- les activités de ménage et assainissement des zones surveillées et contrôlées et des zones non réglementées ainsi que l'entretien des espaces verts et le nettoyage des vitres via des contrats portés par le Centre,
- la maintenance des capteurs et matériels de radioprotection,
- la mise en œuvre de l'activité de production de silicium dopé et la manutention des châteaux Agnès, via un contrat couvrant ces activités sur ORPHEE et OSIRIS.

Des activités ponctuelles, telles que des assainissements ou déconstructions d'anciens locaux, sont confiées à des entreprises reconnues aptes à les réaliser (CAEAR).

Pour ce qui concerne le contrôle-commande EIS, les matériels sont dans la plupart des cas de matériels spécifiques, pour lesquels une seule entreprise détient la technologie utilisée. C'est en particulier le cas pour le système de protection du réacteur, qui est le système le plus important du contrôle commande, ce qui nécessite de faire appel aux compétences des fournisseurs. Une démarche au niveau du CEA, initiée par le réacteur OSIRIS, a permis de pérenniser par contrat la connaissance de nos systèmes chez le fournisseur.

Il n'est pas prévu que l'INB 40 fasse appel à des prestataires extérieurs pour des opérations de gestion de crise ou de récupération de situation accidentelle.

8.2.Modalités de choix des prestataires

L'article 4 de l'arrêté du 10 août 1984 dispose que « l'exploitant, responsable de la sûreté de l'installation, est de ce fait responsable de l'application des dispositions du présent arrêté relatives aux activités concernées par la qualité. Pour les activités concernées par la qualité exercées par les prestataires, l'exploitant veille à ce que les contrats incluent la notification à ces prestataires des dispositions permettant l'application du présent arrêté.

L'exploitant exerce ou fait exercer sur tous les prestataires une surveillance permettant de s'assurer de l'application par ceux-ci des dispositions ainsi notifiées. En particulier, il veille à ce que les biens ou services fournis fassent l'objet de contrôles permettant de vérifier leur conformité à la demande. »

La circulaire du 10 août 1984 précise les termes de l'arrêté. Elle précise notamment que « la surveillance exercée sur les prestataires doit commencer au moment où ils sont choisis. Ce choix est effectué notamment sur la base d'une évaluation des aptitudes à fournir des biens ou services répondant aux exigences du client, que celui-ci soit l'exploitant lui-même ou l'un des prestataires, dans le cadre de l'application des dispositions de l'arrêté. Cette évaluation se fonde sur notamment sur la capacité

technique du prestataire et l'organisation mise en place pour obtenir et maintenir la qualité de sa prestation.

En matière d'évaluation préalable des fournisseurs, le CEA dispose de deux outils.

Des procédures d'évaluation des fournisseurs

Ces procédures locales d'évaluation des fournisseurs permettent aux Directeurs de centres :

- de répondre aux exigences de la norme ISO 9001 et à celles de l'arrêté qualité en consolidant au plan transverse les positions locales adoptées par les unités,
- d'améliorer la surveillance de nos prestataires en traçant leurs performances et le suivi des actions d'amélioration qu'ils mettent en œuvre,
- de rendre accessibles les données et résultats au plus grand nombre.

Les données recueillies permettent de connaître les caractéristiques des entreprises dans les domaines juridique, financier, technique (domaines de compétences, moyens humains et techniques), organisationnel (qualité, sécurité), commercial (contrats conclus avec le CEA et avec d'autres clients). Elles permettent également d'évaluer les prestations (services, fournitures et travaux) réalisées par les entreprises dans le cadre d'un contrat sur la base de six critères, à savoir la conformité technique par rapport au cahier des charges, le respect des coûts, le respect des délais, le respect de la réglementation (notamment l'environnement, la sécurité, la radioprotection et la sûreté), la remise de la documentation prévue par le contrat et la qualité du service client.

Ce recueil de données permet de contribuer au choix des fournisseurs, en mutualisant le travail d'évaluation effectué sur tous les aspects de la réalisation des prestations.

