



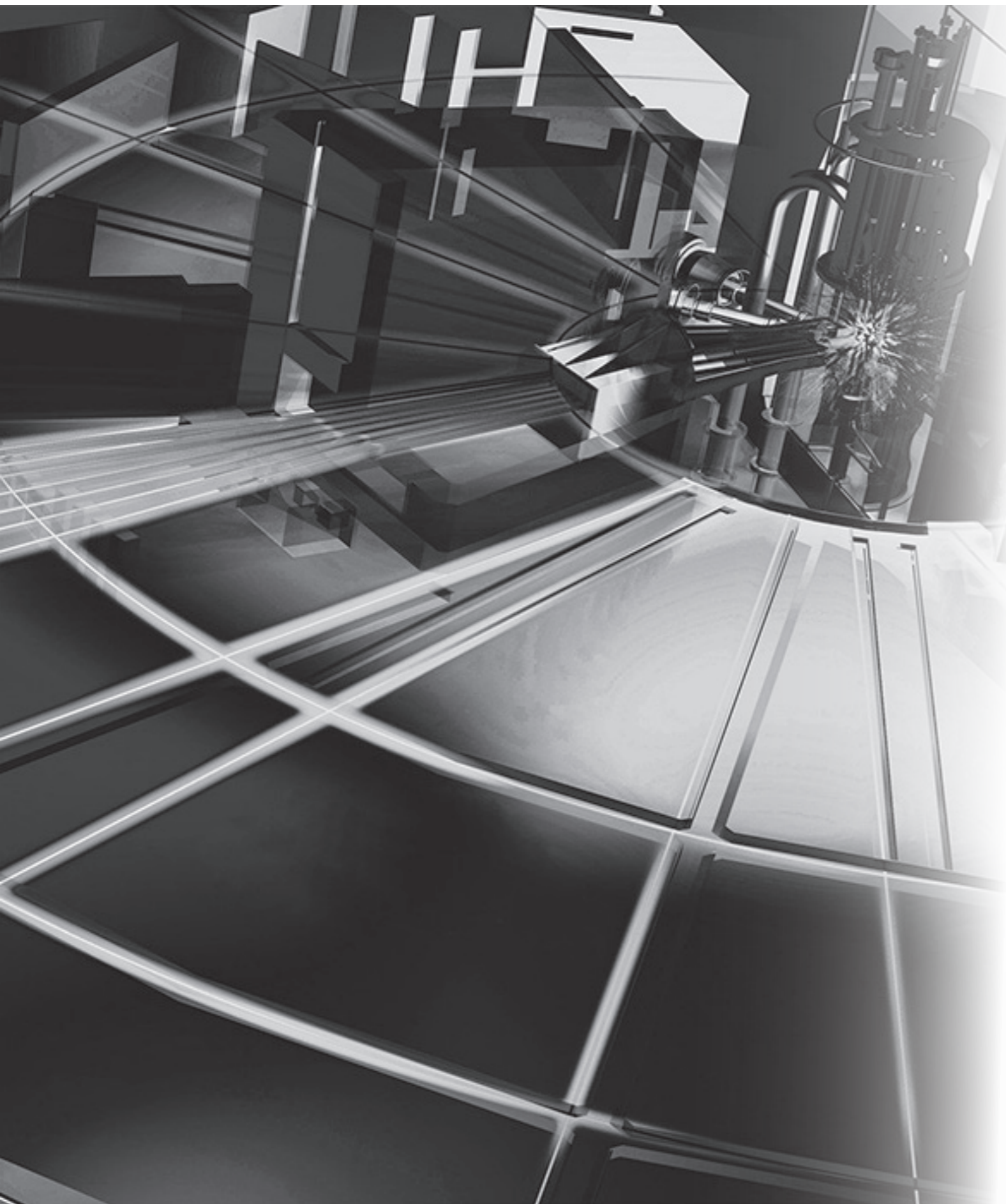
2021

RAPPORT TRANSPARENCE ET SÉCURITÉ NUCLÉAIRE



SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| EDITORIAL | 5 |
| 1. INTRODUCTION | 7 |
| 2. PRÉSENTATION DE L'INSTITUT ET DU RÉACTEUR À HAUT FLUX | 8 |
| 2.1 Le réacteur | 9 |
| 2.2 L'utilisation des neutrons par les scientifiques | 10 |
| Exemples de belles réussites scientifiques en 2021 | 14 |
| Modernisation des instruments | 16 |
| 3. DISPOSITIONS PRISES EN MATIÈRE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE RADIOPROTECTION | 18 |
| 3.1 Dispositions générales d'organisation | 19 |
| 3.2 Dispositions techniques en matière de sûreté nucléaire | 20 |
| Faits marquants en matière de sûreté | 21 |
| Système de management intégré | 22 |
| Audits internes et externes | 22 |
| Inspections de l'ASN | 22 |
| Bilan des transports de matières radioactives | 22 |
| Exercices de préparation aux situations d'urgence | 23 |
| Perspectives pour l'année 2022 | 23 |
| 3.3 Dispositions techniques en matière de radioprotection | 23 |
| Faits marquants de l'année 2021 | 24 |
| Dosimétrie du personnel : résultats | 25 |
| 4. ÉVÈNEMENTS SIGNIFICATIFS EN MATIÈRE DE SÛRETÉ ET DE RADIOPROTECTION | 26 |
| 4.1 Bilan 2021 | 27 |
| 5. RÉSULTATS DES MESURES DES REJETS LIQUIDES ET GAZEUX | 28 |
| 5.1 Les rejets gazeux | 29 |
| 5.2 Les rejets liquides | 30 |
| 5.3 Les rejets non radioactifs | 32 |
| 5.4 Impact des rejets sur l'environnement | 32 |
| Impact des rejets gazeux | 32 |
| Impact des rejets liquides | 33 |
| 6. GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS | 34 |
| 6.1 Quantité de déchets évacués en 2021 | 34 |
| Déchets de laboratoire | 34 |
| Déchets TFA | 34 |
| Déchets FA/MA/HA | 34 |
| 6.2 Quantité de déchets présents dans l'installation en fin d'année 2021 | 35 |
| 7. GLOSSAIRE | 36 |
| 8. RECOMMANDATIONS DU CSE DE L'ILL | 38 |



Dans la continuité de 2020, l'année 2021 a été marquée par la crise sanitaire. L'ILL a dû adapter son programme de fonctionnement afin d'optimiser, d'une part, les périodes de fonctionnement pour accueillir les utilisateurs scientifiques, d'autre part, les périodes d'arrêt utilisées pour les opérations de maintenance réglementaire.

Au final, l'année 2021 a été riche en réussites scientifiques dans un contexte de crise sanitaire qui n'était pourtant pas favorable à l'accueil des scientifiques du monde entier. Toutefois, grâce à l'engagement de son personnel, le programme scientifique a été soutenu dans les domaines habituels portant sur les caractéristiques des matériaux avec des applications industrielles à moyens termes tels que le comportement du béton, la caractérisation du comportement des protéines par rapport à des nouveaux traitements médicaux, le développement de nouveaux matériaux pour l'énergie (batteries, supraconducteurs...).

A l'issue d'une période de fonctionnement de ses installations, l'ILL est entrée en 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.

D'un 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 à maintenir la confiance de l'Autorité de sûreté en restant extrêmement vigilants dans les domaines de la sûreté d'exploitation.

La fin de l'année 2021 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 dans l'attente des décisions définitives de l'Autorité de sûreté.

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, une mise à jour de son Autorisation de Rejets et de Prélèvements de Eaux qui date de 2007. Cet exercice s'appuie sur le retour d'expérience de l'Institut et d'autres installations équivalentes et dans un objectif affiché de réduire autant que faire se peut les limites radiologiques et/ou chimiques de ses autorisations de rejets liquides et gazeux liées au fonctionnement de l'Institut.

L'optimisation du fonctionnement de ses installations et la mise en place de modifications devraient donc conduire à limiter ses rejets et ses impacts sur l'environnement. Cet exercice est réalisé en s'appuyant sur des bureaux d'études spécialisés dans le domaine qui utilisent des outils de calculs qualifiés et reconnus. Ainsi, ces outils de simulation permettront d'évaluer les impacts environnementaux (chimiques et radiologiques) du fonctionnement de l'Institut.

D'ores et déjà, on peut rappeler que les impacts radiologiques sont extrêmement faibles, de l'ordre de quelques micro Sievert par an à comparer l'impact de la radioactivité naturelle sur les populations qui est de l'ordre en moyenne de 4.5 milli Sievert par an.

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

L'année 2021 a également été marquée par la signature des trois associés de l'ILL, les Allemands, les Britanniques et les Français permettant de couvrir la prochaine période de fonctionnement de 2024 à 2033. Ainsi, l'ILL a pour grandes priorités affichées pour les années à venir :

- Le développement d'un parc d'instruments à la pointe des nouvelles technologies,
- La poursuite des investissements dans les infrastructures scientifiques nécessaires pour maximiser les publications scientifiques,
- Le renforcement encore des liens avec la communauté de la recherche scientifique pour identifier les priorités scientifiques émergentes afin de guider les prochains investissements en fonction des sujets de recherche,
- Tirer parti des partenariats avec d'autres installations, d'autres instituts ou universités et des industriels pour renforcer le rayonnement scientifique de l'Institut,
- L'exploitation sûre, fiable et durable de notre source de neutrons.

Grâce à ses investissements scientifiques et pour 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.

Paul Langan
Directeur de l'ILL



1 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, et en tant qu'institut de service met ses installations et son expertise à la disposition des visiteurs scientifiques du monde entier. Plus de 750 expériences sont effectuées chaque année à l'ILL, et environ 1500 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'ILL, 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.

