



NEUTRONS
FOR SCIENCE

RAPPORT ANNUEL RÉACTEUR HAUT FLUX
INSTITUT LAUE-LANGEVIN



RAPPORT TRANSPARENCE ET SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

Réacteur Haut Flux - Institut Laue-Langevin

2014



SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 4 |
| Présentation de l’Institut et du Réacteur Haut Flux | 4 |
| Le réacteur | 5 |
| L’utilisation des neutrons par les scientifiques | 6 |
| Quelques exemples de belles réussites scientifiques en 2014 :..... | 8 |
| Dispositions prises en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection | 10 |
| Dispositions générales d’organisation | 11 |
| Dispositions techniques en matière de sûreté nucléaire | 12 |
| Généralités | 12 |
| Faits marquants en matière de sûreté | 13 |
| Contrôles internes et externes | 15 |
| Bilan des transports de matières radioactives | 15 |
| Exercices de préparation aux situations d’urgence | 15 |
| Perspectives pour l’année 2015..... | 15 |
| Dispositions techniques en matière de radioprotection | 16 |
| Généralités | 16 |
| Faits marquants de l’année 2014..... | 16 |
| Dosimétrie du personnel : résultats | 17 |
| Evénements significatifs en matière de sûreté et de radioprotection | 18 |
| Généralités | 18 |
| Bilan 2014 | 19 |
| Résultats des mesures des rejets liquides et gazeux | 22 |
| Les rejets gazeux | 22 |
| Les rejets liquides | 25 |
| Les rejets non radioactifs | 26 |
| Impact des rejets sur l’environnement | 26 |
| Impact des rejets gazeux | 26 |
| Impact des rejets liquides | 27 |
| Gestion des déchets radioactifs | 27 |

| | |
|---|-----------|
| Quantité de déchets évacués en 2014 | 28 |
| Déchets de laboratoire..... | 28 |
| Déchets TFA | 28 |
| Déchets FA/MA/HA | 28 |
| Quantité de déchets présents dans l’installation en fin d’année 2013 | 29 |
| Quantité de déchets présents dans l’installation en fin d’année 2014 | 30 |
| Glossaire..... | 31 |
| Avis du CHSCT | 33 |

Introduction

L'Institut Laue Langevin (ILL) est un organisme de recherche de renommée internationale en sciences et techniques neutroniques. L'ILL propose aux scientifiques une instrumentation de haute technologie. Institut de service, il met ses équipements à la disposition de la communauté scientifique internationale. Plus de 750 expériences sont effectuées chaque année à l'ILL, et environ 1500 chercheurs viennent y réaliser leurs programmes, sélectionnés par un comité scientifique.

L'Institut est doté d'une source de neutrons très intense, le Réacteur nucléaire Haut Flux qui constitue l'Installation Nucléaire de Base n° 67. L'installation est soumise au Décret n° 94-1042 du 5 décembre 1994 portant nouvelle autorisation de création par l'Institut Max Von Laue-Paul Langevin d'une installation dénommée Réacteur à Haut Flux, sur le site de Grenoble (Isère).

Conformément à l'article 21 de la loi n°2006-686 du 13 Juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire (loi TSN), l'Institut Laue Langevin, en tant qu'exploitant d'une Installation Nucléaire de Base, doit produire chaque année un rapport d'information du public. Ce rapport est présenté ci-après.

Présentation de l'Institut et du Réacteur Haut Flux

L'Institut Laue Langevin et le Réacteur Haut Flux sont situés au Nord du polygone scientifique de Grenoble (voir photo ci-dessous), sur un site regroupant plusieurs organismes scientifiques :

- ✓ l'ILL,
- ✓ l'ESRF, European Synchrotron Radiation Facility,
- ✓ l'EMBL, European Molecular Biology Laboratory,
- ✓ le CIBB, Carl-Ivar Bränden Building, bâtiment abritant des partenariats scientifiques en biologie structurale et en virologie,
- ✓ l'IBS, Institut de Biologie structurale, depuis fin août 2013.

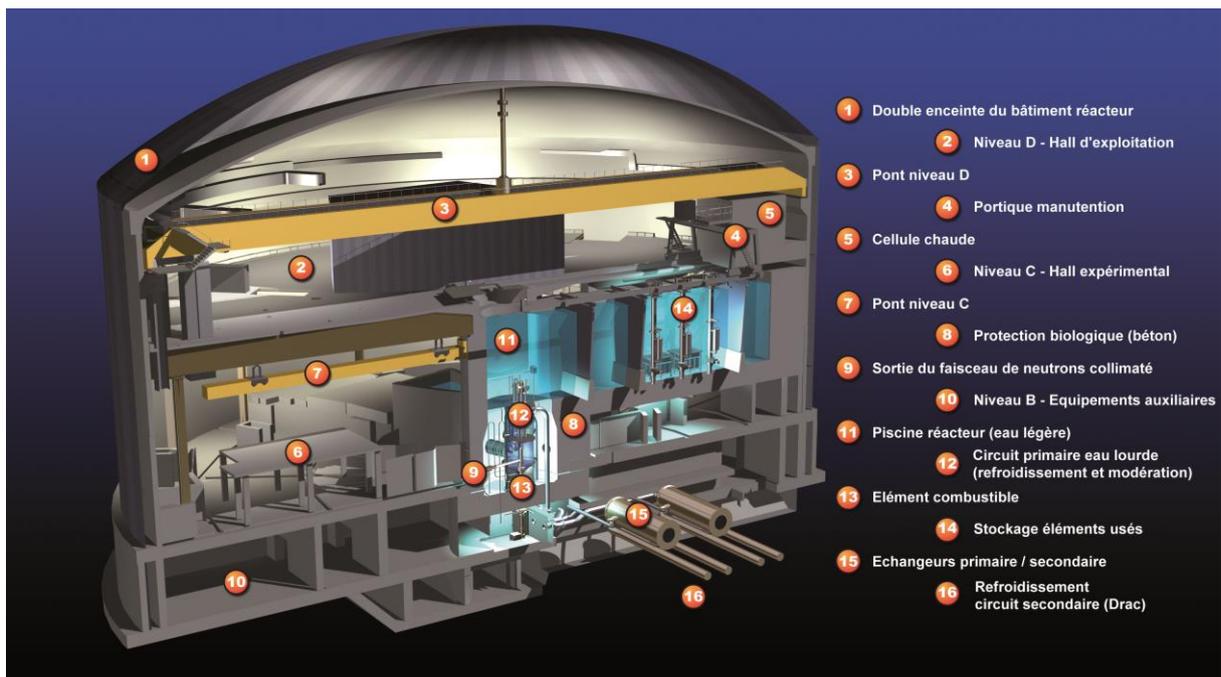
1300 personnes travaillent sur ce site.

L'Institut Laue Langevin est géré par trois pays associés, la France (CEA et CNRS), l'Allemagne et le Royaume Uni. Dix partenaires scientifiques participent également à son financement. Son budget pour 2014 était de 91 M€. 500 personnes de 44 nationalités différentes travaillent à l'ILL.



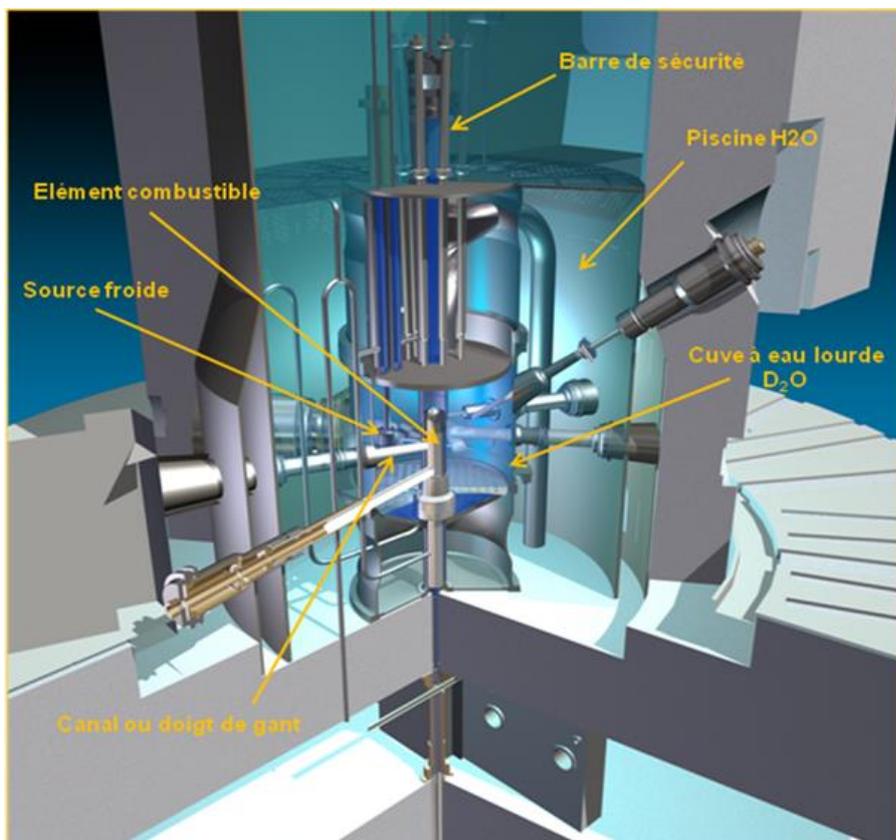
Le réacteur

Le Réacteur Haut Flux de l'ILL fonctionne en continu durant des cycles de 50 jours. Son cœur est constitué d'un élément combustible unique d'Uranium très enrichi refroidi à l'eau lourde et permet ainsi de produire le flux de neutrons le plus intense du monde soit $1,5 \times 10^{15}$ neutrons par seconde et par cm^2 . La puissance thermique, de 58 MW, n'est pas réutilisée et est évacuée par un circuit secondaire alimenté par l'eau du DRAC. La cuve à eau lourde contenant le cœur est située dans une piscine remplie d'eau déminéralisée qui assure une protection vis-à-vis des rayonnements neutrons et gammas émis par le cœur. Le réacteur est piloté au moyen d'une barre absorbante de neutrons que l'on extrait au fur et à mesure de la consommation de l'uranium. Il possède, en outre, 5 barres de sécurité, également absorbantes de neutrons, dont la fonction est l'arrêt d'urgence du réacteur.



