



NEUTRONS
FOR SOCIETY

RAPPORT ANNUEL RÉACTEUR HAUT FLUX
INSTITUT LAUE-LANGEVIN



RAPPORT TRANSPARENCE ET SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

Réacteur Haut Flux - Institut Laue-Langevin

2017



SOMMAIRE

Introduction.....	4
Présentation de l’Institut et du Réacteur à Haut Flux.....	4
Le réacteur	5
L’utilisation des neutrons par les scientifiques.....	7
Quelques exemples de belles réussites scientifiques en 2017	8
Modernisation des instruments.....	10
Dispositions prises en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection	11
Dispositions générales d’organisation	11
Dispositions techniques en matière de sûreté nucléaire	12
Généralités.....	12
Faits marquants en matière de sûreté	14
Contrôles internes et externes.....	14
Bilan des transports de matières radioactives	14
Exercices de préparation aux situations d’urgence.....	15
Perspectives pour l’année 2018	15
Dispositions techniques en matière de radioprotection	16
Généralités.....	16
Faits marquants de l’année 2017	16
Dosimétrie du personnel : résultats	17
Événements significatifs en matière de sûreté et de radioprotection	18
Généralités	18
Bilan 2017	19
Résultats des mesures des rejets liquides et gazeux.....	24
Les rejets gazeux.....	24
Les rejets liquides	26
Les rejets non radioactifs	27
Impact des rejets sur l’environnement	27
Impact des rejets gazeux	27

Impact des rejets liquides	28
Gestion des déchets radioactifs	29
Quantité de déchets évacués en 2017	29
Déchets de laboratoire	29
Déchets TFA	29
Déchets FA/MA/HA	29
Quantité de déchets présents dans l'installation en fin d'année 2017	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 à 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 L125-15 du Code de l'Environnement, l'Institut Laue Langevin, en tant qu'exploitant d'une Installation Nucléaire de Base, doit produire chaque année le présent rapport d'information du public.

Présentation de l'Institut et du Réacteur à Haut Flux

L'Institut Laue Langevin et le Réacteur à Haut Flux sont situés au Nord du polygone scientifique de Grenoble (voir photo ci-dessous), sur le site EPN-Campus 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.

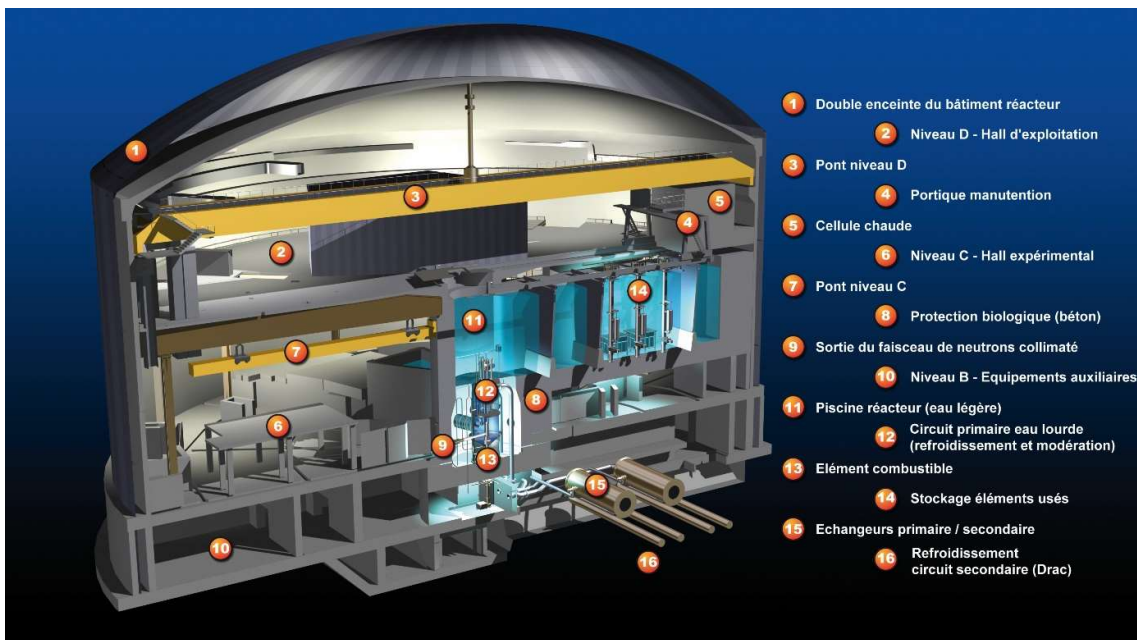
Environ 1300 personnes travaillent sur le site.

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 2017 était de 100,7 M€. 496 personnes d'une quarantaine de nationalités différentes travaillent à l'ILL.



