



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 9 novembre 2022

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2022-00209

Objet : GANIL - INB n° 113
Demande d'autorisation de modification substantielle - Construction de l'installation
« DESIR »

Réf. : Lettre ASN CODEP-DRC-2022-018141 du 26 avril 2022.

Par lettre citée en référence, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis et les observations de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur le dossier de sûreté transmis à l'appui de la demande d'autorisation de modification (DAM) de l'installation nucléaire de base (INB) n° 113 par le groupement d'intérêt économique (GIE) GANIL, exploitant de cette installation. Cette demande concerne la construction de l'installation « DESIR » (Désintégration, Excitation et Stockage d'Ions Radioactifs), dédiée aux expérimentations sur des faisceaux d'ions exotiques de très basse énergie.

L'ASN demande en particulier à l'IRSN d'examiner les dispositions, prises par le GIE GANIL, de maîtrise des risques de dissémination de substances radioactives, d'exposition aux rayonnements ionisants pour les travailleurs, ainsi que les principes de dimensionnement du génie civil aux agressions externes.

De l'évaluation des documents transmis, tenant compte des compléments apportés par l'exploitant au cours de l'expertise, l'IRSN retient les principaux points suivants.

1. CONTEXTE

1.1. PRÉSENTATION DE L'INB N° 113

L'INB n° 113, située à Caen et dénommée « grand accélérateur national d'ions lourds » (GANIL), constitue un outil de recherche fondamentale en physique atomique, physique nucléaire et physique de la matière condensée. À sa mise en service en 1983, l'installation a été conçue pour produire, accélérer et distribuer des faisceaux d'ions stables, de masse atomique supérieure à celle du ^{12}C , à des énergies allant jusqu'à 95 MeV/nucléon. L'installation a été modifiée en 2001 par l'adjonction du système de production d'ions radioactifs en ligne n° 1 (appelé installation SPIRAL 1 dans la suite de l'avis) permettant de produire, puis d'accélérer par l'intermédiaire de cyclotrons, des noyaux exotiques légers obtenus par fragmentation d'un faisceau primaire d'ions stables.

MEMBRE DE
ETSON

Dans le cadre du projet d'extension dite « SPIRAL 2 », visant à étendre la gamme d'ions exotiques pouvant être produits et utilisés dans l'INB n° 113, le GIE GANIL a tout d'abord mis en service la phase 1 de cette extension en 2019, appelée installation SPIRAL 2 phase 1 dans la suite de l'avis. Cette installation est caractérisée par l'implantation, dans des nouveaux bâtiments, d'un accélérateur linéaire (LINAC) supraconducteur délivrant des faisceaux dits primaires et de deux salles expérimentales appelées « NFS » et « S3 ». Le procédé mis en œuvre dans la salle S3 permet de sélectionner, parmi les ions radioactifs produits par l'interaction d'un faisceau primaire sur une cible mince, un type d'ions particulier, de très basse énergie, en vue d'une expérience donnée.

En décembre 2020, le GIE GANIL a ensuite transmis un dossier de demande d'autorisation portant sur la construction de l'installation DESIR, comprenant notamment le rapport préliminaire de sûreté (RPrS) correspondant. Cette modification substantielle de l'INB n° 113, au sens de l'article R593-47 du code de l'environnement, vise à mettre à disposition, à des fins de recherche fondamentale, des faisceaux d'ions radioactifs de très basse énergie (quelques dizaines de keV) produits par les installations existantes SPIRAL 1 et SPIRAL 2 phase 1 (salle S3). La mise en place de cette modification constitue la phase 1+ du projet SPIRAL 2.