Les neutrons produits dans le réacteur par la **réaction de fission** ont une très grande énergie (vitesse : 20 000 km/s). Ils sont ralentis par l'eau lourde afin de pouvoir à la fois provoquer de nouvelles fissions pour entretenir la réaction en chaîne (neutrons thermiques dont la vitesse est de 2,2 km/s) et alimenter les dispositifs expérimentaux des scientifiques.

Trois dispositifs situés à proximité immédiate du cœur permettent également de produire des neutrons chauds (10 km/s) ainsi que les neutrons froids et ultra-froids (700 m/s et 10 m/s) : il s'agit d'une part de la source chaude, constituée d'une sphère de graphite maintenue à 2600°C et de deux sources froides, dont la plus importante est constituée d'une sphère contenant 20 litres de Deutérium maintenue à l'état liquide à -248°C dans laquelle les neutrons, par une succession de collisions avec les atomes de deutérium sont ralentis à l'énergie recherchée. Les neutrons sont alors prélevés au sein de la cuve par une vingtaine de canaux, dont certains pointent sur l'une des sources froides ou chaude. Ces canaux, prolongés par des guides de neutrons alimentent ensuite une quarantaine d'aires expérimentales équipées d'une instrumentation de pointe situées jusqu'à 100 mètres du réacteur.



3 cycles de fonctionnement ont été effectués en 2014. Le cycle 171 était un cycle de requalification à 30 MW après l'arrêt d'un an pour travaux, notamment sur les guides H5 alimentant les aires expérimentales du bâtiment ILL22. Le cycle 172 s'est déroulé à puissance réduite en début de cycle, du fait d'une anomalie sur le circuit de réfrigération du deutérium de la source froide. Le cycle 173 s'est déroulé normalement à la puissance nominale du réacteur.

L'utilisation des neutrons par les scientifiques

Les neutrons permettent d'explorer la matière de façon non-destructive, dans les domaines scientifiques les plus variés : physique, chimie, biologie et biotechnologies, nanotechnologies, géosciences ou génie civil. Le principe de la majorité des expériences est toujours le même : les scientifiques placent l'échantillon de matière à étudier dans le faisceau de neutrons issu du réacteur (après avoir sélectionné

finement l'énergie des neutrons au moyen de monochromateurs et de sélecteurs) ; les neutrons sont diffusés par l'échantillon ; la détection et la mesure des neutrons diffusés leur fournit, après traitement, des informations sur les caractéristiques physiques de leur échantillon. L'objectif essentiel est d'approfondir les connaissances sur la matière, quel que soit son état, afin de développer les matériaux et les médicaments du futur.



Hall d'expériences



Une aire expérimentale

Plus de cinquante instruments (voir schéma ci-dessous) permettent ainsi aux physiciens du monde entier de venir effectuer des expériences, dont les résultats devront être publics (publication dans des revues scientifiques) et dont les applications devront rester dans le domaine civil.

Cet effet thermodynamique favoriserait l'agrégation de la protéine tau, aux dépens de l'état normal (non agrégé), a priori plus stable.

Ces résultats ouvrent un nouveau champ de connaissances dans la compréhension de la pathologie d'Alzheimer. Cette fluidité accrue révèle en effet la formation de fibres pathogènes et pourrait servir de marqueur précoce de la maladie. Ces résultats semblent confirmer une hypothèse et des observations antérieures, par IRM de diffusion, d'une augmentation de la diffusion de l'eau dans l'hippocampe chez des patients atteints par la maladie.

[A la recherche de l'Énergie sombre, avec des neutrons](#)

Il n'est pas toujours nécessaire d'avoir un immense accélérateur pour faire de la physique des particules.

- *Une expérience réalisée avec des neutrons a permis de tester la validité de la loi de la gravitation de Newton via une nouvelle méthode avec une très grande précision. Ces travaux fixent des limites pour d'éventuelles nouvelles particules ou forces fondamentales à découvrir, qui sont cent mille fois plus restrictives que les estimations précédentes.*
- *La spectroscopie de résonance gravitationnelle, une méthode développée à l'Université de Technologie de Vienne et à l'Institut Laue-Langevin de Grenoble, est si sensible qu'elle peut maintenant être utilisée pour rechercher la Matière Noire et l'Énergie Sombre.*

Toutes les particules que nous connaissons ne représentent que cinq pourcent de la masse et de l'énergie de l'univers. Le reste - la « matière noire » et l'« énergie sombre » – reste mystérieux. Une collaboration européenne, menée par des chercheurs de l'Université de Technologie de Vienne, a réalisé à l'Institut Laue-Langevin (ILL) à Grenoble des mesures extrêmement précises des effets gravitationnels à très courtes distances.

Des particules encore à découvrir ? La matière noire est invisible mais elle agit sur la matière par sa force d'attraction gravitationnelle, influençant ainsi la rotation des galaxies. Pour sa part, la matière noire est responsable de l'expansion accélérée de l'univers. Elle peut être décrite en introduisant une nouvelle quantité physique, la Constante Cosmologique d'Albert Einstein. Par ailleurs, des théories alternatives ont été avancées appelées les théories de la quintessence : “Après tout, il est possible que l'espace vide ne le soit pas complètement, mais qu'il soit imprégné par un champ inconnu, similaire au champ de Higgs” a déclaré le Professeur Hartmut Abele (TU Vienne), directeur de l'« Atominstut » et qui dirige le groupe de recherche. Ces théories doivent leur nom à la “quintessence” d'Aristote – un cinquième élément hypothétique, en plus des quatre éléments classiques de la philosophie de la Grèce antique.

Si de nouvelles sortes de particules ou de forces additionnelles de la nature existaient, il devrait être possible de les observer, ici, sur terre. Tobias Jenke et Hartmut Abele de l'Université de Technologie de Vienne ont développé un instrument extrêmement sensible qu'ils ont utilisé avec leurs collègues à la source de neutrons de l'ILL à Grenoble pour étudier les forces gravitationnelles. Les neutrons sont parfaitement adaptés pour ce genre de recherche. Ils ne sont pas chargés électriquement et sont difficilement polarisables. Dans cette expérience, ils sont uniquement influencés par la gravitation et, peut-être, par des forces additionnelles encore inconnues. Des calculs théoriques analysant le comportement des neutrons ont été effectués par Larisa Chizhova, le Professeur Stefan Rotter et le Professeur Joachim Burgdörfer (TU Vienne). U. Schmidt de l'Université d'Heidelberg et T. Lauer de l'Université de Technologie de Munich ont contribué à l'analyse de polarisation.

Forces à petites distances

Le dispositif que l'équipe a mis au point utilise des neutrons ultra froids qui proviennent de la source continue de neutrons ultra froids la plus puissante au monde, l'ILL à Grenoble, et les injecte entre deux plaques parallèles. Selon la théorie quantique, les neutrons ne peuvent occuper que des états quantiques discrets avec des énergies qui dépendent de la force que la gravitation exerce sur la particule. En faisant osciller les deux plaques l'une par rapport à l'autre, l'état quantique du neutron peut être basculé. Il est ainsi possible de mesurer la différence entre les niveaux d'énergie.

« Cette étude est une étape importante vers la modélisation des interactions gravitationnelles à très courtes distances. Les neutrons ultrafroids produits à l'ILL associés aux dispositifs de mesure de l'Université de Vienne sont les meilleurs outils au monde pour étudier les déviations minuscules prédites par la gravitation pure de Newton », a déclaré Peter Geltenbort (ILL Grenoble).

Différents paramètres déterminent le niveau de précision nécessaire pour trouver ces déviations minuscules – par exemple, la constante de couplage entre d'hypothétiques nouveaux champs et la matière que nous connaissons. D'autres mesures de haute précision effectuées précédemment ont permis d'exclure certaines valeurs de paramètre pour la constante de couplage des particules ou forces de quintessence. Mais toutes les expériences précédentes ont laissé une vaste gamme de paramètres dans laquelle de nouveaux phénomènes physiques non-newtoniens pourraient se cacher.

Cent mille fois mieux que les autres méthodes

La nouvelle méthode neutronique permet de tester des théories dans ces paramètres. « Nous n'avons encore détecté aucune déviation de la loi bien établie de la gravitation newtonienne » a déclaré Hartmut Abele. « Par conséquent, nous pouvons exclure une nouvelle gamme de paramètres ». Ces mesures déterminent une nouvelle limite pour la constante de couplage, qui est inférieure d'un facteur cent mille aux limites établies par d'autres méthodes.

Même si ces mesures réfutent l'existence de certaines particules de quintessence, la quête continuera car il est possible qu'une nouvelle physique puisse être trouvée en dessous de ce nouveau niveau de précision. Par conséquent, il faudra encore améliorer la spectroscopie de résonance gravitationnelle : une augmentation supplémentaire de quelques ordres de grandeur semble possible selon l'équipe du Professeur Abele. Et si ces nouveaux travaux n'apportent aucune preuve de déviations de forces connues, cela serait une nouvelle victoire pour Albert Einstein : sa constante cosmologique apparaîtrait alors de plus en plus plausible.

Dispositions prises en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection

L'une des spécificités des installations nucléaires est de présenter des risques potentiels liés à la mise en œuvre de substances radioactives émettant des rayonnements ionisants. Dans le cas du Réacteur à Haut Flux, il s'agit essentiellement des produits de fission radioactifs produits dans le cœur du réacteur par la réaction de fission et des produits d'activation résultant de l'action des neutrons (issus de la fission) sur les matériaux constituant les structures proches du cœur. En cas d'accident, ces substances radioactives, si elles étaient relâchées dans les bâtiments de l'installation et dans l'environnement, pourraient entraîner des expositions significatives des travailleurs et des personnes du public, ainsi que des contaminations de l'environnement. C'est pourquoi, à l'ILL, comme dans toute installation nucléaire, des dispositions techniques et organisationnelles sont mises en œuvre pour réduire les risques à un niveau jugé acceptable. Ceci constitue le domaine de la sûreté nucléaire, qui recouvre les dispositions destinées à :

- Assurer le fonctionnement normal du réacteur en respectant les normes en matière de rejets d'effluents radioactifs (gazeux et liquides) et en matière d'exposition du personnel.
- Prévenir les incidents et accidents.
- Limiter les conséquences des incidents et accidents susceptibles de se produire malgré les mesures prises pour les éviter.

