

13

**Les installations  
nucléaires  
de recherche  
et industrielles  
diverses**



## 1

### **Les installations de recherche, laboratoires et autres installations en France** p. 353

#### 1.1 Les réacteurs de recherche

#### 1.2 Les laboratoires et installations industrielles diverses

1.2.1 Les laboratoires

1.2.2 Les accélérateurs de particules

1.2.3 Les installations industrielles d'ionisation

#### 1.3 Les installations d'entreposage de matières

## 2

### **Les actions de l'ASN dans le champ des installations de recherche : une approche graduée** p. 356

#### 2.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations

#### 2.2 Les réexamens périodiques



Les **installations nucléaires de recherche ou industrielles** sont distinctes des installations nucléaires de base (INB) directement liées à la production d'électricité (réacteurs électronucléaires et installations du « cycle du combustible ») ou à la gestion des déchets. Elles sont, historiquement et majoritairement, exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), mais également par d'autres organismes de recherche (par exemple, l'Institut Laue-Langevin – ILL, l'organisation internationale ITER et le Grand Accélérateur national d'ions lourds – Ganil) ou par des industriels (par exemple, CIS bio international, Steris et Ionisos, qui exploitent des installations de production d'éléments radiopharmaceutiques ou des irradiateurs industriels).

## 1 – Les installations de recherche, laboratoires et autres installations en France

### 1.1 Les réacteurs de recherche

Les **réacteurs de recherche** ont pour objectif de contribuer à la recherche scientifique et technologique et à l'amélioration de l'exploitation des centrales nucléaires. Certaines de ces installations produisent également des radionucléides<sup>(1)</sup> à usage médical. Ce sont des installations dans lesquelles une réaction en chaîne est créée et entretenue, permettant de produire un flux de neutrons plus ou moins dense utilisé, en premier lieu, à des fins d'expériences scientifiques. Contrairement aux centrales nucléaires, l'énergie thermique produite par le cœur des réacteurs de recherche n'est pas exploitée mais simplement évacuée par refroidissement. Les quantités de substances radioactives mises en œuvre sont moindres que dans les réacteurs électronucléaires.

Un panorama des différents types de réacteurs de recherche présents en France et des principaux risques associés est présenté ci-après.

Dans leur dimensionnement, ces réacteurs prennent en compte des accidents de référence de fusion du cœur « sous eau » (défaillance dans le système de refroidissement) et de fusion du cœur « en air » (après dénoyage du cœur ou lors d'une maintenance). En outre, ils prennent en compte des accidents spécifiques à la conception particulière de certains réacteurs de recherche.

#### Les réacteurs à faisceaux de neutrons

Les **réacteurs à faisceaux de neutrons** sont de type piscine. Ils sont principalement destinés à la recherche fondamentale (physique du solide, physico-chimie moléculaire, biochimie, etc.), en utilisant la

méthode de diffraction neutronique pour l'étude de la matière. Les neutrons sont produits dans le réacteur, à différentes gammes d'énergie, et sont captés par des canaux dans le réacteur pour être acheminés vers des aires expérimentales.

En France, il n'existe plus qu'un réacteur à faisceaux de neutrons en fonctionnement : le **réacteur à haut flux** (RHF – INB 67) exploité par l'ILL à Grenoble (puissance nominale limitée à 58 mégawatts thermiques – MWth). Le RHF fonctionne par cycles de 50 à 100 jours environ. Les principaux enjeux de sûreté sont la maîtrise de la réactivité, du refroidissement et du confinement.

En 2024, l'ASN a autorisé des travaux d'amélioration de la sûreté de l'installation définis dans le cadre du dernier réexamen périodique, en particulier la jouvence du pont polaire du bâtiment réacteur, le renforcement de la protection incendie, ainsi que l'évacuation du tritium résiduel de l'installation. L'ILL a engagé ces travaux à la suite de l'arrêt long de l'installation débuté en juillet 2024.

Le réacteur **Orphée** (INB 101), exploité par le CEA à Saclay (puissance nominale limitée à 14 MWth), a été arrêté définitivement fin 2019.