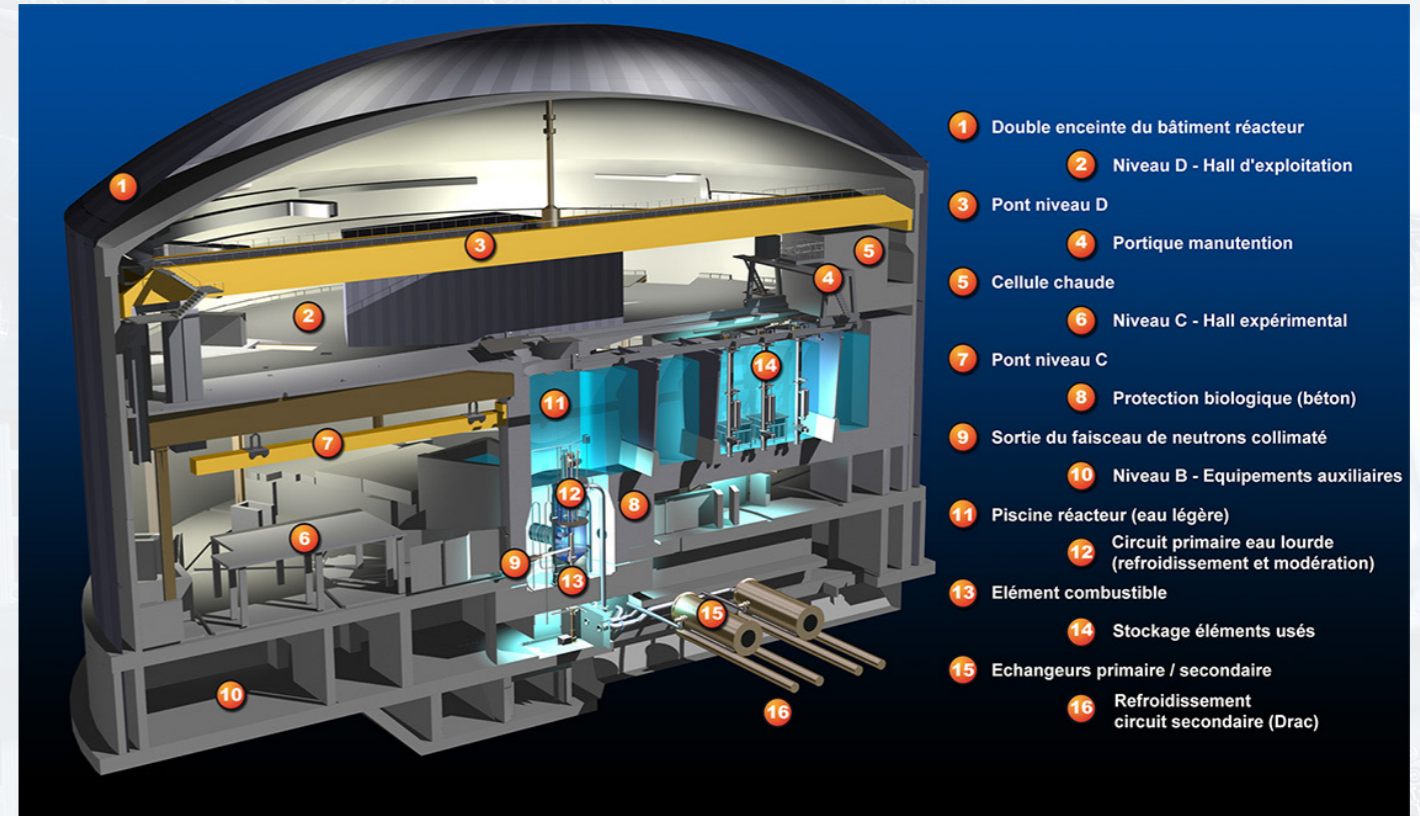
Environ 1300 personnes travaillent sur le site.

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 2021 était de 105 M€. 500 personnes d'une quarantaine de nationalités différentes travaillent à l'ILL.



Bâtiment réacteur.

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 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.

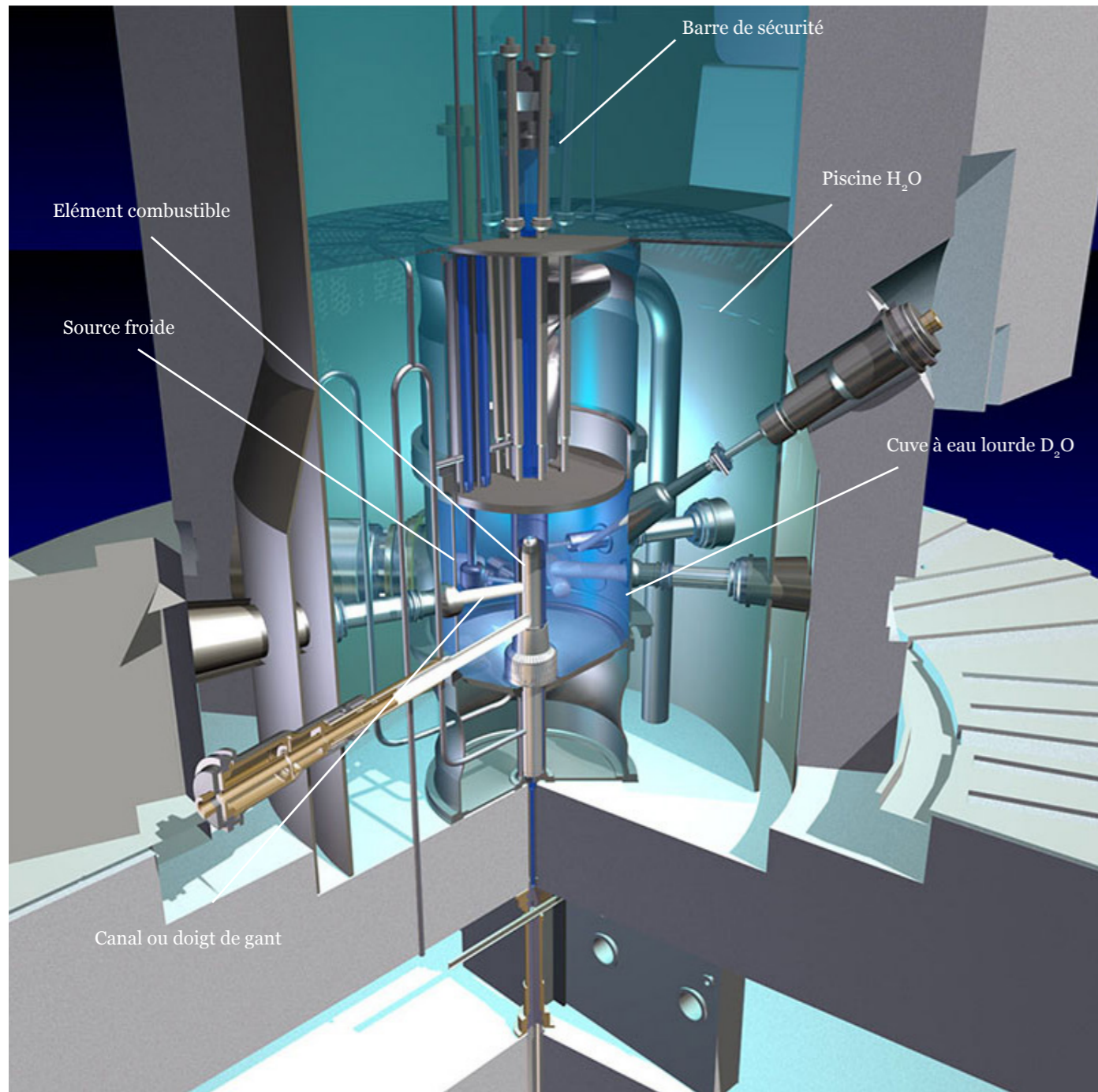
Les neutrons produits dans le réacteur par la réaction de **fission** ont une très grande énergie (vitesse : 20 000 km/s). Ils sont ralentis par l'eau lourde afin de pouvoir à la fois provoquer de nouvelles fissions pour entretenir la réaction en chaîne (neutrons thermiques dont la vitesse est de 2,2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