La Commission d'Acceptation des Entreprises d'Assainissement Radioactif (CAEAR)

Les opérations d'assainissement radioactif et de démantèlement sont des opérations qui induisent des risques spécifiques pour le CEA et pour ses prestataires. Pour prendre en compte ces risques, le CEA pratique une sélection des entreprises et prononce, après examen d'un dossier et réalisation d'un audit, une acceptation dans les domaines de l'assainissement ou du démantèlement. Ce dispositif permet de s'assurer préalablement à tout contrat avec une entreprise appelée à réaliser une prestation concernant l'assainissement et le démantèlement :

- de sa connaissance du métier,
- de la gestion des compétences de son personnel,
- de sa prise en compte de la sûreté et de la sécurité.

Des pages spécifiques sur les sites internet et intranet du CEA ont été mises en ligne pour informer les entreprises, les prescripteurs d'achats et les services commerciaux dans le respect des principes d'ouverture, d'équité et de transparence des procédures commerciales ; elles permettent de télécharger tous les documents nécessaires au fonctionnement du dispositif.

La procédure d'acceptation se déroule en cinq étapes:

- le renseignement du questionnaire d'évaluation préalable par l'entreprise candidate ;
- l'étude de recevabilité, qui en cas d'issue favorable, conduit à la réalisation d'un audit d'évaluation ;
- la réunion du comité technique ;
- la décision de la commission ;
- le suivi et le renouvellement de l'acceptation.

L'acceptation est accordée pour une durée maximale de 3 ans et par agence. Elle est délivrée de façon spécifique pour des domaines précis et bornés. L'élargissement des domaines concernés à des opérations de conduite d'installation est en cours d'examen.

Le système d'acceptation de la CAEAR permet ainsi de qualifier les entreprises respectant les exigences du CEA dans le cadre des opérations d'assainissement et de démantèlement. Il constitue un moyen de surveiller et de maîtriser les prestataires intervenant dans ces domaines qui sont appelés à avoir un développement important dans les prochaines années. La CAEAR permet une présélection des prestataires en fonction de critères de sécurité, de technicité, de compétence des opérateurs. Elle permet également de rechercher un partage des objectifs de sécurité avec les entreprises, une production de déchets optimisée,... Elle contribue à maintenir et à développer la qualification des intervenants, et une meilleure intégration de la sûreté et de la sécurité dans le savoir-faire des entreprises.

Des programmes d'audits des fournisseurs et prestataires sont également élaborés et réalisés par chaque centre.

8.3. Dispositions prises pour maîtriser les conditions d'intervention

Les obligations de sécurité que doivent respecter les titulaires de marché et leurs sous-traitants en application du code du travail (en matière de santé et de sécurité au travail, notamment de radioprotection) et du code de la défense (en matière d'accès aux installations d'importance vitale, de protection et de contrôle des matières nucléaires, de protection du secret de la défense nationale) sont joints aux marchés passés par le CEA. Les modalités retenues par les soumissionnaires pour respecter ces obligations font partie des critères de choix des entreprises.

Lors d'une intervention d'une ou plusieurs entreprises sur un site pour des travaux, le CEA en sa qualité d'entreprise utilisatrice, assure la coordination générale des mesures de prévention qu'il prend et de celles prises par le chef de l'entreprise extérieure. En conformité avec la réglementation, il définit et s'assure de la mise en œuvre des règles et dispositions prises au titre de la prévention des risques. Ces règles ont pour but de prévenir les risques liés à l'interférence entre les activités, les installations et matériels des différentes entreprises présentes sur un même lieu de travail occupées ou non à une même opération.