#### Les réacteurs « d'essais »

Les **réacteurs « d'essais »** sont de type piscine. Ils sont destinés à l'étude de situations accidentelles. Ils permettent de reproduire, de façon contrôlée et à petite échelle, certains accidents postulés dans la démonstration de sûreté des réacteurs électronucléaires et de mieux connaître l'évolution de paramètres physiques lors des situations accidentelles.

En France, il existe un réacteur « d'essais » en fonctionnement soumis au contrôle de l'ASN : le réacteur **Cabri** (INB 24), exploité par le CEA à Cadarache. Ce réacteur, d'une puissance limitée à 25 MWth, permet de produire le flux neutronique nécessaire aux expériences. Les enjeux de sûreté sont semblables à ceux des autres réacteurs : la maîtrise de la réactivité du cœur nourricier, le refroidissement pour évacuer la puissance et le confinement des substances radioactives situées dans les crayons de combustibles composant le cœur.

Des modifications de l'installation ont été réalisées pour mettre en œuvre de nouveaux programmes de recherche afin d'étudier le comportement du combustible à haut taux de combustion lors de situations accidentelles d'insertion de réactivité. La divergence du réacteur dans sa nouvelle configuration a été autorisée en 2015. **L'ASN a autorisé, le 30 janvier 2018**, après d'importants travaux de rénovation, le premier essai expérimental actif de la boucle à eau sous pression de l'installation.

Le réacteur « d'essais » Cabri, dont la conception a été complétée afin de réaliser également des programmes expérimentaux d'irradiation d'objets, a été autorisé pour ce type d'utilisation par **décret du 2 août 2022**.

Les programmes d'essais (*Cabri International Programmes* – CIP) et d'essais d'irradiation de composants électroniques se sont poursuivis en 2024. En parallèle de la réalisation de ces essais, l'ASN a autorisé en 2024 la réparation sous eau de l'hodoscope, qui devra intervenir à la fin de la réalisation du programme d'essais actuel, à l'horizon de la fin de l'année 2025.

1. L'utilisation des radionucléides offre des possibilités d'analyse et de traitements médicaux : pour le diagnostic des cancers par le biais de scintigraphies et tomographies, autorisant des examens poussés d'organes en fonctionnement, ou pour le traitement des tumeurs grâce à la radiothérapie, qui emploie les rayonnements des radionucléides pour détruire les cellules cancéreuses (voir chapitre 7).

Les installations nucléaires de recherche et industrielles



L'ASN contrôle la bonne mise en œuvre des actions engagées à la suite des conclusions du dernier réexamen périodique de l'installation, notamment concernant l'amélioration des dispositions de prévention des risques incendie et des risques liés aux opérations de manutention.

**Les réacteurs d'irradiation**

Les réacteurs d'irradiation sont de type piscine. Ils permettent d'étudier les phénomènes physiques liés à l'irradiation de matériaux et de combustibles ainsi que leurs comportements. Les flux neutroniques obtenus par ces installations étant plus puissants que ceux présents dans un réacteur électronucléaire de type réacteur à eau sous pression (REP), les expériences permettent de réaliser des études de vieillissement de matériaux et composants soumis à un flux important de neutrons. Après irradiation, les échantillons font l'objet d'examen destructifs, notamment dans des laboratoires de recherche, afin de caractériser les effets de l'irradiation. Ils constituent donc un outil important pour la qualification des matériaux soumis à un flux neutronique.

En outre, ces réacteurs de recherche sont des sources de production significatives de certains radionucléides à usage médical.

La puissance de ces réacteurs varie de quelques dizaines à une centaine de mégawatts thermiques. Ces réacteurs fonctionnent par cycle d'environ 20 à 30 jours.

En France, depuis 2015 et l'arrêt définitif du réacteur Osiris (INB 40) sur le site du CEA à Saclay, il n'existait plus de réacteur d'irradiation technologique en fonctionnement.

Le réacteur Jules Horowitz (RJH - INB 172), destiné à remplacer Osiris, est en cours de construction à Cadarache. La mise en service de l'installation, jalonnée dans le temps, est en cours d'instruction par l'ASN. Le 19 juillet 2023, le Conseil de politique nucléaire a en outre acté la poursuite des investissements de l'État et de la filière pour finaliser la construction du RJH, afin que la France dispose de cette nouvelle installation opérationnelle à l'horizon 2032-2034. Ce réacteur permettra à la fois d'appuyer la recherche sur la prolongation de la durée de vie du parc existant, sur les EPR2, mais aussi pour les petits réacteurs modulaires (PRM ou *Small Modular Reactors* - SMR, voir chapitre 11). Il vise également à fournir une capacité significative de production de radionucléides à usage médical.