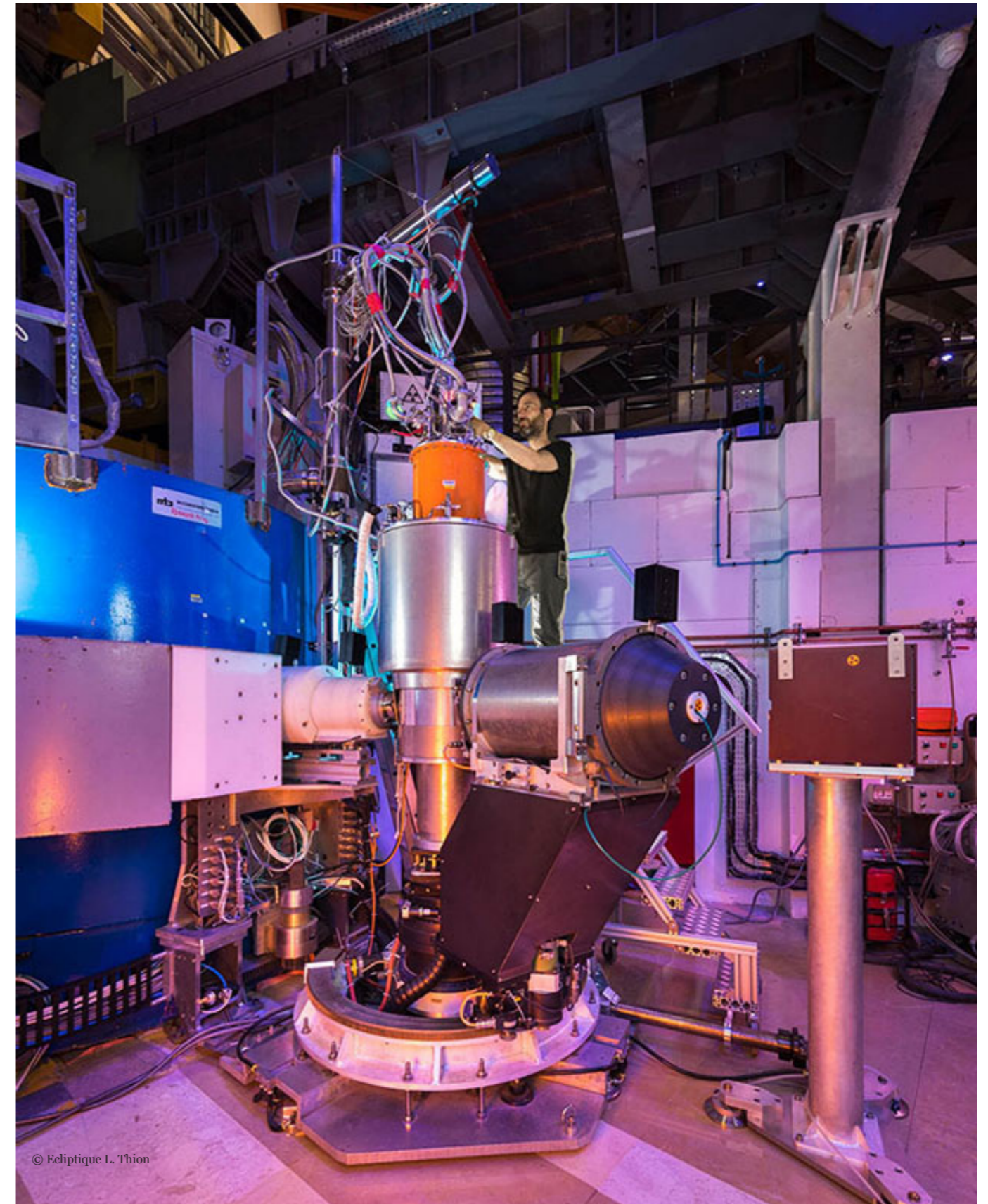
Trois cycles de fonctionnement ont été effectués en 2021 avec 176 jours planifiés et un taux de disponibilité de 100%. Il est important de noter les excellents résultats de ces trois cycles, qui en plus d'absorber le backlog accumulé en 2020 ont permis d'effectuer un grand nombre d'expériences malgré les conditions difficiles causées par la COVID-19.

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 issus 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.

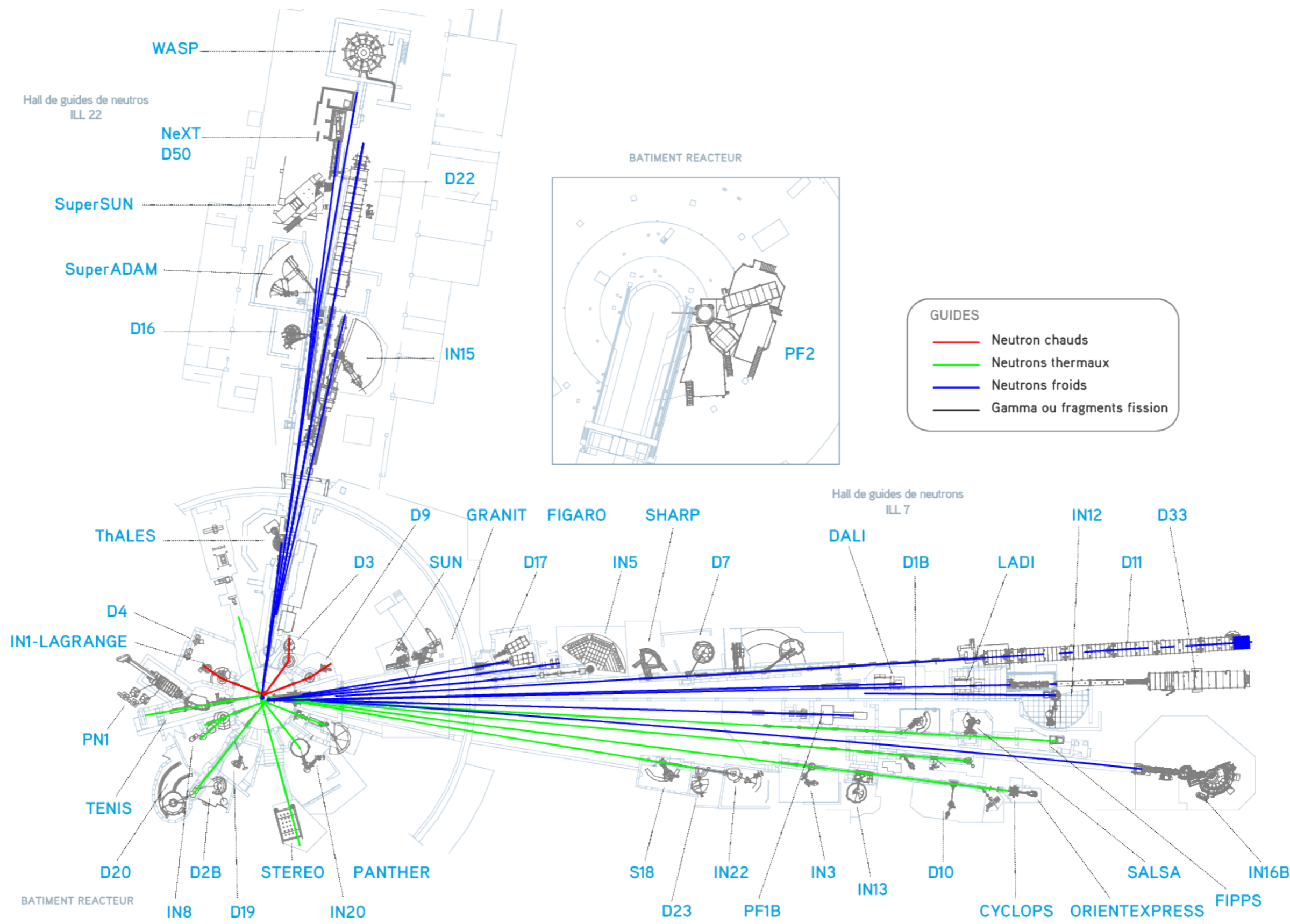


Le réacteur de l'ILL.



L'instrument scientifique D3.

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.



Parc d'instrument scientifique fin 2021

EXEMPLES DE BELLES RÉUSSITES SCIENTIFIQUES EN 2021

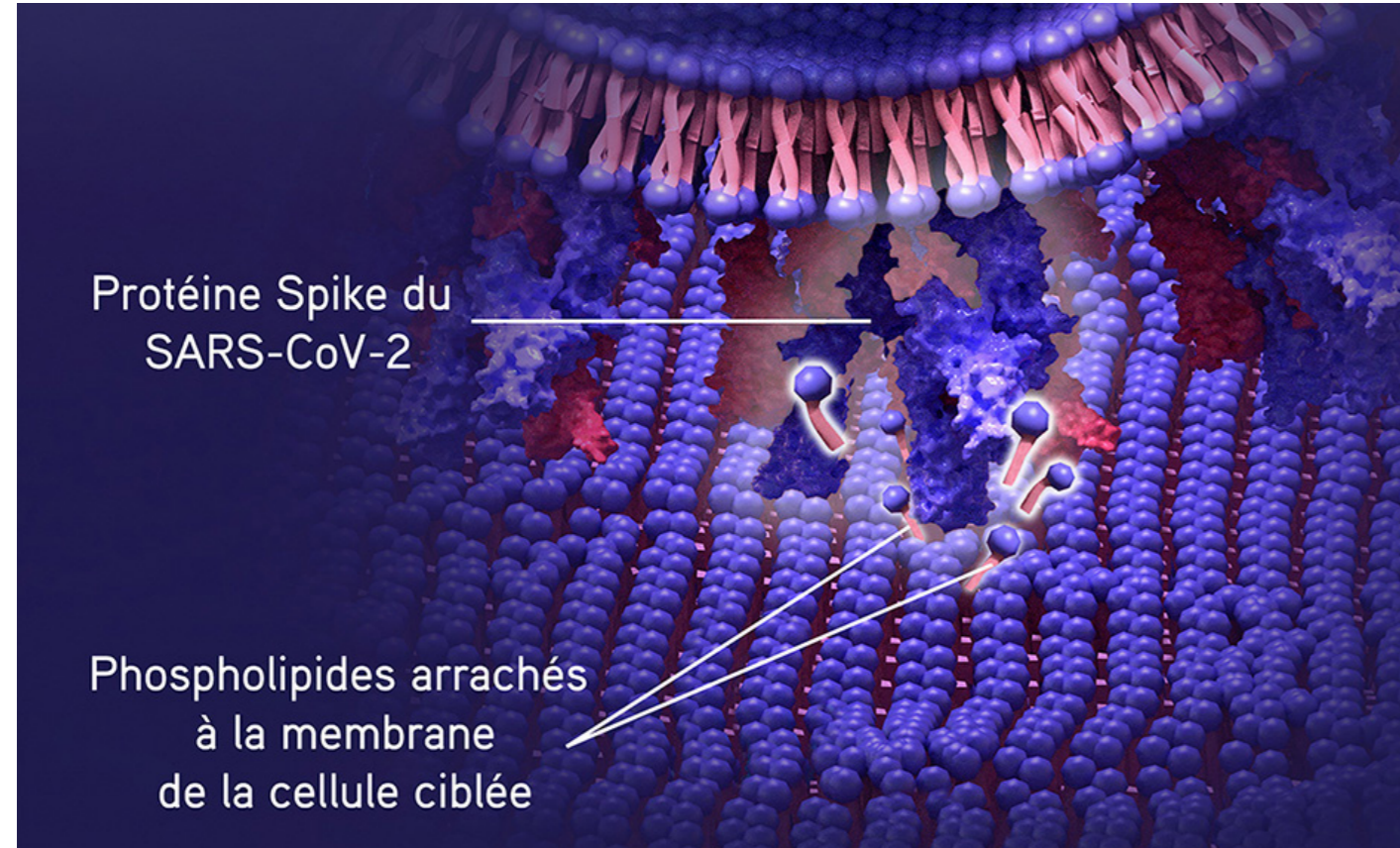
Comprendre la dégradation de la bicouche lipidique induite par la protéine Spike du SRAS-CoV-2

Des scientifiques de l'ILL, en collaboration avec d'autres chercheurs français, suisses et australiens, ont publié de nouvelles données sur la façon dont la protéine Spike de la SRAS-CoV-2 interagit avec les membranes des cellules pulmonaires des mammifères, permettant à l'ARN viral de pénétrer dans les cellules humaines.

