

Rapport transparence et sécurité nucléaire 2022



IFU
NEUTRONS
FOR SOCIETY

SOMMAIRE

EDITORIAL	3
1. INTRODUCTION	4
2. PRÉSENTATION DE L'INSTITUT ET DU RÉACTEUR À HAUT FLUX	5
2.1 Le réacteur	6
2.2 L'utilisation des neutrons par les scientifiques	7
Exemples de belles réussites scientifiques en 2022	8
Modernisation des instruments	10
3. DISPOSITIONS PRISES EN MATIÈRE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE RADIOPROTECTION	14
3.1 Dispositions générales d'organisation	15
3.2 Dispositions techniques en matière de sûreté nucléaire	16
Faits marquants en matière de sûreté	17
Système de management intégré	18
Audits internes et externes	18
Inspections de l'ASN	18
Bilan des transports de matières radioactives	19
Exercices de préparation aux situations d'urgence	19
Perspectives pour l'année 2023	20
3.3 Dispositions techniques en matière de radioprotection	20
Faits marquants de l'année 2022	21
Dosimétrie du personnel : résultats	21
4. ÉVÈNEMENTS SIGNIFICATIFS EN MATIÈRE DE SÛRETÉ ET DE RADIOPROTECTION	22
4.1 Bilan 2022	23
5. RÉSULTATS DES MESURES DES REJETS LIQUIDES ET GAZEUX	24
5.1 Les rejets gazeux	25
5.2 Les rejets liquides	26
5.3 Les rejets non radioactifs	26
5.4 Impact des rejets sur l'environnement	27
Impact des rejets gazeux	27
Impact des rejets liquides	27
6. GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS	28
6.1 Quantité de déchets évacués en 2022	28
6.2 Quantité de déchets présents dans l'installation en fin d'année 2022	29
7. GLOSSAIRE	30
8. RECOMMANDATIONS DU CSE DE L'ILL	32



A l'issue d'une période de fonctionnement de ses installations en 2020 et 2021 dans une période compliquée d'un point de vue sanitaire, l'ILL est entré depuis octobre 2021 dans une phase de maintenance pour renouveler une partie de son parc d'instruments scientifiques et pour renforcer la sûreté et la sécurité de ses installations.

L'année 2022 a donc été une année de maintenance où le réacteur était à l'arrêt. Elle marque également le début d'une série d'arrêts pour maintenance visant entre autres à déployer le plan d'actions d'amélioration de sûreté issue du dernier réexamen de sûreté dont l'instruction est arrivée en phase finale, et notifiée durant l'été 2022 par des décisions de l'Autorité de sûreté.

Du point de vue de la sûreté, les dernières inspections de l'ASN se sont bien déroulées dans la continuité des années précédentes. Bien que des améliorations aient été notées par l'Autorité dans la plupart des domaines, l'ILL doit veiller à maintenir la confiance de l'Autorité de sûreté en restant extrêmement vigilant dans les domaines de la sûreté d'exploitation, voire pour les activités conventionnelles.

A l'issue de ce réexamen périodique, qui est réalisé tous les 10 ans, l'ILL a initié, en concertation avec l'Autorité de Sûreté, un projet de mise à jour de son Autorisation de Rejets et de Prélèvements des Eaux (ARPE) qui date de 2007. Cet exercice s'appuie sur le retour d'expérience de l'Institut et d'autres installations équivalentes, dans l'objectif affiché de réduire autant que faire se peut les limites radiologiques et/ou chimiques des autorisations de rejets liquides et gazeux liées au fonctionnement de l'Institut.

L'optimisation du fonctionnement des installations et la mise en place de modifications devraient donc conduire l'ILL à pouvoir respecter des limites globalement plus basses de ses autorisations de rejets, et réduire encore ses impacts sur l'environnement.

Cet exercice est réalisé en s'appuyant sur des bureaux d'études spécialisés qui utilisent des outils de calculs qualifiés et reconnus. Ainsi, ces outils de simulation actualisés permettront de confirmer les très faibles impacts environnementaux (chimiques et radiologiques) du fonctionnement de l'Institut. D'ores et déjà, on peut rappeler que les impacts radiologiques sont de l'ordre de quelques micro-Sievert par an, soit mille fois plus faibles que l'impact de la radioactivité naturelle sur les populations qui est de l'ordre en moyenne de 4.5 milli Sievert par an. L'instruction approfondie par les autorités est d'ores et déjà prévue dès 2023.

Par ailleurs, l'ILL poursuit ses opérations de pré-assainissement sur l'installation Détritiation pour, entre autres, conduire à la réduction du terme source en tritium dès 2025.

Grâce à ses investissements scientifiques et à la sûreté de ses installations, l'ILL continuera d'être le leader mondial des infrastructures de recherche utilisant les neutrons pour les années à venir.

Jérôme Estrade
Directeur de l'ILL

1 INTRODUCTION

L'Institut Laue Langevin (ILL) est un organisme de recherche international à la pointe des sciences et techniques neutroniques. L'ILL propose aux scientifiques une instrumentation de haute technologie, et en tant qu'institut de service met ses installations et son expertise à la disposition des visiteurs scientifiques du monde entier. Plus de 1000 expériences sont effectuées chaque année à l'ILL, et environ 1400 chercheurs viennent y réaliser leurs expériences, 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.

2 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, sur le site EPN-Campus regroupant plusieurs organismes scientifiques :

- l'ILL, Institut Laue Langevin.
- 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.

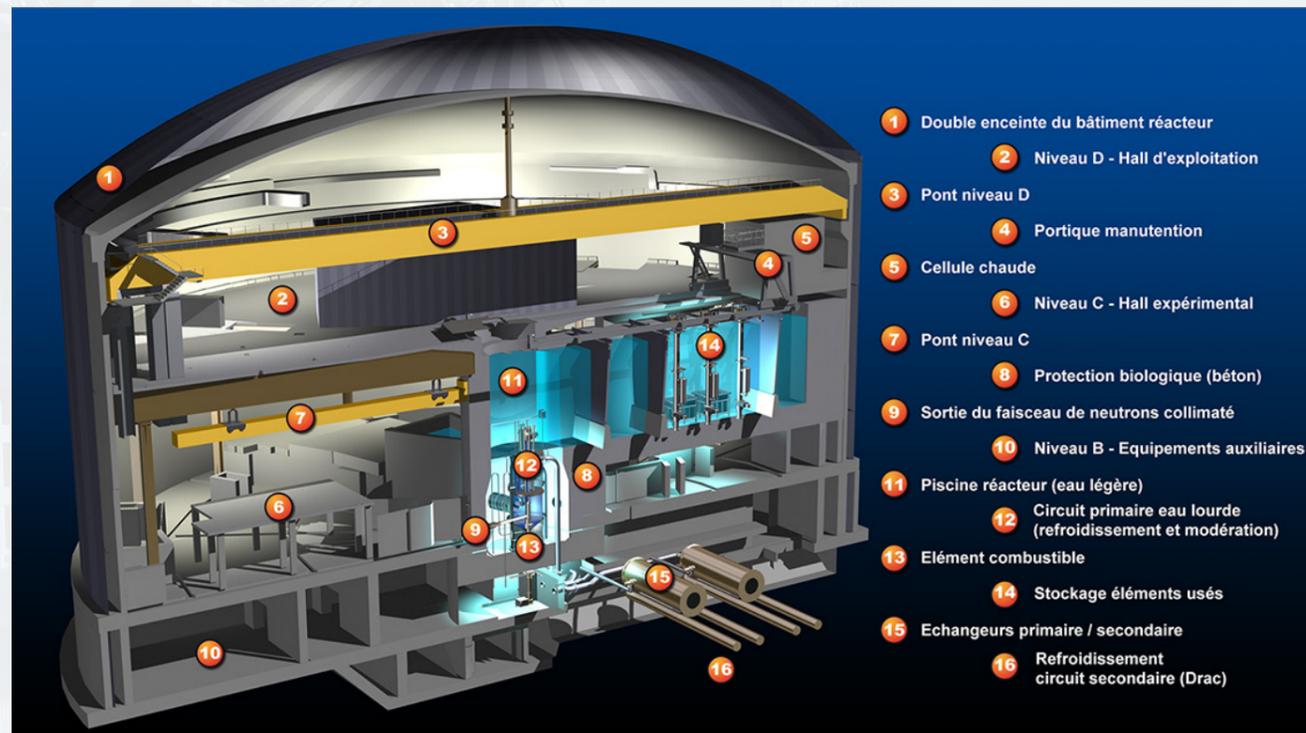
Environ 1300 personnes travaillent sur le site.