**Les réacteurs à fusion**

Contrairement aux réacteurs de recherche décrits précédemment, qui mettent en

œuvre des réactions de fission nucléaire, certaines installations de recherche visent à produire des réactions de fusion nucléaire.

En France, l'installation ITER (INB 174) est un projet international de réacteur à fusion en cours de construction à Cadarache. L'objectif principal visé par ITER est la démonstration scientifique et technique de la maîtrise de la fusion nucléaire par confinement magnétique d'un plasma deutérium-tritium, lors d'expériences de longue durée avec une puissance significative (500 mégawatts - MW, pendant 400 secondes).

Parmi les principaux enjeux de maîtrise des risques et inconvénients de ce type d'installation, on peut citer la maîtrise du confinement des matières radioactives (du tritium en particulier) et les risques d'exposition aux rayonnements ionisants du fait d'une forte activation des matériaux sous flux neutronique intense. La gestion des déchets tritiés ou activés est également un enjeu fort pour ces installations, bien que leur radiotoxicité et leur durée de vie soient *a priori* très inférieures à celles des déchets issus de l'exploitation des réacteurs à fission.

En 2024, Iter Organization (IO) a poursuivi la validation du programme expérimental de l'installation et du « nouveau scénario de référence ». IO a par ailleurs engagé les réparations des premiers secteurs de la chambre vide du tokamak<sup>(2)</sup> pour lesquels des défauts avaient été constatés sur les joints de soudage, ainsi que les réparations des circuits de refroidissement des écrans thermiques faisant l'objet d'une problématique de fissuration par corrosion sous contrainte. L'ASN souligne une amélioration de la transparence des échanges sur les enjeux de sûreté associés. Les points d'arrêt associés au projet, et notamment celui relatif à l'assemblage du tokamak, seront redéfinis dans le cadre de l'instruction associée à ce nouveau programme expérimental.

**1.2 Les laboratoires et installations industrielles diverses**

**1.2.1 Les laboratoires**

Les laboratoires menant des activités de recherche et de développement pour la filière nucléaire contribuent à l'approfondissement des connaissances pour la production électronucléaire, la fabrication et le retraitement du combustible, ou encore la gestion des déchets. Ils peuvent aussi produire des radionucléides à usage médical.

2. Tokamak, acronyme russe qui signifie « chambre toroïdale avec bobines magnétiques », est une machine qui utilise des champs magnétiques pour créer, confiner et contrôler un plasma chaud d'isotopes d'hydrogène dans lequel la réaction de fusion peut se produire.

### Principes et enjeux de sûreté

Les principaux enjeux inhérents à ces installations sont la protection des personnes contre les rayonnements ionisants, la prévention de la dispersion de substances radioactives, la maîtrise des risques incendie et celle de la réaction en chaîne ([criticité](#)).

Les principes de conception de ces laboratoires sont similaires. Des zones dédiées, dénommées « cellules blindées », permettent la manipulation de substances radioactives et la réalisation d'expérimentations, à l'aide de moyens de manutention adaptés. Ces cellules blindées sont dimensionnées avec des épaisseurs de murs et de vitres importantes, afin de protéger les opérateurs contre les rayonnements ionisants. Elles permettent également le confinement des matières radioactives, grâce à un système de ventilation et de filtres spécifiques. Le risque de criticité est maîtrisé au travers de consignes strictes pour la manipulation, l'entreposage et le suivi des matériaux étudiés, et l'usage de matériels spécialement conçus. Enfin, le risque incendie est géré à l'aide de dispositifs techniques (portes coupe-feu, clapets, détecteurs, équipements d'intervention, etc.) et d'une organisation limitant la présence de matières calorifiques. La formation du personnel et une organisation rigoureuse sont des facteurs essentiels pour garantir la maîtrise de ces principaux risques.