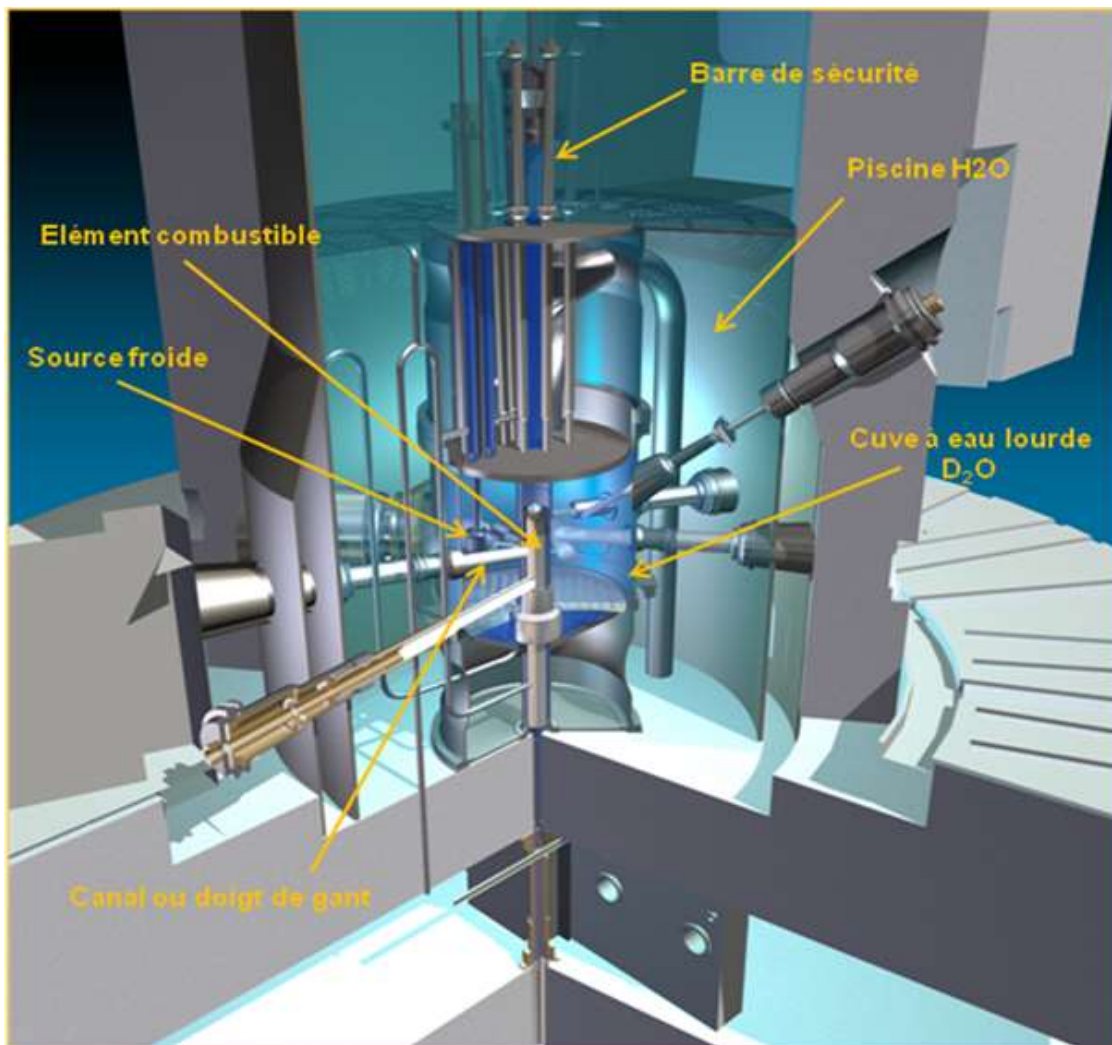
Le réacteur

Le Réacteur à 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 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.



Un cycle de fonctionnement a été effectué en 2017 avec un taux de disponibilité supérieur à 99%. La période inter-cycle dite « grand arrêt » a été mise à profit pour le changement de 3 doigts de gant, la mise en service de tous les systèmes « Post-Fukushima » et le réexamen décennal de sûreté.

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 fournissent, 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.

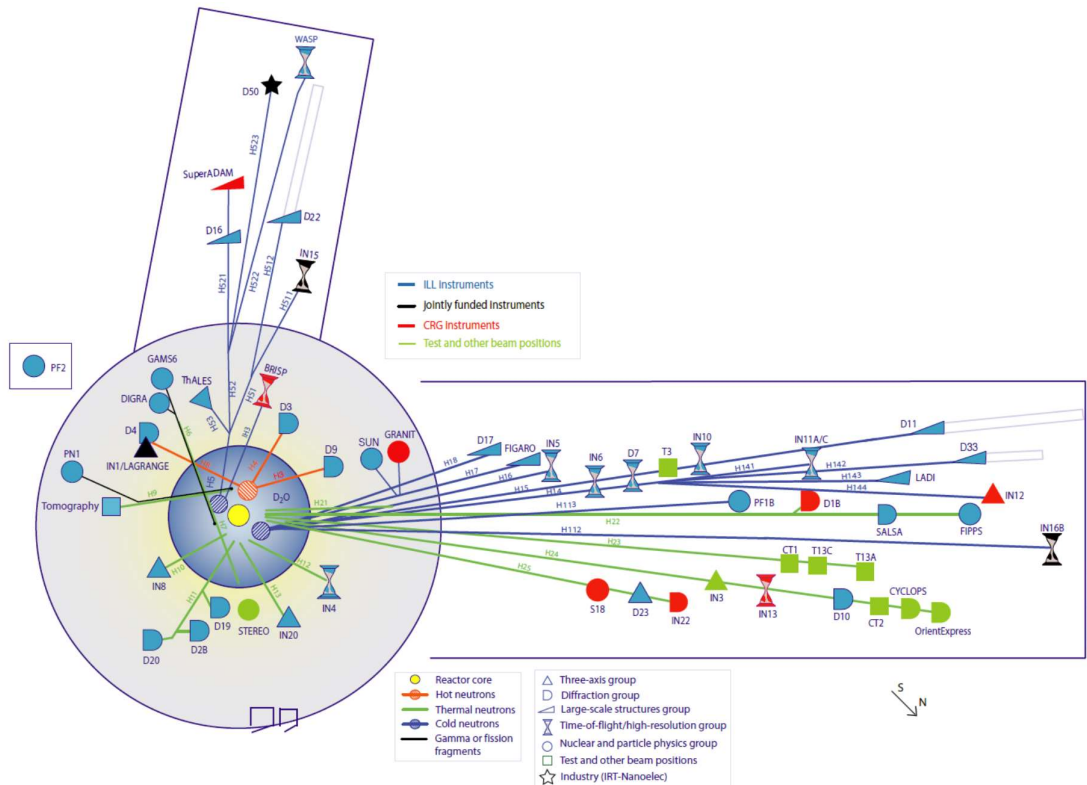


Hall d'expériences



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.



Quelques exemples de belles réussites scientifiques en 2017

Les neutrons révèlent des secrets cachés du virus de l'hépatite C

La protéine p7 est essentielle à la libération du virus de l'hépatite C (VHC). Pourtant on en sait encore très peu sur la manière dont elle interagit avec son environnement, ce qui complique la mise au point d'un vaccin. A l'ILL les chercheurs ont réussi à observer pour la première fois la structure d'une protéine p7 fonctionnelle dans son environnement naturel. Le mécanisme d'insertion spécifique de cette protéine qui a été observé permettra de définir les mécanismes à cibler lors du développement d'un futur médicament.

Le virus de l'hépatite C est transmissible par le sang. Il entraîne des maladies hépatiques et des cancers. Plus de 300 000 personnes en meurent chaque année et 71 millions d'individus sont porteurs chroniques de la maladie à travers le monde. Les médecins ont actuellement recours aux antiviraux pour traiter cette maladie, mais aucun vaccin n'est pour l'heure disponible.

Pour trouver de nouveaux traitements contre le VHC, les chercheurs ont étudié la protéine membranaire p7, qui joue un rôle clé dans la libération du virus. Le défi était de taille car peu de données sont encore disponibles, et la structure cristallographique de la protéine n'a pas encore été établie.

Les chercheurs ont donc développé une nouvelle méthode complémentaire d'autres techniques structurales plus complexes (RMN, cristallographie), qui s'est révélée être un outil puissant pour caractériser la structure de la protéine dans son environnement naturel. Ils ont utilisé la réflectométrie neutronique (RN) sur FIGARO, un réflectomètre à temps de vol installé à l'ILL. Leur collaboration, qui impliquait l'entreprise Synthelis SAS, l'Université Grenoble Alpes et l'ILL, leur a permis d'observer pour

la première fois à l'échelle du nanomètre la structure d'un complexe protéique p7 fonctionnel du VHC au sein d'une bicouche lipidique pertinente sur le plan physiologique.

Leur étude a dévoilé que la protéine p7 du VHC s'assemble dans la membrane lipidique pour créer des oligomères en forme d'entonnoir. La forme conique indique une orientation préférentielle de la protéine, ce qui révèle un mécanisme d'insertion spécifique et permettra de définir de potentiels mécanismes à cibler lors du développement d'un futur médicament.

On sait aussi que le dysfonctionnement des protéines membranaires est également lié à de nombreuses maladies. Les progrès dans les méthodes d'analyse des protéines membranaires dans leur milieu naturel, à l'échelle atomique, pourraient servir plus largement pour concevoir de nouvelles approches thérapeutiques dans d'autres domaines, comme le développement d'anticorps contre le VIH.

Les neutrons ultra-froids aident à la recherche de la matière noire.

On admet généralement que seuls 5% de la matière dans l'Univers sont constitués de matière ordinaire et visible ; les éléments de loin les plus importants sont à environ 27 % de la matière invisible "sombre" et à 68% de l'énergie "sombre". Mais on ignore de quoi ces composants manquants sont faits, et cela reste l'un des plus grands mystères de la science moderne.