L'Institut Laue Langevin est géré par trois pays associés, la France (CEA et CNRS), l'Allemagne et le Royaume Uni. Onze partenaires scientifiques participent également à son financement. Son budget pour 2022 était de 108 M€. 536 personnes d'une quarantaine de nationalités différentes travaillent à l'ILL.



© L. Thion

2.1 LE RÉACTEUR



Coupe du bâtiment réacteur de l'ILL.

Le Réacteur à Haut Flux de l'ILL fonctionne en continu durant des cycles de 50 jours. Son coeur 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 coeur est située dans une piscine remplie d'eau déminéralisée qui assure une protection vis-à-vis des rayonnements neutrons et gammas émis par le coeur. 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.

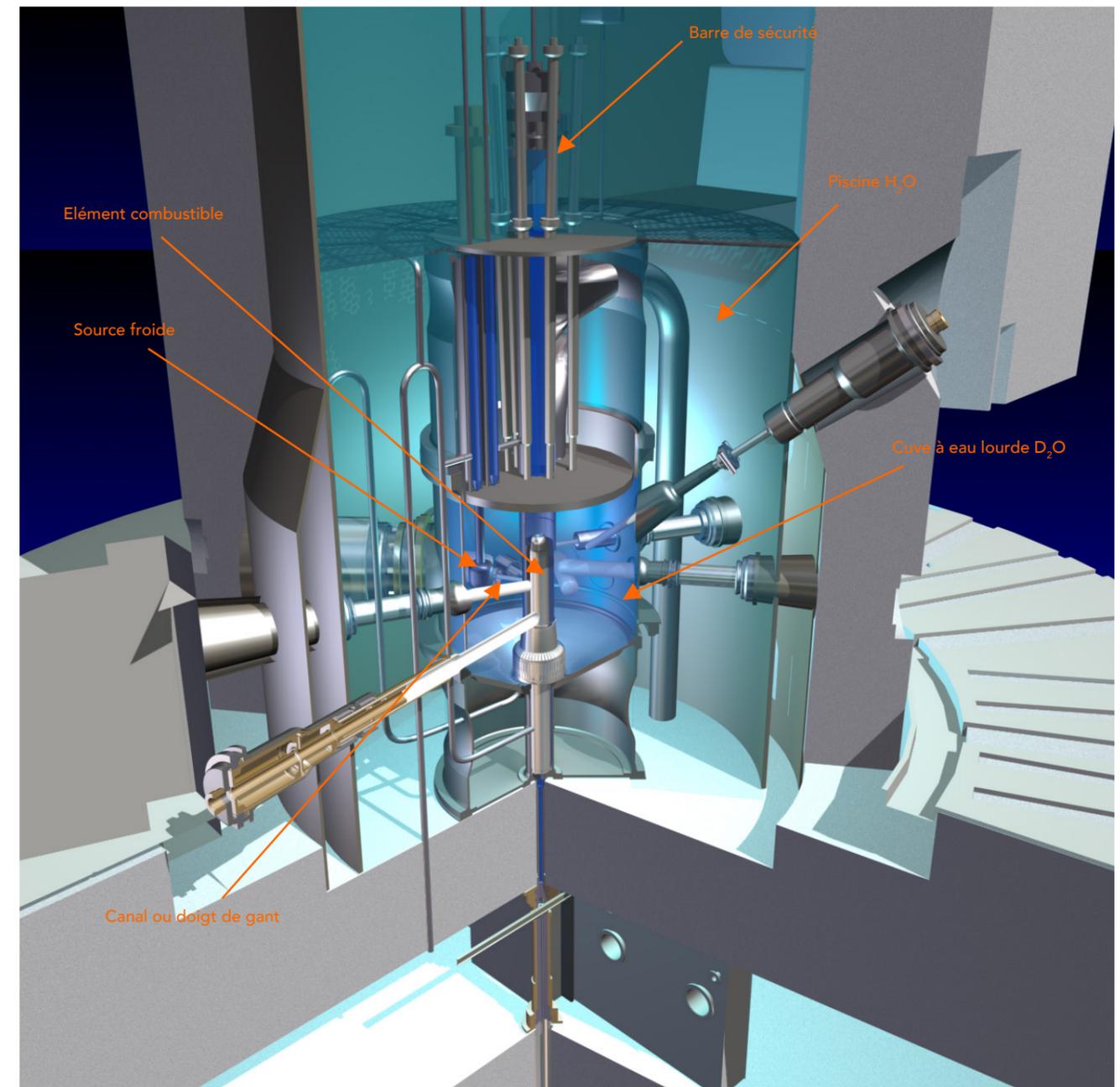
Les neutrons produits dans le réacteur par la réaction de **fission** ont une très grande énergie (vitesse : 20 000 km/s). Ils sont ralentis par l'eau lourde afin de pouvoir à la fois provoquer de nouvelles fissions pour entretenir la réaction en chaîne (neutrons thermiques dont la vitesse est de 2,2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

Trois dispositifs situés à proximité immédiate du coeur 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.

Aucun cycle du réacteur n'a été programmé en 2022. Un long arrêt a été nécessaire pour effectuer des travaux importants. Ceux-ci ont inclus le remplacement de canaux et de guide de neutrons, l'avancement du programme de modernisation des instruments de l'ILL, ainsi que la réalisation d'une grande partie des travaux sur lesquels l'ILL s'est engagé avec l'ASN.

2.2 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, par exemple.



Le réacteur de l'ILL.

EXEMPLES DE BELLES RÉUSSITES SCIENTIFIQUES EN 2022

Les neutrons aident à développer des polymères durables

Les polymères sont omniprésents dans notre environnement. On peut les classer selon entre polymères naturels (tels que les protéines, l'ADN, l'amidon et la cellulose) et polymères synthétiques, utilisés aujourd'hui pour la fabrication de matériaux incontournables à usage généralisé (tels que les plastiques, les caoutchoucs, le béton, le verre et le papier).

Malgré la grande diversité de polymères, la production de polymères synthétiques est dominée par les plastiques, secteur responsable de la production d'environ 400 millions de tonnes de déchets plastiques par an, dont moins de 10 % est aujourd'hui recyclé. Par conséquent, la mise au point de plastiques durables et économiquement concurrentiels, ayant des propriétés équivalentes aux propriétés des polymères traditionnels issus du pétrole, est un domaine de recherche d'importance sociétale et environnementale capitale.

Le polylactide (PLA) est le polymère biosourcé le plus fabriqué aujourd'hui et l'un des premiers plastiques durables en mesure de concurrencer les polymères traditionnels. Fabriqué à partir de matières premières renouvelables, sa production génère trois fois moins de CO₂ que celle des polymères traditionnels, il est à la fois recyclable et compostable en fin de cycle de vie, et sa biodégradation ne prend quelques mois, tandis que celle des plastiques issus d'énergies fossiles exige des centaines voire des milliers d'années.

