

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

La stratégie scientifique de l'IRSN

Pour faire progresser la sûreté nucléaire,
la sécurité nucléaire et la radioprotection



L'IRSN en bref

L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial, créé en 2001, dont les missions ont été portées au niveau législatif par la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Il est placé sous la tutelle conjointe des ministres chargés respectivement de l'Écologie, de la Recherche, de l'Industrie, de la Santé et du ministre de la Défense.

Expert public des risques nucléaires et radiologiques, l'Institut apporte, par ses missions de recherche, d'expertise et de surveillance, une évaluation scientifique et technique de ces risques. Ses activités s'étendent à de nombreux domaines tant en France qu'à l'international : sûreté des installations, des transports et des déchets nucléaires, surveillance de l'environnement, des travailleurs et patients, conseil et intervention en cas de risque radiologique, radioprotection de l'homme en situations normale et accidentelle. Ses compétences sont également mises en œuvre pour les activités analogues intéressant la défense.

L'IRSN concourt directement aux politiques publiques en matière de sûreté nucléaire, de protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants ainsi que de protection des matières nucléaires, installations et transports à l'égard du risque de malveillance. Il interagit dans ce cadre avec tous les acteurs concernés par ces risques : pouvoirs publics, et notamment les autorités de sûreté et de sécurité nucléaires, collectivités locales, entreprises, organismes de recherche, associations, parties prenantes et représentants de la société civile. L'Institut contribue à l'information du public en rendant accessibles les résultats de ses travaux. Par ses actions, il concourt également à d'autres politiques publiques majeures comme celle de la recherche et de l'innovation, de la santé au travail ou de la santé environnementale.

L'Institut compte environ 1700 collaborateurs parmi lesquels de nombreux ingénieurs, médecins, agronomes, vétérinaires, techniciens, experts et chercheurs. Pour mener à bien ses missions, l'IRSN dispose d'un budget d'environ 300 M€.

Sommaire

Appréhender avec justesse les éléments de contexte	6
Les facteurs de succès du déploiement des activités scientifiques de l'Institut	8
Les lignes de force déployées pour répondre aux questions scientifiques prioritaires	10
Les questions scientifiques prioritaires	16
Domaine de la radioprotection	17
Domaine de la sûreté-sécurité	21

La stratégie scientifique de l'IRSN a été approuvée par le conseil d'administration du 15 octobre 2015.

Pour plus d'information, les sigles présents dans le document sont explicités dans le glossaire sur le site Internet de l'Institut : www.irsn.fr

Préface

Les recherches menées ou initiées par l'IRSN, souvent dans le cadre de coopérations européennes ou internationales, sont l'une des clefs du progrès permanent de la sûreté nucléaire.

En consolidant les missions de l'IRSN grâce à la loi de transition énergétique, y compris dans le champ de la recherche, et en veillant à la stabilité des moyens et mécanismes de financement dont il est doté, le gouvernement réaffirme sa vision ambitieuse du dispositif de gestion des risques nucléaires et radiologiques. L'État a ainsi souhaité faire du champ de la recherche, avec celui de la transparence, une priorité majeure du contrat d'objectifs et de performance de l'Institut.

La publication de la nouvelle stratégie scientifique de l'IRSN, élaborée dans une logique de participation active des parties prenantes, traduit aujourd'hui cette vision et témoigne de la détermination de l'Institut à atteindre les objectifs qui lui sont assignés.

Gageons que la visibilité donnée par ce document aux enjeux scientifiques de la sûreté et la radioprotection mobilisera les chercheurs pour apporter les réponses aux attentes légitimes de nos concitoyens.

Je salue la qualité de ce travail collectif et formule le vœu que la mise en œuvre de cette stratégie permette à l'IRSN de conforter son expertise au meilleur niveau d'excellence, et plus généralement de faire avancer les connaissances scientifiques sur lesquelles repose la protection des Français et de leur environnement vis-à-vis des risques nucléaires et radiologiques.



Ségolène ROYAL

Ministre de l'Écologie, du Développement
durable et de l'Énergie

Périmètre :

Risques nucléaires
et radiologiques



**Stratégie
scientifique**



Vision/Objectif

Contexte :
R&D



**Acquisition
de connaissances
et maintien
de savoir-faire**

Maintien d'expertise

Le mot de la présidente et du directeur général

Le premier devoir de l'IRSN est d'asseoir en toutes circonstances ses expertises et ses interventions, y compris en situation de crise, sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles. Son ambition est par ailleurs de contribuer à faire avancer la sécurité nucléaire en faisant progresser ces connaissances, puis en les pratiquant et en les partageant avec tous ceux qui en ont besoin. L'Institut contribue alors à l'émergence de technologies ou savoir-faire plus pertinents vis-à-vis du risque nucléaire et radiologique, et de méthodes de contrôle plus efficaces. Ainsi recherche et expertise sont-elles intimement mêlées dans tout ce qu'entreprend l'Institut dans l'exercice de ses missions.