En préalable à toute intervention de travailleurs d'entreprises extérieures, une inspection commune des lieux de travail, des installations et matériels qui s'y trouvent permet d'échanger toutes les informations nécessaires à la prévention des risques, notamment la description des travaux à accomplir, des matériels utilisés et des modes opératoires dès lors qu'ils ont une incidence sur la santé et la sécurité. L'analyse de ces informations permet de mener une analyse des risques d'interférence, et de définir les mesures de prévention associées à ces risques. En matière de radioprotection, l'article R. 4451-8 du code du travail précise que « chaque chef d'entreprise est responsable de l'application des mesures de prévention nécessaires à la protection des travailleurs qu'il emploie ». En application de cet article, l'entreprise extérieure doit posséder ses propres compétences en radioprotection et doit être capable de fournir une prestation radioprotection vis-à-vis de son personnel à la hauteur des risques radiologiques présents sur le lieu de la prestation.

Le chef d'installation du CEA exerce son autorité en matière de sécurité dans le périmètre de son installation, sans préjudice des responsabilités de l'employeur des intervenants. Il est chargé de mettre en œuvre les actions nécessaires à la maîtrise des risques inhérents à son installation et aux travaux qui y sont réalisés.

En matière de radioprotection, il s'appuie sur l'expertise technique du service compétent en radioprotection du CEA (SCR/CEA) et il coordonne les interactions entre le SCR et l'entreprise extérieure.

La personne compétente en radioprotection de l'entreprise extérieure (PCR/EE) assure l'ensemble des missions prévues par le code du travail pour le compte de l'EE, en s'appuyant sur les informations fournies par les salariés de son entreprise et par le CEA. Ses prestations sont fixées par le contrat qui précise sa présence en permanence sur le site ou à certains moments (inspection commune préalable, plan de prévention, réunions périodiques de suivi, retour d'expérience en fin de prestation...).

La PCR/EE a la possibilité de se faire représenter sur le lieu de la prestation par un ou plusieurs techniciens qualifiés en radioprotection (TQRP). Les modalités de cette représentation doivent être acceptées par le CEA.

Outre les dispositions réglementaires relatives à son personnel, la PCR/EE agit sous la responsabilité de son employeur et a la responsabilité de mettre en œuvre les actions liées à la radioprotection définies notamment dans le cahier des charges, le contrat, le plan de prévention et, le cas échéant, la convention signée avec le CEA.

Le SCR/CEA veille au respect des exigences définies dans le cahier des charges ; il participe à la réunion d'inspection commune et au plan de prévention et accompagne, dans l'installation et avant le début de leur prestation, les salariés de l'entreprise extérieure, la PCR/EE et le TQRP/EE et leur présente les risques radiologiques spécifiques à l'installation. Il s'assure que la PCR/EE et son représentant se sont appropriés le référentiel de radioprotection visé dans le cahier des charges et le plan de prévention et procède, en accord avec le Chef d'installation, aux contrôles nécessaires, sur la base d'un échantillonnage, permettant de garantir que l'EE met en œuvre les mesures de radioprotection qu'elle a la responsabilité d'appliquer. Il peut suspendre la prestation de l'EE à tout moment dès lors qu'il constate un risque avéré.

Conformément au principe d'équivalence: les dispositions de protection radiologique et le niveau de surveillance du personnel sont les mêmes pour tous les travailleurs exposés (CEA et entreprises extérieures).

Des actions de promotion de la culture de sûreté sont mises en place pour les opérateurs ou intervenants extérieurs dans les installations. Pour l'INB 40, la période d'accueil des intervenants est mise à profit pour rappeler les règles de base en matière de culture de sûreté.

Enfin, la gestion de la sous-traitance d'opérations techniques dans les installations nucléaires fait l'objet d'une vigilance particulière, spécifiquement quant à son impact sur la sûreté-sécurité.

Avant chaque intervention, la réunion d'inspection commune, conduite dans le respect des dispositions du code du travail, précède l'élaboration du plan de prévention. Les qualifications des intervenants sont vérifiées au cours de cette réunion. Les dispositions permettant de respecter la qualité de l'intervention et la sécurité des travailleurs sont rappelées. Les modalités de surveillance (visites de chantier, réunions d'avancement, points d'arrêt) sont mises en place.