Le PLA est utilisé dans la fabrication d'emballages, de bouteilles, et pour des applications biomédicales. Pourtant, la quantité de PLA produite (environ 200 000 tonnes par an) est négligeable comparée aux millions de tonnes de plastique issus de la pétrochimie. L'usage de polymères biosourcés et biodégradables n'est pas encore très répandu, car la versatilité de leurs propriétés (déterminant ce que peut faire un polymère et les secteurs dans lesquels il est utilisable) ne concurrence pas encore celle des polymères traditionnels issus du pétrole.

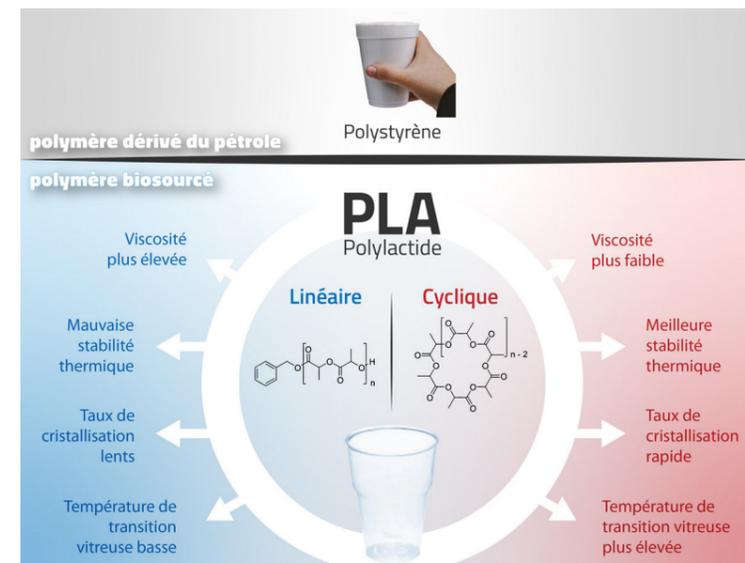
Grâce aux avancées récentes dans la synthèse des polymères, il est maintenant possible de produire en quantité importante des polymères cycliques purs, à la structure bien définie. La topologie cyclique – où une structure circulaire aux bouts-de-chaîne reliés remplace la chaîne d'unités monomériques linéaire habituelle – crée un éventail de propriétés physiques

et chimiques singulières : viscosités inférieures, températures de transition vitreuse supérieures, stabilité thermique supérieure et vitesse de cristallisation supérieure à celle des polymères linéaires traditionnels. La forme cyclique du PLA suscite donc un grand intérêt, car elle pourrait augmenter la versatilité du PLA.

Afin de mieux comprendre et mener leur développement, il faut maintenant des études détaillées des polymères cycliques. La synergie entre la grande sensibilité des neutrons à l'hydrogène et la puissance de la méthode de contraste par deutération sélective fait des neutrons une sonde particulièrement utile pour l'étude des polymères à base d'hydrogène, pouvant fournir des informations précises et uniques.

Des échantillons de PLA linéaire et cyclique ont été synthétisés à l'université de Bath puis transférés à l'ILL pour des expériences sur l'instrument D11.

Avec les données recueillies, il a été possible de comparer les deux typologies d'échantillons de PLA à travers un éventail de variables. Les résultats reproduisent les tendances établies précédemment, mais avec des variations nettement plus grandes entre les topologies linéaires et cycliques que celles jusque-là documentées. Par conséquent, ces résultats montrent que les polymères cycliques ne se comportent pas tous comme des polymères linéaires.



Les résultats mettent en lumière l'intérêt de la diffraction neutronique en tant qu'outil d'identification et caractérisation de la topologie cyclique et de comparaison des polymères linéaires et cycliques. L'information fournie par ces études de diffraction neutronique affinera la compréhension des polymères cycliques, nécessaire pour mener à bien le développement et l'avancée de la commercialisation des polymères durables.

(Article original : [Neutron scattering: a valuable tool for the advancement of sustainable polymers](#))

Mise en cause de l'existence des neutrinos stériles par les scientifiques de l'équipe Stéreo

Après six années d'expériences, une équipe d'expérimentateurs - regroupant des scientifiques du CEA, du CNRS, de l'Université Grenoble-Alpes (UGA), de l'Université Savoie Mont Blanc (USMB), du Max Planck Institut für Kernphysik (MPIK) et de l'ILL - n'a trouvé aucune preuve de l'existence du neutrino stérile au cours de l'expérience d'oscillation neutronique menée avec le détecteur Stéreo, spécialement conçu pour l'étude des neutrinos produits dans le réacteur de recherche de l'ILL. Les scientifiques sont donc catégoriques : le neutrino stérile n'est pas responsable de l'anomalie dans les neutrinos émis par les réacteurs nucléaires. Cette expérience met fin à des années de questionnements.

L'existence du neutrino stérile est une extension naturelle potentielle du modèle standard, développé par des physiciens des particules dans la seconde moitié du XXe siècle. L'hypothèse était que cette particule pourrait expliquer des phénomènes physiques encore mal compris, tels que celui de la matière noire. En effet, lorsque, suite à plusieurs expériences antérieures menées dans des réacteurs nucléaires, les physiciens ont constaté que la quantité de neutrinos produite pendant la fission était inférieure à la quantité prédite par leurs modèles, ils ont cru avoir observé des traces du neutrino stérile.

Afin de tester l'hypothèse de l'existence des neutrinos stériles et déterminer leurs propriétés, les chercheurs de l'équipe Stéreo ont choisi d'utiliser une très puissante source de neutrinos, celle du Réacteur à Haut Flux de l'ILL. Pour le recueil de données, une série de six réacteurs identiques a

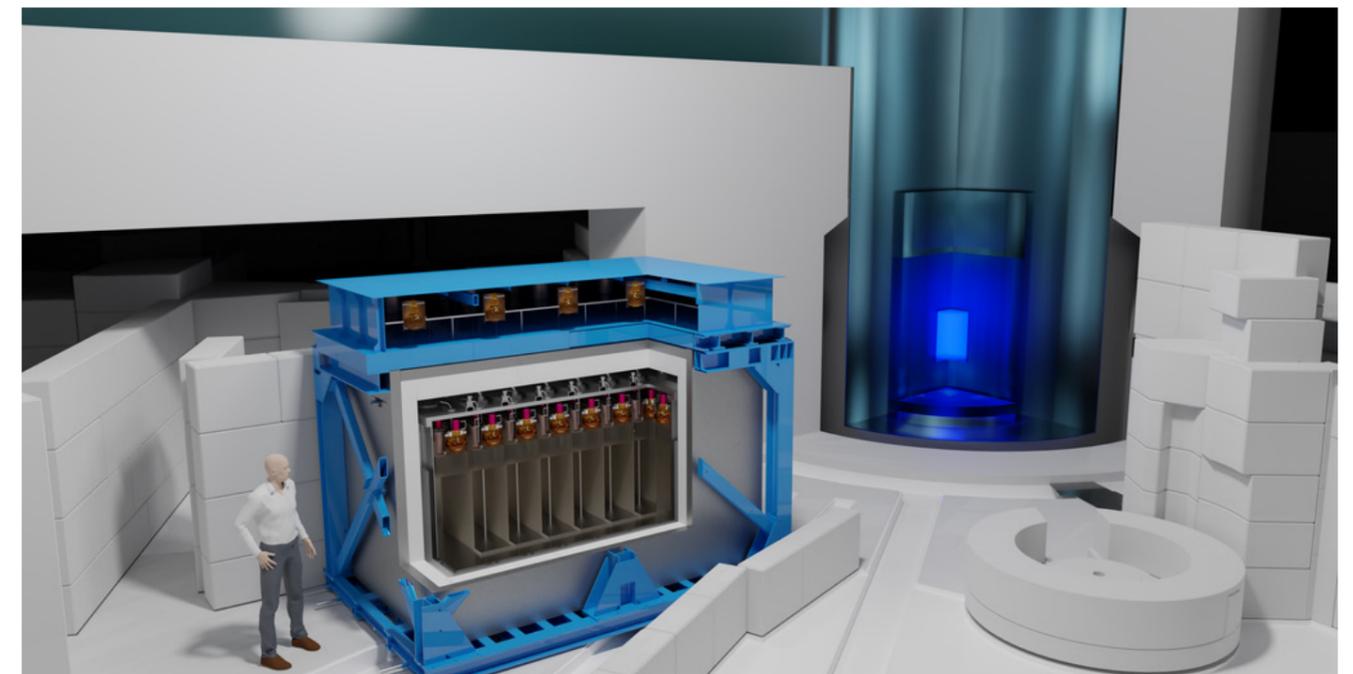
été placée à seulement dix mètres du cœur du réacteur. Ces détecteurs étaient protégés de tout signal parasite provenant de l'environnement ambiant, et idéalement positionnés pour détecter la signature des neutrinos stériles avec une précision inégalée : bien au-delà d'un simple déficit du neutrino actif, c'était une transformation de leur spectre énergétique qui était anticipée.