La stratégie retenue pour atteindre au mieux ces objectifs à la fois scientifiques et opérationnels représente donc un enjeu de premier plan, pour l'Institut lui-même et, au-delà, pour les politiques publiques de sécurité nucléaire. Pour autant, cette stratégie est restée jusqu'ici implicite, et perceptible seulement au travers des grandes décisions qui ponctuent le développement de l'Institut : contrats d'objectifs avec l'État, plans à moyen terme, programmation multidisciplinaire de la recherche et des études, politiques de partenariats, de ressources humaines et de management des connaissances.

Expliciter cette stratégie, c'est donc franchir une étape supplémentaire pour faciliter le dialogue avec l'ensemble des parties prenantes de l'Institut, au plus haut niveau d'agrégation des idées : dialogue autour de la vingtaine de grandes questions, à la fois scientifiques et sociétales, retenues comme prioritaires dans les prochaines années, et aussi autour des principales exigences essentielles, appelées « lignes de force » dans ce document, qui encadrent les démarches de recherche de l'IRSN au regard de la nature particulière de son mandat d'expert public national des risques nucléaires et radiologiques. Ainsi, dans le respect de l'indépendance de l'Institut, les complémentarités peuvent-elles également être encouragées avec les autres acteurs concernés, au bénéfice de la sécurité nucléaire.

Dans cet esprit, l'écriture de la stratégie scientifique de l'IRSN a fait l'objet de très nombreux échanges avant d'être stabilisée dans cette première version, rendue publique. Que tous ces contributeurs soient ici remerciés. Nous vous invitons maintenant à en prendre connaissance et, le cas échéant, à nous faire part de vos commentaires ou suggestions.



Dominique LE GULUDEC
Présidente du conseil d'administration



Jacques REPUSSARD
Directeur général



Appréhender avec justesse les éléments de contexte

Des missions au cœur d'un enjeu stratégique national

La stratégie de l'IRSN s'inscrit dans un corpus législatif et réglementaire qui définit ses domaines d'intervention en cohérence avec le contexte stratégique national. S'agissant de la protection radiologique, les termes généraux en sont précisés par la stratégie nationale de santé cadrée par la loi de santé publique présentée en 2015. Pour ce qui concerne la sûreté-sécurité nucléaire, le cadre général est fixé par la loi de transition énergétique pour la croissance verte promulguée en août 2015. Ce contexte est mis en cohérence avec deux références européennes majeures, la directive européenne concernant la sûreté nucléaire et la directive Euratom relative aux normes de base de radioprotection, qui seront traduites au niveau national.

En matière de recherche, la stratégie nationale découlant de la loi pour l'enseignement supérieur et la recherche de 2013 affiche des objectifs cohérents avec ceux exprimés au niveau européen et dans lesquels les enjeux de la maîtrise des risques et de l'innovation trouvent toute leur place.

Tous ces cadres fondamentaux prennent en compte plusieurs mutations en cours qui concernent la société civile française dont les acteurs sont impliqués pour mûrir un questionnement de plus en plus précis et pertinent et revendiquer une participation accrue aux processus de décision basée sur une transparence mature.

Dans cet environnement, outre un rôle porteur des éléments forts de doctrine, l'enjeu majeur pour l'IRSN consiste à mener son expertise technique des risques en matière de sûreté, de sécurité et de radioprotection dans des termes et des délais compatibles avec les besoins. Ceux-ci concernent les positionnements et évolutions du parc nucléaire français qui seront exprimés par les pou-

voirs publics et portés par les acteurs industriels (vieillessement, assainissement/démantèlement des installations existantes, gestion des déchets, choix technologiques pour les nouvelles installations...) mais aussi les évolutions rapides de pratiques émergentes ou de techniques utilisant des rayonnements ionisants dans le domaine médical (patients, professionnels de santé) ou industriel. De plus, la pertinence de l'action de l'Institut en cas de crise est au cœur de ses missions, notamment concernant les informations et analyses qu'il pourra mettre à disposition des acteurs de la gestion de crise et des populations.