La matière noire suscite de nombreuses hypothèses. Jusqu'à maintenant, la plupart des recherches se sont concentrées sur des particules massives faiblement actives (WIMP, Weakly Interacting Massive Particles), mais les expériences dans ce sens n'ont pas vraiment abouti jusqu'ici. Les chercheurs ont alors travaillé sur d'autres particules hypothétiques appelées « axions », proposés comme un des constituants possibles de la matière noire.

Mais si on ignore encore la nature de la matière noire, on a identifié un certain nombre de limites et de contraintes sur les gammes d'énergie et de couplage de ces particules hypothétiques.

En 2017, une étude internationale, publiée dans Physical Review X, a permis de fixer les limites les plus précises à ce jour sur la force des interactions entre les axions, les gluons (particules responsables des interactions fortes) et les nucléons.

A ce jour personne n'a encore détecté d'axions ou de particules du même type. Mais de nouvelles voies théoriques ont été récemment proposées pour rechercher des couplages axionaux aux nucléons et aux gluons, et des chercheurs de l'Institut Paul Scherrer (PSI) et de l'Institut de physique des particules et d'astrophysique de Zurich sont partis à la recherche des axions dans une gamme allant du nano au milli-hertz. Leur approche n'était pas de rechercher des événements uniques rares, mais un bruit de fond semblable à un axion oscillant constamment qui interagirait avec la matière ordinaire et pourrait apparaître dans les oscillations harmoniques du moment dipolaire électrique (EDM). Étant donné que l'effet serait extrêmement faible, des expériences très délicates sont nécessaires pour le mesurer.

Les neutrons ultra-froids de PF2

C'est ici qu'entrent en jeu les neutrons ultra-froids (UCNs) et l'instrument PF2 de l'ILL. Les UCNs jouent un rôle important dans la résolution des questions clés de la physique des particules. Or l'ILL dispose depuis 1985 de l'installation expérimentale la plus performante au monde pour la recherche sur les UCNs : l'instrument PF2. Les données générées sur PF2 conduisent depuis sa création à de très nombreuses publications scientifiques, et l'héritage de l'ILL ouvre des portes encore aujourd'hui.

Des données de haute précision ont pu être recueillies. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un appareil utilisé à l'ILL entre 1998 et 2002. Ils donnent pour l'EDM neutronique une limite supérieure de $6,3 \times 10^{-26}$ cm³. De nouvelles mesures faites sur PF2 et publiées en 2006 l'ont amélioré à $2,9 \times 10^{-26}$ cm³- la limite mondiale actuelle. Et c'est « la grande qualité des données générées par l'expérience à la source PF2 de l'ILL, il y a presque 20 ans, qui a permis une nouvelle analyse avec un nouvel objectif : la recherche de matière noire axionnaire », explique Peter Geltenbort, co-responsable de PF2.

Si les gluons et les nucléons des neutrons interagissaient avec les axions au cours des expériences, les données auraient dû révéler des oscillations harmoniques avec des fréquences allant du nano au millihertz, en fonction de la masse de l'axion. Mais pour les deux gammes de fréquences, la recherche s'est terminée par un résultat nul; aucun signal compatible avec la présence d'axions n'a été observé. L'absence de signaux d'oscillation a permis aux équipes de fixer les premières limites de laboratoire à la force d'interaction des axions avec les gluons, améliorant d'un facteur 1000 les résultats obtenus par les observations astrophysiques de l'hélium-4. Un résultat nul, donc, mais essentiel !

Modernisation des instruments

Vers « Endurance 2 »

Pour maintenir son leadership mondial, l'ILL a multiplié ses capacités d'innovation, d'ingénierie et de réalisation de nouveaux instruments toujours plus performants. C'est le cas du programme Millénaire qui s'achève avec le dernier instrument WASP qui verra ses premiers neutrons en 2018, et d'endurance phase 1 qui a débuté en 2016.

Le succès de l'appel à projets du programme Endurance 2 a conduit l'ILL et ses partenaires à sélectionner et proposer un programme en quatre packages, qui vont s'étaler de 2018 jusqu'en 2023. En fonction du financement, ce nouveau programme devrait encore améliorer les performances des instruments pour proposer à nos utilisateurs l'excellence en matière d'utilisation des neutrons. La performance accrue des nouveaux instruments doit s'accompagner d'un programme de recherche et d'innovation dans tous les domaines techniques, y compris la simulation (calculs, réalité virtuelle...) qui feront de ces instruments des références mondiales.

L'ILL participe également à de nombreux projets européens pour partager et développer ses compétences sur les nouveaux instruments, l'échanges de données, ou encore l'étude de nouveaux combustibles pour le réacteur. L'ILL maintient également des activités nécessaires à la vie au quotidien d'une infrastructure de recherche : renouvellement des outils logiciels des unités supports, travaux de rénovation, amélioration des différentes infrastructures et bâtiments, etc.

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 à Haut Flux. Il s'appuie pour cela sur **la Cellule Sûreté (CS)** 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 à 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. Si les conséquences d'une situation d'urgence dépassaient les limites du site de l'ILL, la préfecture appliquerait 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.

La Cellule Qualité Sûreté Risque (CQSR) est chargée de la définition et de la mise en œuvre du système de management intégré qui permet d'assurer que les exigences relatives à la protection des intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement sont systématiquement prises en compte dans toute décision concernant l'installation.

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. Ce service gère également les déchets radioactifs et la dosimétrie du personnel.

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 (conceptions, modifications) reposent sur le principe de la défense en profondeur, qui comporte cinq niveaux.

- Premier niveau : Prévention des anomalies de fonctionnement et des défaillances des systèmes.

Le premier niveau comprend donc 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;

- Deuxième niveau : Maintien de l'installation dans le domaine autorisé.

Le deuxième niveau vise donc 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 systèmes d'arrêt d'urgence, mais aussi la réalisation de contrôles périodiques de bon fonctionnement.

- Troisième niveau : Maîtrise des accidents sans fusion de cœur (prévention).

Le troisième niveau vise donc à mettre en place des systèmes de sauvegarde ou des dispositions permettant de limiter les conséquences des accidents en postulant la défaillance des premiers et deuxièmes niveaux. En particulier, pour les réacteurs, ce niveau vise à prévenir les risques d'accidents pouvant conduire à une fusion du cœur du réacteur.

- Quatrième niveau : Maîtrise des accidents avec fusion de cœur (mitigation).
Le quatrième niveau vise donc à mettre en place des systèmes de mitigation. En particulier, pour les réacteurs, ce niveau permet de limiter les rejets consécutifs à une fusion de cœur
- Cinquième niveau : Limitation des conséquences radiologiques en cas de rejets importants (crise).