Pendant les quatre années séparant 2017 et 2020, et puis deux années supplémentaires d'analyse de données, 107 558 neutrinos ont été observés sans la moindre trace d'un neutrino stérile.

Il a fallu que les chercheurs trouvent une autre explication pour le déficit du nombre de neutrinos émis pendant la désintégration bêta des produits de fission. La précision des mesures Stéreo est telle que l'équipe a tourné son regard dans une autre direction : ce ne serait pas les expériences menées pour détecter les neutrinos qui seraient biaisées, mais les données nucléaires utilisées pour prédire la désintégration bêta.

Ainsi, le spectre énergétique des neutrinos issus de la fission de l'uranium-235 mesuré par Stéreo est devenue la donnée de référence, propulsant actuellement un vaste programme de réévaluation des émissions beta des produits de fission décrits dans les bases de données nucléaires. Ce programme de réévaluation permettra, entre autre, d'affiner notre compréhension des phénomènes rentrant en ligne de compte lors de la fermeture d'un réacteur nucléaire, existant ou futur.

(Article original : [Stereo scientists refute the existence of sterile neutrinos - ILL Neutrons for Society](#))



Vue schématique de l'expérience Stéreo. © Loris Scola - CEA.

MODERNISATION DES INSTRUMENTS

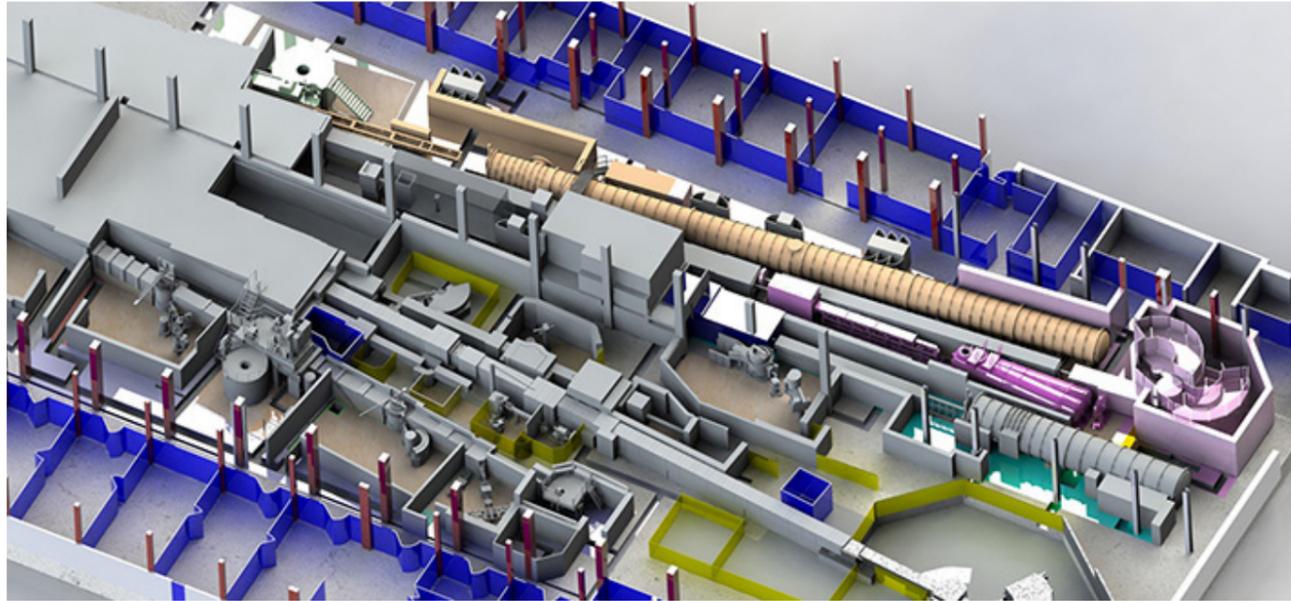
Pour maintenir son leadership mondial, l'ILL a multiplié ses capacités d'innovation et d'ingénierie en construisant de nouveaux instruments toujours plus performants. Dans la continuité du programme Millénum, c'est l'objectif de la phase 1 du programme Endurance qui a débuté en 2016. Les premiers instruments d'Endurance sont maintenant disponibles pour les utilisateurs. 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 trois parties qui va s'étendre jusqu'en début 2024.

Les Associés de l'ILL ont décidé de financer intégralement Endurance 2. Ce nouveau programme devrait encore améliorer les performances des instruments pour proposer à nos utilisateurs le meilleur niveau mondial en science neutronique. Ce programme ambitieux nécessite une planification minutieuse afin de s'assurer que le calendrier de construction des nouveaux instruments soit coordonné avec les cycles de fonctionnement du réacteur dans le but de garantir une production ininterrompue de neutrons pour les instruments existants.