Un contexte scientifique, technologique et économique international en pleine évolution

Le contexte scientifique, technologique et économique international dans lequel évoluera l'IRSN dans la décennie à venir repose sur des fondements pérennes. Ainsi, l'énergie nucléaire reste une composante majeure du mix énergétique français, qui vise par ailleurs à s'exporter à l'international dans toutes ses composantes. De même, l'utilisation des rayonnements ionisants à des fins thérapeutiques ou de diagnostic, à laquelle la population dans son ensemble est susceptible d'avoir recours, constitue une source de progrès médical dont il faut aussi maîtriser les effets adverses. En parallèle, malgré une concurrence accrue entre les fournisseurs, le fonctionnement de l'économie internationale dans le domaine nucléaire s'organise sur un mode de coopération plus ouverte et plus avancée sur le plan scientifique et technique comme en

matière de contrôle. Cet élément de contexte impose d'harmoniser davantage encore les référentiels de sûreté et de radioprotection au plan international.

Toutefois, l'éventualité d'un accident nucléaire majeur avec rejet radioactif dans l'environnement au cours de la décennie quelque part dans le monde, sans exclure la France, reste présente, ce qui nécessite de disposer d'outils techniques et méthodologiques pour accompagner des actions tant industrielles que réglementaires appropriées.

Ces fondements sont inscrits dans un environnement en pleine évolution qui se caractérise notamment par la poursuite de la montée en puissance des autorités compétentes. Leurs besoins en matière d'appui scientifique et technique s'inscrivent dans une logique de progrès continu en matière de sûreté et de radioprotection dans laquelle les efforts de R&D et d'innovation ont toute leur place. Ces besoins se concentrent de plus en plus sur des problématiques complexes dans le cadre de la gestion des risques multiples auxquels la société est confrontée. Sont à mettre en regard de ces besoins les opportunités et les risques dans l'évolution des ressources humaines de l'IRSN d'ici à dix ans qui se doit de préserver les savoirs du passé : en effet les « pionniers », socle des savoir-faire, sont en partance alors que les personnels recrutés depuis la création de l'Institut n'atteindront leur maturité scientifique et technique qu'à cette échéance.

Pour s'adapter à l'ensemble de ces évolutions, la stratégie scientifique de l'Institut doit tenir compte de l'intégration croissante de la recherche dans un cadre européen et international. Il se structure sous la double poussée de la contraction des moyens et des compétences et de la nécessité de développer, à dimension européenne, une structuration, des compétences et des stratégies face au développement des pays émergents.

Des défis scientifiques pour la prochaine décennie

Les défis scientifiques sont nombreux pour aboutir à une meilleure compréhension et une meilleure caractérisation des risques induits par l'exposition aux rayonnements ionisants de l'homme et de l'environnement. Ainsi, la compréhension de l'origine des effets secondaires des traitements médicaux comme la caractérisation des risques de développer des pathologies en cas d'exposition chronique à de faibles doses constituent par exemple des défis majeurs pour les dix ans à venir. Face au risque sanitaire ou environnemental ainsi caractérisé, qu'il soit d'origine naturelle, accidentelle, professionnelle ou qu'il résulte de pratiques médicales de plus en plus variées utilisant les rayonnements ionisants, un défi plus opéra-

tionnel consiste à fournir les éléments scientifiques pour une gestion optimisée de ce risque au quotidien comme en situation accidentelle.

Pour ce qui concerne les installations nucléaires françaises, dont le meilleur niveau de sûreté possible doit être garanti sur l'intégralité de leur durée de vie, les projets de l'industrie induisent la création de nouvelles installations (EPR de Flamanville, CIGÉO, ASTRID, RJH, ITER...) et la mise en œuvre de modifications notables sur des installations existantes, notamment celles de génération II, plus anciennes. En fin de vie, de grandes opérations de démantèlement et d'assainissement des sites génèrent de grandes quantités de déchets pour lesquelles se pose une large gamme de questions de filières, d'exutoires, de procédés à traiter sous l'angle de la sûreté et de la protection de l'environnement.

Dans les dix ans à venir, les améliorations de sûreté qui seront implémentées, sur la base du retour d'expérience et des nouvelles connaissances disponibles, constitueront une étape majeure pour les réacteurs de génération II dont le fonctionnement sera poursuivi et serviront de référence pour les concepts innovants. Parmi celles-ci, une meilleure évaluation de la vulnérabilité des installations et des transports au regard d'actes de malveillance ou la caractérisation scientifique, au niveau le plus élémentaire, de la maîtrise du vieillissement restent des défis majeurs, y compris pour l'économie du parc nucléaire français. Enfin, une connaissance scientifique approfondie des scénarios potentiels d'accident grave dans les réacteurs, et plus largement dans les installations du cycle du combustible, permettra de limiter le niveau d'incertitude avec lequel les dispositions seront mises en œuvre, aussi bien en exploitation qu'en gestion post-accidentelle, pour limiter le transfert de matières radioactives vers l'environnement.