Pour s'assurer que la surveillance des prestataires sera efficace, il importe que le personnel CEA dispose des compétences nécessaires. A cette fin chaque nouvel arrivant reçoit deux formations en radioprotection : formation dispensée par le SPR de l'installation + "Formation Complémentaire en Radioprotection" (2 jours à l'INSTN) par la suite le recyclage réglementaire est réalisé tous les 3 ans par le SPR de l'installation.

Pour ce qui est de la sûreté, chaque nouvel arrivant reçoit une information et une sensibilisation générale et adaptée à son poste de travail lors de son parcours d'intégration. Par la suite, des formations spécifiques sont fournies en fonction des évolutions de compétences, éventuellement actées par une habilitation. C'est notamment le cas pour le personnel de quart.

Le CEA veille à maintenir au niveau aussi bas que raisonnablement possible les doses de rayonnement reçues, tant par ses salariés que par ceux des entreprises extérieures auxquelles il a recours. Les résultats de la dosimétrie individuelle confirment le maintien à un niveau très bas de l'exposition des personnels aux rayonnements ionisants tant pour les salariés CEA que pour les entreprises extérieures. Ces résultats témoignent de la politique d'égal traitement des personnels (CEA et sous-traitante) pratiquée dans la réalisation des chantiers à risques radiologiques. Ainsi, en 2010, les doses maximales des salariés CEA dans les INB et les autres installations de Saclay ont toutes été inférieures à 3 mSv. Les doses maximales des salariés des entreprises extérieures ont été inférieures à 1,7 mSv.

Pour l'INB 40, le bilan de la dosimétrie opérationnelle indique l'exposition collective de l'ensemble des intervenants, celle des entreprises extérieures, et la dose maximale intégrée. Le nombre d'intervenants d'entreprises extérieures est sensiblement identique à celui des salariés CEA, pour des durées d'intervention qui peuvent être de 1 jour à permanent.

	2006	2007	2008	2009	2010
Exposition collective en H.Sv	0,064	0,062	0,055	0,063	0,056
Dont exposition Ent. Ext en H.Sv	0,014	0,017	0,015	0,016	0,017
Dose maximale en mSv	2,0	1,8	1,8	2,2	1,6

8.4. Modalités de surveillance

Le recours à la sous-traitance implique du CEA un suivi spécifique, tout aussi rigoureux que la gestion d'une activité interne, mais dans la limite des responsabilités contractuelles et réglementaires du titulaire du marché et de ses sous-traitants éventuels. Ce suivi s'exerce dans tous les domaines concernant l'exécution du marché (sûreté, sécurité, juridique, technique, social...) et fait intervenir, en tant que de besoin, les unités de support des centres.

Le CEA veille également à ce que l'entreprise prestataire (et ses sous-traitants éventuels) aient mis en place une organisation adaptée à la nature de la prestation et aux obligations de l'entreprise, et permettant de répondre aux objectifs de sûreté et de sécurité.

L'unité concernée du CEA doit veiller au respect des règles de sûreté et de sécurité par les entreprises sous-traitantes. En cas de non-respect de ces règles, elle dispose du droit d'arrêter unilatéralement la prestation ou de suspendre le marché et d'exiger qu'il soit porté remède à la situation dans les meilleurs délais sous la responsabilité de l'entreprise. Elle peut également lui appliquer des pénalités financières spécifiques.

Dans l'INB 40, la surveillance des prestataires est effectuée par les chargés d'affaire. La majorité du personnel a, à ce jour, suivi une formation intitulée « chargé d'opération » qui sensibilise les stagiaires, au titre de l'arrêté qualité, aux objectifs et modalités de surveillance de la sécurité et de la qualité fournie par les prestataires.