1.2. DESCRIPTION DE LA MODIFICATION

L'installation DESIR sera constituée d'un bâtiment principal semi-enterré, dédié à la réalisation des expériences, et abritera notamment les différents dispositifs expérimentaux dans une salle de grand volume, dénommée « hall DESIR ». Des canaux enterrés (salles 311 et 316) compléteront l'installation DESIR et permettront d'acheminer, dans le hall DESIR, un faisceau d'ions radioactifs de très basse énergie en provenance du dispositif SPIRAL 1 ou de la salle S3 de SPIRAL 2, à l'aide de lignes de transport maintenues sous vide. Avant son entrée dans le hall DESIR, le faisceau peut faire l'objet, selon les besoins expérimentaux, d'une purification au moyen d'un système constitué d'un quadripôle radiofréquence et d'un séparateur d'ions de haute résolution (HRS).

1.3. FAISCEAUX D'IONS RADIOACTIFS DANS L'INSTALLATION DESIR

S'agissant de la production du faisceau dans SPIRAL 1, un procédé spécifique est mis en œuvre pour sélectionner, parmi les atomes produits par fragmentation d'ions stables, l'isobare¹ d'intérêt qui sera transféré dans l'installation DESIR. Compte tenu du rendement global de ce procédé de sélection, l'intensité² du faisceau d'intérêt transféré est réduite en comparaison de celle produite lors de l'irradiation de la cible par le faisceau primaire.

Le procédé de la salle S3 de SPIRAL 2, plus sélectif que celui mis en œuvre dans SPIRAL 1, permet quant à lui le transfert dans l'installation DESIR d'un seul radionucléide à la fois.

2. INVENTAIRES RADIOLOGIQUES

2.1. INVENTAIRES RETENUS DANS LE RAPPORT PRÉLIMINAIRE DE SÛRETÉ

Le GIE GANIL retient dans l'installation DESIR un inventaire radiologique principalement constitué des faisceaux d'ions radioactifs qui y circulent. Ces ions sont susceptibles de s'accumuler dans les zones de piégeage des dispositifs expérimentaux, dans les systèmes de réduction de l'intensité du faisceau et dans le système de purification lorsque celui-ci est utilisé.

Les inventaires radiologiques considérés dans le RPrS de l'installation DESIR se fondent sur ceux retenus pour le dimensionnement des installations existantes (*i.e.* SPIRAL 1 et cellule gazeuse de la salle S3 de SPIRAL 2), en tenant compte notamment, pour les faisceaux en provenance de SPIRAL 1, du rendement du procédé de

¹ Radionucléides de même masse.

² Nombre de particules par seconde.

sélection de l'isobare d'intérêt. Pour les faisceaux en provenance de la salle S3 de SPIRAL 2, le rendement du procédé mis en œuvre dans la cellule gazeuse n'est, de façon conservative, pas pris en compte. **Ces éléments n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

2.2. DOMAINE DE FONCTIONNEMENT AUTORISÉ

Le GIE GANIL n'a pas complètement défini à ce jour les programmes expérimentaux qui pourront être menés dans l'installation DESIR, notamment au regard de la diversité des radionucléides susceptibles d'être transférés dans cette installation. Dans ces conditions, afin de répondre aux exigences de radioprotection et de sûreté, l'approche retenue par le GIE GANIL pour l'installation DESIR est similaire à celle mise en œuvre pour la production des faisceaux radioactifs dans SPIRAL 1 et leur exploitation expérimentale. Cette approche est basée sur la réalisation d'une étude préalable à tout envoi d'un faisceau d'intérêt dans l'installation DESIR, déclinée en particulier selon un protocole, dit protocole « faisceau d'intérêt », qui doit être adapté aux spécificités de l'installation DESIR.

Dans ce cadre, pour un faisceau d'intérêt caractérisé par un type d'ions radioactifs et une intensité, le GIE GANIL prévoit notamment la vérification préalable du respect de critères relatifs à la contamination atmosphérique des locaux, au débit d'équivalent de dose (DeD) à l'endroit le plus irradiant dans le hall DESIR, aux conséquences radiologiques potentielles en cas d'incendie dans les salles 311 et 316 (situation enveloppe du RPrS) et à l'impact des rejets d'effluents radioactifs gazeux lors du fonctionnement normal. Ainsi, pour un faisceau d'intérêt choisi pour les besoins d'une expérience, l'intensité qui sera *in fine* autorisée dans l'installation DESIR sera celle définie à l'issue de l'application du protocole « faisceau d'intérêt », actuellement à l'état de projet pour l'installation DESIR. En tant que de besoin, le GIE GANIL mettra en place des dispositions particulières complémentaires, telle que la réduction de l'intensité des faisceaux ou la mise en place d'une barrière matérielle, pour prévenir un accès en zone lorsque le DeD est supérieur à 2 mSv/h dans le hall DESIR.