Enfin, la communication, la formation et l'éducation sur le plan scientifique sont partie intégrante des défis à relever en interaction avec les acteurs sociaux.



Les facteurs de succès

du déploiement des activités scientifiques de l'Institut

Ce contexte requiert de la part de l'IRSN une préparation adéquate et une ligne stratégique claire pour apporter des éléments de réponse pertinents à un certain nombre de questions scientifiques prioritaires. Par ailleurs, hormis la question des ressources dont il dispose, la richesse et la qualité des travaux scientifiques de l'Institut dépendent, d'une part, de l'organisation qui est mise au service de la démarche scientifique intégrant l'apport des échanges au niveau international et, d'autre part, d'un socle d'exigences incontournables. Ainsi, les connaissances générées par l'Institut peuvent être mobilisées par son expertise et mises à la disposition de l'ensemble des parties prenantes.

Une organisation au service de la démarche scientifique

Face à ces défis scientifiques et techniques, l'IRSN a mis en place une organisation thématique en cohérence avec les grandes questions scientifiques auxquelles il travaille. Cette organisation, ainsi que le système de gouvernance de l'Institut en charge du secteur scientifique, constituent des composantes indispensables à la qualité scientifique des travaux et un accélérateur de leur pertinence.

C'est pourquoi, les décisions du conseil d'administration (CA) de l'Institut, notamment sur les programmes d'activité de l'établissement, sont éclairées par les avis du comité d'orientation de la recherche (COR), les avis du comité d'orientation auprès de la direction de l'expertise nucléaire de défense (CODEND) pour ce qui concerne les orientations du programme d'activité de la direction

de l'expertise nucléaire de défense et les avis du conseil scientifique (CS). Le COR est plus précisément chargé de conseiller le CA en matière d'objectifs et de priorités pour les recherches menées par l'Institut dans les champs de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, à l'exclusion des domaines relevant de la défense. Pour sa part, le CS examine les programmes d'activités de l'Institut et s'assure de la pertinence des démarches de recherche définies par l'établissement, notamment au regard de la stratégie scientifique, et de leur suivi. Il peut également formuler toute recommandation sur l'orientation des activités de l'établissement.

Par ailleurs, l'Institut est doté d'un comité de visite externe, placé auprès du directeur général, qui a pour mission de procéder à l'évaluation des résultats des activités à composantes scientifiques et techniques conduites par l'Institut, et donc à l'évaluation de ses démarches de recherche et d'expertise. L'ensemble de ces évaluations par les pairs des travaux menés et des équipes qui les conduisent est encadré par le directeur scientifique de l'IRSN.

La formalisation et l'évolution des démarches de recherche sont modelées par les équipes sous la responsabilité de directeurs thématiques. La direction de la stratégie, du développement et des partenariats est garante de la cohérence d'ensemble de ces diverses composantes de la stratégie scientifique, notamment pour préparer la validation faite annuellement par le CA du programme d'activité de l'Institut.

Enfin, la commission d'éthique et de déontologie de l'IRSN veille aux implications de cet ordre que peuvent soulever les travaux menés par l'Institut et en réfère au CA.

Des atouts à préserver et à fortifier dans le respect des singularités

Plus encore que la variété des thématiques traitées à l'IRSN, l'atout majeur de l'établissement réside dans sa capacité à adopter une approche systémique, donc pluridisciplinaire, pour organiser les travaux scientifiques en réponse à des besoins d'expertise transverses clairement explicités en interne. L'organisation mise en place cherche aussi à faciliter une réflexion interne collégiale autour de problématiques scientifiques transverses à l'Institut. Ces travaux s'appuient sur les données capitalisées à partir du retour d'expérience (suivi radiologique des travailleurs, des patients, des populations et de l'environnement, bilans de fonctionnement des installations, bilans des incidents), qui par nature peut aussi très directement générer des questionnements scientifiques. Pour ce qui concerne les actions de recherche, cette approche systémique fait appel à un certain nombre d'approches couplées entre observation, expérimentation, modélisation et simulation nécessaires pour développer des outils d'anticipation et d'aide à la décision.