### Les laboratoires d'essais sur les combustibles et les matériaux

Une partie de ces laboratoires, exploités par le CEA, permet de réaliser diverses expérimentations sur les matériaux ou combustibles irradiés. Certains programmes de recherche ont, par exemple, pour objectif de permettre un taux de combustion plus élevé des combustibles ou d'améliorer leur sûreté. Certaines de ces installations sont également exploitées pour des activités de préparation et de reconditionnement de combustibles.

Appartiennent à cette catégorie de laboratoires :

- le Laboratoire d'examen des combustibles actifs ([LECA](#)), situé à Cadarache, et son extension, la Station de traitement, d'assainissement et de reconditionnement ([STAR](#)), qui constituent l'INB 55 ;
- le Laboratoire d'études et de fabrication de combustibles nucléaires avancés ([Lefca](#) - INB 123), situé à Cadarache ;
- le Laboratoire d'essais sur combustibles irradiés ([LECI](#) - INB 50), situé à Saclay.

### Les laboratoires de recherche et de développement (R&D)

Des activités de R&D sont aussi menées pour l'industrie nucléaire dans des laboratoires sur les nouvelles technologies, notamment concernant le développement de nouveaux combustibles, leur recyclage ou encore la gestion des déchets ultimes.

L'atelier alpha et le laboratoire pour les analyses de transuraniens et études de retraitement ([Atalante](#) - INB 148), situés à Marcoule et exploités par le CEA, assurent un appui technique à Orano Cycle pour optimiser les procédés mis en œuvre dans les usines de La Hague. Des travaux expérimentaux y sont menés pour la qualification du comportement des matrices de verres nucléaires afin de garantir les propriétés de confinement sur le long terme des colis de déchets de haute activité.

L'ASN contrôle la bonne mise en œuvre des actions engagées à la suite du dernier réexamen périodique.

En 2024, le CEA a transmis le dossier d'orientation du nouveau réexamen périodique de l'installation (DOR), qui fait actuellement l'objet d'une instruction de la part de l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR).

Cette étape antérieure à l'envoi par l'exploitant du rapport de conclusions du réexamen périodique permet de fixer la méthodologie, le périmètre et les modalités des études menées dans le cadre du réexamen à venir.

### L'usine de production de radioéléments artificiels

L'usine de production de radioéléments artificiels ([UPRA](#)), située à Saclay et exploitée par CIS bio international, est une installation nucléaire conçue sur les mêmes principes qu'un laboratoire (zones dédiées permettant la manipulation et des expérimentations de substances radioactives, à l'aide de moyens de manutention adaptés), destinée à la fois à mener des activités de recherche et à mettre au point des radionucléides à usage médical. CIS bio international est une filiale du groupe Curium, fabricant de produits radiopharmaceutiques.

L'instruction du réexamen périodique de l'installation est en cours par l'ASN, il a également fait l'objet d'un avis du Groupe permanent d'experts pour les laboratoires et les usines ([GPU](#)) en date du 16 mars 2023. La réduction des inventaires de substances radioactives présentes dans l'installation, engagée par l'exploitant, est un levier significatif pour la réduction des risques que présente l'installation.

### 1.2.2 Les accélérateurs de particules

Certains [accélérateurs de particules](#) sont des INB. Ces installations utilisent des champs électriques ou magnétiques pour accélérer des particules chargées. Les faisceaux de particules accélérées produisent des champs importants de rayonnements ionisants, activant les matériaux en contact, qui émettent alors des rayonnements ionisants, même après l'arrêt des

faisceaux. L'exposition aux rayonnements ionisants de la population, du personnel et de l'environnement constitue donc le risque principal de ce type d'installations.

### Le Ganil

Le Grand Accélérateur national d'ions lourds ([Ganil](#) - INB 113), situé à Caen, permet de mener des travaux de recherche fondamentale et appliquée, notamment en physique atomique et en physique nucléaire. Cette installation de recherche produit, accélère et distribue des faisceaux d'ions à différents niveaux d'énergie pour étudier la structure de l'atome. Une instruction est actuellement en cours pour la construction d'un nouveau bâtiment de réception des faisceaux, dénommé « Désir », afin de permettre la conduite de nouveaux programmes expérimentaux en matière de recherche.

L'ASN a donné un avis favorable en décembre 2024 sur le décret modificatif du décret d'autorisation de création de l'installation pour intégrer le bâtiment « Désir ». Ce décret sera publié en 2025.