Dispositions générales d'organisation

L'Institut Laue-Langevin exploitant nucléaire du Réacteur à Haut Flux est organisé en quatre divisions :

- la Division Science (DS), qui regroupe les scientifiques et les techniciens affectés aux aires expérimentales,
- la Division Projets Techniques (DPT) qui conçoit et assure la maintenance des outils expérimentaux : guides neutrons, monochromateurs, spectromètres, diffractomètres, détecteurs, cryostats et cryo aimants...,
- la Division Administration (DA), chargée des aspects finances et ressources humaines,
- la Division Réacteur (DRe) qui est chargée d'assurer le fonctionnement, la maintenance et la sûreté du réacteur.

Le Chef de la Division Réacteur est le Chef de l'INB 67 par délégation du Directeur de l'ILL. Il est responsable de la sûreté nucléaire et de l'exploitation du Réacteur Haut Flux. Il s'appuie pour cela sur deux ingénieurs sûreté et 3 services responsables de l'exploitation et de la conduite du réacteur, ainsi que de sa maintenance (soit environ 90 personnes).

La conduite du réacteur est assurée par 6 équipes de quart, composées chacune de 5 agents et travaillant en 2x12h.

Un Ingénieur est d'astreinte en permanence et assume, par délégation du chef de la Division Réacteur, la responsabilité d'intervention immédiate dans les différentes phases de fonctionnement du réacteur.

L'exploitation du Réacteur Haut flux est réalisée conformément à son référentiel de sûreté, composé d'un rapport de sûreté et de règles générales d'exploitation approuvés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), ainsi que de prescriptions techniques notifiées par cette dernière pour le domaine de fonctionnement autorisé. Toute modification de l'installation, visant par exemple à atteindre un meilleur niveau de sûreté ou à l'adapter aux besoins évolutifs de la recherche est soumise à autorisation de l'ASN si elle nécessite une évolution de la démonstration de sûreté, tout en restant conforme au décret d'autorisation de création.

La maîtrise des situations d'urgence repose sur une organisation décrite dans le **Plan d'Urgence Interne (PUI)** approuvé par l'ASN. Lorsque les conséquences d'une situation d'urgence dépassent les limites du site de l'ILL, la préfecture applique le Plan Particulier d'Intervention (PPI). Chaque année, au moins un exercice PUI permet aux personnes impliquées dans l'organisation de crise de s'entraîner. En ce qui concerne le risque incendie, trois personnes formant l'EPI (Equipe de Première Intervention) sont disponibles à tout moment pour intervenir sur un départ de feu avant l'arrivée de la FLS (Formation Locale de Sécurité) du CEA Grenoble et/ou du SDIS 38. Il s'agit de personnels formés et entraînés au risque incendie qui assument cette fonction en plus de leur poste de travail.

Le Service Radioprotection Sécurité et Environnement (SRSE) rattaché à la direction de l'institut est chargé d'assurer la protection contre les rayonnements ionisants du personnel de l'ILL ainsi que la sécurité du travail ; en outre, le responsable de ce service assure également la fonction de conseiller à la sécurité des transports de matières radioactives au sens de la réglementation des transports de matières radioactives. L'activité de surveillance de l'environnement auparavant assurée par le CEA Grenoble pour le compte de l'ILL est maintenant assurée par le Laboratoire de surveillance de l'environnement du SRSE.

Enfin, **Le Service Médical du Travail** assure le suivi particulier des salariés travaillant en milieu ionisant.

Dispositions techniques en matière de sûreté nucléaire

Généralités

Les études de sûreté réalisées tout au long de la vie de l'installation (conception, modifications) reposent sur le principe de la défense en profondeur, qui comporte classiquement trois niveaux :

- Le premier niveau comprend un ensemble de dispositions visant à réduire le risque de sortie du domaine de fonctionnement normal ; il s'agit : de dispositions de conception prenant en compte des marges de sécurité, de mise en œuvre de programmes de maintenance préventive, de l'établissement de procédures particulières pour les opérations réalisées par les opérateurs.
- Le deuxième niveau vise à maîtriser les écarts par rapport au fonctionnement normal, avant que ceux-ci ne puissent conduire à un accident : cela peut concerner non seulement la mise en place de système d'arrêt d'urgence, mais aussi la réalisation de contrôles périodiques de bon fonctionnement ;
- Le troisième niveau vise à mettre en place des systèmes de sauvegarde ou des dispositions permettant de limiter les conséquences des accidents en postulant la défaillance des premier et second niveaux.

L'exemple des produits de fissions présents dans l'élément combustible dès que le réacteur a fonctionné quelques heures permet d'illustrer ces principes :

- L'élément a été conçu et est fabriqué pour que la gaine entourant le combustible nucléaire et donc les produits de fissions qui s'y accumulent au cours du cycle de fonctionnement de 50 jours soit une barrière étanche dans les conditions normales de fonctionnement. Le circuit primaire, lui, a été dimensionné pour assurer l'évacuation de la puissance thermique dégagée par la fission et maintenir l'élément en dessous de sa température de fusion : cela constitue l'un des éléments du premier niveau.
- La pression de l'eau du circuit primaire est mesurée en permanence par trois capteurs redondants : une pression trop basse peut être le signe, soit d'un arrêt des pompes assurant la circulation de l'eau, soit d'une fuite sur le circuit, événements qui peuvent avoir pour conséquence la perte du refroidissement de l'élément combustible et donc sa fusion. Ainsi, si deux des trois capteurs donnent une mesure inférieure à un certain seuil, l'arrêt immédiat du réacteur par chute des barres de sécurité est provoqué automatiquement afin de ne pas atteindre la température de fusion du cœur : cela constitue l'un des éléments du second niveau.

- Enfin, dans le cas d'un scénario où les systèmes du second niveau seraient inopérants, entraînant la fusion du cœur avec relâchement des produits de fissions dans l'air du hall réacteur, le bâtiment réacteur est équipé d'une part, d'une double enceinte étanche afin de confiner les produits de fission radioactifs à l'intérieur du bâtiment réacteur, et d'autre part d'un circuit d'effluents gazeux permettant de faire baisser la pression de l'air du hall réacteur (pression que peut éventuellement générer l'accident) en effectuant des rejets à la cheminée de 45 m du réacteur en les filtrant avec une très haute efficacité : cela constitue l'un des éléments du troisième niveau.

Suite à l'accident de Fukushima, les études complémentaires de sûreté ont conduit l'ASN et les exploitants à distinguer 3 catégories d'équipements et de moyens dans le troisième niveau, ce qui conduirait à distinguer désormais 5 niveaux de défense en profondeur. Les dossiers afférents des différents exploitants sont actuellement en cours d'étude et de validation.

Les études de sûreté prennent en compte non seulement les défaillances intrinsèques possibles des circuits ou éléments d'installations étudiés, mais aussi les agresseurs de type interne (risque d'incendie, risques liés aux chutes de charge, risque d'explosion...) et les agresseurs externes (risque sismique, risque d'explosion externe, risque d'inondation, risque de chute d'avion ...).

Ce sont ces études de sûreté que l'on trouve dans le rapport de sûreté de l'installation et qui conduisent à définir le domaine de fonctionnement de l'installation dans les RGE (Règles Générales d'Exploitation).

Ces documents étant établis, la sûreté en exploitation vise à s'assurer que l'installation est exploitée conformément aux règles établies, à mettre en place les procédures et consignes nécessaires, ainsi qu'à analyser toute nouvelle opération ou toute modification envisagée sous l'angle de la sûreté.

Faits marquants en matière de sûreté

- **Remplacement de l'eau lourde du circuit primaire** : Le procédé GEL (voir photos ci-dessous), mis en service en 2013, est une unité de dépotage/rempotage de l'eau lourde du circuit primaire en fûts et sur-fûts de 200 litres, ce, afin de pouvoir réaliser des expéditions/réception d'eau lourde. C'est la société OPG (Canada) qui a été retenue pour la détritiation de l'eau lourde (purification de l'eau vis à vis du tritium, isotope radioactif de l'hydrogène produit par action des neutrons sur le deutérium de l'eau lourde). En 2014, ce sont 2 charges d'eau lourde détritée de 10 m³ chacune qui ont été réceptionnées et 3 charges d'eau lourde tritiée de 10 m³ chacune qui ont été expédiées, finalisant ainsi la campagne de détritiation engagée en 2013.



- **Evacuation des résines échangeuses d'ions** correspondant à 20 années de fonctionnement réacteur : ces résines servent à épurer l'eau lourde du circuit primaire et l'eau des piscines et sont régulièrement remplacées. Elles étaient entreposées dans le bâtiment réacteur dans l'attente de pouvoir les évacuer. C'est chose faite grâce à la mise en œuvre du procédé MERCURE (société SOCODEI), qui permet l'enrobage et la solidification des résines en coque béton.

- **Travaux menés dans le cadre du projet STR (Stress Test Response), suite aux ECS (Etudes Complémentaires de Sûreté menées suite à l'accident de Fukushima) :** Le nouveau PCS3 (Poste de Contrôle de Secours) a été partiellement mis en service lors du second cycle 2014 (fonctions salle de repli/salle de crise et instrumentation de gestion de crise). Les travaux se sont poursuivis pour la réalisation des circuits de sauvegarde dimensionnés au niveau dit « Noyau dur » correspondant au scénario extrême d'un séisme majeur sur la faille de Belledonne provoquant la rupture en cascade des 4 barrages situés sur le Drac. Ces circuits, ainsi que leurs fonctions, sont :
 - **Le CEN (Circuit d'Eau de Nappe) :** il s'agit de deux forages indépendants dans la nappe phréatique, permettant de réalimenter en eau les piscines du réacteur (maîtrise du refroidissement du combustible).
 - **Le CDS (Circuit de Dégonflage Sismique) :** Il s'agit de deux circuits de ventilations indépendants permettant de maintenir en permanence l'enceinte du réacteur en légère dépression via des filtres de très haute efficacité et des pièges à iode (maîtrise du confinement). ce circuit remplacera l'actuel circuit d'effluents gazeux, en situation accidentelle. Il est relié à une nouvelle cheminée située sur le dôme du réacteur (voir photo ci- dessous)



Par ailleurs, des travaux de renforcement au séisme de niveau « Noyau dur » de certaines structures qui pourraient être agresseur de systèmes importants pour la sûreté ont été réalisés.