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 fabriqué pour que la gaine entourant le combustible nucléaire et donc les produits de fission 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 un des paramètres nécessaires au bon refroidissement du combustible lors du fonctionnement du réacteur. La pression doit donc être supérieure à une valeur minimale pour garantir une marge satisfaisante sur le refroidissement du combustible. Elle est mesurée en permanence par trois capteurs redondants qui provoquent un arrêt automatique du réacteur, par la chute des barres de sécurité, en cas de détection par deux de ces trois capteurs d'une pression inférieure au minimum requis. Cette action est donc bien une action qui relève du second niveau de la défense en profondeur.
- Dans le cas d'un scénario où les systèmes du second niveau seraient inopérants, par exemple brèche importante sur un des canaux permettant la sortie des neutrons utilisés par les scientifiques, un système de détection de fuite permet la fermeture automatique de vannes de sécurité permettant de reconstituer l'étanchéité du circuit primaire et donc d'éviter le dénoyage du combustible. Celui-ci est alors toujours correctement refroidi en simple convection naturelle. Le système de sauvegarde constitué de la détection et de la vanne de sécurité dans chaque canal est donc un système permettant de prévenir le risque de fusion du cœur lors d'un accident de brèche sur le circuit primaire. Il relève donc bien du troisième niveau de la défense en profondeur.
- Enfin, en postulant la défaillance des trois niveaux précédents, la fusion du cœur conduit au relâchement, dans l'enceinte de confinement, d'une partie des produits de fission radioactifs qui s'y sont accumulés pendant le fonctionnement. Le confinement de ces produits de fission est alors assuré par une double enceinte avec une pressurisation de 135 mbar dans l'espace entre les deux enceintes (spécificité du RHF). Le confinement est aussi assuré par les systèmes de filtration associés. Ces équipements nécessaires au maintien du confinement permettent par conséquent de limiter l'activité rejetée à l'extérieur. Ils participent donc bien au quatrième niveau de la défense en profondeur.

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 (risques d'incendie, risques liés aux chutes de charge, risques d'explosion...) et les agresseurs externes (risques sismique, risques d'explosion externe, risques d'inondation, risques 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

- Poursuite du programme Key Reactor Component phase 2 du retour d'expérience Fukushima (10 M€ de 2015 à 2017) :
 - Finalisation du Circuit de Renoyage Ultime, du Circuit d'Eau de Secours, du Circuit d'Eau de Nappe et tests hydrauliques ;
 - Mise en place du sas camion et test d'étanchéité d'enceinte avec EDF ;
 - Mise en place du bouclier de protection de la cheminée 45 m ;
- Art. L593-18 du Code de l'Environnement : transmission du Dossier de Réexamen de Sûreté le 2 Novembre 2017 à l'ASN (environ 6000 pages de documents) :
 - Mise à jour du Rapport de Sûreté, des Règles Générales d'Exploitation, du Plan d'Urgence Interne, du Plan de Démantèlement ;
 - Transmission de 13 rapports relatifs aux examens de conformité technique, réglementaire, et aux études techniques associées à la réévaluation de sûreté ;
 - Transmission d'un plan d'action comportant 17 propositions d'amélioration de la sûreté de l'installation sur la période 2018-2023.
- Usinage de la vanne et changement des rubans de la hotte WF2 suite au blocage d'un élément combustible dans sa hotte (événement classé au niveau 1 sur 7 de l'échelle INES) ;
- Evacuation de 3 éléments combustibles usés vers AREVA – La Hague et de 4 poubelles de décroissance au CEA de Saclay ;
- Rénovation de la détection incendie dans 13 bâtiments : ILL8, ILL8a, ILL8b, ILL7, ILL21b, ILL6, ILL30, ILL32, ILL37, ILL43, ILL48, ILL7, ILL22.

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 la Cellule Qualité Sûreté Risque de la Direction ou par la Cellule Sûreté de la Division Réacteur.

Trois audits ont été effectués, deux internes et un externe :

- NFM Technologies: audit du prestataire chargé de la réalisation du SAS camion, sous projet du projet Stress Test Response ;
- Audit du processus « Suivi des engagements » ;
- Audit du processus « Gestion des Ecarts ».

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 2017, le bilan des transports de matières radioactives est le suivant :

- Eléments combustibles usés vers l'usine de retraitement d'AREVA à la Hague : 3 éléments pour 1 transport ;
- Poubelles de décroissance vers le CEA Saclay : 4 poubelles pour 1 transport ;
- Echantillons et sources : 27 départs, 38 arrivées
- Emballages vides : 3 départs, 3 arrivées
- Colis de déchets : 2 départs
- Mouvements de matériels contaminés : 1 départ, 1 arrivé.

Exercices de préparation aux situations d'urgence

- **Exercices sécuritaires** : 1 exercice sécuritaire (protection physique) interne ;
- **Exercices de sécurité** : 7 exercices ont été effectués dans l'année, dont 4 pour le recyclage des Equipes de Première Intervention (EPI), 1 exercice avec le SDIS, 1 exercice feu en Cellule Chaude, 1 exercice d'évacuation des bâtiments.

Perspectives pour l'année 2018

- Début de la mise en œuvre du plan d'action (2018-2023) suite à la transmission du dossier de réexamen de sûreté le 2 Novembre 2017 ;
- Finalisation du SMI (Système de Management Intégré).

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 doses 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.
- 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 2017

De façon générique, les actions suivantes ont été poursuivies en 2017 :

- Formation radioprotection des nouveaux arrivants (21 sessions) et recyclage (4 sessions) 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.

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.

Le tableau suivant synthétise les résultats de la dosimétrie passive pour l'année 2017 pour les différentes catégories de personnel intervenant dans l'installation nucléaire de base :

	ILL	EMBL	LTV*	Expérimentateurs (hors LTV)	Entreprises intervenantes	Total
Nombre de personnes suivies	443	12	78	678	345	1556
Nombre de doses nulles	378	12	76	670	328	1464
Dose collective [Homme.mSv]	25,28	0,00	0,18	1,38	3,26	30,10
Dose individuelle maximale [mSv]	1,86	0,00	0,12	0,28	0,85	1,86
Dose individuelle moyenne [mSv]	0,057	0,000	0,002	0,002	0,009	0,019

*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 2017 est de 30,10 H.mSv. Elle se répartit à 84 % pour le personnel de l'ILL. La dose individuelle maximale est de 1,86 mSv, en baisse par rapport à l'année 2016 (2,1 mSv).

La dose passive collective des entreprises prestataires est en augmentation par rapport à celle de l'année 2016 (+2,72 H.mSv), dont le niveau de la dose collective observée était exceptionnellement bas. Elle reflétait une absence de recours aux entreprises extérieures du fait d'un nombre très réduit de chantiers. En revanche, en 2017, de nombreux chantiers dans un environnement radiologique ont conduit à rechercher des compétences externes (retrait du doigt de gant H6/H7, le remplacement des doigts de gant H3 et H8, le démontage, examen et remontage du clapet 421CQ01, le chantier CRU, etc.). Ces chantiers actifs ont aussi eu un effet sur la dose collective du personnel ILL classé en catégorie A (+6,11 H.mSv, soit +43,9% par rapport à l'année 2016).

Evénements 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).

		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			

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.