Le but de la protéine Spike de SARS-CoV-2 est relativement bien compris. La glycoprotéine est responsable de l'événement de fusion qui permet au virus de pénétrer dans les cellules humaines et de provoquer une infection et, pour cette raison, elle a été au centre de la plupart des vaccins COVID-19.

De nombreuses recherches se sont concentrées sur l'interaction entre la protéine Spike du virus et l'enzyme de conversion de l'angiotensine 2 (ACE2) pour laquelle il existe de nombreux récepteurs à la surface des cellules dans les poumons ; ce qui est moins bien compris, c'est comment la protéine Spike interagit avec le reste de la membrane cellulaire. L'énorme pouvoir de résolution que nous offre la réflectométrie neutronique nous ont placés dans une position unique pour explorer ces interactions plus larges.

Les chercheurs ont constaté un changement important et inattendu dans la composition de la bicouche lipidique, compatible avec une augmentation de la teneur en eau, dès l'introduction de la protéine stable (sSpike) et cela avec et sans la présence d'ACE2 soluble. En combinant ces informations avec les connaissances antérieures selon lesquelles les poches lipidiques peuvent stabiliser la structure fermée de la protéine Spike, on peut conclure que sSpike est capable d'éliminer de manière significative les lipides de la membrane cellulaire, perturbant et entrant potentiellement directement à travers la membrane. Cette interaction directe avec la bicouche lipidique à la surface des cellules pourrait fournir des informations pour le développement de thérapies plus efficaces ou de futurs vaccins. Bien sûr, c'est de la recherche fondamentale, et on est loin de l'utiliser dans une application pharmaceutique ; cependant, cette étude fournit une compréhension supplémentaire qui sera importante pour les études de virologie à l'avenir, pour le SRAS-CoV-2 et au-delà.



La réflectométrie neutronique permet de mieux comprendre les mécanismes d'infection du SRAS-CoV-2 et les thérapies potentielles.

Révéler les secrets du béton à longue durée de vie

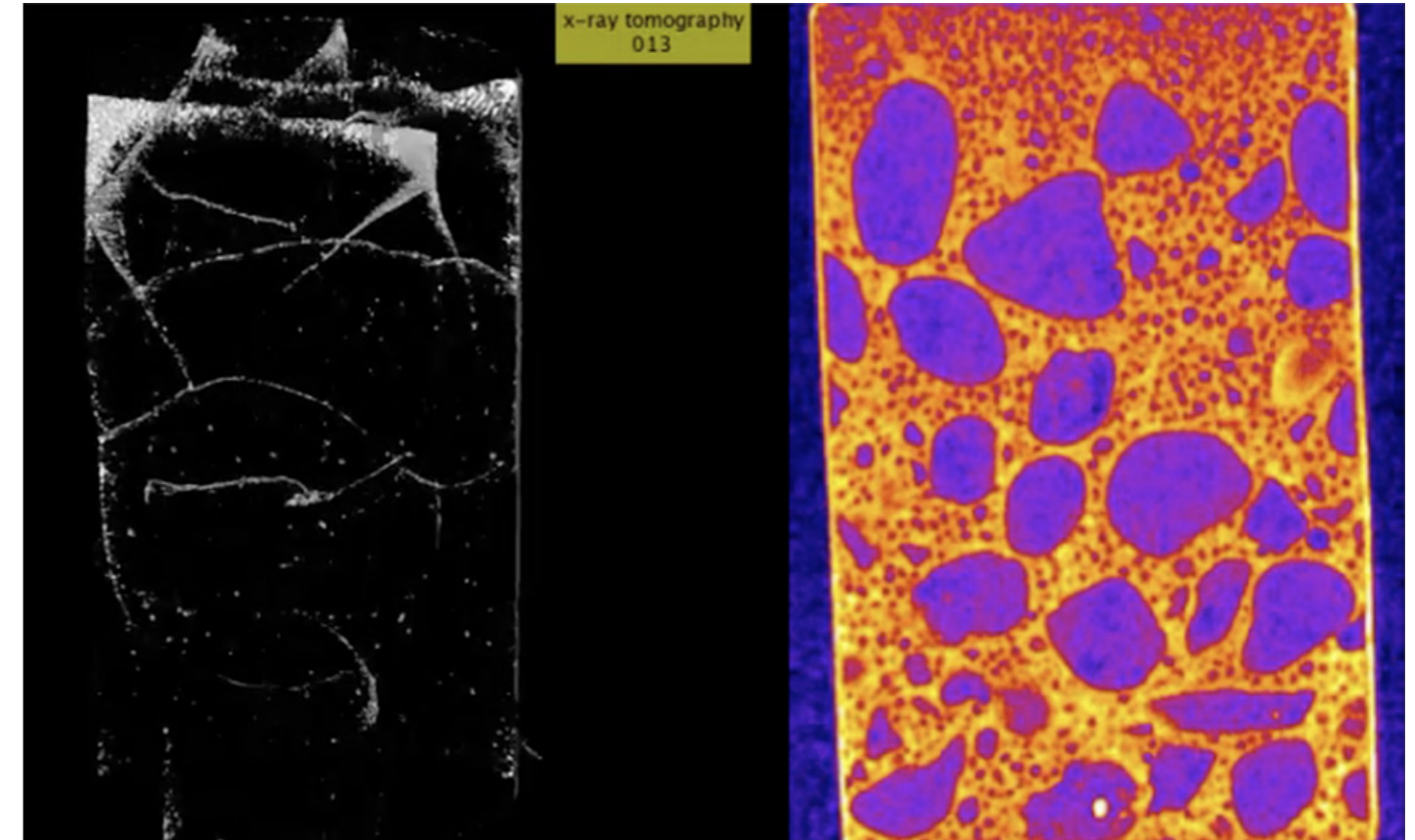
Après l'eau, le béton est la substance la plus utilisée sur Terre. C'est la base de structures majeures dans le monde entier et elle est utilisée depuis l'Empire romain. Comprendre la longévité du béton est impératif pour la sécurité de nos bâtiments. Nous devons savoir quand un actif concret doit être remplacé ou supprimé, mais nous devons également éviter de le faire trop tôt. Ce n'est pas seulement un gaspillage financier, mais cela a également un impact significatif sur l'environnement. En fait, le béton représente environ 8 à 10 % des émissions mondiales de CO₂, avec 5,2 milliards de tonnes par an créées principalement à partir de ciment. Une meilleure compréhension des délais d'utilisation du béton en toute sécurité pourrait avoir un impact énorme sur notre empreinte carbone globale.

La fissuration et le séchage peuvent devenir un cercle vicieux dans les matériaux à base de ciment. La chaleur, ainsi que le temps et les conditions d'humidité ambiante, peuvent contribuer au séchage d'un matériau et donc contribuer à sa décomposition. Dans le béton armé (renforcé avec des

tiges d'acier), de petits espaces ou fissures peuvent même commencer à exposer le métal, provoquant la rouille et la corrosion et compromettant la sécurité de la structure.

Afin d'améliorer notre compréhension du vieillissement du béton, une équipe de scientifiques de l'ILL a entrepris d'explorer comment l'humidité affecte la fissuration et la dégradation, en mesurant des comportements qui n'avaient pas encore été explorés par la science. L'étude a été menée avec LafargeHolcim, l'un des plus grands producteurs de ciment au monde.

La nouvelle installation d'imagerie NeXT-Grenoble à l'ILL a été utilisée dans cette recherche pour fournir une carte 3D de la structure interne d'un échantillon de pâte de ciment. Le ciment a été chauffé pour induire le séchage, et simultanément l'imagerie par rayons X et par neutrons a été réalisée en plusieurs instantanés au fil du temps. Cela a permis aux scientifiques de capturer le réseau de fissures et le mouvement de l'eau autour du matériau.



Exemple de la grande complémentarité des informations de tomographie à rayons X et à neutrons disponibles à NeXT : les rayons X (à droite) donnent un aperçu de l'évolution de la microstructure (ouverture des fissures) dans le béton chauffé et les neutrons révèlent son interaction avec la migration de l'humidité/ séchage.