Utiliser au mieux la richesse humaine et la valoriser

L'Institut s'attache à créer un espace de travail attractif pour les scientifiques, à les valoriser, notamment au travers de sa filière expert, et à mettre la gestion des ressources humaines au service de la qualité scientifique par la promotion de la créativité et de l'excellence. C'est un des moteurs de la démarche de gestion prévisionnelle des emplois et des compétences entamée depuis 2011. Des actions concrètes sont menées pour maintenir un haut niveau de compétences scientifiques pour tous les techniciens, ingénieurs et chercheurs. Une attention particulière est portée au déploiement de formations, de mobilités y compris externes nationales et internationales et plus largement de toute autre action d'ouverture aux réalités techniques, culturelles des industriels et des professionnels de santé français et étrangers. Au quotidien, l'organisation de la recherche favorise au mieux les interactions interpersonnelles directes enrichissantes, notamment avec l'extérieur, et les échanges de scientifiques avec les autres organismes.

Des exigences incontournables

Comme tout organisme scientifique et technique, outre l'exigence de performance pour réaliser ses travaux scientifiques dans le souci d'utiliser au mieux les ressources publiques, l'IRSN se fixe des exigences fortes en matière de capitalisation, de transmission et de valorisation des connaissances qui viennent compléter l'exigence première d'excellence scientifique.

L'IRSN développe un effort permanent pour assurer une veille scientifique et technique systématique et large via l'utilisation d'outils performants et s'organise pour capitaliser sur ce qui se fait à l'international (autres réacteurs, autres techniques...). En complément, il rassemble et synthétise ses connaissances dans des supports divers (livres, référentiels, doctrines, rapports, tutoriels, bases de données, logiciels de calcul). Il s'est fixé par ailleurs une priorité de premier plan pour préserver les compétences et savoir-faire et gérer les connaissances critiques afin d'anticiper au mieux le changement dans la nature de ses ressources humaines grâce notamment à son management des connaissances et à sa gestion prévisionnelle des compétences.

En matière de valorisation, diffusion et partage des connaissances, l'IRSN transmet et valorise ses savoir-faire en contribuant à la formation par la recherche sur ses thématiques scientifiques majeures, en participant activement aux enseignements sur ces sujets aussi bien en interne que vers ses partenaires principaux et plus largement en portant une attention particulière à la communication scientifique et technique adaptée à tous les publics. Il s'attache aussi à participer autant que nécessaire aux instances qui proposent les évolutions en matière de normes, de référentiels de gestion des risques pour y apporter ses éléments de connaissance. En parallèle, l'Institut œuvre pour identifier, et le cas échéant protéger, les résultats innovants issus de ses travaux.

Enfin, en matière d'évaluation de l'excellence scientifique et technique, l'IRSN s'organise, autour de son directeur scientifique, pour se confronter systématiquement à ses pairs scientifiques sur les thématiques dans lesquelles il est acteur, notamment par sa politique de publication vers des revues et congrès à comités de lecture.



Les lignes de force

déployées pour répondre aux questions scientifiques prioritaires

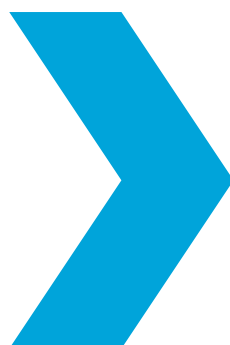
L'Institut oriente sa stratégie selon un ensemble de lignes de force afin de travailler aux questions scientifiques qu'il a identifiées comme prioritaires.

1 Justifier les fondements de ses orientations scientifiques et les moyens à y accorder

2 Associer les bénéficiaires finaux aux travaux de recherche

3 Prendre des initiatives pour consolider l'espace national, européen et international de la recherche dans le domaine des risques nucléaires et radiologiques

4 Développer des partenariats académiques et participer activement aux Alliances nationales de recherche



5 Développer autant que nécessaire la collaboration avec les industriels, les exploitants nucléaires et les acteurs du secteur médical

7 Garantir l'accès de l'Institut aux infrastructures de recherche et d'expérimentation et aux bases de données

6 Disposer des outils de simulation numérique et les maîtriser

8 Développer des méthodologies et des outils d'aide à la décision à caractère opérationnel

9 Pérenniser les connaissances et savoir-faire systématisés pour mieux renouveler l'évaluation des risques





Les lignes de force

déployées pour répondre aux questions scientifiques prioritaires

1 Justifier les fondements de ses orientations scientifiques et les moyens à y accorder

Les choix programmatiques de l'Institut seront essentiellement justifiés à la lumière de critères¹ explicites pour répondre aux enjeux et aux besoins de sûreté, de radioprotection ou de sécurité, eu égard notamment aux missions d'évaluation des risques et d'expertise qui lui sont confiées.

L'IRSN équilibre son portefeuille d'activités pour s'assurer que les domaines identifiés comme stratégiques obtiennent l'attention nécessaire.