Bilan 2017

En 2017, 9 événements au niveau 0 (INES : « Ecart ») et 1 événement au niveau 1 (INES : « Anomalie ») sont survenus et ont été déclarés à l'Autorité de Sûreté Nucléaire :

- **05/01/2017 – Mise en sécurité confinement intempestive (niveau 0 ; Sûreté : critère 2 ; Environnement : critère 4) :** Le 04 janvier 2017 à midi, l'essai mensuel des sirènes devait être effectué depuis le poste de commandement n°3. Au moment où l'opérateur a effectué la prise de fonction au PCS3, un ordre MSC (Mise en Sécurité Confinement) a été déclenché de façon intempestive.
 - Causes de l'événement : La temporisation (0-30s) du relais 321KA3 était réglée, de façon erronée, à 0s. Le relais 133KA4 n'était pas fonctionnel du fait que la polarité n'était pas branchée dans l'armoire gestion de crise.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : Réacteur en service, la mise en sécurité confinement conduit inévitablement à la chute de barres. En effet, l'isolement d'enceinte fait perdre le réfrigérateur des sources froides et conduit donc à la chute des barres de sécurité sur seuil haut de pression deutérium des sources froides.
 - Actions correctives immédiates : La prise de fonction a été rendue en salle de contrôle. L'ordre de déclenchement MSC a été acquitté en mettant le commutateur « sélection marche du CDS » sur la position « Arrêt ». Les circuits normaux de ventilation du bâtiment réacteur ont été remis en service.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Changement des relais 0-30s qui auraient dû être 0-3s dans toutes les armoires du PCS3 et contrôle d'éventuels défauts dans les autres armoires du PCS3 que celle concernée par le présent événement. Mise à jour de spécifications techniques.
- **18/01/2017 – Système de transmission satellite IRIDIUM chaine A en panne depuis plus de 5 jours ouvrés (niveau 0 ; Sûreté : critère 3) :** Lors du dernier essai avant démarrage, le lundi 9 janvier 2017 le système n'a pas fonctionné. Il a alors été demandé de le dépanner sous 5 jours ouvrés pour respecter l'indisponibilité spécifiée dans la RGE n° 10. C'est à cette occasion qu'il est apparu que ce système était en panne depuis au moins le 6 décembre 2016, date de l'essai de communication avec l'ASN.
 - Causes de l'événement : L'antenne radio qui semble à l'origine de la perturbation du système IRIDIUM.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : Aucune, en effet le système est redondant et le 2ème téléphone satellitaire était disponible.
 - Actions correctives immédiates : Déplacement de l'antenne radio. Dépannage du système IRIDIUM chaine B.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Mise à jour du processus du SMI « Gestion des écarts » pour que le groupe opérationnel responsable de l'équipement conduise l'analyse technique qui permet de faire le bon diagnostic sur les fiches d'écart.

- **10/02/2017 – Ecart à la RGE n°5 – Contrôle de la mesure ND_RGTR01b (niveau 0 ; Sûreté : critère 10) :** A l'occasion du contrôle de la mesure ND_RGTR01b (mesure gaz rares en situation extrême « noyau dur »), il est apparu que cette mesure et les mesures 819RGTR01a/b de même type n'étaient pas transcrites dans la procédure P.IV.SRSE-02-048, ce qui fait que l'essai périodique était en périodicité « annuel » alors qu'il aurait dû être en périodicité « inter-cycle » selon la RGE n°5.
 - Causes de l'événement : Méconnaissance par SRSE des fonctions associées à cette mesure. La mise à jour de la RGE n°5 n'a pas été correctement traduite dans les procédures.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : En cas de séisme avec fusion du cœur, cumulé à une double défaillance (défaillance du 2/2 en plus du 2/3) : perte du PAH, donc du point de consigne automatique à -3 mbar. Le point de consigne aurait dû être abaissé alors manuellement à -3 mbar dans cette situation pour limiter le débit du CDS (Circuit de Dégonflage Sismique).
 - Actions correctives immédiates : Action de contrôle des autres mesures : 819RGTR01a, 819RGTR01b.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Mise à jour de la procédure P.IV.SRSE-02-048. Implication du SRSE dans le processus « Gestion des modifications ». Formation du SRSE sur les fonctions associées aux mesures RP du noyau dur (21/03/2018 et 27/03/2018).
- **24/02/2017 – Absence de prélèvement pour analyse piscine canaux pendant la semaine du 19/12/2016 (niveau 0 ; Sûreté : critère 3) :** A l'occasion de la rédaction d'un rapport, le rédacteur s'est aperçu qu'il manquait une donnée sur l'activité de l'eau piscine/canaux pour la semaine du 19/12/2016. Après vérification, il s'avère que le prélèvement n'a pas été effectué la semaine du 19/12/2016 pour l'activité, alors qu'il a été effectué pour la chimie. Il existe un écart mineur par rapport à la Règle Générale d'Exploitation (RGE) n°5, laquelle indique une périodicité hebdomadaire pour les deux mesures (activité et chimie).
 - Causes de l'événement : Défaut de passage d'information entre les agents de quart et le SRSE, et contrôle à posteriori trop tardif.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : Aucune : il existe d'autres moyens de contrôle indirect des causes possibles d'une variation éventuelle de l'activité piscine (mesures gamma/radioprotection, DRG) qui fonctionnent en continu et auraient détecté une montée accidentelle d'activité.
 - Actions correctives immédiates : Aucune.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Mise à jour de la Consigne Particulière d'Exploitation (CPE) n° 275 avec mention que les prélèvements sont dus au titre de la RGE n° 5. Ajout d'une signature de contrôle des opérations hebdomadaires au titre de la RGE n° 5 dans le cahier du chef de quart.
- **31/03/2017 – Détecteur STEREO : mise en service avec vérification non exhaustive de la conformité au dossier de demande d'autorisation au titre de l'Art.26 du décret n°2007-1557 (niveau 0 ; Sûreté : critère 10) :** Le dossier de synthèse de la qualité (DSQ) de STEREO n'a pas été formellement rédigé. D'autre part, il n'avait pas pu être retrouvé les preuves de

l'étalonnage de certains capteurs de surveillance du liquide scintillant. Ces éléments faisaient parties du dossier de demande d'autorisation (Rapport RHF n°551 Ind. C).

- Causes de l'événement : La mise en service de STEREO a été effectuée sans traçabilité de la vérification exhaustive des prévues dans l'Art. 26. La procédure AQ-30-12-NP n'a pas prévu de tracer la vérification de l'étalonnage des capteurs.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : Aucune : écart de traçabilité aux exigences prévues dans le dossier de demande d'autorisation.
 - Actions correctives immédiates : Rédaction du dossier de synthèse de la qualité.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Dans le processus « Gestion des modifications et des évolutions des installations », la fiche FEI (Fiche d'Evolution d'Installation) prévoit la vérification à posteriori des exigences de conception/réalisation et d'essais pour la mise en service d'une modification. La procédure AQ-30-12-NP est mise à jour pour tracer la vérification des véritables valeurs des seuils de déclenchement des sécurités de STEREO.
- **25/05/2017 – Ponte de l'élément combustible incomplète (niveau 1 ; Sûreté : critère 8)** : La ponte est effectuée à tour de rôle depuis le pupitre de manutention (ponte normale), depuis la salle de contrôle et depuis le poste de secours (pontes d'urgence). Le 17/05/2017, lors de la séquence automatique depuis la salle de contrôle, en cours de descente, après 600 mm de course, les opérateurs ont constaté l'apparition des alarmes P0 électrique et mécanique correspondant à la perte du poids de l'élément, comme si celui-ci était posé ou coincé. La ponte étant en mode urgence, ces alarmes n'arrêtent pas le treuil et donc les rubans ont continué à se dérouler jusqu'à la cote théorique prévue.
 - Causes de l'événement : L'élément combustible était posé sur un épaulement de la vanne de la hotte. Le diamètre de la vanne est un peu plus petit que celui du corps de la hotte (pas de réglage possible du centrage de la vanne sur le corps de hotte).
 - Conséquences réelles : Palonnier et pont réquisitionné.
 - Conséquences potentielles : Les mesures compensatoires (palonnier et pont réquisitionné) ont permis de retrouver un niveau de sûreté au titre de la défense en profondeur, proche du domaine de fonctionnement nominal, puisque ces mesures permettaient la mise en sécurité de l'élément dans la partie indénoyable du canal 2 dans le cas d'une baisse incontrôlée du niveau d'eau dans le canal 2.
 - Actions correctives immédiates : Opération de reprise de l'Elément Combustible Irradié (ECI) après autorisation de l'ASN sur la base du dossier DRe BD/gI 2017-0543 et inspection réactive CODEP-LYO-2017-030696.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Faire un chanfrein sur les vannes des hottes en partie haute comme déjà pratiqué en partie inférieure. Effectuer les essais de ponte d'urgence avec la maquette de l'élément (mise à jour de la RGE n°5).
 - **18/07/2017 – Contamination au niveau D (niveau 0 ; Radioprotection : critère 3)** : Le 03/07/2017, sur le chantier d'ouverture de la vanne du réacteur pour descendre une perche avec caméra dans la cheminée et visualiser la bonne mise en place du doigt de gant H3, certains opérateurs auraient observé un déplacement d'air ou senti une odeur inhabituelle sans qu'aucune balise fixe de surveillance de la contamination ne se déclenche. Cependant, à la sortie de zone, certains opérateurs avaient leurs chaussures ou leurs vêtements légèrement contaminés. Le signal maximal obtenu correspond à une source Sr/Y90 d'une surface de 150