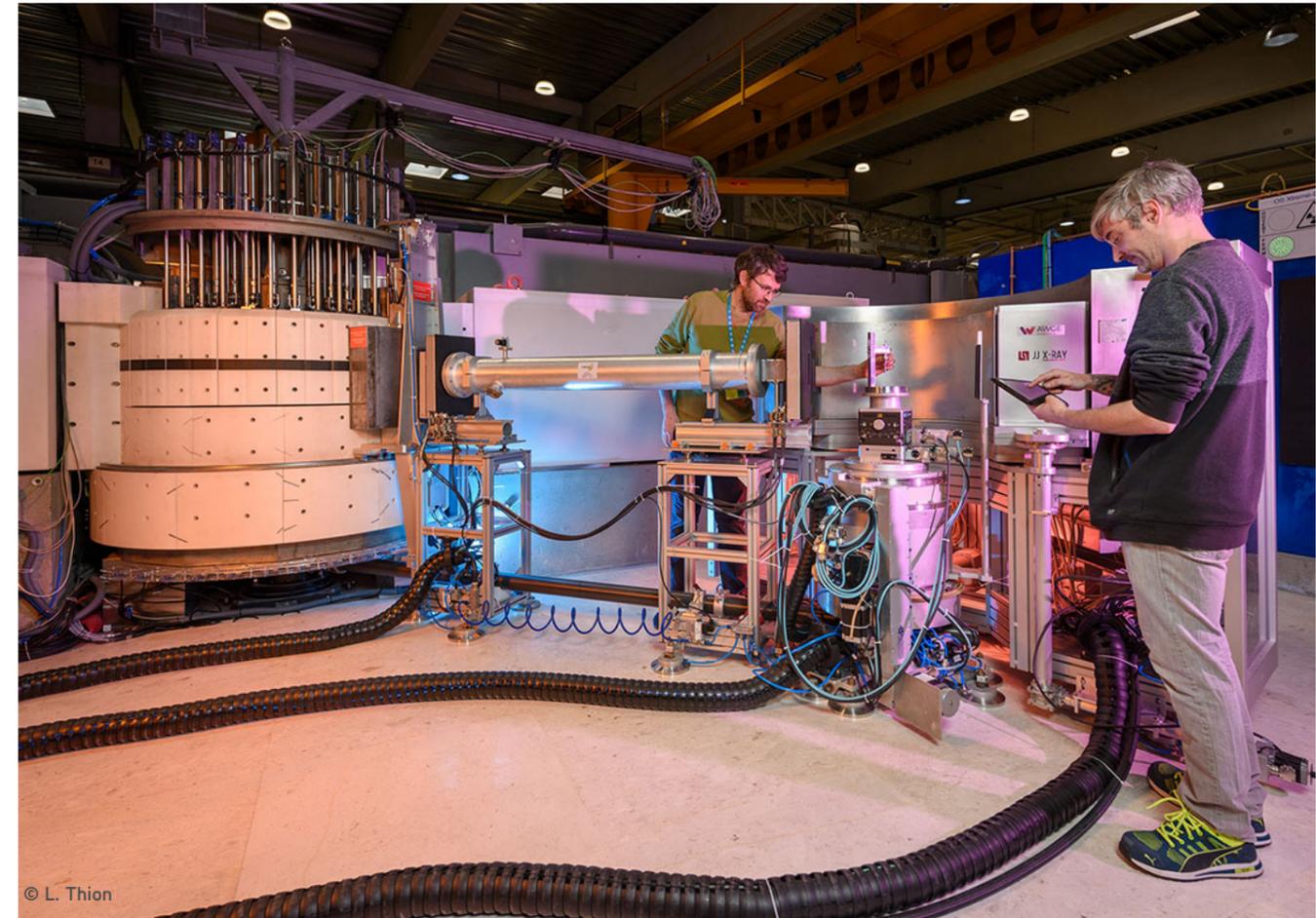
Les gains de performance attendus avec les nouveaux instruments doivent s'accompagner d'un programme de recherche et d'innovation dans tous les domaines techniques, y compris la simulation (calculs, réalité virtuelle...) pour améliorer la conception des instruments et de leur environnement.

Tout ce programme de nouveaux projets, de recherche et développement permettra aux instruments de l'ILL de rester la référence des technologies neutroniques. L'intégralité des instruments du programme Endurance devrait être disponible pour les utilisateurs d'ici début 2024.

En plus de ces projets de modernisation, le personnel de l'ILL s'investit constamment dans des activités nécessaires au quotidien comme les travaux de maintenance et de rénovation des infrastructures techniques et des équipements informatiques associés.



Maquette d'instrumentation 3D à l'ILL7 sur les nouveaux guides H24 et H15.



© L. Thion

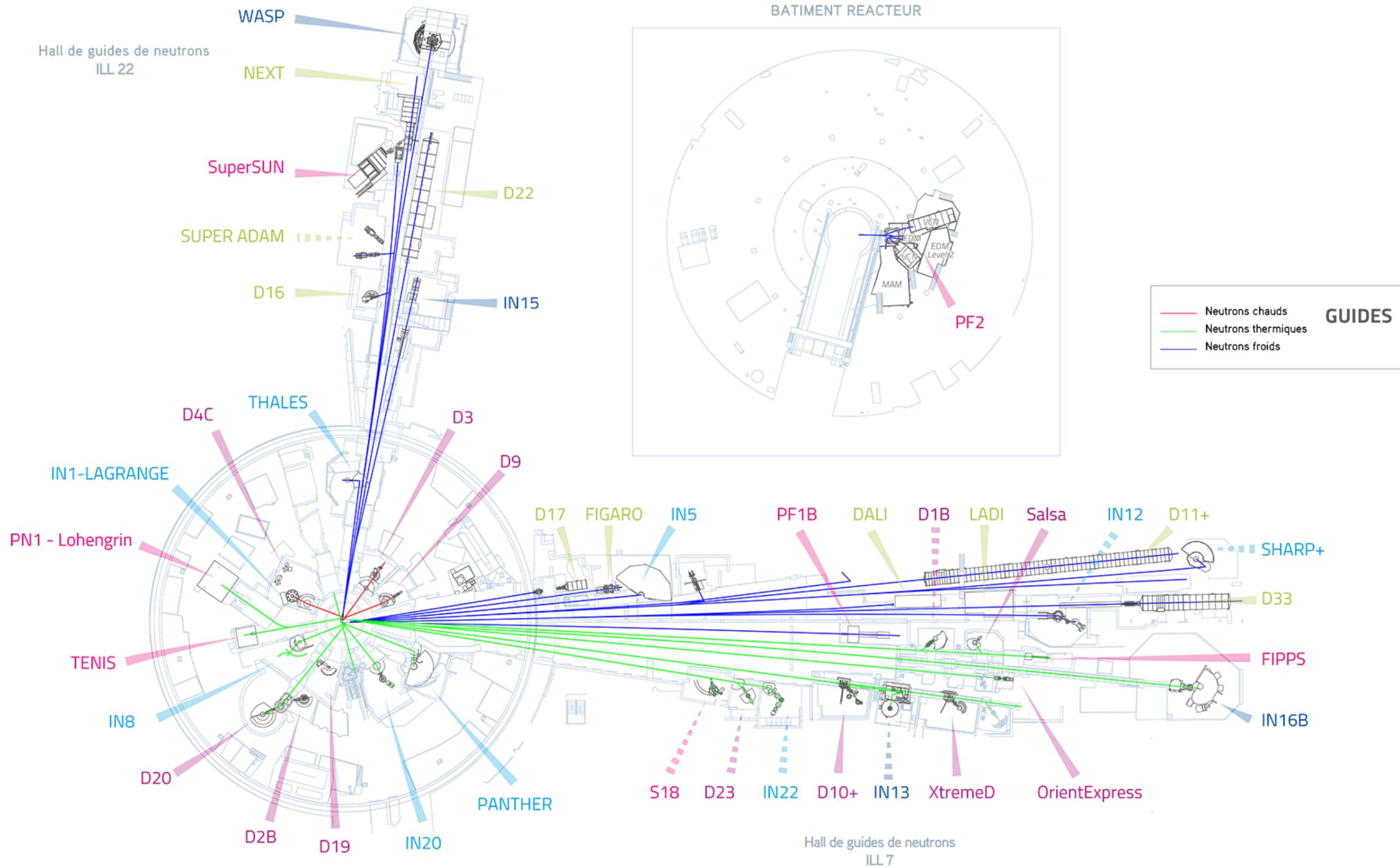
Le nouvel instrument Xtreme-D.