Pour décliner sa stratégie, l'Institut justifie le processus et la logique d'élaboration des démarches de recherche associées à chaque question scientifique prioritaire. Il spécifie en particulier les domaines scientifiques dans lesquels il investit en propre une partie de la recherche et les domaines dans lesquels il s'associe à la recherche menée en externe.

1. Ces critères sont : intérêt du produit scientifique pour la maîtrise des risques, potentiel d'innovations, potentiel à générer des collaborations, potentiel à accroître le degré d'influence et l'image de l'Institut, potentiel à accroître l'indépendance de jugement de l'Institut, capital de compétences techniques internes et externes disponibles, risques techniques et financiers.



2 Associer les bénéficiaires finaux aux travaux de recherche

L'IRSN veille à interagir avec les pouvoirs publics, les autorités compétentes, les agences et la société civile de manière à permettre la meilleure adéquation possible entre ses travaux scientifiques et les attentes/besoins des acteurs de la société française. À cette fin, l'Institut veille en particulier à :

- susciter l'avis de ces acteurs dans l'identification des priorités de recherche,
- les associer au suivi dans la durée de ses travaux de recherche,
- accompagner la diffusion des résultats de ses travaux auprès de ces acteurs.

Ce souci permanent est en adéquation avec les dispositions de la loi de transition énergétique pour la croissance verte, qui confirme le développement continu de la transparence, la participation de la société civile aux sujets en lien avec la sûreté nucléaire et la radioprotection ainsi que le rôle que l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) peut tenir pour veiller à l'adaptation de la recherche publique aux besoins.



3 Prendre des initiatives pour consolider l'espace national, européen et international de la recherche dans le domaine des risques nucléaires et radiologiques

Une implication active et cohérente de l'Institut dans les évolutions scientifiques, élaborées au niveau national, notamment dans le cadre des Alliances nationales de recherche, comme au niveau international, sera promue pour initier des programmes scientifiques d'avant-garde au regard des enjeux à moyen et long termes. Les coopérations scientifiques initiées par l'Institut doivent lui permettre de tirer le meilleur parti des instruments nationaux, européens et multilatéraux, comme les plateformes technologiques européennes ou les accords internationaux de recherche tels que ceux gérés dans le cadre de l'OCDE/AEN, de la Commission européenne ou de l'AIEA.

Les domaines dans lesquels l'IRSN veut être un acteur reconnu doivent être créés en compétences scientifiques appropriées et ressources suffisantes. Être un acteur majeur signifie s'impliquer directement dans la réalisation, dans le cadre éventuel d'alliances, des programmes scientifiques d'ampleur (de recherche notamment).



4 Développer des partenariats académiques et participer activement aux Alliances nationales de recherche

Un élément clé de la stratégie scientifique d'un organisme d'appui technique et scientifique (TSO) opérateur de recherche réside dans la qualité de ses partenariats académiques nationaux ou internationaux. L'Institut entend poursuivre le développement largement engagé d'une véritable stratégie partenariale avec des équipes ciblées à forte valeur ajoutée sur des thématiques amont de ses problématiques d'intérêt, y compris dans le cadre d'unités de recherche communes lorsque ce cadre s'avère le plus adéquat pour développer, piloter et rendre visibles les travaux menés en commun. Il veille à sa présence active dans les Alliances nationales de recherche².

2. Il veille en priorité aux points suivants :

- la pertinence et performance/visibilité scientifique des équipes avec lesquelles il collabore en vue de mettre en place des consortiums,
- la mise en place d'accords-cadres autant que nécessaire à condition d'en garantir un suivi efficace (présence dans les instances de gouvernance) pour favoriser les échanges (sujets, personnes),
- une contribution à la définition de finalités de recherche pour guider des travaux académiques collaboratifs,
- favoriser, via ces collaborations, l'accès à des ressources externes (plateformes expérimentales, outils de calcul, données à caractère fondamental, compétences spécifiques) et l'ouverture de nos plateformes.

5 Développer autant que nécessaire la collaboration avec les industriels, les exploitants nucléaires et les acteurs du secteur médical

Hormis sur les questions dont il juge devoir se saisir en toute indépendance, l'Institut entretient des liens scientifiques forts avec les industriels, les exploitants nucléaires et le secteur médical en cohérence avec sa charte d'éthique et de déontologie. Dans sa démarche, l'Institut se donne les priorités suivantes :

- s'assurer une connaissance de terrain des problèmes de sûreté, sécurité et radioprotection rencontrés par les industriels et les exploitants et partager les enjeux majeurs des évolutions industrielles futures,
- s'efforcer d'obtenir les données indispensables à la validation des outils de calcul utilisés en contre-expertise,
- sensibiliser ces acteurs sur les questions à fort enjeu et les faire bénéficier de ses connaissances en la matière,
- entretenir un cadre collaboratif clairement défini et partagé pour mener des travaux scientifiques ciblés sur les questions de recherche d'intérêt commun,
- proposer aux acteurs économiques pertinents les résultats innovants issus de ces travaux.