MODERNISATION DES INSTRUMENTS

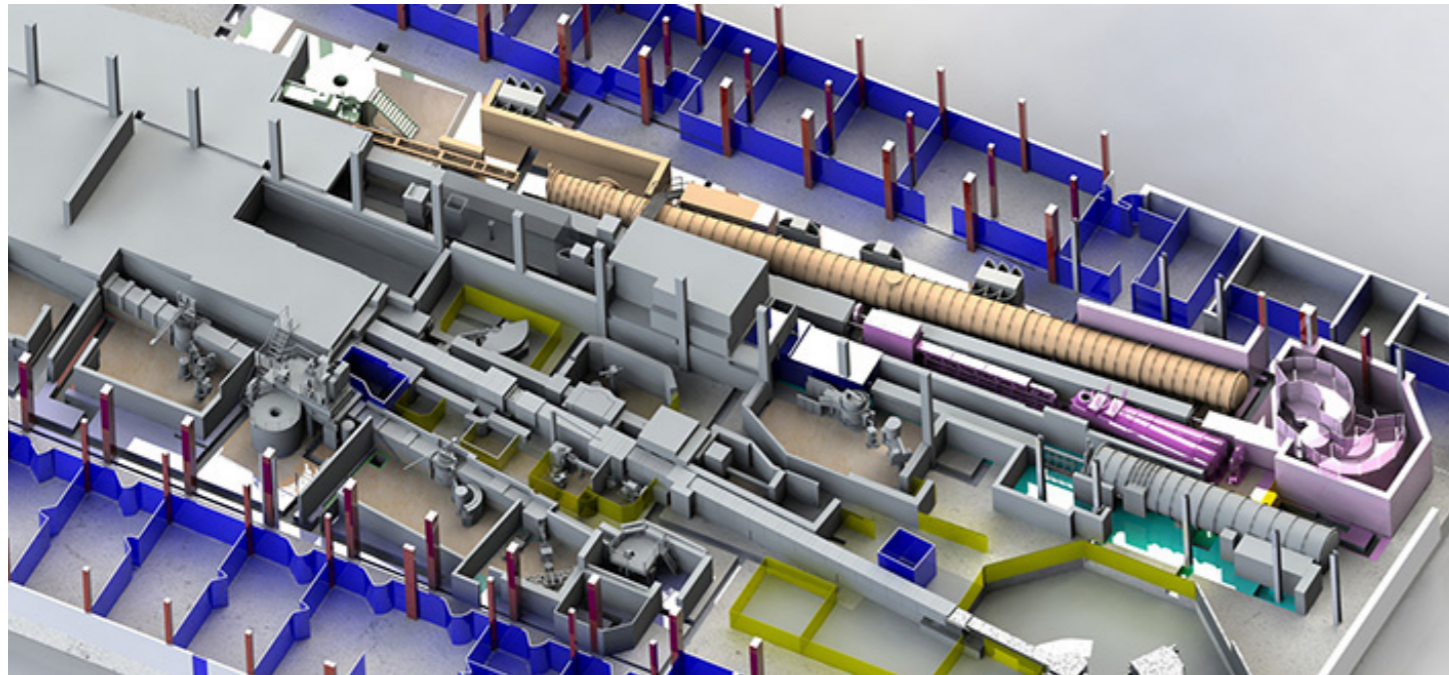
Pour maintenir son leadership mondial, l'ILL a multiplié ses capacités d'innovation, d'ingénierie et de réalisation en construisant de nouveaux instruments toujours plus performants. Dans la continuité du programme Millénum, c'est l'objectif de la phase 1 du programme Endurance qui a débuté en 2016. 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 en 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.



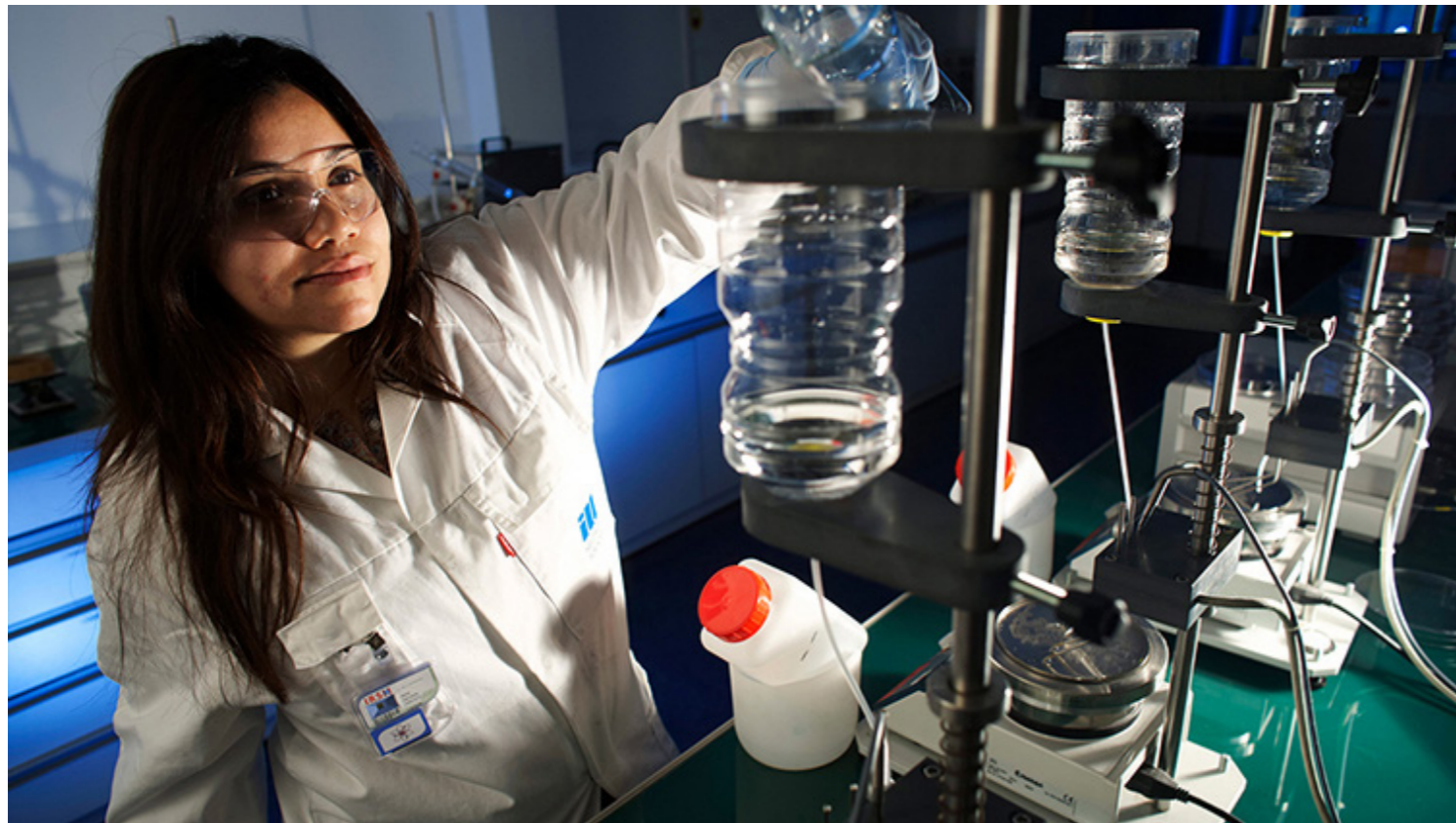
Maquette d'instrumentation 3D à l'ILL7 sur les nouveaux guides H24 et H15.



Activités durant l'arrêt de remplacement du doigt de gant H1 H2.



3 DISPOSITIONS PRISES EN MATIÈRE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET DE RADIOPROTECTION



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 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.

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 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. En outre, la CQSR est responsable de la gestion globale des risques à l'ILL et assure également des missions de prévention à 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

- Travaux de requalification du bloc -pile et de ses composants,
- Travaux de requalification des sources froides de deutérium,
- Remplacement de l'absorbant de la barre de sécurité n° 4,
- Remplacement et contrôle des soupapes des enceintes métallique et béton,
- Réfection étanche de la barre de pilotage,
- Mise en place du doigt de gant (DDG) V4.

TRAVAUX DE REMPLACEMENT DU DDG H1-H2

- Retrait de l'absorbant de la barre de pilotage et entreposage dans la hotte WF1,
- Vidange complète des circuits en eau lourde et conditionnement de ces circuits (dépose des coudes entrée et sortie cœur, isolement du vase),
- Conditionnement et séchage du bloc-pile puis mise en eau légère,
- Installation puis exploitation d'un skid de filtration de l'eau légère du bloc-pile,
- Démontage de la poutre de maintien du carter Pink (carter assurant le support des deux plateaux de conduits de neutrons) et des carters C1 (conduits de neutrons) dans la piscine H1-H2,
- Dépose et découpe des plateaux de conduits de neutrons du carter Pink.

INSTRUMENTS ET FAISCEAUX DE NEUTRONS

- Dépose des équipements (cabines, armoires électriques) et des instruments implantés sur les lignes de neutrons issus du DDG H1-H2 pour les travaux prévus lors du grand arrêt,
- Démontage et sortie de l'instrument STEREO.

AMÉLIORATIONS DE LA SÛRETÉ

- Pose de protections coupe-feu sur les poteaux 3, 5, 7, 8 du hall de niveau C,
- Renforcement des trémies de S29 (B56) et B48 vis-à-vis du risque d'inondation externe,
- Remplacement des panneaux pleins de la structure de protection entourant le ballast de la source froide verticale par des panneaux grillagés,
- Mise en place de housses calorifugées sur boîte à eau face arrière (coté mur B31 et coté porte) sur les échangeur B25 et B26,
- Réfection de la peinture du SAS camion,
- Montage de la grille de protection sur le casier d'entreposage d'éléments combustibles irradiés.

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 2019-2023.

Le SMI (Système de Management Intégré), avec un déploiement achevé en 2019, est maintenant bien intégré dans les pratiques. En 2021, dans le cadre de l'amélioration continue, le système a été adapté afin de le rendre encore plus fluide et plus opérationnel et de prendre en compte les modifications de réglementation.

En 2021, la poursuite de la crise sanitaire liée au COVID-19 n'a pas eu d'impact significatif sur la protection des intérêts ou la conformité réglementaire de l'ILL.

AUDITS INTERNES ET EXTERNES

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

En 2021, quatre audits ont été effectués dont deux internes :

- Audit du processus « Autorisation et réalisation des expériences »,
- Audit du processus « Gestion du risque incendie »,
- Audit du processus « Radioprotection - Mesures de protection collective ».

et deux externes :

- Audit de CERAP : contrôle périodique des filtres d'air à très haute efficacité,
- Audit de ARCYS : prestataire chargé de la réalisation des mécanismes de point de consigne pour la barre de pilotage.