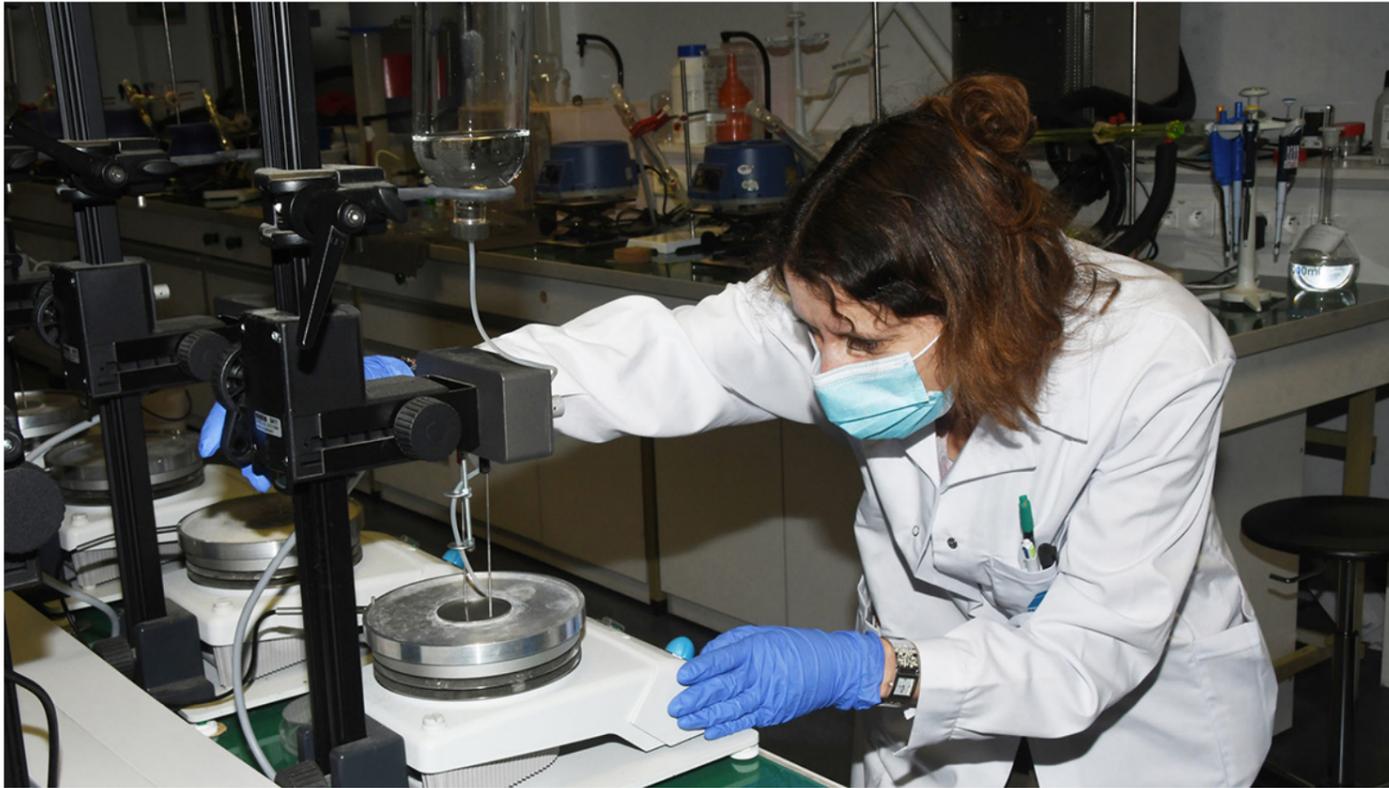
© L. Thion

D16 avec son nouveau détecteur.

Plus de quarante instruments permettent 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.



3 DISPOSITIONS PRISES EN MATIÈRE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE RADIOPROTECTION



Le laboratoire environnement.

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 éventuels incidents et accidents susceptibles de se produire malgré les mesures prises pour les éviter.

3.1 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, ainsi que les équipes support du programme expérimental,
- La Division Projets Techniques (DPT) qui conçoit et assure la maintenance des outils expérimentaux : guides neutrons, monochromateurs, spectromètres, diffractomètres et détecteurs,
- La Division Administration (DA), chargée des achats, des finances et des 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 sur les trois 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 qui travaillent 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 entre autres 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 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'**ELPS** (Equipe Locale de Première Secours) 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.

L'organisation de l'ILL relative à la protection des intérêts et des travailleurs s'appuie également sur trois services directement rattachés à la direction de l'institut et présentés dans les trois paragraphes suivants.

La Cellule Qualité Sûreté Risques (CQSR) est chargée du suivi, de l'amélioration et de la surveillance du système de management intégré, qui permet de garantir 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. En outre, la CQSR est responsable de la gestion globale des risques à l'ILL et assure également des missions de prévention de la corruption.

Le Service Radioprotection Sécurité et Environnement (SRSE) est chargé d'assurer la protection contre les rayonnements ionisants du personnel de l'ILL ainsi que la sécurité du travail. 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 le Groupe de Traitement des Déchets Actifs (GTDA) ainsi que la dosimétrie du personnel. En outre, le responsable du GTDA assure également la fonction de conseiller à la sécurité des transports de matières radioactives au sens de la réglementation des transports de matières radioactives.

Le Service Médical du Travail Commun (STMC) assure le suivi particulier des salariés travaillant en milieu ionisant.

3.2 DISPOSITIONS TECHNIQUES EN MATIÈRE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

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 fission 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

EXPLOITATION DU RÉACTEUR

- Evacuation de trois éléments combustibles irradiés vers La Hague par TN-MTR.

MAINTENANCE DU RÉACTEUR

- Remplacement de la cheminée du bloc réacteur,
- Remplacement des batteries « OUS » au Poste de Repli, PCS3,
- Changement des platines des vannes de sécurité des doigt de gant H3 / H4 / H5 / H6 / H8 / H9 / H10 / IH3,
- Contrôle non destructif des soudures du collecteur aluminium entrée cœur,
- Contrôle non destructif des soudures des tuyauterie D₂O inox de diamètre supérieur à 140 mm,
- Remplacement des joints des clapets du circuit de ventilation LZ (812 LZ 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6),
- Mesure du taux de fuite des enceintes du bâtiment réacteur,
- Remplacement des capteurs de pression du circuit primaire en sortie cœur 411 MP 01 a/b/c afin de prendre en compte la problématique d'obsolescence du matériel,
- Refonte des armoires radioprotection SR1, SR2, SR3 afin de remplacer le matériel vieillissant.

TRAVAUX DE REMPLACEMENT DU DOIGT DE GANT H1-H2

- Démontage du doigt de gant H1-H2,
- Traitement du doigt de gant H1-H2 pour mise au déchet,
- Remplacement du carter Pink, des plateaux et des guides de neutrons en piscine H1-H2,
- Réfection du revêtement de la piscine H1-H2.

AMÉLIORATIONS DE LA SÛRETÉ (dont engagements issus du réexamen périodique de 2017)

- Installation de sprinklers manuels en casemate niveau A et B,
- Amélioration du système de rétention d'eaux d'extinction en cas d'incendie : installation d'un obturateur pneumatique dans le réseau d'eau pluviale et création d'une ligne de relevage jusqu'à une cuve souple de rétention située en surface,
- Installation d'une protection incendie des nez de dalles des planchers bas des niveaux 1, 2 et 3 entre ILL4 et ILL5,
- Renforcement au feu de traversées de câbles de l'enceinte béton,
- Installation d'un écran thermique pour protéger le ballast en B42 en cas de départ de feu dans ce local,
- Installation de protection P120 sur les chemins de câbles noyau dur au niveau de l'espace annulaire et du bâtiment GEL (Bâtiment Eau Lourde),
- Installation d'une seconde colonne incendie dans l'espace annulaire de l'enceinte de confinement,
- Ajout de 2 fonctions d'arrêt d'urgence du réacteur : sur niveau très bas vase ou pression basse du réservoir tampon du système oléopneumatique,
- Ajout de 2 fonctions d'arrêt d'urgence du réacteur : sur perte des alimentations électriques externes (perte du 20kV) ou sur perte de la source froide externe,
- Ajout d'une condition de déclenchement automatique d'introduction automatique de la barre de pilotage sur une valeur haute de la grandeur $\Delta P/P_c$,
- Renforcement, au Séisme Noyau Dur, SND, de la gaine des effluents gazeux passant au-dessus du sas camion afin d'être non-agresseur de ce dernier,
- Renforcement de la prise d'air frais de la ventilation nucléaire,
- Renforcement, au SND, du condenseur de la source froide verticale situé en piscine,
- Mise en conformité du système d'instrumentation et commande de l'isolement automatique des échangeurs principaux suite à une détection de fuite.