- **Mise en place d'un nouveau protocole de mobilisation du personnel en cas de crise :** Dans le cadre des ECS, il avait été proposé de rendre plus robuste le protocole de mobilisation du personnel en cas de crise extrême. A cette fin, l'ILL dispose maintenant d'un contrat avec une entreprise extérieure située géographiquement suffisamment loin de l'ILL pour ne pas être affectée par l'événement initiateur (séisme majeur et/ou Inondation). Cette entreprise aidera à la constitution des équipes nécessaires à la gestion de crise. Par ailleurs, deux points de regroupement, situés à l'extérieur de l'agglomération Grenobloise et à une altitude suffisante pour ne pas être affectés en cas de rupture de barrage, ont été mise en place par convention avec les mairies de Voiron et Lans en Vercors. Ces points de regroupement sont équipés du matériel nécessaire pour communiquer en toute situation avec la salle de contrôle (téléphone satellite) et pour servir de base arrière permettant éventuellement de déclencher le PUI et de gérer les équipes de relève à envoyer sur le site, par hélicoptère si le site de l'ILL n'est pas accessible par la route (Cas de la rupture du barrage de Monteynard par exemple).

Contrôles internes et externes

En ce qui concerne les contrôles internes à l'ILL, l'accent est mis sur la présence et la disponibilité des acteurs de la sûreté et de la qualité auprès des opérateurs réalisant les opérations d'exploitation, de contrôle et de maintenance de l'installation. Ainsi, toutes les procédures d'exploitation sont vérifiées par le Responsable Assurance Qualité de la division réacteur ou l'Ingénieur de Sûreté.

Deux audits internes ont été réalisés ; l'un concernant le laboratoire de surveillance de l'environnement, l'autre les transports de matières dangereuses (audit réalisé par le Conseiller à la Sécurité des Transports).

Bilan des transports de matières radioactives

Les transports de matières radioactives sont soumis à une réglementation particulière contenue dans l'arrêté du 29 mai 2009 (arrêté TMD) pour les transports par route. En 2014, le bilan des transports de matières radioactives est le suivant :

- Eléments combustibles usés vers l'usine de retraitement d'AREVA à la Hague : 0
- Eléments combustibles neufs : 2 arrivées
- Fûts d'eau lourde : 5 départs, 2 arrivées
- Echantillons et sources : 17 départs, 34 arrivées
- Emballages vides : 2 départs, 10 arrivées
- Colis de déchets : 3 départs
- Mouvements de matériels contaminés (procédé MERCURE) : 3 départs, 4 arrivées.

Exercices de préparation aux situations d'urgence

- **Exercice PUI du 24 Janvier 2015** : Cet exercice, préparé en 2014 mais réalisé début 2015 pour des raisons pratiques, avait pour objectif de tester le nouveau protocole de mobilisation du personnel de l'ILL en cas de crise (voir faits marquants). Il a permis de montrer son adéquation et de mettre en évidence la nécessité de certaines améliorations, notamment pour ce qui concerne l'accès aux données de l'installation à distance.
- **Exercice de sécurité** : Sept exercices incendie ont été effectués dans l'année, dont trois étaient réglementaires pour le recyclage des Equipes de Première Intervention (EPI). Deux exercices d'évacuation des bâtiments ont également été réalisés.

Perspectives pour l'année 2015

- Poursuite du Projet STR (Stress Test Response) et mise en service partielle du circuit de dégonflage sismique
- Mise en place du Système de management intégré permettant de répondre à l'arrêté du 7 février 2012.
- Réalisation du Dossier d'Option de Réévaluation de sûreté (DOR) en vue de la réévaluation de sûreté devant faire l'objet d'une réunion du Groupe Permanent d'experts pilotée par l'ASN en 2017.

Dispositions techniques en matière de radioprotection

Généralités

La radioprotection est l'ensemble des règles et des moyens de prévention et de surveillance visant à éviter ou à réduire l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants. A l'ILL, ces rayonnements proviennent essentiellement du réacteur lui-même (neutrons, gammas de haute énergie) et des substances radioactives produites par l'action des neutrons sur tous les matériaux de structure qu'ils rencontrent. La radioprotection repose sur trois principes fondamentaux :

- Le principe de justification : L'exposition aux rayonnements ionisants est justifiée lorsque le bénéfice qu'elle peut apporter est supérieur aux inconvénients de cette utilisation.
- Le principe d'optimisation ou principe ALARA: les expositions individuelles et collectives doivent être maintenues aussi bas qu'il est raisonnablement possible en dessous des limites et ce, compte tenu de l'état des techniques et des facteurs économiques et sociétaux.
- Le principe de limitation : les expositions individuelles ne doivent pas dépasser les limites de dose réglementaires.

Le premier principe se traduit par la raison d'être de l'ILL qui est de faire progresser la connaissance scientifique. Le Service chargé de la radioprotection est le garant des deux principes suivants qui se traduisent, par exemple, par la mise en place de méthodes de travail appropriées ou d'écrans de protections vis-à-vis des rayonnements.

Les agents de radioprotection sont présents auprès des personnels amenés à travailler dans des zones où les rayonnements ionisants sont présents afin d'effectuer des mesures et de proposer des moyens de protections adaptés. Leurs missions sont :

- La responsabilisation des acteurs qui passe par la formation et la sensibilisation de ces derniers.
- La prise en compte technique du risque radiologique dès la conception des nouvelles installations à risques radiologiques comme, par exemple, les nouveaux instruments de physique. La réalisation systématique d'un bilan dosimétrique prévisionnel lors des opérations à risque, et la recherche de moyens de limitation et d'optimisation des doses par la mise en place d'écrans de protection vis-à-vis des rayonnements par exemple.
- L'utilisation de moyens techniques performants pour la surveillance en continu des niveaux de rayonnements dans l'installation : Les agents de radioprotection exploitent ainsi une « chaîne de santé », qui regroupe une quarantaine de capteurs dans l'installation. Ils réalisent également de nombreuses mesures dans les différentes zones de l'installation avant toute intervention de personnel ; ils sont présents lors des chantiers pour assister les opérateurs du point de vue de la radioprotection.
- L'organisation du suivi dosimétrique des personnels.

Faits marquants de l'année 2014

De façon générique, les actions suivantes ont été poursuivies en 2014 :

- Formation radioprotection des nouveaux arrivants et recyclage du personnel tous les trois ans ;
- Examen de toutes les interventions à risque radiologique en vue d'une optimisation ;
- Avis du service compétent en radioprotection sur les créations ou modifications d'équipement nucléaire ou d'activité se déroulant en milieu nucléaire.

L'année 2014 a vu se mettre en place un processus formalisé d'analyse des risques des instruments expérimentaux. Dans ce cadre, l'étude radioprotection, réalisée plus en amont qu'auparavant et impliquant plus le responsable de l'instrument, permet de mieux mettre en évidence les éléments importants pour la radioprotection et donc de les identifier en tant que tels sur l'aire expérimentale en tant qu'éléments non démontables.

Dosimétrie du personnel : résultats

L'évaluation des doses reçues par les salariés en matière d'exposition externe est réalisée au moyen de deux types de dosimétrie conformément à la réglementation :

- La dosimétrie passive, qui repose sur l'utilisation de dosimètres à lecture différée dont la durée de port est le mois (travailleurs catégorie A) ou le trimestre (travailleurs catégorie B) : les travailleurs exposés aux rayonnements sont classés en catégorie A ou B selon qu'ils sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, des doses supérieures ou non à 6 mSv/an (le **Sievert** étant l'unité de mesure des doses). La limite annuelle pour les travailleurs de catégorie A est de 20 mSv/an. Cette dosimétrie est présentée dans le tableau ci-dessous pour l'ensemble du personnel.



- La dosimétrie opérationnelle qui repose sur l'utilisation de dosimètres électroniques permettant de mesurer en temps réel l'exposition reçue et qui délivrent des alarmes sur seuils prédéfinis de dose ou de **débit de dose**.

| | ILL | LTV* | Expérimentateurs | Entreprises intervenantes | Total |
|----------------------------------|--------------|-------------|------------------|---------------------------|--------------|
| Nombre de personnes suivies | 432 | 68 | 986 | 428 | 1914 |
| Nombre de doses nulles | 333 | 61 | 942 | 388 | 1724 |
| Dose collective [Homme.mSv] | 20,77 | 0,73 | 8,91 | 9,22 | 39,63 |
| Dose individuelle maximale [mSv] | 1,15 | 0,18 | 0,76 | 0,75 | 1,15 |
| Dose individuelle moyenne [mSv] | 0,048 | 0,011 | 0,009 | 0,022 | 0,021 |

*Long Term Visitor

**Les doses nulles correspondent à des doses inférieures au seuil d'enregistrement des dosimètres, soit 0,05 mSv.

La dose collective passive reçue sur le site de l'ILL en 2014 est de 40 H.mSv, en légère diminution par rapport à 2013. Elle est reçue pour moitié par le personnel ILL, l'autre moitié se répartissant de façon égale entre les expérimentateurs extérieurs et le personnel des entreprises intervenantes.

La dose individuelle maximale est de 1,15 mSv. Elle a été reçue par une personne de la Division Réacteur de l'ILL classée en catégorie A vis-à-vis du risque radiologique (limite annuelle réglementaire 20 mSv). Cette personne effectue des travaux de maintenance mécanique.