6 Disposer des outils de simulation numérique et les maîtriser

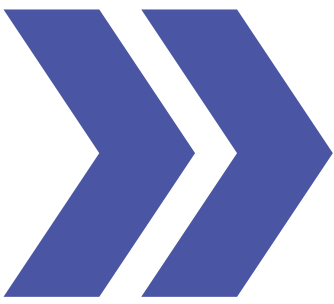
La stratégie de l'Institut en matière de calcul scientifique est déterminante pour la qualité de ses travaux d'expertise. Celui-ci veille ainsi en priorité aux points suivants :

- s'assurer de la disponibilité et de la maîtrise des outils de modélisation et de calcul présentant un caractère stratégique pour l'accomplissement de ses missions dans le domaine de la recherche et de l'expertise et en favoriser une utilisation raisonnée en interne,
- maîtriser au mieux les incertitudes et biais de modélisation des outils qu'il utilise ou développe,
- rationaliser les investissements en logiciels en justifiant ses choix entre développement, acquisition ou adaptation des logiciels tout en conservant la maîtrise et l'indépendance en ce qui concerne leur validation et les pratiques d'usage,
- faciliter et accélérer la diffusion des logiciels de l'Institut.



7 Garantir l'accès de l'Institut aux infrastructures de recherche et d'expérimentation et aux bases de données

La pertinence et l'indépendance de l'expertise de l'IRSN reposent sur sa capacité à consolider et à exploiter au mieux le patrimoine de connaissances existant en l'enrichissant de données nouvelles issues de l'expérimentation. Ces données expérimentales sont de différentes natures et nécessitent, pour les acquérir, d'utiliser des dispositifs expérimentaux à différentes échelles. La politique de l'Institut en matière d'équipements scientifiques permettant de les acquérir repose sur quatre exigences :

- disponibilité des « grands équipements d'expérimentation » et garantie de leur pérennité, sur le territoire national, en Europe et dans le monde,
 - maîtrise des caractéristiques techniques des « grands équipements d'expérimentation » et de leur évolution,
 - optimisation des ressources dédiées aux infrastructures et cohérence entre les coûts d'origines diverses (investissement, maintien en exploitation, dispositifs définis en fonction des exigences techniques explicitées par les expérimentateurs...) et leur usage envisagé à moyen et long termes,
 - stockage et protection rationnels des données pour cibler les données sensibles et/ou uniques présentant un intérêt scientifique majeur ; cette exigence est à mettre en regard de l'attention particulière qui est portée à la génération ou l'acquisition de nouvelles données jugées prioritaires, par exemple pour ce qui concerne les données nucléaires, afin d'éviter la production et le stockage de données redondantes et obsolètes.
- 


8 Développer des méthodologies et des outils d'aide à la décision à caractère opérationnel

L'Institut doit disposer d'un ensemble d'outils d'aide à la décision très opérationnels et de méthodes éprouvées pour apporter des réponses aux pouvoirs publics et/ou au public qui soient rapides, pertinentes et adaptables à différentes situations, par exemple lorsque la mise en œuvre d'outils de référence s'avère inadaptée aux délais demandés, ou encore pour étayer une information ou une prise de décision en situation de crise radiologique et/ou nucléaire. La diffusion de ces outils est un élément fort de la politique de l'Institut en la matière.

9 Pérenniser les connaissances et savoir-faire systématisés pour mieux renouveler l'évaluation des risques

Pour maintenir et enrichir la culture « *know-why, know-how* » qu'il a su développer sur des thématiques qu'il doit parfaitement maîtriser, l'Institut porte une attention particulière à l'enrichissement des pratiques explicites ou implicites mises en œuvre dans le développement d'une approche générique d'une question scientifique.

Les connaissances et les savoir-faire scientifiques et techniques acquis aussi bien en R&D qu'au travers des travaux d'expertise doivent être capitalisés, entretenus et enrichis pour être mobilisés et traiter des questions nouvelles qui ne manqueront pas de se poser avant le démarrage de nouvelles installations (EPR de Flamanville, CIGÉO, ASTRID, RJH, ITER...) et l'évaluation de la sûreté des cycles du combustible et des déchets associés ou encore de la radioprotection des patients et des professionnels de santé liée aux nouvelles technologies utilisées en radiodiagnostic ou en radiothérapie. Cette dimension est prise en compte dans le cadre du renouvellement des personnels.