9. Synthèse

9.1. Bilan de l'évaluation complémentaire de la sûreté

A la demande de l'ASN, le CEA a mené une évaluation complémentaire de la sûreté de l'installation OSIRIS, au regard de l'accident survenu à la Centrale de Fukushima Daiichi. Conformément au cahier des charges de l'ASN, cette évaluation a été conduite sur la base des études existantes et du jugement d'ingénieur. Elle a permis d'identifier des études ou dispositions complémentaires qui peuvent être envisagées pour améliorer la robustesse de l'installation face à des situations extrêmes. Ces actions, rappelées ci-après, pourraient être mises en œuvre au regard de l'amélioration qu'elles seraient susceptibles d'apporter en termes de prévention, de résistance, ou de gestion des accidents.

9.1.1. Récapitulatif des effets faibles

Les risques d'effet faible identifiés sont les suivants.

9.1.1.1. Risque séisme :

Le comportement global de l'INB est bon pour un niveau de séisme équivalent en accélération à 1,3 fois le niveau du séisme forfaitaire (SF) applicable au centre CEA de Saclay situé en zone aismique. Pour la fonction de refroidissement, l'évaluation menée montre que l'ouverture des clapets de convection naturelle en cas d'arrêt des pompes du circuit primaire est garantie pour un séisme supérieur à 2 fois le SF

Il convient de noter que l'intégrité du joint de fractionnement du canal n°1 est assurée jusqu'au SF et la stabilité du plancher métallique à +8 m OSIRIS ne l'est que jusqu'à 0,7 fois le SF ; ce plancher doit donc, en toute logique, être consolidé.

Il résulte de la présente évaluation complémentaire de la sûreté ***qu'une fois traité le problème du plancher à +8m, un séisme d'un niveau inférieur à 1,3 fois le niveau de séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay ne conduit pas à une situation présentant un risque d'effet faible.***

9.1.1.2. Risque inondation :

Seule l'inondation due à de fortes pluies est envisageable. Elle serait susceptible de provoquer un débordement des regards du réseau d'évacuation des eaux pluviales mais aucun risque d'effet faible ne peut être initié par cette situation.

9.1.1.3. Risque séisme cumulé avec le risque inondation et conditions météorologiques extrêmes :

Un séisme d'un niveau supérieur au SF pourrait être l'initiateur de la rupture des bassins des aéroréfrigérants mais celle-ci n'est pas de nature à induire un risque d'effet faible.

Un séisme d'un niveau supérieur à 1,5 fois le SF pourrait initier la rupture de tuyauteries du circuit secondaire dans l'enceinte du réacteur OSIRIS, ce qui ne conduit pas à un risque d'effet faible.

Il en est de même pour la rupture de tuyauteries d'eau potable ou d'eau recyclée.

Aucun risque d'effet faible n'est à redouter tant que le séisme est d'un niveau inférieur à 2 fois SF.

Des conditions météorologiques extrêmes liées au phénomène d'inondation ne sont pas de nature à conduire à un risque d'effet faible supplémentaire.

9.1.1.4. Perte des alimentations électriques et de la source froide :

Concernant la perte des alimentations électriques :

L'INB 40 est alimentée par 2 lignes extérieures indépendantes, secourues par 2 diesels de secours, puis par des batteries, puis par un groupe d'ultime secours (GUS), puis par les groupes du centre.

Les situations susceptibles de conduire à des risques d'effet faible ne sont envisageables que dès lors que l'alimentation électrique est assurée seulement par le GUS ou les groupes du centre.

- Pour la piscine OSIRIS :

- Si les piscines et canaux sont initialement au *niveau nominal*, aucun risque d'effet falaise n'est envisageable puisque 2 m d'eau subsistent au-dessus du cœur au bout de 230 jours, la fusion du cœur étant impossible après 6 mois de refroidissement.
- Si la piscine du réacteur OSIRIS est initialement en *niveau bas* pour maintenance, le dénoyage du cœur pourrait intervenir en 43 jours. Ce délai est donc disponible pour mettre en place les dispositions nécessaires avant l'apparition d'un risque d'effet falaise.
- Pour le canal n°2, le début de dénoyage des éléments combustibles entreposés survient au bout de 192 jours ; aucun risque d'effet falaise n'est envisageable mais l'ambiance radiologique dans le hall des ateliers chauds rendra les interventions très délicates.
- Pour ISIS, la puissance résiduelle initiale est inférieure à la capacité d'échange du caisson cœur avec la piscine ; aucun risque d'effet falaise n'est à redouter.