cm² (taille de la source de contrôle) présentant une activité inférieure à 1000Bq, aussi bien pour les détecteurs chaussure que pour les détecteurs vêtement.

- Causes de l'événement : Courant d'air dans le bloc pile du niveau C vers le niveau D en raison de la différence de pression entre les niveaux, de la configuration des sas de travail et du diamètre du flexible de connexion du bloc pile aux effluents gazeux.
 - Conséquences réelles : Au total, 16 personnes ont été concernées par l'événement (contamination des vêtements ou chaussures), dont 3 personnes avec traitement de précaution pour la contamination interne.
 - Conséquences potentielles : Contamination plus importante des tenues de travail, davantage de personnes concernées par une prise en charge par le service médical.
 - Actions correctives immédiates : Prise en charge des personnes par le service médical. Définition des conditions d'accès au niveau D (autorisations, tenues), mise en œuvre d'opérations de décontamination et reclassement temporaire du niveau D en zone à déchets nucléaires.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Rédaction d'une nouvelle procédure pour l'ouverture de la vanne réacteur, spécialement pour le changement des doigts de gant (avec deux ouvertures simultanées du bloc pile). Cette procédure prévoit :
 - la réduction de la différence de pression entre le niveau C et D, avec la vérification du bon sens d'écoulement de l'air ;
 - la mise en place d'une balise mobile de surveillance des aérosols ;
 - le port préventif de l'APVR tant que le SRSE n'a pas autorisé l'entrée dans le chantier sans protection des voies respiratoires.
-
- **07/09/2017 – Dépassement de la date d'un essai périodique – A129 (RGE n°5) (niveau 0 ; Sûreté : critère 10)** : L'essai n° A129 (RGE n°5) « Contrôle du bon fonctionnement des équipements permettant le basculement d'une capacité TRD (Tampons de Rejets Différés) sur l'autre et vérification des sécurités qui arrêtent le pompage et isolent le TRD sur seuil pression haute RP01 et des capacités TRD1 et TRD2 » devait être réalisé avant le 29/07/2017 mais il sera terminé le 22/09/2017. Elles peuvent contenir des effluents gazeux sous pression.
 - Causes de l'événement : Absence d'une personne qui gère habituellement l'essai (équipe de relève pas opérationnelle). Retard de disponibilité d'un manomètre étalon.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : Les réservoirs TRD 01 et TRD 02 (Equipement Sous Pression Nucléaire N3) sont équipés d'une soupape tarée à 10 bars relatifs qui permet de limiter les conséquences d'une surpression. Les réservoirs sont à jour de leur inspection interne tous les 40 mois et leur éprouve hydraulique tous les 10 ans.
 - Actions correctives immédiates : Réalisation de l'essai dès que possible. La partie mécanique de l'essai a eu lieu le 01/09 et la partie électrique le 20/09.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Formation d'une 2ième personne capable de prendre en charge l'essai annuel A129 partie mécanique, par compagnonnage avec la 1ière personne, pendant le prochain essai annuel.
-
- **19/09/2017 – Départ de feu au laboratoire GERM (niveau 0 ; Sûreté : critère 4)** : Le 16/09/2017 à 19h40, une détection automatique d'incendie a lieu au laboratoire GERM (local 087 dans le hall des guides ILL7). Le gardien et les équipiers de quart se rendent sur place pour une levée de doute et attaquent le départ de feu qui concerne un boîtier électrique du banc de

pompage (en fonctionnement continu depuis fin août) pour les détecteurs multi-grilles pour le projet européen Brightness.

- Causes de l'événement : Mauvaise connexion entre une prise et une multiprise.
 - Conséquences réelles : Perte de l'équipement dans le départ de feu.
 - Conséquences potentielles : Le local contient une source scellée ^{241}Am de classe 6 qui résiste à 800°C pendant 1h : compte tenu de la faible DCC de la salle 087a ($< 400 \text{ MJ/m}^2$), l'atteinte de cette température semble irréaliste. La remise en suspension de cette source en cas d'incendie dans cette salle est exclue. Les cibles retenues en situation d'incendie sont les sources non-scellées ^{235}U . Hypothèse : remise en suspension en cas d'incendie des sources non-scellées ^{235}U . Application de la règle de l'IRSN : le terme source remis en suspension par l'incendie est $A \cdot c^2$, avec $c^2=0.005$ (actinides et transuraniens), ce qui donne $3.08e4 \cdot 0.005 = 154 \text{ Bq}$. La contamination de l'air du local serait de : $154/128\text{m}^3/1.1 = 0.77 \text{ LPCA}$, ce qui ne nécessite aucune mesure particulière ($1 \text{ LPCA } ^{235}\text{U} = 1.1 \text{ Bq/m}^3$).
 - Actions correctives immédiates : Mise hors tension de l'équipement, remplacement des parties touchées par l'incendie (câble, boîtiers électriques).
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : Lancement d'une opération d'autocontrôle des prises électriques portée par les 3 Divisions (Science, Projets Techniques, Réacteur) afin d'assurer une large diffusion dans les différents bâtiments et hall expérimentaux. Cette opération vise à sensibiliser les acteurs du terrain aux dangers des prises électriques mal montées et à favoriser les prises électriques moulées. Bilan de l'action : plus de 200 vérifications et 80 prises changées sur l'ILL.
- **08/11/2017 – Isolement d'enceinte et démarrage intempestif du CDS (niveau 0 ; Sûreté : critère 2)** : Le 06/11/2017 à 21h58, un isolement d'enceinte a été provoqué par le relai final de l'ARS voie A (22KA1) du fait de la fin de l'autonomie de la batterie de l'ARS-A (travaux de maintenance). L'isolement d'enceinte a provoqué une MSC (Mise en Sécurité Confinement) et donc un démarrage du CDS (Circuit de Dégonflage Sismique) et du GAS (Gonflage Annulaire Sismique).
 - Causes de l'événement : L'alimentation électrique de la voie A devait être coupée quelques jours pour effectuer des travaux. L'alimentation de l'ARS-A a été coupée le 06/11/2017 vers 9h, ce qui a vidé la batterie à 21h58.
 - Conséquences réelles : Aucune.
 - Conséquences potentielles : La mise en service intempestive d'un système de sauvegarde peut induire une mauvaise analyse de la situation par l'équipe de quart dans la conduite de l'installation. D'autre part, si des chantiers nécessitaient à ce moment la ventilation normale ou les effluents gazeux en service, ces chantiers auraient dû être arrêtés.
 - Actions correctives immédiates : Arrêt du CDS et du GAS, remise en service des circuits des effluents gazeux et de la ventilation normale.
 - Actions correctives en vue d'éviter le renouvellement de l'événement : La grille questionnaire de la NAQ 39 est intégrée dans le processus d'analyse des risques. Des schémas simplifiés sous Assurance Qualité des automatismes MSC sont réalisés par le service Electricité-Electronique avec le mode de fonctionnement (à émission ou manque de tension), les redondances et les causes secondaires de déclenchement (exemple : perte ou décharge d'une batterie).