L'IRSN estime que les critères définis à ce stade par le GIE GANIL dans le projet de protocole « faisceau d'intérêt » de l'installation DESIR, transmis au cours de l'expertise, sont satisfaisants.

3. MAÎTRISE DES RISQUES DE DISSÉMINATION DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

Les dispositions prévues par le GIE GANIL dans l'installation DESIR reposent, d'une part sur le confinement statique assuré par les lignes de transport du faisceau et les équipements du procédé expérimental, associé au circuit de mise sous vide, d'autre part sur le confinement dynamique assuré par la ventilation des locaux abritant le procédé. **Ces principes de conception, similaires à ceux mis en œuvre dans les autres installations existantes du GANIL, n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

L'IRSN considère que la conception des enceintes, dans lesquelles circule le faisceau d'ions radioactifs, visant à atteindre un vide poussé, et la surveillance associée au maintien sous vide de ces enceintes, sont de nature à assurer la maîtrise, en fonctionnement normal, des risques de dissémination de substances radioactives dans les locaux. En cas de dégradation du vide, les portions de lignes concernées seraient automatiquement isolées. **Ceci n'appelle pas de remarque.**

Par ailleurs, les effluents gazeux collectés par le circuit de mise sous vide sont renvoyés dans les installations existantes de production du faisceau où ils sont traités grâce aux dispositions existantes en place dans ces installations. Concernant l'utilisation d'un dispositif particulier qui permet de déposer les ions du faisceau sur des bandes, en vue de leur caractérisation en dehors de l'enceinte sous vide, le GIE GANIL prévoit, pour reconstituer le confinement, la mise en place de vinyle et d'une hotte ventilée mobile raccordée à la ventilation du bâtiment au travers d'une filtration de très haute efficacité. **Les dispositions présentées à ce stade du projet par le GIE GANIL n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.** En tout état de cause, il appartiendra au GIE

GANIL de préciser les dispositions détaillées de conception et d'exploitation de la hotte ventilée, qui seront retenues au stade de la demande de mise en service de l'installation DESIR.

Enfin, pour la situation accidentelle de rupture franche d'une enceinte de confinement, le GIE GANIL estime que le niveau de contamination dans les locaux est compatible avec un classement de la ventilation des locaux en catégorie C1 selon la norme NF ISO 17873. **L'architecture et le classement de la ventilation retenus par le GIE GANIL n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN, au regard des expériences prévues pour la phase 1+ du projet SPIRAL 2.**

4. MAÎTRISE DES RISQUES D'EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS POUR LES TRAVAILLEURS

Concernant les risques d'exposition aux rayonnements ionisants, le GIE GANIL prévoit de mettre en place, dans l'installation DESIR, un système d'accès aux locaux, dit « de sûreté » en raison des différents éléments importants pour la protection qui le composent, visant notamment à rendre impossible l'accès aux canaux lorsqu'un faisceau d'ions radioactifs transite dans ces derniers. La conception de ce système est similaire à celle mise en œuvre dans les installations existantes, **ce qui n'appelle pas de remarque à ce stade du projet.**