Concernant la perte de la source froide principale et de secours :

L'INB 40 profite de réserves d'eau importantes dans les piscines et canaux et les différents circuits de l'installation. Des secours sont possibles par le réseau incendie du centre ou les moyens de pompage de la FLS dans les bassins du centre, voire les étangs de Saclay.

Sans appoint d'eau, l'évaporation conduit, en configuration normale de fonctionnement, à :

- Atteindre le niveau -6,7 m en piscine OSIRIS (2 m d'eau au-dessus du cœur) en 230 jours,
- Atteindre le dénoyage du cœur d'OSIRIS en 255 jours et la vidange de la piscine en 270 jours : aucun risque d'effet falaise n'est envisagé car la fusion des éléments combustibles est impossible après 6 mois de refroidissement.
- Atteindre un niveau -4,5 m en canal n°2 en 6 mois environ : aucun risque d'effet falaise n'est à redouter.
- Pour ISIS, la puissance résiduelle est trop faible pour atteindre le dénoyage du cœur conduisant à fusion : aucun risque d'effet falaise n'est à redouter.

9.1.2. Conséquences sur les fonctions fondamentales de sûreté

L'évaluation complémentaire de la sûreté de l'INB 40 a montré que :

- La maîtrise de la réactivité et de la criticité est assurée pour toutes les agressions ou pertes d'alimentation électrique ou de source froide considérées.
- La perte du confinement dynamique intervient pour un séisme d'un niveau supérieur à 1,3 fois le niveau du séisme forfaitaire applicable au centre CEA de Saclay ou pour une perte de la totalité des alimentations électriques.
- La fonction fondamentale de sûreté « réfrigération et évacuation de la puissance résiduelle » conditionne le comportement des éléments combustibles contenus dans les piscines et canaux de l'INB 40. Elle est assurée avec des délais conséquents.

9.1.3 Conclusions sur le recours aux prestataires

L'examen des conditions de recours aux entreprises prestataires a permis d'évaluer leur champ d'activité, les modalités de choix de ces entreprises, leurs conditions d'intervention et la surveillance effectuée par le CEA.

Cet examen n'a pas mis en évidence de difficulté particulière. En particulier, en matière de radioprotection, il y a équivalence des dispositions opérationnelles entre les salariés des entreprises extérieures et ceux du CEA.

9.2. Evaluation de propositions de dispositions complémentaires qui pourraient être mises en place au regard de l'amélioration qu'elles seraient susceptibles d'apporter en termes de résistance des composants, de renforcement de l'indépendance entre les différents niveaux de défense de l'installation ou de gestion de l'accident

Evolutions visant à améliorer les marges sismiques	Gains attendus
Renforcement de l'ancrage du plancher métallique du niveau +8 m du hall du réacteur OSIRIS	Tenue au séisme de ce plancher

Mise en place de sources électriques durcies pour alimenter les ponts du hall pile et des ateliers chauds	Possibilité de mettre en place les batardeaux afin d'isoler la fuite des autres piscines ou canaux
Modification du système provoquant l'arrêt de montée des ponts sur détection d'irradiation en surface des piscines et canaux	Possibilité de mettre en place les batardeaux afin d'isoler la fuite des autres piscines ou canaux
Appoint d'eau de l'ordre de 150 m ³ dès lors que la piscine du réacteur se trouve en situation de niveau bas	Diminuer la baisse de niveau d'eau dans la piscine d'OSIRIS