La baisse de la dosimétrie collective du personnel ILL correspond à la baisse de la dosimétrie du personnel de catégorie A qui intervient sur les chantiers actifs : ceux-ci ont pourtant été nombreux en 2014 avec notamment le chantier d'évacuation des résines échangeuses d'ions usées, les interventions en piscine du réacteur et en cellule chaude, le chantier de remplacement du doigt de gant H13 ... tous ces chantiers ont fait l'objet d'une optimisation par la démarche ALARA.

Concernant les doses individuelles du personnel de l'ILL, seules deux personnes ont reçu une dose annuelle supérieure à 1 mSv, qui est la dose limite pour le personnel non exposé professionnellement.

La baisse de la dosimétrie collective des expérimentateurs extérieurs est liée à une diminution de la durée de fonctionnement du réacteur par rapport à 2013.

En ce qui concerne les entreprises intervenantes, l'augmentation de leur dosimétrie collective correspond à la réalisation de chantiers actifs confiés à des entreprises extérieures. Les deux chantiers qui ont apporté la plus grande partie de la dose sont d'une part l'évacuation des résines échangeuses d'ions usées, et d'autre part des chantiers de soudure qui ont concerné des supports pour les mesures noyau dur en piscine réacteur ainsi que des tuyauteries du Circuit d'Eau de Nappe (CEN) installées dans le bâtiment réacteur.

Événements significatifs en matière de sûreté et de radioprotection

Généralités

Le retour d'expérience des installations nucléaires est organisé en priorité sur la base de la détection et de l'analyse des écarts et anomalies d'exploitation (par exemple, constatation lors d'un essai périodique, d'un défaut d'efficacité d'un filtre de la ventilation nucléaire).

L'ASN a défini aux exploitants nucléaires des critères précis de déclaration des événements significatifs dans les domaines de la sûreté, de la radioprotection et des transports. Chaque événement significatif fait l'objet d'une déclaration rapide, puis d'une analyse qui vise à établir les faits, à en comprendre les causes, à examiner ce qui pourrait se passer dans des circonstances différentes, pour finalement décider des meilleures solutions à apporter aux problèmes rencontrés. L'analyse des événements significatifs est ainsi un outil essentiel d'évaluation continue et d'amélioration de la sûreté.

Les événements déclarés à l'ASN, à l'exception des événements liés à l'environnement, sont accompagnés d'une proposition de classement dans l'échelle INES (voir tableau ci-dessous). Cette échelle est utilisée au plan international depuis 1991 et permet à l'ASN de classer tous les événements se produisant dans les Installations Nucléaires de Base et lors des transports radioactifs. Elle se fonde sur trois critères de classement (colonnes 2, 3 et 4 du tableau).

En France, plusieurs centaines d'événements sont classés chaque année au niveau 0 et environ une centaine au niveau 1. Le niveau 2 ne concerne que quelques événements par an. Les incidents de niveaux plus élevés sont rares, y compris dans le monde. Le niveau maximal atteint en France est le niveau 4, avec, en 1980, l'endommagement du cœur à la centrale de Saint Laurent des Eaux. Le dernier accident de niveau 4 est l'accident de criticité de Tokai-mura en 1999 qui a fait deux victimes et occasionné de faibles rejets radioactifs. Le niveau 5 a été atteint en 1979 aux Etats Unis avec l'accident de la centrale de Three Mile Island (fusion partielle du cœur). L'accident ayant affecté 4 des 6 réacteurs de la centrale de Fukushima Daiichi a été classé au niveau 7, comme l'accident de Tchernobyl en 1986.

| | | CONSEQUENCES A L'EXTERIEUR DU SITE | CONSEQUENCE A L'INTERIEUR DU SITE | DEGRADATION DE LA DEFENSE EN PROFONDEUR |
|----------|----------------------------|---|--|---|
| 7 | ACCIDENT MAJEUR | Rejet majeur : effets considérables sur la santé et l'environnement | | |
| 6 | ACCIDENT GRAVE | Rejet important susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues | | |
| 5 | ACCIDENT | Rejet limité susceptible d'exiger l'application partielle des contres mesures prévues | Endommagement grave du cœur du réacteur ou des barrières radiologiques | |
| 4 | ACCIDENT | Rejet mineur : exposition du public de l'ordre des limites prescrites | Endommagement grave du cœur du réacteur ou des barrières radiologiques ou exposition mortelle d'un travailleur | |
| 3 | INCIDENT GRAVE | Très faible rejet : exposition du public représentant au moins un pourcentage des limites fixées par le guide AIEA* | Contamination grave ou effets aigus sur la santé d'un travailleur | Accident évité de peu ou perte des barrières |
| 2 | INCIDENT | | Contamination importante ou surexposition d'un travailleur | Incidents assortis de défaillances importantes des dispositions de sécurité |
| 1 | ANOMALIE | | | Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé |
| 0 | ECART | | | |

Bilan 2014

En 2014, 8 événements significatifs ont été déclarés à l'Autorité de Sûreté Nucléaire au niveau 0.

- [02/11/2013 – Infiltration d'eau venant du toit en salle de contrôle \(niveau 0\)](#) : Lors de travaux sur le toit au-dessus de la salle de contrôle, il a été nécessaire d'enlever l'une des couches d'étanchéité. La couche restante ayant été endommagée en certains endroits, des infiltrations se sont produites. Elles ont atteint les armoires de relaying au 3ème étage, et ont provoqué une alarme sur une pompe d'un circuit de servitude en salle de contrôle. Les agents de quart ont alors découvert la fuite.
 - Causes de l'événement : Sous-estimation du risque d'endommagement de la couche d'étanchéité restante lors des travaux.
 - Conséquences réelles : aucune.
 - Conséquences potentielles : Risque de court-circuit provoquant l'arrêt de systèmes importants pour la sûreté. Scénario le plus pénalisant identifié réacteur à l'arrêt : perte de la ventilation et des effluents gazeux pouvant conduire à un rejet non concerté en cas de contamination incidentelle concomitante.
 - Actions correctives : Sensibilisation des personnes au risque de perte d'étanchéité lors des travaux en toiture. Protection des équipements pouvant être atteints lors d'éventuelles fuites.

- [12/06/2014 – Perte d'une pompe primaire principale \(niveau 0\)](#) : Lors du fonctionnement du réacteur, l'une des pompes primaire principale s'est arrêtée provoquant automatiquement la baisse de puissance contrôlée du réacteur. La consigne demandant l'arrêt immédiat du réacteur n'a pas été appliquée.
 - Causes de l'événement : lors du chantier de démontage de l'ancien tableau haute tension (15 kV), l'un des intervenants du prestataire a accroché le disjoncteur avec l'échelle qu'il était en train de mettre en place pour accéder au local HT afin d'y récupérer un outil qui avait chuté par l'une des trappes liée au démontage (ces trappes devaient être obturées au fur et à mesure, mais l'ordre des opérations avait été modifié). Cet intervenant n'était pas affecté à ce chantier et n'était donc pas informé de la consigne d'interdiction d'accès au local HT.
 - Cause du non-respect de la consigne d'arrêt : la décision a été prise par l'ingénieur sûreté qui a demandé la baisse de puissance à 32 MW et le réglage du seuil de puissance maximale à 35,2 MW afin d'assurer la protection du cœur en cas d'excursion de puissance avec une seule pompe.
 - Conséquences réelles : aucune.
 - Conséquences potentielles : aucune, le cœur étant protégé par le changement du seuil de puissance maximale.
 - Actions correctives : remise en service de la pompe et sensibilisation du prestataire et du responsable de travaux ILL au respect des règles de sécurité et du bon de travail, tant en ce qui concerne l'identité de l'intervenant que la procédure définie pour les opérations. La consigne et la Règle Générale d'Exploitation n° 9 ont été modifiées et fixent une durée d'indisponibilité d'une pompe à 2h.

- [01/07/2014 – Clapets coupe-feu bloqués ouverts \(niveau 0\)](#) : Lors du chantier de réfection du système d'extinction incendie dans les locaux de contrôle commande du réacteur et lors de la phase d'installation des nouveaux clapets, ces derniers ont été mis en position partiellement ouverte dans l'attente du montage et du raccordement des systèmes de manœuvre.
 - Causes de l'événement : défaut d'organisation et de communication entre les différents intervenants (sous-traitance en cascade).
 - Conséquences réelles : aucune.
 - Conséquences potentielles : propagation d'un incendie depuis la partie conventionnelle de l'installation. Réduction de l'efficacité du système d'extinction conduisant à la perte d'une partie du contrôle commande.
 - Actions correctives : révision des documents décrivant les processus de sous-traitance pour que les indisponibilités potentielles lors des travaux soient identifiées et formalisées dans les fiches « Liste d'Opération de Fabrication et de Contrôle ».

- [29/08/2014 – Montée anormale de l'activité tritium dans l'eau secondaire réacteur à l'arrêt \(niveau 0\)](#) :
 - Causes de l'événement : micro-fuite sur un tube de l'échangeur, sans que les investigations ne puissent mettre en évidence le défaut (courants de Foucault par sonde tournante).
 - Conséquences réelles : aucune.
 - Conséquences potentielles : faible rejet de tritium dans le Drac si le réacteur avait été en fonctionnement (0,1MBq).
 - Actions correctives : obturation du tube conformément à la procédure en vigueur.

- [05/09/2014 – Non-respect de la RGE N°21 \(niveau 0\)](#) : Non-respect de la température minimale dans l'installation GEL (Gestion de l'Eau Lourde).
 - Causes de l'événement : la température mesurée s'est avérée comme étant non représentative de la température réelle au niveau de l'entreposage des fûts. Il n'était par ailleurs pas initialement prévu d'entreposer des fûts d'eau lourde en hiver dans le local, ce qui peut expliquer que le problème de la représentativité n'ait pas été étudié suffisamment précisément.
 - Conséquences réelles : aucune.
 - Conséquences potentielles : aucune : si la température avait continué à baisser, l'alarme de température aurait déclenché avant le gel de l'eau lourde (3,81°C).
 - Actions correctives : l'emplacement de la mesure de température a été modifié et un système de chauffage complémentaire a été mis en place.