AUTRES

- Evacuation des réservoirs R11 et T12 du procédé de détritiation,
- Essais de qualification du Circuit de Renoyage Ultime, CRU.

SYSTÈME DE MANAGEMENT INTÉGRÉ

Conformément à la réglementation, la Direction a reconduit et diffusé largement sa Politique en Matière de Protection des Intérêts (PMPI) pour 2019-2024.

Après cinq années de fonctionnement, le SMI (Système de Management Intégré) est arrivé à maturité et en amélioration permanente. Ainsi, en 2022, le système a encore été adapté afin de le rendre encore plus fluide et plus opérationnel et de prendre en compte les modifications de réglementation.

AUDITS INTERNES ET EXTERNES

Conformément au SMI, un planning des audits internes et externes pour l'année a été réalisé.

En 2022, quatre audits ont été effectués dont deux internes :

- Audit du processus « Gestion des équipements sous pression »,
- Audit du processus « Gestion des modifications »,

et deux externes :

- Audit de FLUID'INOX : fournisseur et installateur de tuyauteries pour du gaz contenant du tritium,
- Audit de OPTIMEX : fabricant de pompes à rotor immergé.

Onze vérifications par sondage interne ont également été réalisées.

Les audits et les vérifications par sondage des processus ont permis de vérifier le bon fonctionnement des processus, le respect des exigences définies et de proposer des axes d'amélioration afin de rendre ces processus encore plus robustes.

INSPECTIONS DE L'ASN

Tableau récapitulatif des inspections de l'année 2022 :

Date	Thème de l'inspection
11/01/2022	Respect des engagements
29/03/2022	Gestion des rejets
05/04/2022	Incendie
03/05/2022	Facteurs organisationnels et humains
20/06/2022	Fonctions supports électriques et fluides
04/07/2022	États des systèmes et matériels
13/09/2022	Suivi en service des ESPN
18/10/2022	Visite générale
08/11/2022	Contrôle-commande

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 2022, le bilan des transports de matières radioactives est le suivant :

Colis expédiés

Numéro UNO	Désignation officielle de transport	Matière transportée	Emballage	Nombre de colis	Nombre de transports
UN 2908	Matières radioactives, emballages vides comme colis exceptés	Emballage vide	Type IP-3 fissile	2	2
UN 2910	Matières radioactives, quantités limitées en colis excepté	Déchets, linge contaminé, sources, matériels	Colis excepté	47	26
UN 2912	Matières radioactives de faible activité spécifique (LSA-I)	Déchets solides	Type IP-2	4	4
UN 2913	Matières radioactives, objets contaminés superficiellement (SCO-I)	Outils contaminés	Type IP-1	2	1
UN 2913	Matières radioactives, objets contaminés superficiellement (SCO-II)	Outils contaminés	Type IP-2	1	1
UN 3321	Matières radioactives de faible activité spécifique (LSA-II)	Déchets solides	Type IP-2	4	4
UN 3328	Matières radioactives en colis de type B(U), fissiles	Éléments combustibles usés	Type b (U) fissile	1	1
			Totaux	61	39

Colis réceptionnés

Numéro UNO	Désignation officielle de transport	Matière transportée	Emballage	Nombre de colis	Nombre de transports
UN 2908	Matières radioactives, emballages vides comme colis exceptés	Emballage vide	Type b (U) fissile	1	1
UN 2910	Matières radioactives, quantités limitées en colis excepté	Sources, matériels divers,, linge contaminé	Colis excepté	53	31
UN 2911	Matières radioactives, appareils en colis excepté	Chambre à fission	Colis excepté	2	1
UN 2913	Matières radioactives, objets contaminés superficiellement (SCO-I)	Outils contaminés	Type IP-1	2	1
UN 2913	Matières radioactives, objets contaminés superficiellement (SCO-II)	Outils contaminés	Type IP-2	1	1
UN 2915	Matières radioactives en colis de type A	Sources	Type A	5	1
UN 3325	Matières radioactives de faible activité spécifique (LSA-III), fissiles	Élément combustible neuf	Type IP-3 fissile	2	2
			Totaux	66	38

EXERCICES DE PRÉPARATION AUX SITUATIONS D'URGENCE

En total, il y a eu 14 exercices en 2022 dont :

- 6 recyclages de l'Équipe Locale de Premier Secours intégrant chacun 2 exercices, soit 12 exercices en 2022,
- 2 exercices simulant une situation de crise amenant à déclencher le PUI dont 1 avec les secours externes en présence du SDIS38.

PERSPECTIVES POUR L'ANNÉE 2023

Pour 2023, l'ILL prévoit un retour de fonctionnement du réacteur et de manière plus globale :

- La fin du grand arrêt H1H2 et redémarrage du réacteur février 2023,
- La réalisation du plan d'actions à la suite du réexamen en conformité avec les priorités d'instructions des autorisations discutées avec l'ASN le 28 janvier 2021 et conformément à la décision ASN consécutive au réexamen de sûreté,
- La poursuite des opérations sur l'installation Détritiation pour pré-assainissement,
- La poursuite du projet de Renforcement de la Protection Physique,
- La Poursuite de l'instruction pour la mise à jour de l'Autorisation de Rejets et de Prélèvement des Eaux.

Par ailleurs l'ILL considère qu'il est important de maintenir la robustesse de son Système de Management Intégré (culture de conformité, suivi des engagements, adaptation des ressources au besoin),

3.3 DISPOSITIONS TECHNIQUES EN MATIÈRE DE RADIOPROTECTION

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.

La réponse au premier principe n'est autre que la raison d'être de l'ILL : 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.

En janvier 2022, l'ASN a validé l'organisation du pôle de compétence présentée par l'ILL. L'année 2022 a été marquée par le déploiement du pôle de compétence au sein du SRSE.

FAITS MARQUANTS POUR 2022

Les actions suivantes ont été poursuivies en 2022 :

- Recyclage radioprotection : de janvier à novembre, les formations ont été réalisées en ligne avec test individuel en raison de la pandémie de Covid-19. La formation en présentiel a repris à partir de décembre. 123 personnes ont été recyclées

Formation nouveaux arrivants : 15 sessions, 50 personnes formées.

- Examen du service compétent à risque radiologique en vue d'une optimisation (démarche **ALARA**).
- 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** Sievert étant l'unité de mesure des doses). La limite annuelle pour les travailleurs de catégorie A est de 20 mSv sur 12 mois consécutifs. Cette dosimétrie est présentée dans le tableau ci- après 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.

La dosimétrie opérationnelle du personnel pour l'année 2022 s'élève à 66,7 H.mSv (ILL, expérimentateurs extérieurs, entreprises intervenantes). Le tableau suivant montre la répartition par catégorie de personnel sur l'année 2022 :

Année	Dose collective agents ILL	Dose max agents ILL	Nb agents ILL	Dose collective expérimentateurs	Dose max Expérimentateurs	Nb expérimentateur	Dose collective entreprises extérieures	Dose max entreprises extérieures	Nb agent entreprises extérieures
2022	54,4	2,52	517	1,9	0,2	117	10,4	0,43	386
2021	65,26	1,73	539	15,29	0,71	950	6,56	0,27	338
2020	52	1,12	497	13,7	0,43	833	9,1	1,58	302

2 salariés ont reçu une dose supérieure à 2 mSv et 8 supérieure à 1 mSv. La dose collective ILL est inférieure aux années précédentes du fait de l'absence d'expérimentateurs. En revanche, certains salariés ont reçu des doses plus importantes du fait des opérations dosantes du grand arrêt. Les doses reçues individuellement restent donc faibles.