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 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 2017 exprimés en **Tera-Becquerel (TBq)** ou en **Mega-Becquerel (MBq)**

EFFLUENTS GAZEUX	Rejets 2017	Limite annuelle Arrêté du 03/08/2007
Gaz rares (TBq)	0,42	10
Tritium (TBq)	13	75
Carbone 14 (TBq)	0,046	2
Iodes (MBq)	0,55	1000
Aérosols (MBq)	0,15	100

Le principal gaz rare radioactif émis est l'argon 41 (^{41}Ar) 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.

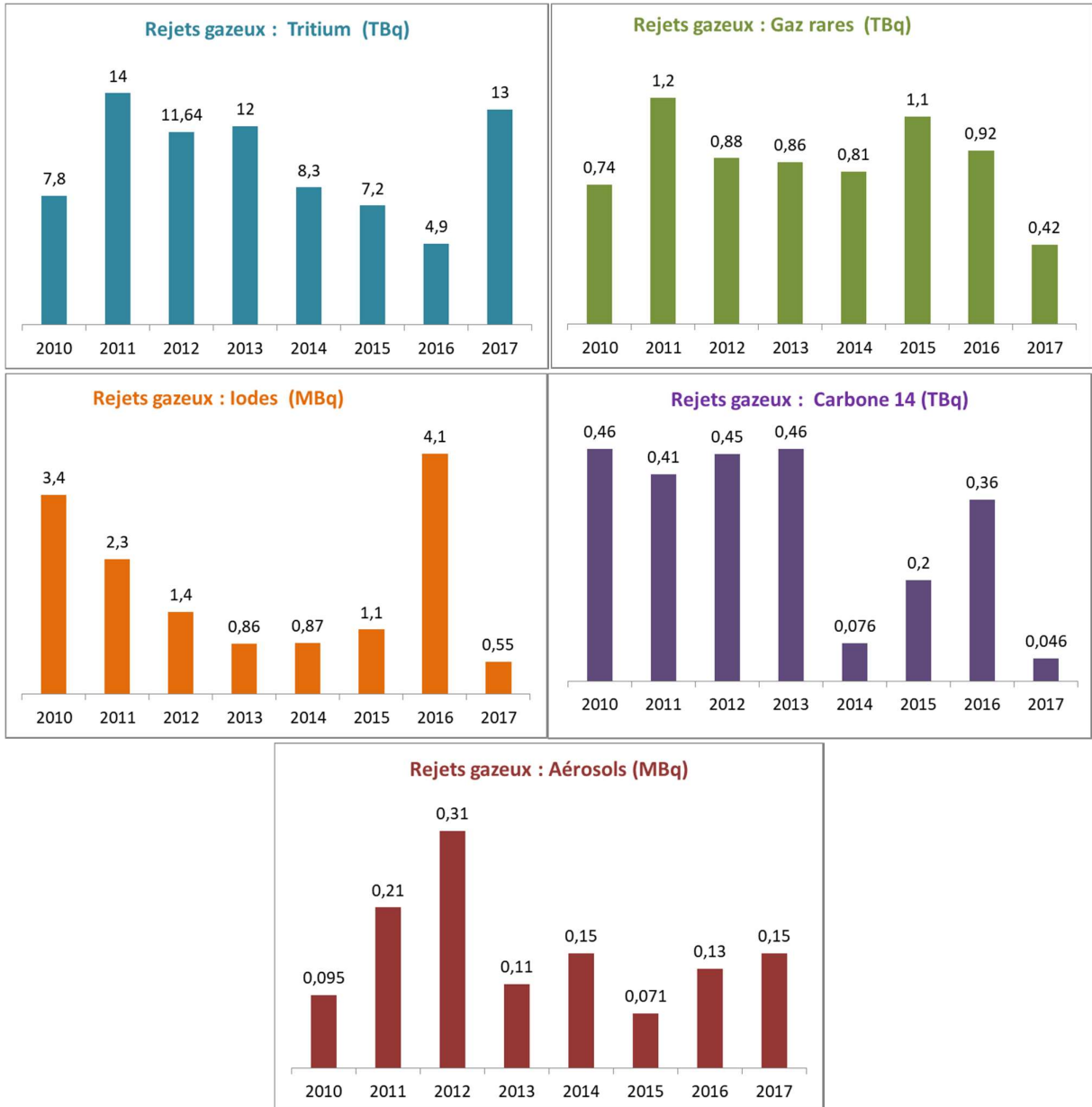
Le tritium (^3H), dont la période radioactive est de 12 ans, provient quant à lui principalement de l'activation du deutérium, contenu dans l'eau lourde. Une infime partie de ce tritium est rejetée par évaporation lors des ouvertures de circuits contenant de l'eau lourde.

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.

Le radioélément prépondérant dans les aérosols est le cobalt 60 (^{60}Co).

Les histogrammes suivants présentent l'évolution des rejets par catégorie depuis 2010 :



Les rejets gazeux restent en deçà des autorisations avec une marge significative.

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, de l'ordre de quelques millièmes de l'autorisation de rejet.