- [23/09/2014 – Départ de feu lors d'une soudure \(niveau 0\)](#) : Lors de la réalisation d'une soudure sur une tuyauterie du CDS dans le bâtiment réacteur, la vessie d'inertage a commencé à se consumer. L'opérateur a immédiatement stoppé le départ de feu au moyen d'un extincteur.
 - Causes de l'événement : la tuyauterie était inclinée et il n'y avait pas de système de maintien de la vessie d'inertage, ce qui a entraîné son contact avec une partie chaude de la soudure.
 - Conséquences réelles : un léger dégagement de fumées toxiques s'est produit.
 - Conséquences potentielles : le dégagement de fumée aurait pu être plus important en cas de réaction plus lente de l'opérateur.
 - Actions correctives : l'utilisation de ce type de vessie a été suspendue en attente d'expertise vis-à-vis du risque de dégagement de fumée toxique en cas de combustion.

- [27/10/2014 – Indisponibilité de la pompe d'urgence \(niveau 0\)](#) : L'équipe de quart s'est rendu compte de l'indisponibilité de la pompe d'urgence de la hotte de manutention du combustible au bout de 60 heures.
 - Causes de l'événement : l'indisponibilité a été provoquée par une perturbation électrique qui a activé le relais d'alimentation électrique de la hotte. L'alarme est sortie sur une verrine de la salle de contrôle qui était déjà active du fait du démontage du poste d'entretien des hottes (alarme regroupée), ce qui a conduit à une interprétation erronée de cette alarme.
 - Conséquences réelles : aucune.
 - Conséquences potentielles : aucune : pas de scénario réaliste de vidange accidentelle du canal 2 susceptible de mener au dénoyage de la hotte dans les 30 minutes, temps estimé pour rétablir l'alimentation et faire la pompe en automatique ou faire la pompe en mode manuel.
 - Actions correctives : une alimentation électrique indépendante a été mise en place. A terme, la séparation des alarmes sera effectuée (échéance : réalisation de la pompe d'urgence sismique).

- 02/11/2014 – Sollicitation du circuit de sécurité (niveau 0) : Lors du démarrage du réacteur pour début de cycle, une chute des barres de sécurité s'est produite sur seuil de période apparente.
 - Causes de l'événement : le période-mètre, qui est l'indicateur sur lequel se base le conducteur de pile lors de la divergence, était inactif. Aucune des personnes présente n'a identifié la panne. Le bouton de sélection de la voie de démarrage à raccorder au période-mètre n'a pas fonctionné. Le seuil d'arrêt de sortie de la barre de pilotage a été quasiment concomitant alors qu'il aurait dû précéder le seuil de chute de barres.
 - Conséquences réelles : aucune.
 - Conséquences potentielles : aucune : pas de scénario réaliste conduisant à la perte de maîtrise de la réactivité.
 - Actions correctives : mise en place de deux points d'arrêt dans la procédure de démarrage demandant la vérification de l'indication du période-mètre pendant la levée des BS et avant la divergence. Modification du seuil commandant l'arrêt de sortie de la BP pour qu'il se produise avant le seuil de chute des BS.

Résultats des mesures des rejets liquides et gazeux

Les rejets liquides et gazeux de l'ILL sont régis par l'arrêté du 3 août 2007. Cet arrêté a été établi sur la base d'une étude d'impact environnemental réalisée par l'ILL qui a été présentée en enquête publique en 2007.

Les rejets gazeux

La surveillance des effluents radioactifs gazeux est assurée au niveau de 2 émissaires, en aval des systèmes de filtration des effluents :

- La cheminée de 45 m du réacteur
- La cheminée de 17 m du bâtiment de détritiation

Les rejets gazeux sont classés en 5 catégories de radionucléides :

- Les gaz autres que le tritium
- Le tritium
- Les iodes
- Les aérosols
- Le carbone 14

Les 5 catégories sont quantifiées à la cheminée de 45 mètres du réacteur, par deux ensembles de chaînes de mesure redondantes. Le bâtiment de détritiation n'étant susceptible de rejeter que du tritium, sa cheminée de 17 mètres est équipée de deux mesures tritium redondantes.

Les rejets en gaz sont quantifiés par la voie de mesure des gaz temps réel et par un prélèvement représentatif hebdomadaire mesuré en laboratoire pour établir le spectre des radioéléments gazeux. Le tritium et le carbone 14 sont piégés en continu par barbotage, les barboteurs étant relevés et mesurés chaque semaine en laboratoire. Les iodes et les aérosols sont prélevés en continu respectivement sur cartouche de charbon actif et sur filtre mesurés également chaque semaine en laboratoire.

Le tableau suivant présente les rejets gazeux en 2014 exprimés en Tera-Becquerel (TBq) ou en Mega-Becquerel (MBq)

| EFFLUENTS GAZEUX | Rejets 2014 | Limite annuelle Arrêté du 03/08/2007 |
|-------------------------|--------------------|---|
| Gaz rares (TBq) | 0,81 | 10 |
| Tritium (TBq) | 8,3 | 75 |
| Carbone 14 (TBq) | 0,076 | 2 |
| Iodes (MBq) | 0,87 | 1000 |
| Aérosols (MBq) | 0,15 | 100 |

Le principal gaz rare radioactif émis est l'argon 41 (^{41}A) qui possède une période radioactive courte (2 heures). Ce gaz provient majoritairement de l'activation par les neutrons de l'air contenu dans l'eau légère de la piscine réacteur.

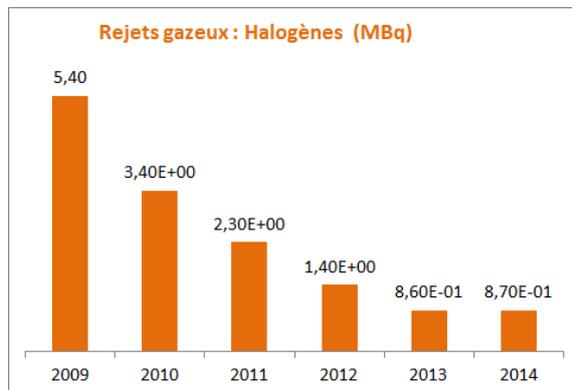
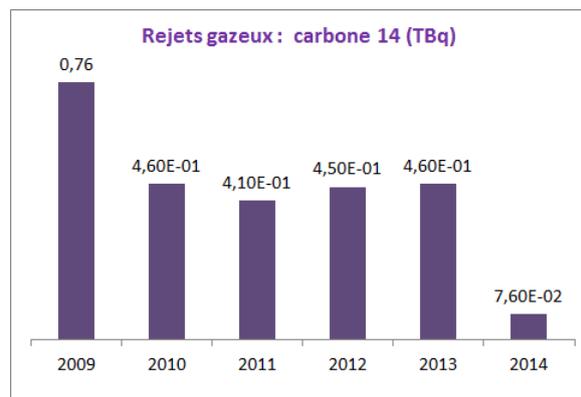
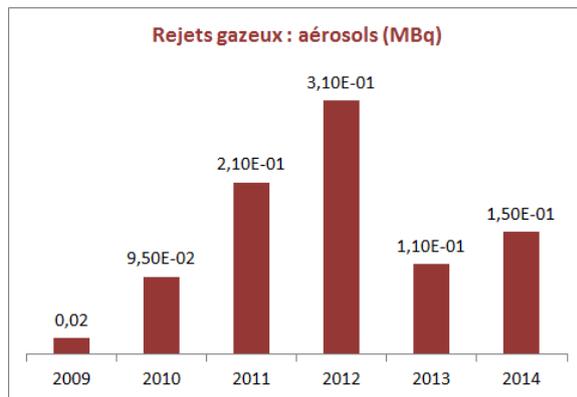
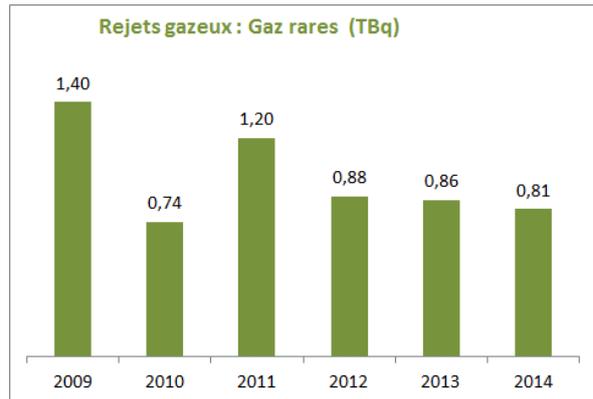
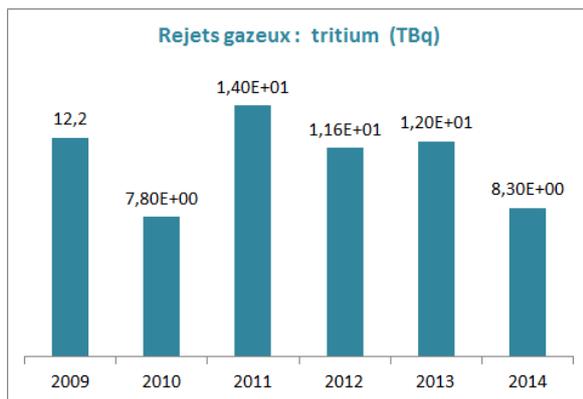
Le tritium (^3H), dont la période radioactive est de 12 ans, provient quant à lui principalement de l'activation du deutérium, contenu dans l'eau lourde. Une infime partie de ce tritium est rejetée par évaporation lors des ouvertures de circuits contenant de l'eau lourde.

Le Carbone 14 (^{14}C), dont la période radioactive est de 5730 ans, provient principalement de l'activation par les neutrons de l'oxygène 17 (^{17}O).

L'iode 131 (^{131}I), dont la période est de 8 jours, est un produit de fission. Il peut provenir principalement, dans le cas des rejets, d'une expérience située sur l'un des canaux de neutrons où sont irradiées de petites cibles de matière fissile.