### Le CERN

Situé entre la France et la Suisse, le Centre européen pour la recherche nucléaire ([CERN](#)) est une organisation internationale dont la mission est de mener à bien des programmes de recherche fondamentale à caractère purement scientifique concernant les particules de haute énergie. Le CERN exploite, sur plusieurs sites connectés entre eux, toute une chaîne de dispositifs de recherche sur la structure de la matière, qui comprend actuellement plusieurs accélérateurs linéaires et circulaires, ainsi que plusieurs détecteurs et systèmes d'acquisition. Du fait de sa nature extraterritoriale, le CERN fait l'objet de [modalités de vérifications particulières](#) de la part des autorités de sûreté française et suisse.

### 1.2.3 Les installations industrielles d'ionisation

Les [installations industrielles d'ionisation](#), dénommées « irradiateurs », utilisent les rayons gamma émis par des sources scellées de cobalt-60 afin d'irradier des cibles dans des cellules d'irradiation. Ces cellules d'irradiation sont dimensionnées avec des épaisseurs de murs et de vitres importantes, afin de protéger les opérateurs contre les rayonnements ionisants. Les sources scellées sont, soit entreposées en piscine sous une épaisseur d'eau qui garantit la protection des travailleurs, soit extraites de la piscine d'entreposage pour irradier le matériel cible. L'exposition du personnel aux rayonnements ionisants constitue le risque principal dans ces installations.

Les principales applications des irradiateurs sont la stérilisation de dispositifs médicaux, de produits agroalimentaires et de matières premières pharmaceutiques. Les irradiateurs peuvent aussi permettre l'étude de comportement des matériaux sous rayonnements ionisants, notamment pour qualifier des matériaux pour l'industrie nucléaire.

Ces irradiateurs sont utilisés par :

- le groupe Ionisos, qui exploite trois installations situées à [Dagneux](#) (INB 68), [Pouzauges](#) (INB 146) et [Sablé-sur-Sarthe](#) (INB 154). Un projet de nouvel irradiateur (D7) est en cours d'instruction pour le site de Dagneux. Au vu d'une analyse des enjeux que présente l'installation et des inspections sur le thème du réexamen périodique de l'installation, l'ASN n'a pas émis d'objection à la poursuite du fonctionnement de l'INB 68 pour les prochaines années ;
- le groupe Steris, qui exploite les installations [Gammaster](#) (INB 147) et [Gammatec](#) (INB 170), à Marseille et à Marcoule ;
- le CEA, qui exploite l'irradiateur [Poséidon](#) (INB 77) sur le site de Saclay. En 2024, l'ASN a conclu l'instruction du réexamen périodique de l'installation et n'a pas émis d'objection à la poursuite de son fonctionnement.

### 1.3 Les installations d'entreposage de matières

Les installations d'entreposage de matières, exploitées par le CEA, sont essentiellement consacrées à la conservation de matières uranifères et plutonifères fissiles non irradiées (ou faiblement irradiées) provenant d'autres installations du CEA. Cette activité permet d'alimenter les laboratoires (Atalante, Lefca, etc.) en fonction de leurs besoins expérimentaux. Elles sont devenues, plus récemment, un exutoire temporaire des matières fissiles présentes jusque-là dans des installations désormais à l'arrêt, telles que les réacteurs de recherche (Éole, Minerve, Osiris, Masurca, notamment).

#### Principes et enjeux de sûreté

Les principaux enjeux inhérents à ces installations sont la prévention de la dispersion de substances radioactives et la maîtrise de la réaction en chaîne (criticité).

La sûreté de ces installations repose sur une succession de barrières physiques statiques (murs et portes des locaux et des bâtiments) pour prévenir la dispersion de substances radioactives. Lors de la réalisation d'opérations sur ces substances, le confinement statique est, par ailleurs,

assuré par des dispositifs (boîtes à gants, cellules blindées) dans lesquels sont réalisées ces opérations. Ce confinement statique est complété par un confinement dynamique constitué, d'une part, d'une cascade de dépressions entre les locaux présentant des risques de dissémination de substances radioactives ; d'autre part, d'une filtration des effluents gazeux rejetés dans l'environnement. La réaction en chaîne est maîtrisée au travers de consignes strictes pour la manipulation, l'entreposage, le suivi des matériaux entreposés et l'usage de matériels spécialement conçus.