Les rejets liquides

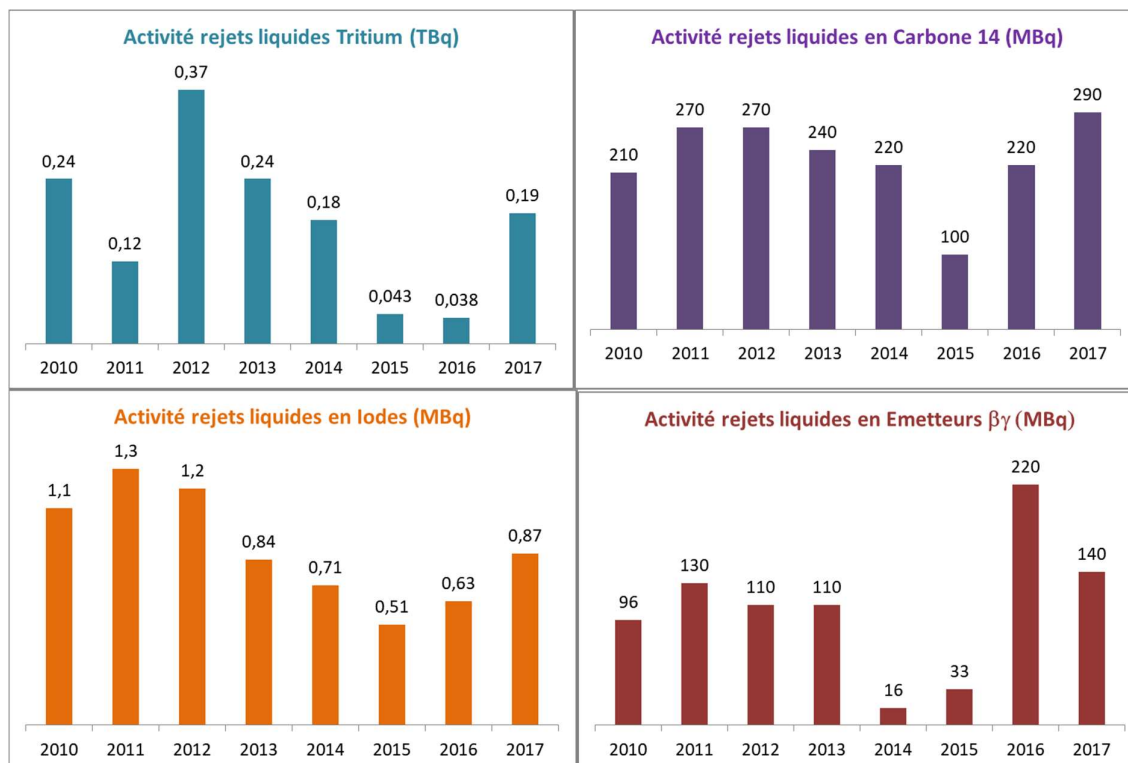
L'émissaire par lequel sont effectués et contrôlés les rejets liquides dans l'Isère est situé 1 km en amont de son confluent avec le Drac. Il s'agit d'une canalisation dont l'extrémité est placée dans le lit de l'Isère. C'est en ce point qu'est réglementée l'autorisation figurant dans l'arrêté du 3 août 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 :

- Emetteurs beta/gamma
- Iodes
- Tritium
- Carbone 14

Le tableau suivant présente le bilan pour 2017, pour un volume rejeté de 670 m³ :

EFFLUENTS LIQUIDES	Rejets 2017	Limite annuelle Arrêté du 03/08/2007
Tritium (TBq)	0,19	1
Carbone 14 (MBq)	290	1500
Iodes (MBq)	0,87	100
Emetteurs beta/gamma (MBq)	140	1000

Les histogrammes suivants présentent l'évolution des rejets liquides depuis 2010 :



Les rejets sont largement en deçà des autorisations. L'absence d'émetteurs alpha dans les rejets est également vérifiée à la fois dans les rejets liquides, le seuil de décision étant 0,1 Bq.l⁻¹, et dans les rejets gazeux, le seuil de décision étant 0,0001 Bq.m⁻³.

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 2017 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)	1,9	30
DCO (Demande chimique en oxygène)	30	125
MEST (Matières en suspension totales)	8,4	35
Azote global	2,05	30
Phosphore total	0,03	10
Hydrocarbures totaux	0,12	10
Sulfates	47	600
Carbonates	2	100
Nitrates	4,6	30
Sels	293	30000
Métaux	0,44	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 2017 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 :

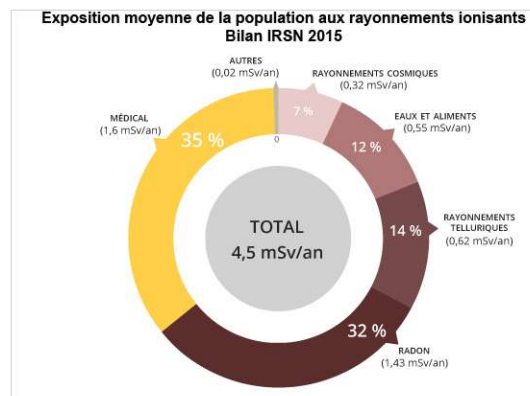
- **L'exposition interne par ingestion directe d'eau contaminée**
- **L'exposition interne par ingestion de poissons**
- **L'exposition interne par ingestion de produits végétaux et animaux contaminés par l'irrigation**

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 des calculs issus du modèle de l'étude d'impact de 2007 ; les doses efficaces sont en micro (μ) Sievert (soit 1 millionième de sievert).

2017	Adulte (μ Sv/an)	Enfant (μ Sv/an)	Bébé (μ Sv/an)
Impact rejets gazeux	0,045	0,037	0,049
Impact rejets liquides	0,0062	0,0045	0,0045

L'impact des rejets est donc extrêmement faible. En effet, il faut savoir que la dose moyenne due à la radioactivité naturelle et médicale est de 4500 μ Sievert par an en France, comme le montre l'illustration fournie par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) :



Gestion des déchets radioactifs

En matière de gestion des déchets radioactifs, la priorité est donnée à l'envoi des déchets aussitôt que raisonnablement 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 2017

Déchets de laboratoire

Les déchets de laboratoire sont évacués directement vers l'ANDRA CIREs par la filière du nucléaire diffus. Au cours de l'année 2017, 3 fûts de 120 l de déchets solides incinérables, 3 fûts de 120 l de solvants organiques et 3 bonbonnes de 30 l de solutions aqueuses ont été ainsi évacués.

Déchets TFA

Il n'y a pas eu d'expédition de déchets TFA.

Déchets FA/MA/HA

5 fûts de 200l (huile), 69 fûts PEHD de 200 l et 3 fûts de 120 l de déchets incinérables ont été expédiés vers SOCODEI-CENTRACO.

Quantité de déchets présents dans l'installation en fin d'année 2017

Nature des déchets	Volume	Activité	Radioéléments présents
Déchets de démantèlement			
• 1 source chaude	0,5 m ³	9 TBq	PA, ³ H
• 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	/	/	/
• Déchets solides	0,25 m ³	100 TBq	³ H
Déchets divers			
• Résines échangeuses d'ions	0,49 m ³	190 GBq	PA, ³ H
• 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)	93 m ³	350 MBq	PA
Déchets conditionnés			
• Caissons métalliques	15 m ³	330 GBq	PA, ³ H
• Fûts 120L PEHD incinérables	360 l	160 GBq	PA, α
• Fûts 200L incinérables	13 000 l	26 GBq	PA, ³ H
• Déchets de laboratoire	510 l	5 MBq	³ H, ¹⁴ C, ³² P
Déchets en attente de conditionnement			
• Déchets solides activés (poubelle de décroissance)	150 l	285 TBq	PA, ³ H, α
• Déchets solides activés (caisson prébétonné)	1600 l	1,6 TBq	PA, ³ H, α
• Déchets solides divers	7,3 m ³	25 GBq	PA, ³ H, α
• Déchets incinérables	7600 l	8 GBq	PA, ³ H
• Déchets liquides	2240 l	10 TBq	PA, ³ H, α

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.

TFA : Très Faible Activité (déchet).

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



Grenoble, le 27 juin 2018
DIR/SRSE-18/420-TI/mae

**Procès verbal du CHSCT extraordinaire du 27.06.2018 relatif au rapport
TSN 2017 (Transparence et Sécurité Nucléaire)**

Conformément à l'article L125-15 du code de l'environnement 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 2017.



Membre élu et secrétaire du CHSCT,
Thierry ILLY