Les aérosols proviennent principalement de la découpe en cellule chaude (cellule blindée et ventilée) où des opérations peuvent être réalisées par télémanipulation sur des structures très radioactives) de structures activées. Le radioélément prépondérant est le Cobalt 60 (^{60}Co).

Les histogrammes suivants présentent l'évolution des rejets par catégorie depuis 2009 :



Les rejets gazeux restent en deçà des autorisations avec une marge significative. L'évolution depuis 2009 montre une relative stabilité. La baisse du rejet en Carbone 14 est due à la baisse du nombre de rejets du gaz de couverture du circuit primaire, à l'origine des rejets en carbone 14 (un seul en 2014).

Il est à noter qu'en ce qui concerne les rejets d'halogènes et d'aérosols, les activités rejetées sont rarement supérieures à la limite de détection qui est de l'ordre de quelques millièmes de l'autorisation de rejet.

Les rejets liquides

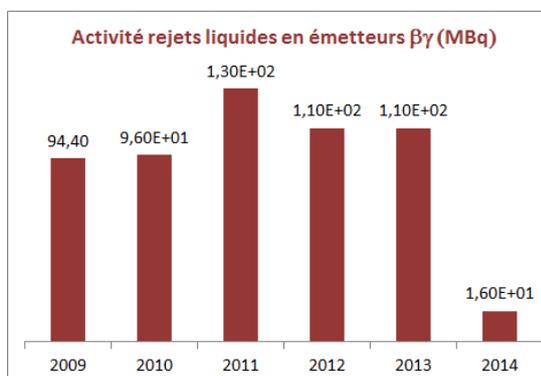
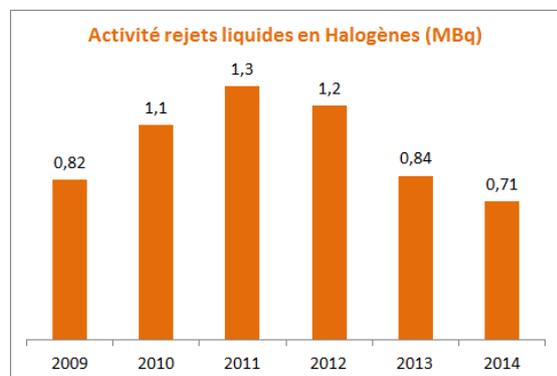
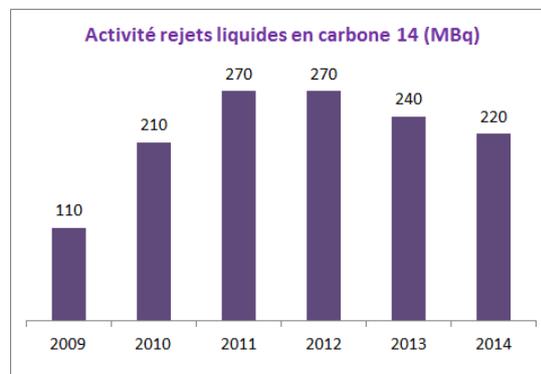
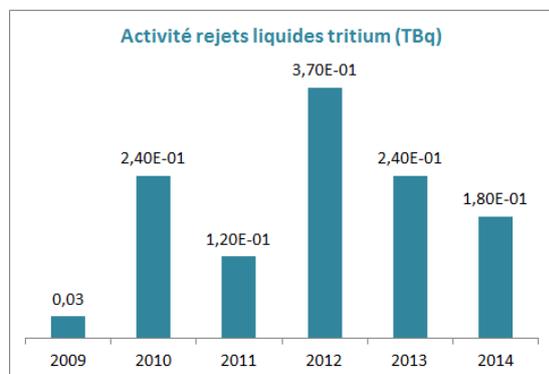
L'émissaire par lequel sont effectués et contrôlés les rejets liquides dans l'Isère est situé 1 km en amont de son confluent avec le Drac. Il s'agit d'une canalisation dont l'extrémité est placée dans le lit de l'Isère. C'est en ce point qu'est réglementée l'autorisation figurant dans l'arrêté du 3 août 2007. Avant rejet dans la canalisation menant au point de rejet, les effluents liquides sont stockés dans des cuves internes à l'installation. Ils y sont caractérisés sur la base d'un prélèvement représentatif effectué après brassage de la cuve. Les mesures effectuées sont les suivantes :

- Vérification de l'absence d'émetteurs alpha
- Emetteurs beta/gamma
- Iodes
- Tritium
- Carbone 14

Le tableau suivant présente le bilan pour 2014 :

| EFFLUENTS LIQUIDES | Rejets 2014 | Limite annuelle Arrêté du 03/08/2007 |
|----------------------------|-------------|---|
| Tritium (TBq) | 0,18 | 1 |
| Carbone 14 (MBq) | 220 | 1500 |
| Iodes (MBq) | 0,71 | 100 |
| Emetteurs beta/gamma (MBq) | 16 | 1000 |

Ces rejets représentent un volume de 792 m³. Les histogrammes suivants présentent l'évolution des rejets liquides depuis 2007.



Les rejets sont largement en deçà des autorisations et restent relativement stables depuis 2009.

Les rejets non radioactifs

Les rejets non radioactifs concernent les eaux pluviales et les eaux issues du pompage dans la nappe phréatique. Ces eaux sont rejetées dans l'Isère. L'arrêté rejet du 3 août 2007 donne des limites en termes de concentrations moyennes sur 24 heures. Ces eaux font l'objet de contrôles spécifiés dans l'arrêté rejet du 3 août 2007 et de limites associées). Le tableau suivant compare les valeurs maximales mesurées et les limites. L'absence de radioactivité est également contrôlée.

| Paramètre mesuré | Valeur Maximale 2014 en mg/l | Valeur maximale autorisée Arrêté du 03/08/2007 |
|--|------------------------------|---|
| PH | 8,4 | 6<PH<8,5 |
| DBO5 (Demande biologique en oxygène à 5 jours) | 21 | 30 |
| DCO (Demande chimique en oxygène) | 42 | 125 |
| MEST (Matières en suspension totales) | 15 | 35 |
| Azote global | 3,6 | 30 |
| Phosphore total | 0,08 | 10 |
| Hydrocarbures totaux | 0,5 | 10 |
| Sulfates | 45 | 600 |
| Carbonates | 0 | 100 |
| Nitrates | 16 | 30 |
| Sels | 266 | 30000 |
| Métaux | 1,2 | 5 |

Impact des rejets sur l'environnement

En 2007, une étude d'impact a été réalisée afin d'évaluer par le calcul les conséquences radiologiques maximales des rejets liquides et gazeux de l'ILL pour les populations résidant à proximité de l'installation. Le terme source (c'est-à-dire les quantités d'effluents gazeux et liquides) pris en compte dans cette étude, correspond aux limites de rejets par catégories figurant dans l'arrêté rejet du 3 août 2007. L'impact des rejets de l'année 2014 a été calculé en retenant les mêmes hypothèses que dans l'étude de référence.

Impact des rejets gazeux

Le calcul de l'impact des rejets gazeux consiste à modéliser les transferts des éléments radioactifs dans l'environnement depuis la cheminée du réacteur jusqu'à l'homme, ce, pour toutes les voies d'exposition possibles qui sont :

- **L'exposition externe due à l'irradiation par les radioéléments présents dans le panache radioactif** rejeté à la cheminée de l'installation.
- **L'exposition externe due aux dépôts au sol** : elle résulte du dépôt au sol d'une fraction des radioéléments contenus dans le panache.
- **L'exposition interne due à l'inhalation** des radioéléments contenus dans le panache
- **L'exposition interne due à l'ingestion de produits végétaux et animaux**, eux-mêmes contaminés par le dépôt d'une fraction des radioéléments contenus dans le panache.

Les calculs reposent sur des modèles reconnus et sur un grand nombre de paramètres et d'hypothèses dont la validité repose soit sur des références bibliographiques reconnues, soit sur des études de sensibilité afin d'aboutir à un calcul majorant. Par exemple, pour ce qui concerne l'exposition due à l'ingestion de produits végétaux et animaux, il est supposé que ces derniers sont tous produits localement et qu'ils sont donc contaminés par les dépôts du panache radioactif (hypothèses correspondant au groupe de référence majorant « Fontaine en autarcie » dans l'étude d'impact de 2007).

Impact des rejets liquides

Le calcul de l'impact des rejets liquides consiste à modéliser les transferts des éléments radioactifs dans l'environnement depuis l'émissaire situé dans l'Isère jusqu'à l'homme. Il dépend du transfert de la radioactivité le long du cours d'eau (dilution, sédimentation), des transferts dans les sols, les végétaux dus à l'irrigation, des transferts aux animaux via l'eau en tant qu'eau de boisson ou via les végétaux contaminés qu'ils ingèrent.

Les voies d'exposition possible pour l'homme sont :

- **L'exposition interne par ingestion directe d'eau contaminée**
- **L'exposition interne par ingestion de poissons**
- **L'exposition interne par ingestion de produits végétaux et animaux contaminés par l'irrigation**

Comme pour le calcul des rejets gazeux, les modèles utilisés sont des modèles reconnus et les hypothèses sont majorantes, comme par exemple l'hypothèse faite que toute l'eau de boisson est constituée d'eau de l'Isère (hypothèses correspondant au groupe de référence majorant « Saint-Egrève Max » dans l'étude d'impact de 2007).

Le tableau suivant présente les résultats d'exposition ; **les doses efficaces** sont en micro **Sievert** (soit 1 millionième de sievert).

| 2014 | Adulte (μSv) | Enfant (μSv) | Bébé (μSv) |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Impact rejets gazeux | 0,25 | 0,22 | 0,27 |
| Impact rejets liquides | 0,0044 | 0,0032 | 0,0041 |

L'impact des rejets est donc extrêmement faible ; il faut en effet savoir qu'une dose de 1 micro-Sievert correspond à moins d'une journée d'exposition à l'irradiation naturelle provenant des rayonnements cosmiques et telluriques mesurée dans la cuvette grenobloise (soit 60 nano-sievert par heure).