#### Les installations d'entreposage dédiées

L'installation [Magenta](#) (INB 169), mise en service en 2011, exploitée par le CEA sur son site de Cadarache, est dédiée à l'entreposage de matières fissiles non irradiées ainsi qu'à la caractérisation, par des mesures non destructives, des matières nucléaires réceptionnées. Elle remplace notamment le magasin central des matières fissiles ([MCMF](#) - INB 53), définitivement arrêté fin 2017. L'instruction du premier réexamen périodique de l'installation s'est poursuivie en 2024.

## 2 — Les actions de l'ASN dans le champ des installations de recherche : une approche graduée

### 2.1 L'approche graduée en fonction des enjeux des installations

Le [régime des INB](#) s'applique à plus d'une centaine d'installations en France. Ce régime concerne des installations diverses présentant des enjeux de sûreté nucléaire, de radioprotection et de protection de l'environnement très différents : réacteurs nucléaires de recherche ou électronucléaires, entreposage ou stockage de déchets radioactifs, usines de fabrication ou de traitement de combustibles, laboratoires, installations industrielles d'ionisation, etc.

Les principes de sûreté, appliqués aux installations nucléaires de recherche ou industrielles, sont similaires à ceux adoptés pour les réacteurs électronucléaires et les installations du « cycle du combustible », tout en tenant compte de leurs spécificités en matière de risques et d'inconvénients. L'ASN a mis en œuvre une approche proportionnée à l'importance des risques ou inconvénients présentés par l'installation. À cet égard, l'ASN a réparti les installations qu'elle contrôle en trois catégories, de 1 à 3 par ordre décroissant d'importance des risques et inconvénients qu'elles présentent pour les intérêts mentionnés à l'article L. 593-1 du code de l'environnement

([décision n° 2015-DC-0523 de l'ASN du 29 septembre 2015](#)). Cette classification des INB permet d'adapter le contrôle des installations et de renforcer ainsi celui des installations à enjeux importants, en matière d'inspections et d'instructions menées par l'ASN. À titre d'exemples, les réacteurs de recherche RHF et Cabri sont respectivement classés en catégories 1 et 2, et l'accélérateur de particules Ganil est classé en catégorie 3.

### 2.2 Les réexamens périodiques

Le [code de l'environnement](#) impose aux exploitants de réaliser, tous les dix ans, un [réexamen périodique](#) de leur installation. Ce réexamen périodique permet d'apprécier la situation de l'installation au regard des règles qui lui sont applicables et d'actualiser les risques ou inconvénients inhérents à l'installation en tenant compte notamment de son état, de l'expérience acquise au cours de l'exploitation, de l'évolution des connaissances et des règles applicables aux installations similaires. Ils sont ainsi l'occasion de remises à niveau ou d'améliorations dans des domaines où les exigences de sûreté ont évolué, notamment la résistance au séisme, la protection contre l'incendie et le confinement.

À ce jour, l'ensemble des installations nucléaires de recherche et installations diverses ont fait l'objet d'un réexamen périodique. L'ASN a mis en œuvre un mode d'instruction adapté aux enjeux des installations : certaines d'entre elles méritent une attention particulière au regard des risques qu'elles présentent ; d'autres, présentant moins d'enjeux, font l'objet d'inspections et d'instructions dont l'ampleur est adaptée.

En 2024, l'ASN a conclu l'instruction des réexamens périodiques de l'irradiateur Poséidon (INB 77) exploité par le CEA et de l'irradiateur situé à Dagneux (INB 68) exploité par Ionisos.

En 2024, l'ASN a poursuivi l'instruction des réexamens périodiques des installations Cabri (INB 24) et Magenta (INB 169) exploitées par le CEA, ainsi que de l'irradiateur situé à Pouzauges (INB 146) exploité par Ionisos, de l'accélérateur d'ions lourds (INB 113) exploité par le GIE Ganil et de l'UPRA (INB 29) exploitée par CIS bio international.

En 2024, l'ASN a engagé l'instruction des nouveaux réexamens périodiques de trois installations du CEA : le LECI (INB 50), le LECA (INB 55) et le Lefca (INB 123).

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

**13**

14

15

AN