Onze vérifications par sondage internes 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 2021 :

| Date | Thème de l'inspection |
|------------|--|
| 13/01/2021 | Respect des engagements |
| 23/02/2021 | Suivi en service des équipements sous pression |
| 02/03/2021 | Maîtrise des réactions nucléaires en chaîne |
| 27/04/2021 | Agressions internes |
| 11/05/2021 | Conduite des installations |
| 22/06/2021 | Vieillesse des matériels |
| 19/07/2021 | Surveillance des intervenants extérieurs |
| 06/10/2021 | Surveillance des rejets et de l'environnement |
| 09/11/2021 | Suivi des engagements du réexamen périodique |

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 2021, le bilan des transports de matières radioactives est le suivant :

- Éléments combustibles usés vers l'usine de retraitement d'ORANO à la Hague : 1 château d'éléments combustibles usés pour 1 transport,
- Élément combustible neuf : 3 arrivées,

- Échantillons et sources : 51 départs, 43 arrivées,
- Emballages vides : 7 départs, 20 arrivées,
- Colis de déchets : 3 transports,
- Mouvements de matériels contaminés : 1 départ, 1 arrivée.

EXERCICES DE PRÉPARATION AUX SITUATIONS D'URGENCE

En total, il y a eu 14 exercices en 2021 dont :

- 6 recyclages de l'Équipier Locale de Premier Secours intégrant chacun 2 exercices, soit 12 exercices en 2021,
- 1 exercice annuel de sécurité avec les secours externes en présence du SDIS38,
- 1 exercice interne d'évacuation des bâtiments suite à la mise en service de la ZAC.

PERSPECTIVES POUR L'ANNÉE 2022

- Fin du grand arrêt, consacré au remplacement des doigts de gant H1H2 et à l'installation de nouveaux instruments scientifiques, et redémarrage du réacteur décembre 2022 (hors aléas),
- Poursuite de la réalisation du plan d'actions de mise en conformité et de modification de sûreté définies à la suite du réexamen sûreté avec les priorités d'instructions des autorisations discutées avec l'ASN,
- Poursuite du projet de Renforcement de la Protection Physique,
- Maintenir la robustesse de notre Système de Management Intégré (culture de conformité, suivi des engagements, adaptation des ressources au besoin),
- Poursuite de l'instruction pour la mise à jour de l'Autorisation de Rejets et de Prélèvement des Eaux.

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.

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 POUR 2021

De façon générique, les actions suivantes ont été poursuivies en 2021 :

- Recyclage radioprotection : toutes les formations ont été réalisées en ligne avec test individuel en raison de la pandémie Covid-19. 138 personnes ont été recyclées.
- Formation nouveaux arrivants : 20 sessions, 119 personnes formées.
- Examen des interventions 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.



Niveau C du bâtiment réacteur.

DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL : RÉSULTATS

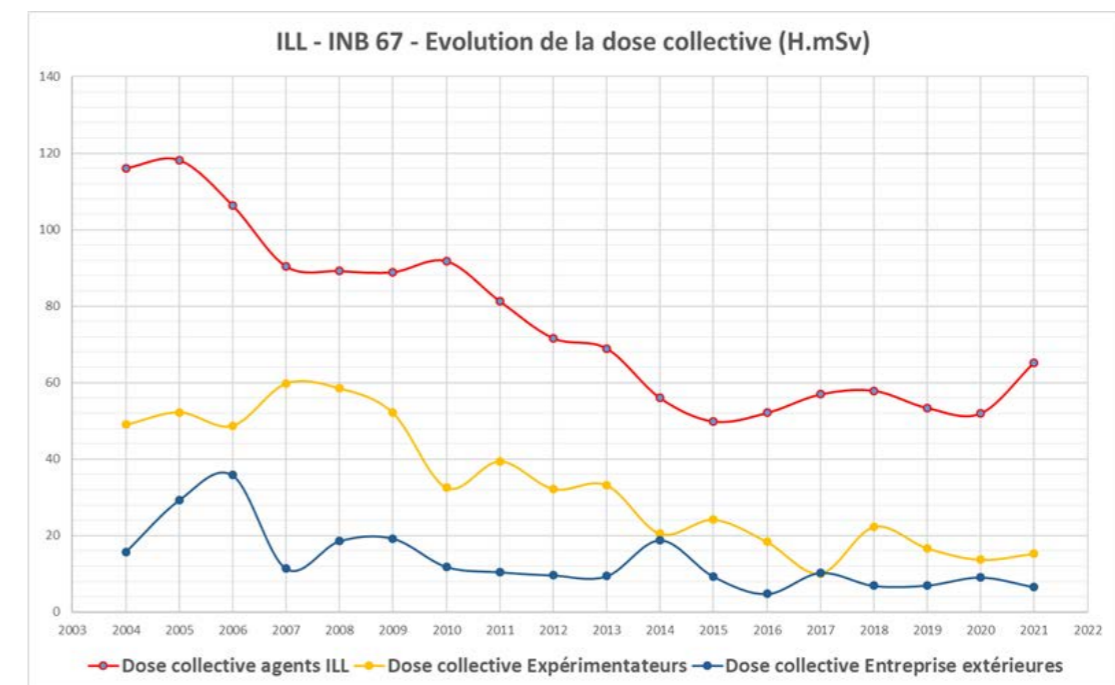
L'évaluation des doses reçues par les salariés en matière d'exposition externe est réalisée au moyen de deux types de dosimétrie conformément à la réglementation :

- 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 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 2021 s'élève à 87,1 H.mSv (ILL, expérimentateurs extérieurs, entreprises intervenantes). Le tableau suivant montre la répartition par catégorie de personnel sur l'année 2021 :

| Année | Dose collective agents ILL | Dose max agents ILL | Nb agents ILL | Dose collective expérimentateurs | Dose max Expérimentateurs | Nb expérimentateurs | Dose collective entreprises extérieures | Dose max entreprises extérieures | Nb agent entreprises extérieures |
|-------|----------------------------|---------------------|---------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|
| 2021 | 65,26 | 1,73 | 539 | 15,29 | 0,71 | 950 | 6,56 | 0,27 | 338 |

La dose moyenne par agent est de 0,048 mSv ; 4 agents ont reçu une dose supérieure à 1 mSv. Les doses reçues individuellement restent donc faibles. Le graphique suivant montre l'évolution de la dosimétrie opérationnelle depuis 2003. La dosimétrie des agents ILL est plus élevée qu'en 2020 du fait de chantiers de maintenance particuliers.



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 contre-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 | | | |

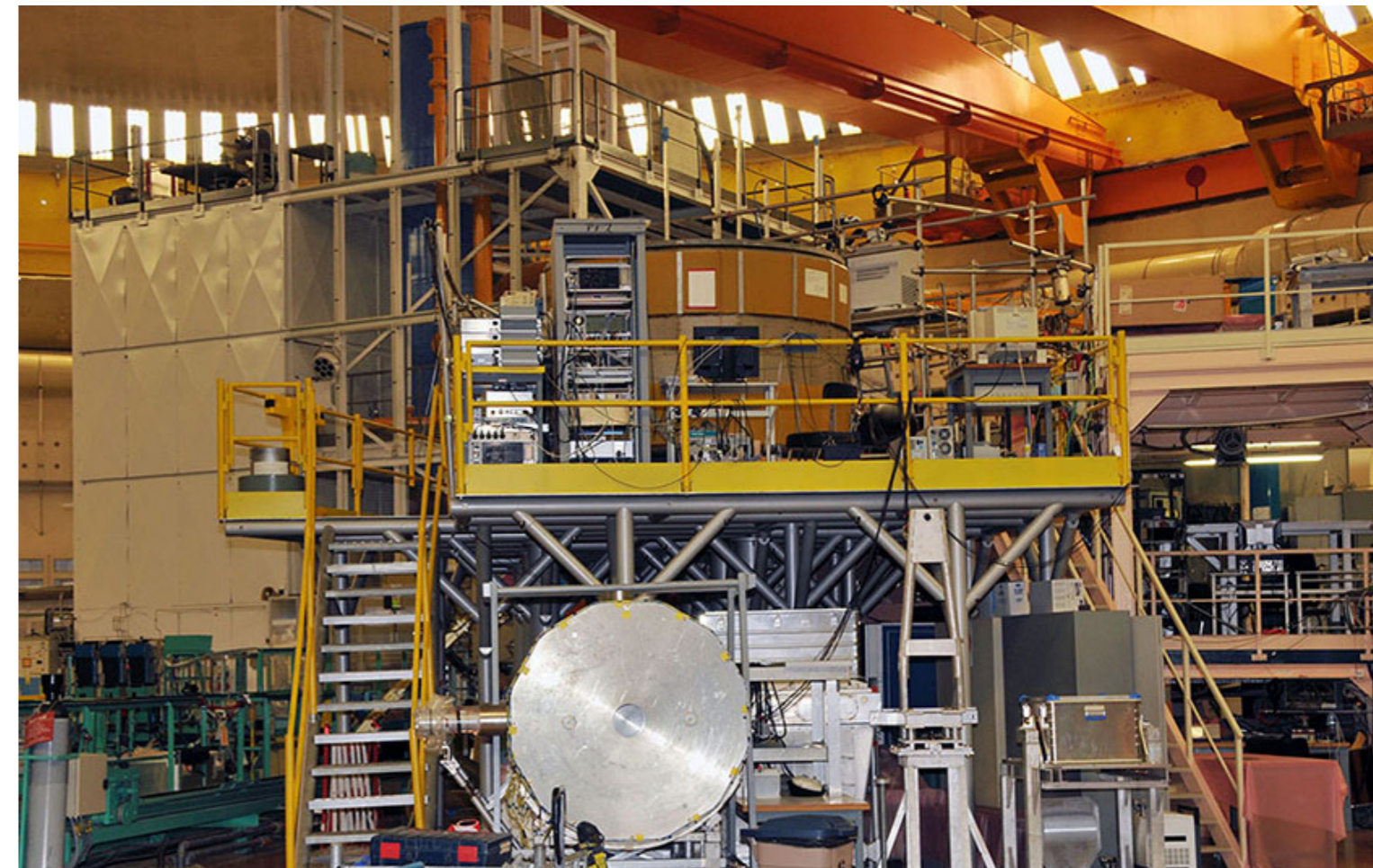
Tableau échelle INES.