Evolutions visant à améliorer la robustesse vis-à-vis de l'inondation, des conditions météorologiques extrêmes ou du cumul séisme et inondation externe ou interne	Gains attendus
Secours de l'alimentation électrique du ventilateur de la ventilation de sauvegarde placé à 2 m de hauteur et les équipements permettant de configurer la ventilation sur le hall pile OSIRIS	Assurer la filtration sûre des rejets de ventilation
Secours de l'alimentation électrique des pompes de relevage du vide annulaire	Augmenter le délai avant introduction d'eau dans le hall du réacteur OSIRIS
Secours de l'alimentation électrique de la pompe de la couche chaude	Assurer une protection biologique dans le hall du réacteur OSIRIS
Isolation de la galerie technique assurant la liaison entre le niveau -4 m galerie couronne et les aéroréfrigérants	Eviter l'entrée d'eau liée à une rupture de bassins
Utilisation de murets autour des passages donnant accès au niveau -4 m galerie couronne	Augmenter l'étanchéité du niveau -4 m de la galerie couronne
Isolation du tunnel reliant le laboratoire Pierre Süe et Osiris.	Diminuer le volume d'eau susceptible d'entrer dans le vide annulaire
Dispositions interdisant le soulèvement des cuves acide, soude et fuel ou empêchant l'eau de pénétrer dans les rétentions	Protéger l'environnement et assurer l'autonomie des diesels de secours
Installation d'une plaque permettant de fermer l'entrée d'air de pulsion	Augmenter l'étanchéité du niveau -4 m de la galerie couronne

Evolutions visant à améliorer la robustesse des alimentations électriques	Gains attendus
Procédure de conduite de l'installation en cas de perte prolongée du réseau EdF	Prolonger le temps de fonctionnement des alimentations de secours
Protocole de gestions des consommables gazole et huile comprenant la définition des stocks minimaux à assurer dans l'installation et les modalités de surveillance des stocks,	Prolonger le temps de fonctionnement des alimentations de secours
Secours de l'alimentation électrique de la pompe du	Diminuer la baisse de niveau d'eau dans

circuit de remplissage	les piscines et canaux
Procédure de réalisation d'un appoint en gazole et huile des moteurs, groupe électrogène en fonctionnement	Prolonger le temps de fonctionnement des alimentations de secours
Secours de l'alimentation électrique d'au moins un ventilateur de la ventilation de sauvegarde	Filtrer les rejets de la ventilation en permanence
Secours de l'alimentation électrique des pompes permettant le transfert de la bache de vidange vers la piscine OSIRIS	Diminuer la baisse de niveau d'eau dans la piscine OSIRIS

Evolutions visant à améliorer la capacité de refroidissement du combustible	Gains attendus
Modification du système provoquant l'arrêt de montée des ponts sur détection d'irradiation en surface des piscines et canaux	Possibilité de mettre en place les batardeaux afin d'isoler la fuite des autres piscines ou canaux
Stock de sacs de sable	Obstruer une fissure survenant au fond d'une piscine ou d'un canal
Procédure décrivant la conduite à tenir en cas de baisse du niveau d'eau de la piscine OSIRIS afin de considérer le cas pénalisant du cumul des aléas	Diminuer la baisse de niveau d'eau dans la piscine OSIRIS
Mise en place de sources électriques durcies pour alimenter les ponts du hall pile et des ateliers chauds	Possibilité de mettre en place les batardeaux afin d'isoler la fuite des autres piscines ou canaux
Secours de l'alimentation électrique de la pompe du circuit de remplissage	Diminuer la baisse de niveau d'eau dans les piscines et canaux
Secours de l'alimentation électrique des pompes permettant le transfert de la bache de vidange vers la piscine OSIRIS	Diminuer la baisse de niveau d'eau dans la piscine OSIRIS
Secours de l'alimentation électrique du ventilateur de la ventilation de sauvegarde placé à 2 m de hauteur et les équipements permettant de configurer la ventilation sur le hall pile OSIRIS	Assurer la filtration sûre des rejets de ventilation

Evolutions visant à faciliter l'exploitation post-accidentelle	Gains attendus
Remplacement des portes des remises contenant les équipements de la FLS par des portes souples	Augmenter la facilité d'accès à ces équipements