Dans le hall DESIR, la présence de personnel est autorisée durant le fonctionnement des faisceaux. La principale source d'émission de rayonnements dans ce hall provient des dispositifs expérimentaux, constituant des points d'arrêt du faisceau, dans lesquels les radionucléides s'accumulent lors des expériences. Ces radionucléides sont émetteurs de rayonnements gammas ou de neutrons par décroissance radioactive. Du fait de la possibilité de coactivité dans le hall DESIR, les expérimentateurs travaillant sur un stand expérimental peuvent également être soumis aux rayonnements dus aux stands environnants. Au cours de l'expertise, le GIE GANIL a précisé que, le faisceau étant de très basse énergie, aucun neutron n'est émis en cas d'interaction avec un élément interceptif du faisceau. Par ailleurs, le risque d'exposition interne résulte de la présence de radionucléides sous forme de contamination labile et survient lors des opérations d'ouverture des lignes pour la maintenance essentiellement. **L'identification par le GIE GANIL des sources d'exposition aux rayonnements ionisants n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

L'autorisation d'une expérience dans l'installation DESIR repose sur la réalisation d'une analyse du risque radiologique pour les travailleurs conduite en deux temps. Une première étude des enjeux radiologiques induits par le faisceau d'intérêt est assujettie à l'application du protocole « faisceau d'intérêt » précité. La seconde étude de radioprotection au poste de travail tient compte de l'ambiance radiologique due aux stands adjacents et aux expériences antérieures conduites sur le stand étudié. **Cette démarche n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Le GIE GANIL a présenté, au cours de l'expertise, pour la première étude, la démarche envisagée pour le futur protocole DESIR, incluant en particulier une étape d'estimation de la dose induite par l'expérience (« prévisionnel de dose ») sans tenir compte de l'ambiance radiologique existante.

Les principes de la seconde étude, non présentée dans le RPrS, ont été explicités par le GIE GANIL au cours de l'expertise. Ces principes reposent sur les étapes suivantes :

- des mesures de l'ambiance radiologique autour du stand étudié ;
- une mise à jour du prévisionnel de dose en évaluant la dose due à l'ambiance radiologique durant toute l'expérience sur la base des résultats des mesures précitées, puis une vérification du respect des objectifs dosimétriques retenus dans la démonstration de sûreté ;
- si besoin, une mise à jour du zonage radiologique et des préconisations de dispositions de surveillance et de limitation des risques d'exposition établies dans le cadre de la première étude.

L'IRSN considère que les principes et les dispositions de sûreté présentés à ce stade par le GIE GANIL au titre de la maîtrise des risques d'exposition des travailleurs dans le hall DESIR sont satisfaisants.

Il appartiendra toutefois au GIE GANIL, dans le cadre de la future demande de mise en service de l'installation DESIR, d'une part de détailler chaque étape du protocole et de préciser les dispositions de surveillance et de limitation des risques prévues, d'autre part de mettre à jour l'analyse du risque radiologique pour les travailleurs en incluant la prise en compte de l'ambiance radiologique. En tout état de cause, l'IRSN estime que l'ensemble des dispositions de maîtrise du risque radiologique en vue de l'autorisation d'une nouvelle expérience devraient être formalisées, au stade de la demande de mise en service de l'installation DESIR, dans un document opérationnel déclinant ces dispositions. **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 1 en annexe au présent avis.**

5. PRINCIPES DE DIMENSIONNEMENT DU GÉNIE CIVIL AUX AGRESSIONS EXTERNES

Le GIE GANIL a présenté un prédimensionnement des structures de génie civil à l'explosion d'origine externe, aux conditions météorologiques extrêmes, à l'inondation d'origine externe et au séisme. Il n'a dans ce cadre pas retenu la chute d'aéronef comme cas de charge de dimensionnement. **L'IRSN considère que ceci est acceptable au vu des conséquences radiologiques qui résulteraient d'un incendie consécutif à la chute d'un aéronef ayant endommagé les bâtiments avec la mise en suspension de substances radioactives, la dose efficace à un an pour le public étant de l'ordre du μSv .**