Gestion des déchets radioactifs

En matière de gestion des déchets radioactifs, la priorité est donnée à l'envoi des déchets aussitôt que possible après leur production vers les filières d'évacuation existantes. L'ensemble des zones de production est sectorisé afin d'identifier en amont les zones de production des déchets nucléaires et les zones de production de déchets conventionnels. Le « zonage déchet » de l'installation est décrit dans un document et matérialisé sur le terrain de façon claire pour les utilisateurs. Le SRSE a la responsabilité de la gestion des déchets.

Quantité de déchets évacués en 2014

Déchets de laboratoire

Les déchets de laboratoire sont évacués directement vers l'ANDRA par la filière du nucléaire diffus. Au cours de l'année 2014, 9 fûts de 120 l de déchets solides incinérables, 6 fûts de 120 l de solvants organiques et 3 bonbonnes de 30 l de solutions aqueuses ont été ainsi évacués.

Déchets TFA

3 caissons de 5 m³ de déchets TFA ont été expédiés en 2014.

Déchets FA/MA/HA

72 fûts PEHD de 200 l de déchets incinérables ont été expédiés vers SOCODEI-CENTRACO.
4 caissons de 5 m³ et 1 caisson de 10 m³ ont été expédiés vers l'ANDRA (Centre de Stockage de l'Aube).

Quantité de déchets présents dans l'installation en fin d'année 2013

| Nature des déchets | Volume | Activité | Radioéléments présents |
|---|---------------------|----------|--|
| <i>Déchets de démantèlement</i> | | | |
| • 1 source chaude | 0,5 m ³ | 9 TBq | PA, ³ H (Produits d'Activation) |
| • 1 cheminée | 0,9 m ³ | 14 TBq | PA, ³ H |
| • 1 porte combustible | 0,15 m ³ | 6 TBq | ³ H, PA |
| • 1 grille rabattue | 0,3 m ³ | 12 TBq | ³ H, PA |
| <i>Déchets tritiés</i> | | | |
| • Huile/Solvant | 0,9 m ³ | 15 TBq | ³ H, PA |
| • Déchets solides | 0,25 m ³ | 100 TBq | ³ H |
| <i>Déchets divers</i> | | | |
| • Résines échangeuses d'ions | 5,8 m ³ | 1,5 TBq | ³ H, PA |
| <i>Déchets TFA</i> | | | |
| • Déchets solides conditionnés | 5 m ³ | 0,5 GBq | ³ H, PA |
| • Déchets inertes (béton) | 90 m ³ | 5 MBq | PA |
| • Déchets d'exploitation (métalliques compactables) | 76 m ³ | 300 MBq | PA |
| <i>Déchets conditionnés</i> | | | |
| • Caissons métalliques | 15 m ³ | 400 GBq | ³ H, PA |
| • Fûts 120L PEHD incinérables | 5520 l | 1 GBq | PA, α |
| • Fûts 200L incinérables | 28 800 l | 40 MBq | PA, ³ H, α |
| • Déchets de laboratoire | 1140 l | 39 MBq | ³ H, ¹⁴ C, ³² P |
| <i>Déchets en attente de conditionnement</i> | | | |
| • Déchets solides activés | 1800 l | 360 TBq | ³ H, PA |
| • Déchets solides divers | 10 m ³ | 10 GBq | ³ H, PA |
| • Déchets incinérables | 14000 l | 21 GBq | PA, ³ H |
| • Déchets liquides | 1000 l | 3,5 TBq | ³ H, PA, α |

Quantité de déchets présents dans l'installation en fin d'année 2014

| Nature des déchets | Volume | Activité | Radioéléments présents |
|---|---------------------|-----------|--|
| Déchets de démantèlement | | | |
| • 1 source chaude | 0,5 m ³ | 9 TBq * | PA, ³ H (Produits d'Activation) |
| • 1 cheminée | 0,9 m ³ | 14 TBq * | PA, ³ H |
| • 1 porte combustible | 0,15 m ³ | 6 TBq * | PA, ³ H |
| • 1 grille rabattue | 0,3 m ³ | 12 TBq * | PA, ³ H |
| Déchets tritiés | | | |
| • Huile/Solvant | 0,8 m ³ | 12 TBq * | ³ H, PA |
| • Déchets solides | 0,25 m ³ | 100 TBq * | ³ H |
| Déchets divers | | | |
| • Résines échangeuses d'ions | 0,2 m ³ | 100 GBq | ³ H, PA |
| • Coques C1PG de REI | 22 m ³ | 2,7 TBq | PA, ³ H |
| Déchets TFA | | | |
| • Déchets solides conditionnés | 5 m ³ | 0,5 GBq | PA |
| • Déchets inertes (béton) | 95 m ³ | 5 MBq | PA |
| • Déchets d'exploitation (métalliques compactables) | 76 m ³ | 300 MBq | PA |
| Déchets conditionnés | | | |
| • Caissons métalliques | 20 m ³ | 330 GBq | PA, ³ H |
| • Fûts 120L PEHD incinérables | 600 l | 0,2 GBq | PA, α |
| • Fûts 200L incinérables | 23 600 l | 90 GBq | PA, ³ H, α |
| • Déchets de laboratoire | 510 l | 10 MBq | ³ H, ¹⁴ C, ³² P |
| Déchets en attente de conditionnement | | | |
| • Déchets solides activés | 1950 l | 455 TBq | ³ H, PA |
| • Déchets solides divers | 10 m ³ | 10 GBq | ³ H, PA |
| • Déchets incinérables | 14000 l | 21 GBq | PA |
| • Déchets liquides | 1200 l | 10 TBq | ³ H, PA, α |

*L'activité a été ré-évaluée en tenant compte de la décroissance.

Glossaire

AIEA : L'Agence Internationale de l'Energie Atomique est une organisation qui dépend directement du Conseil de sécurité des Nations unies. Fondée en 1957 et basée à Vienne, en Autriche, elle cherche à promouvoir les usages pacifiques de l'énergie nucléaire et à limiter le développement de ses applications militaires.

ANDRA : Agence Nationale pour la gestion de Déchets Radioactifs : Etablissement public à caractère industriel et commercial chargé de la gestion et du stockage des déchets radioactifs solides.

ASN : Autorité de sûreté Nucléaire. Autorité administrative indépendante créée par la loi n° 2006-686 du 13 Juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité nucléaire (dite « loi TSN »), chargée de contrôler les activités nucléaires civiles en France. L'ASN assure, au nom de l'état, le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés à l'utilisation du nucléaire. Elle contribue à l'information des citoyens (www.asn.fr).

Rayonnements ionisants : Les éléments radioactifs présents dans notre environnement émettent, lors de leurs désintégrations, des rayonnements alpha, bêta et gamma. Les rayonnements gamma sont des ondes électromagnétiques tandis que les rayonnements alpha et bêta sont des particules qui sont respectivement un noyau d'hélium et un électron. Ces rayonnements produisent des ionisations dans la matière qu'ils traversent et sont de ce fait potentiellement dangereux pour les organismes vivants.

Période radioactive : c'est le temps au bout duquel l'activité (nombre de désintégrations par seconde) d'une source radioactive a décru d'un facteur 2.

Becquerel : Unité de mesure de la radioactivité, c'est-à-dire le nombre d'atomes radioactifs qui se désintègrent par unité de temps (1 Bq = 1 désintégration par seconde). On utilise couramment des multiples du Bq : 1 MBq = 1 million de Bq, 1 GBq = 1 milliard de Bq, 1 TBq = 1000 milliard de Bq.

Fission : La fission nucléaire est le phénomène par lequel le noyau d'un atome lourd (noyau qui contient beaucoup de nucléons, tels les noyaux d'uranium et de plutonium) est divisé en 2 ou 3 nucléides plus légers après une collision avec un neutron ou de façon spontanée. Cette réaction nucléaire se traduit aussi par l'émission de neutrons, de rayonnements gamma et un dégagement d'énergie très important (environ 200 MeV, à comparer aux énergies des réactions chimiques qui sont de l'ordre de l'eV).

Exposition externe : L'exposition externe de l'homme aux rayonnements provoque une irradiation externe. Elle a lieu lorsque celui-ci se trouve exposé à des sources de rayonnements qui lui sont extérieures (substances radioactives sous forme de nuage ou de dépôt sur le sol, sources à usage industriel ou médical...).

Exposition interne : L'exposition interne est possible lorsque des substances radioactives se trouvent à l'intérieur de l'organisme. Celles-ci provoquent une irradiation interne. Elles ont pu pénétrer par inhalation, par ingestion, par blessure de la peau, et se distribuent ensuite dans l'organisme. On parle alors de contamination interne. Celle-ci ne cesse que lorsque les substances radioactives ont disparu de l'organisme après un temps plus ou moins long par élimination naturelle et décroissance radioactive ou par traitement.

Mesure des effets des rayonnements sur l'homme

- La dose absorbée par la cible des rayonnements est définie comme l'énergie reçue par unité de masse de la cible, en joules par kilogramme, c'est-à-dire en Grays (Gy) dans le système SI. On définit également un **débit de dose**, c'est-à-dire l'énergie absorbée par kilogramme et par unité de temps, c'est-à-dire en gray par heure (Gy/h).
- La dose équivalente, H , est la dose absorbée pondérée d'un facteur représentant la nocivité du type de rayonnement considéré. L'unité du Système International SI) est le **Sievert** (Sv).
- **La dose efficace**, E est la somme pondérée des doses équivalentes H_T aux organes et tissus T irradiés. Elle rend compte du risque d'apparition de cancer. L'unité utilisée est également le Sievert.

Avis du CHSCT



CHSCT

Grenoble, le 29 juin 2015
DIR/SRSE-15/379-VLL/ss

**Procès verbal du CHSCT extraordinaire du 24.06.2015 relatif au rapport
TSN 2014 (Transparence et Sécurité Nucléaire)**

Conformément à la loi n°2006-686 du 13 Juin 2006 (article 21), le rapport TSN a été soumis au CHSCT.

Les recommandations émises lors de cette réunion ont été prises en compte dans l'établissement de la version définitive de ce rapport.

De ce fait, le CHSCT approuve le rapport TSN 2014.

Membre élu du CHSCT,
Valérie LAUX-LESOURD