En France, plusieurs centaines d'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.

4.1 BILAN 2021

En 2021, 7 événements sont survenus et ont été déclarés à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (7 au niveau 0 sur l'échelle INES) :

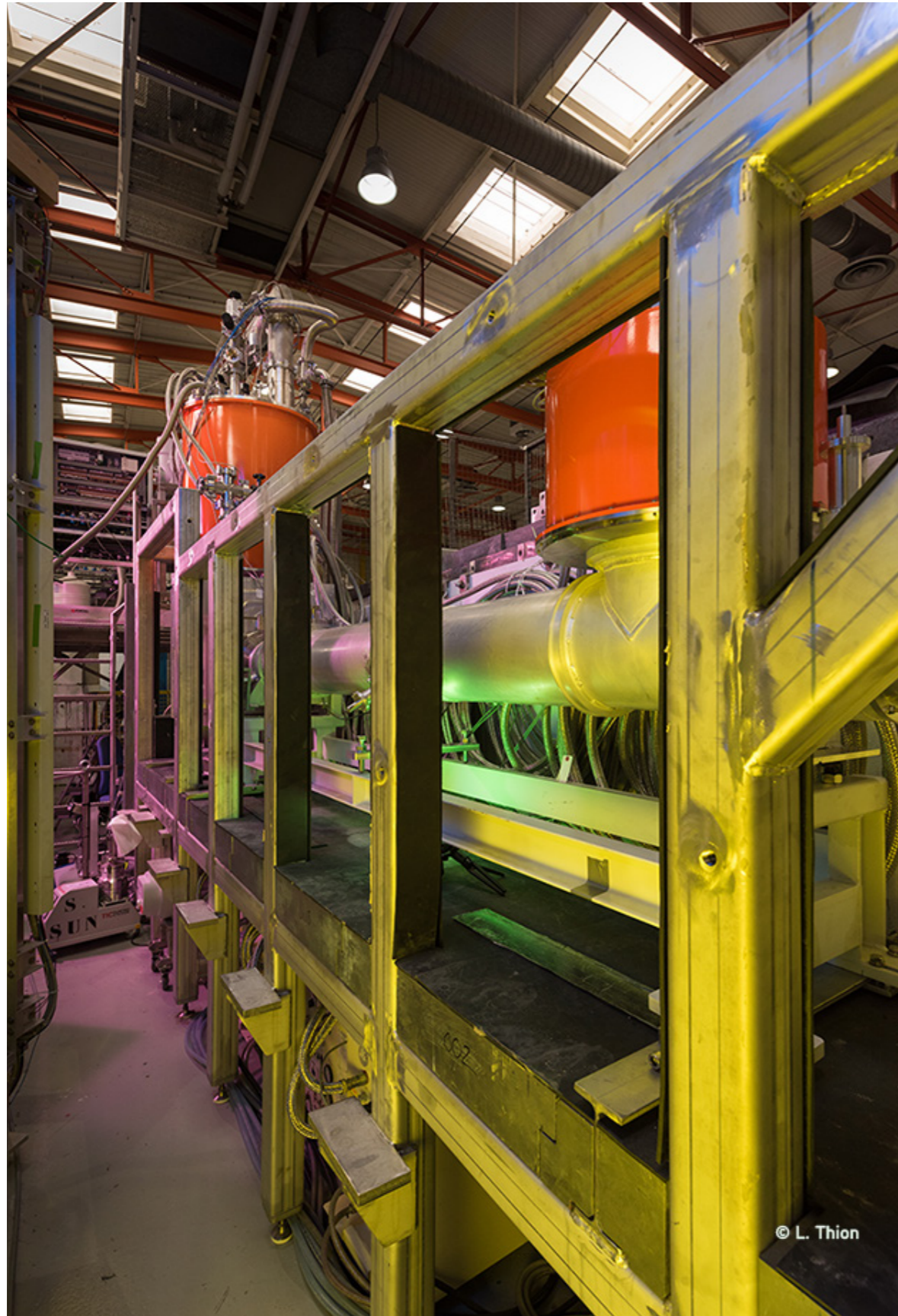
| | | |
|------------|---|-------------------|
| 12/02/2021 | Défaut de contrôle d'absence de radioactivité de déchets conventionnels non dangereux | Niveau 0 |
| 03/06/2021 | Contamination d'un agent et d'une zone expérimentale lors d'opérations de découpe d'un diaphragme de faisceau de neutrons | Niveau 0 |
| 12/07/2021 | Indisponibilité du CEN supérieure à 5 jours suite à l'ouverture, non détectée, d'une vanne manuelle | Niveau 0 |
| 27/8/2021 | Arrêt du réacteur sur mesure d'une température entrée cœur élevée | Niveau 0 |
| 01/10/2021 | Défaut de contrôle radiologique de déchets conventionnels dangereux de l'EMBL | Niveau 0 |
| 28/10/2021 | Ecart générique lié à l'absence de durée d'indisponibilité spécifiée dans l'ARPE pour les stations environnement | Hors échelle INES |
| 15/12/2021 | Dépassement de l'échéance de réalisation de l'essai des mesures radioprotection du PCS3 | Niveau 0 |



Plateforme expérimentale PF2.

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.



L'instrument superSUN.

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 2021 | LIMITE ANNUELLE Arrêté du 03/08/2007 |
|------------------|-------------|---|
| Gaz rares (TBq) | 1,05 | 10 |
| Tritium (TBq) | 10,0 | 75 |
| Carbone 14 (TBq) | 0,35 | 2 |
| Iodes (MBq) | 0,97 | 1000 |
| Aérosols (MBq) | 0,05 | 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.

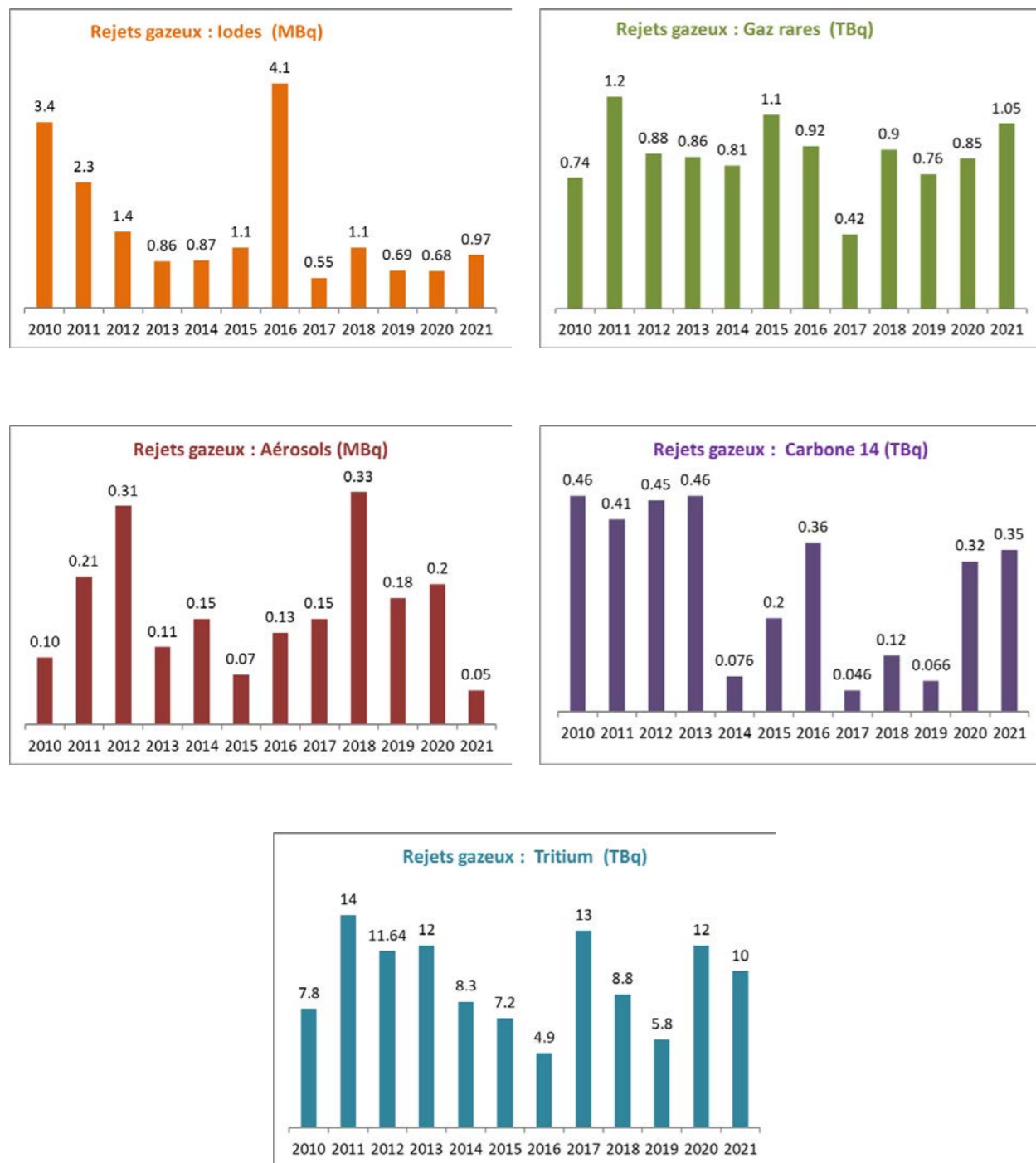
Le tritium (^3H), dont la période radioactive est de 12 ans, provient quant à lui principalement de l'activation du deutérium, contenu dans l'eau lourde. Une infime partie de ce tritium est rejetée par évaporation lors des ouvertures de circuits contenant de l'eau lourde.