4 ÉVÈNEMENTS SIGNIFICATIFS EN MATIÈRE DE SÛRETÉ ET DE RADIOPROTECTION

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			

Tableau échelle INES.

En France, plusieurs centaines d'évènements sont classés chaque année au niveau 0 et environ une centaine au niveau 1. Le niveau 2 ne concerne que quelques évènements 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.

4.1 BILAN 2022

En 2022, 9 évènements sont survenus ou ont été déclarés à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (9 au niveau 0 sur l'échelle INES) :

05/05/2022	Déclenchement intempestif de l'isolement d'enceinte
13/05/2022	Déclenchement d'un système de sauvegarde – Mise en sécurité confinement de l'enceinte
16/05/2022	Écarts sur documents de transport interne de matières radioactives
20/05/2022	Déclenchement d'un système de sauvegarde – Mise en sécurité confinement de l'enceinte
13/06/2022	Déclenchement intempestif de la mise en sécurité confinement
04/07/2022	Travail d'intervenants extérieurs en zone réglementée verte sans port de dosimétrie
27/08/2022	Perte de la remontée des mesures de prélèvement et des alarmes des 4 stations environnement
29/06/2019	Fuite de 33 kg de fluide frigorigène de la climatisation d'ambiance du CIBB
19/11/2022	Écart à la RGE 5 relative aux vérifications et réglages périodiques, dépassement de l'échéance de réalisation des essais d'étanchéité et des mesures de niveau des réservoirs d'effluents liquides



5 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.



Cryo-aimant 3T à axe horizontal

5.1 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 2021 exprimés en Tera-Becquerel (TBq) ou en Mega-Becquerel (MBq).

EFFLUENTS GAZEUX	REJETS 2022	LIMITE ANNUELLE Arrêté du 03/08/2007
Gaz rares (TBq)	$4.17 \cdot 10^{-6}$	10
Tritium (TBq)	1.72	75
Carbone 14 (TBq)	$2.91 \cdot 10^{-2}$	2
Iodes (MBq)	$8.14 \cdot 10^{-7}$	1000
Aérosols (MBq)	$1.29 \cdot 10^{-8}$	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 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.

5.2 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 2022, pour un volume rejeté de 978 m³ :

EFFLUENTS LIQUIDES	REJETS 2022	LIMITE ANNUELLE Arrêté du 03/08/2007
Tritium (TBq)	4.55 10 ⁻¹	1
Carbone 14 (TBq)	1.76 10 ⁻⁴	1500
Iodes (TBq)	3.8 10 ⁻⁷	100
Emetteurs beta/gamma (TBq)	1.3 10 ⁻⁴	1000

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.

5.3 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 2022 en mg/l	VALEUR MAXIMALE AUTORISÉE Arrêté du 03/08/2007
pH	8,4	6<pH<8,5
DBO ₅ (Demande biologique en oxygène à 5 jours)	5,2	30
DCO (Demande chimique en oxygène)	40	125
MEST (Matières en suspension totales)	19	35
Azote global	2,21	30
Phosphore total	0,52	10
Hydrocarbures totaux	0,08	10
Sulfates	45,7	600
Carbonates	4	100
Nitrates	5,1	30
Sels	300	3 0000
Métaux	3,6	5

5.4 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 2022 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 majorants, 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 radiologiques (CERES) ; **les doses efficaces** sont en micro (μ) Sievert (soit 1 millionième de sievert).

2022	ADULTE (μSV/ AN)	ENFANT (μSV/AN)	BÉBÉ (μSV/an)
Impact rejets gazeux	0,014	0,012	0,016
Impact rejets liquides	0,0046	0,0044	0,007

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 μSievert par an en France.

6 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.

6.1 QUANTITÉ DE DÉCHETS ÉVACUÉS EN 2022

Nucléaire diffus (déchets de laboratoire) vers ANDRA (CSA)
7 fûts PEHD 120 l
2 bonbonnes 30 l
Déchets solides FA/MA vers ANDRA (CSA)
12 caissons de 5 m ³
Déchets solides FA incinérables vers CENTRACO
144 fûts (28,8 m ³)
Déchets solides TFA vers ANDRA (CIRES)
6 caissons de 5 m ³
57 fûts métalliques (11,4 m ³)

6.2 QUANTITÉ DE DÉCHETS PRÉSENTS DANS L'INSTALLATION EN FIN D'ANNÉE 2022

Nature des déchets	Classification des déchets	N° de référence dans l'Étude Déchets	Radio-éléments	Déchets conditionnés	
				Volume	Activité
Déchets tritiés					
Huile/solvant	HA / MA-VC	21N	³ H	/	/
Déchets solides	FMA-VC	26N	³ H	/	/
REI					
REI	FMA-VC	17N, 18N	PA, ³ H	/	/
Déchets d'exploitation					
Déchets solides en casiers, caissons, fûts	TFA	14N, 15N	PA	16.1 m ³	174 MBq
Blocs béton	TFA	14N	PA	/	/
Déchets solides en Caisson Standard	FA-VC	8N, 9N, 10N, 11N	PA, ³ H, α	15 m ³	25.1 GBq
Déchets solides en caisson Pré Bétonné	MA-VC	4N, 5N, 6N, 7N	PA, ³ H, α	5 m ³	50 GBq
Déchets solides en Poubelle de Décroissance	HA	1N, 2N, 3N	PA, ³ H, α	/	/
Déchets solides incinérables en fûts PEHD	FA-VC	12N	PA, ³ H	11.2 m ³	17.1 GBq
Déchets liquides	FMA-VC	22N, 23N	PA, ³ H, α	0.67 m ³	2 MBq
Déchets de laboratoires	FA-VC	20N	³ H, ¹⁴ C, ³² P	1 m ³	300 MBq



© N. Bohere

Vue panoramique du site ILL sur la presqu'île scientifique de Grenoble.

7 GLOSSAIRE

AIEA : L'Agence Internationale de l'Énergie 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.

ALARA : As Low As Reasonably Achievable.

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.

ARPE : abréviation de l'arrêté du 3 août 2007 autorisant l'ILL à poursuivre les prélèvements d'eau et les rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Grenoble (Isère).

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).

BECQUEREL (TBQ) : 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.

EPI : Equipe de Première Intervention.

ELPS (ex EPI) : Equipe Locale de Premier Secours

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.

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).

INES : International Nuclear Event Scale.

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

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.

SDIS : Service Départemental d'Incendie et de Secours.

SFH : Source froide horizontale.

SFV : Source froide verticale.

SGI : Système de Gestion Intégré.

SMI : Système de Management Intégré. Le système de management intégré assure la mise en œuvre et l'amélioration de la protection des intérêts en garantissant que les autres impératifs de l'exploitant, par exemple les impératifs de qualité, les impératifs économiques, la prévention et la lutte contre les actes de malveillance, ou d'autres éléments de contexte, ne sont pas considérés séparément des exigences relatives à la protection des intérêts, afin de prévenir leur éventuel impact négatif sur celle-ci.

TFA : Très Faible Activité (déchet).

TGV : Tube Guide Vertical.

TRD : Tampon de rejet différé.

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 **SIVERT** (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.

8 RECOMMANDATIONS DU CSE DE L'ILL



Comité Social et Economique
INSTITUT MAX VON LAUE - PAUL LANGEVIN
CS 20156
38042 Grenoble Cedex 9
Tél. 04 76 20 72 96

MK/sr

Avis du CSE de l'ILL

Objet :

Rapport « Transparence et Sécurité Nucléaire » 2022 du CSE ILL

Lors de la séance du 13 juin 2023, le CSE a validé le rapport TSN à la majorité de ses membres.

Grenoble, le 14 juin 2023

M. KREUZ
Secrétaire du CSE ILL