Les exigences de comportement assignées aux ouvrages de génie civil de l'installation DESIR visent à assurer, d'une part la stabilité d'ensemble des bâtiments pour l'évacuation du personnel et la possibilité d'intervention des services de secours, d'autre part l'absence d'interaction avec les bâtiments des installations existantes en cas de séisme notamment. Le GIE GANIL ne retient pas d'exigence particulière de confinement à l'égard des substances radioactives. **Compte tenu notamment de l'inventaire radiologique mis en jeu dans l'installation DESIR au regard des expériences prévues pour la phase 1+ du projet SPIRAL 2, l'IRSN considère que les exigences de comportement et le référentiel de dimensionnement du génie civil retenus par le GIE GANIL sont acceptables.**

Les dispositions constructives retenues par le GIE GANIL à ce stade du projet, ainsi que les hypothèses considérées pour le dimensionnement des ouvrages, à l'égard des risques d'agressions externes, **n'appellent pas de remarque de la part de l'IRSN.**

Toutefois, s'agissant de la méthode de prédimensionnement, l'IRSN relève que la modélisation du hall DESIR, avec des liaisons rigides entre les voiles, ne prend pas correctement en compte, pour la situation de séisme, la souplesse du radier pour déterminer le comportement de l'ensemble de l'ouvrage. Si ceci est acceptable au stade d'un prédimensionnement, l'IRSN estime que le dimensionnement sismique du bâtiment DESIR devrait prendre en compte l'effet de la souplesse du radier pour déterminer les dispositions constructives à mettre en œuvre (ferraillage, qualité du béton, etc.). **Ceci conduit l'IRSN à formuler l'observation n° 2 en annexe au présent avis.**

6. ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES POUR LA POPULATION DANS LE CAS DU SCÉNARIO MAJORANT

Le GIE GANIL considère qu'un incendie dans les salles 311 et 316 constitue le scénario majorant en termes de rejets de substances radioactives, l'activité radiologique initiale mise en jeu dans ce scénario correspondant à celle des ions susceptibles de s'accumuler dans les différents dispositifs équipant les lignes de transport du faisceau, en particulier dans le dispositif HRS implanté dans le local 311. Pour ce scénario, le GIE GANIL postule une rupture de l'enceinte du faisceau entraînant le relâchement des substances radioactives dans l'atmosphère du local. Le GIE GANIL obtient *in fine* une dose maximale efficace à un an, pour le public, de l'ordre de $1 \mu\text{Sv}$.

L'IRSN considère que les éléments présentés par le GIE GANIL pour définir le terme source radiologique retenu pour le scénario d'incendie dans les locaux 311 et 316 sont satisfaisants.

La démarche d'évaluation des conséquences radiologiques pour la population, mise en œuvre par le GIE GANIL en tenant compte de ce terme source, est similaire à celle présentée dans le rapport de sûreté des installations existantes. **Elle n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN à ce stade du projet.**

7. CONCLUSION

Sur la base des documents examinés et en tenant compte des informations transmises par le GIE GANIL au cours de l'expertise, l'IRSN estime que les principes de dimensionnement et les dispositions prévues pour la construction de l'installation DESIR au sein de l'INB n° 113, ainsi que les dispositions retenues à l'égard de la maîtrise des risques liés aux futures expérimentations, sont satisfaisants.

Par ailleurs, l'IRSN estime que le GIE GANIL devrait tenir compte des observations formulées en annexe au présent avis, visant à améliorer la démonstration de sûreté.

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Eric LETANG

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

ANNEXE À L'AVIS IRSN N° 2022-00209 DU 9 NOVEMBRE 2022

Observations de l'IRSN

Observation n° 1

L'IRSN estime que, pour la mise en service de l'installation DESIR de l'INB n° 113, le GIE GANIL devrait élaborer un document opérationnel formalisant, en appui de la délivrance de l'autorisation de réalisation d'une expérience, les dispositions prises pour la protection des travailleurs à l'égard des risques radiologiques liés au faisceau et à l'ambiance radiologique.

Observation n° 2

L'IRSN estime que le GIE GANIL devrait tenir compte, dans le cadre du dimensionnement au séisme du génie civil du hall expérimental de l'installation DESIR de l'INB n° 113, de l'effet de la souplesse du radier à l'égard du comportement d'ensemble de l'ouvrage.