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.

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

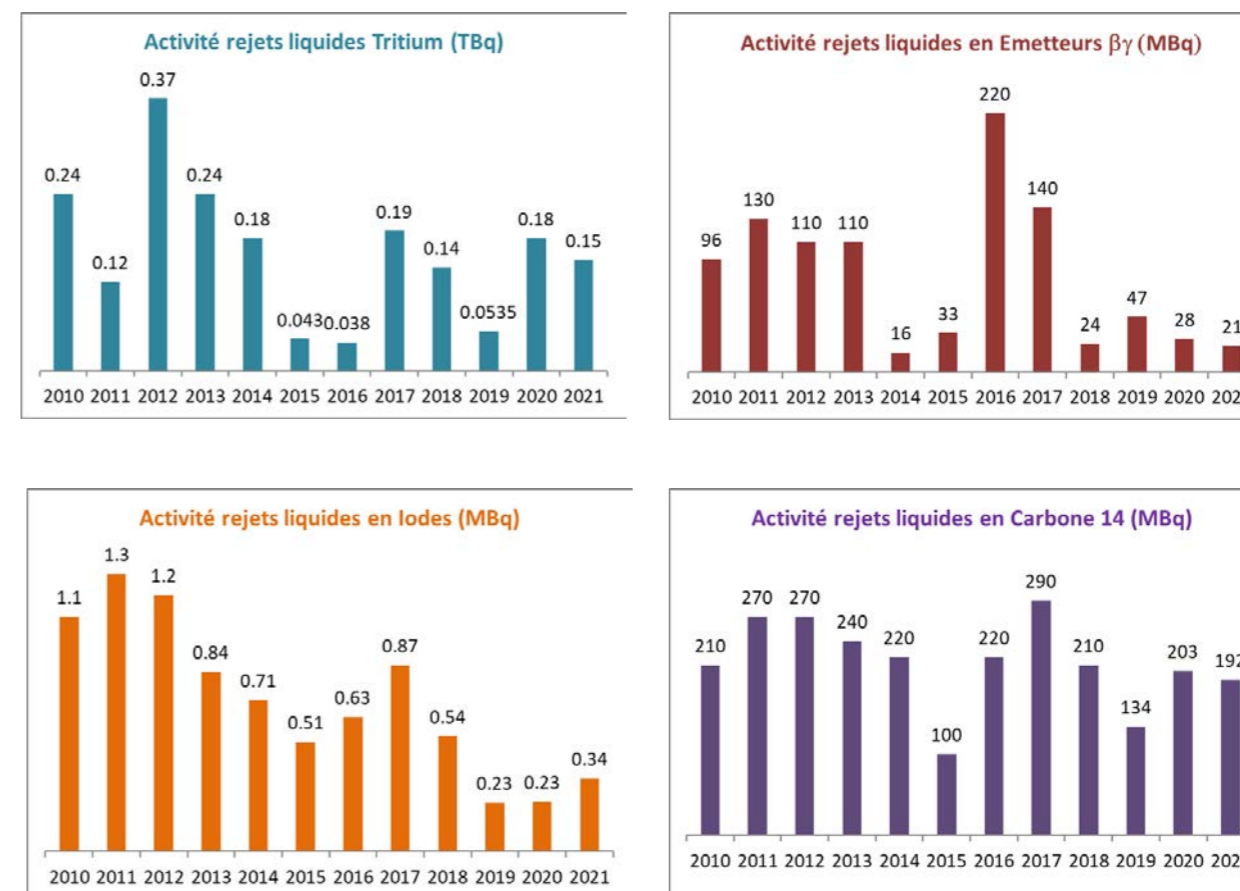
effectué après brassage de la cuve. Les mesures effectuées sont les suivantes :

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

Le tableau suivant présente le bilan pour 2021, pour un volume rejeté de 978 m³ :

| EFFLUENTS LIQUIDES | REJETS 2021 | LIMITE ANNUELLE Arrêté du 03/08/2007 |
|----------------------------|-------------|---|
| Tritium (TBq) | 0,15 | 1 |
| Carbone 14 (MBq) | 192 | 1500 |
| Iodes (MBq) | 0,34 | 100 |
| Emetteurs beta/gamma (MBq) | 21 | 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, et dans les rejets gazeux, le seuil de décision étant 0.0001 Bq/m³.

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 2021 en mg/l | VALEUR MAXIMALE AUTORISÉE Arrêté du 03/08/2007 |
|--|------------------------------|--|
| pH | 8,2 | 6<pH<8,5 |
| DBO5 (Demande biologique en oxygène à 5 jours) | 3 | 30 |
| DCO (Demande chimique en oxygène) | 30 | 125 |
| MEST (Matières en suspension totales) | 5 | 35 |
| Azote global | 1,53 | 30 |
| Phosphore total | 0,1 | 10 |
| Hydrocarbures totaux | 0,09 | 10 |
| Sulfates | 43,9 | 600 |
| Carbonates | 2 | 100 |
| Nitrates | 2,3 | 30 |
| Sels | 294 | 3 0000 |
| Métaux | 0,534 | 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 2021 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.

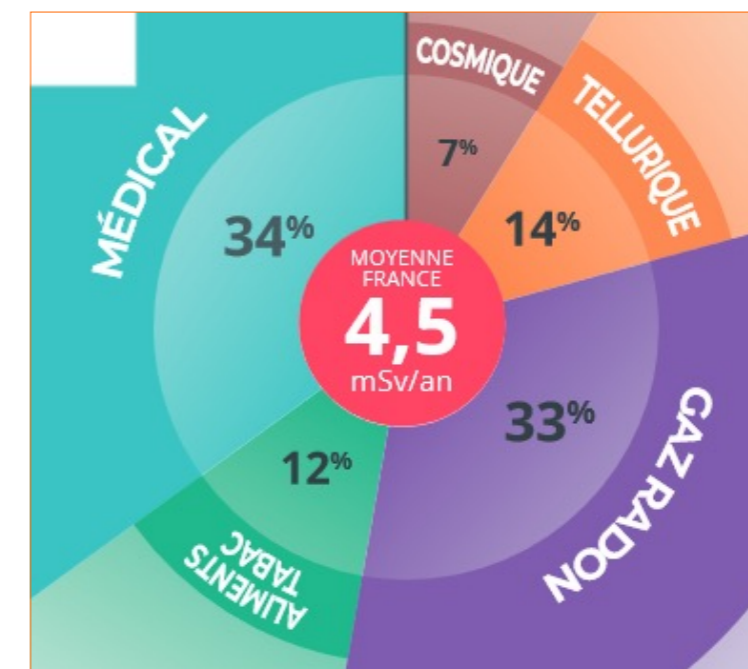
Comme pour le calcul des rejets gazeux, les modèles utilisés sont des modèles reconnus et les hypothèses sont majorants, comme par exemple l'hypothèse faite que toute l'eau de boisson est constituée d'eau de l'Isère (hypothèses correspondant au groupe de référence majorant « Saint-Egrève Max » dans l'étude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

| 2021 | ADULTE (μ SV/AN) | ENFANT (μ SV/AN) | BÉBÉ (μ SV/an) |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| Impact rejets gazeux | 0,160 | 0,150 | 0,210 |
| Impact rejets liquides | 0,005 | 0,004 | 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 μ Sievert par an en France, comme le montre l'illustration fournie par l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) :

Exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants (IRSN Bilan 2014-2019)



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 2021

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 2021, 3 fûts PEHD (polyéthylène) de 120 l de déchets solides incinérables, 4 fûts de flacons de scintillation et 2 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

12,4 m³ de déchets solides FA ont été expédiés vers CYCLIFE-CENTRACO.

4 caissons 5 m³ standards de déchets solides FA/MA ont été expédiés vers CSA ANDRA.

Il n'y a pas eu d'expédition de déchets HA cette année.



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

6.2 QUANTITÉ DE DÉCHETS PRÉSENTS DANS L'INSTALLATION EN FIN D'ANNÉE 2021

| 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 conditionnés | / | / | / |
| Déchets solides | 0,25 m ³ | 100 TBq | ³ H |
| Déchets divers | | | |
| Résines échangeuses d'ions non conditionnés | 1,79 m ³ | 735 GBq | PA, ³ H |
| Coques C1PG de REI | 20 m ³ | 2,4 TBq | PA, ³ H |
| Déchets TFA | | | |
| Déchets solides conditionnés | 39 m ³ | 160 MBq | PA |
| Déchets inertes (béton) | 175,5 m ³ | 1 GBq | PA |
| Déchets d'exploitation (métalliques et compactables) | 126 m ³ | 350 MBq | PA |
| Déchets d'exploitation | | | |
| <i>Déchets conditionnés</i> | | | |
| Caissons métalliques | 5 m ³ | 50 GBq | PA, ³ H, α |
| Fûts 200L incinérables | 13 m ³ | 13 GBq | PA, ³ H |
| Déchets de laboratoire | 1080 l | 64 MBq | ³ H, ¹⁴ C, ³² P |
| <i>Déchets en attente de conditionnement</i> | | | |
| Déchets solides activés | 2210 l (49 m ³)* | 340 TBq | PA, ³ H |
| Déchets solides divers | 14,55 m ³ (24,25 m ³)* | 40 GBq | PA, ³ H, α |
| Déchets incinérables | 1600 l | 1,6 GBq | PA, ³ H |
| Déchets liquides | 1910 l | 10 TBq | PA, ³ H, α |

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.

ESPN : Equipement Sous Pression Nucléaire

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 décré 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/sl

Avis du CSE de l'ILL

Objet :

Rapport « Transparence et Sécurité Nucléaire » 2021 du CSE ILL

Lors de la séance du 16 juin 2022, le CSE a validé le rapport TSN à la majorité de ses membres.

Grenoble, le 21 juin 2022

M. KREUZ
Secrétaire du CSE ILL