Les questions scientifiques prioritaires

La stratégie scientifique de l'Institut s'articule autour d'un nombre limité de grandes questions scientifiques auxquelles il considère devoir travailler dans les dix années à venir en regard des deux enjeux prioritaires que sont, d'une part, éviter un accident majeur sur une installation nucléaire, tout particulièrement s'il implique un réacteur de puissance en Europe, et, d'autre part, mieux faire porter les efforts en matière de radioprotection et les coûts élevés associés là où il existe de réels enjeux. Ce dispositif de questionnement donne une perspective globale à des travaux pour partie déjà engagés tout en fournissant un cadre pour les actualiser. Il n'intègre pas de manière explicite et systématique les questionnements scientifiques nouveaux qui pourraient être générés par les interactions avec d'autres risques (chimiques, autres...) mais vise à les traiter autant que nécessaire. En complément, thématique par thématique, les démarches de recherche développées par les équipes de l'Institut sont décrites dans des documents spécifiques complémentaires.



Domaine de la radioprotection

La compréhension, l'évaluation et la maîtrise des risques nucléaires et radiologiques, pour l'homme et l'environnement, constituent un réel enjeu pour la bonne conduite des activités nucléaires. Soumises à une vigilance de la part de la société civile, les incertitudes qui demeurent dans les fondements scientifiques du système de radioprotection doivent être réduites afin d'adapter au mieux le système de gestion des risques radiologiques.

Un premier volet stratégique consiste à comprendre l'impact sur le vivant (homme, animaux, plantes et leurs écosystèmes) d'expositions chroniques à de faibles doses de rayonnement ionisant, typiquement sur les territoires contaminés. Il comprend deux objectifs scientifiques importants pendant la prochaine décennie.

- Le premier concerne la compréhension mécaniste des effets d'une exposition chronique à des faibles doses. Pour l'homme, il s'agit d'évaluer les effets sur la santé (risque de développer des pathologies cancéreuses ou non, effets sur la descendance, phénomènes adaptatifs), puis de comprendre les mécanismes mis en place aux différentes échelles biologiques et d'identifier ainsi les moyens de mieux prévenir les risques. L'ensemble permettra de vérifier si le paradigme mis en œuvre actuellement pour gérer la radioprotection, traduit par une réponse linéaire sans seuil entre les effets de type cancer et la dose délivrée, et établie à partir de l'observation des survivants des bombardements de Hiroshima et Nagasaki exposés à un pic de fortes doses externes, reste ou non valide dans le domaine des faibles doses chroniques. Pour les écosystèmes, il est nécessaire de mieux appréhender l'apparition possible d'effets écologiques à long terme afin de clarifier les modes et l'ampleur de perturbations d'un écosystème dans un environnement contaminé.
- Le second objectif vise à réduire les incertitudes dans la quantification des risques consécutifs aux expositions de l'homme et des écosystèmes aux rayonnements ionisants, afin d'optimiser leur gestion au quotidien comme en situation accidentelle. L'intégration du risque sanitaire (à l'homme) et du risque écologique (aux écosystèmes) dans une évaluation globale des effets constitue également un défi important.

Le second volet stratégique, construit en lien avec deux objectifs scientifiques, concerne les personnes potentiellement soumises à une exposition aiguë aux rayonnements ionisants.

- Un premier objectif, à l'attention des patients et des professionnels de santé, consiste à maîtriser et à optimiser l'usage de l'arsenal de nouvelles techniques utilisant les rayonnements ionisants à des fins diagnostiques ou thérapeutiques dans un souci de prévention des risques induits.
- Un second objectif, à l'attention des personnes exposées suite à un accident nucléaire ou radiologique ou à un acte de malveillance, consiste à améliorer leur prise en charge médicale, par une caractérisation appropriée du risque encouru *via* des indicateurs pertinents et une sélection des approches thérapeutiques adaptée.

Plus généralement, la maîtrise des risques nucléaires et radiologiques, particulièrement réactualisée par l'accident de Fukushima, nous renvoie à questionner la pertinence et l'efficacité de notre préparation à la gestion d'un accident et de ses conséquences, tant en phase de crise (s'agissant des décisions à prendre vis-à-vis des populations exposées) qu'à plus long terme (réhabilitation, reconquête des territoires, vie en milieu contaminé...).



Question 1

Quels sont les effets d'une exposition à de faibles doses ?

»» Existe-t-il des effets biologiques, écologiques et sanitaires (pathologies, diminution de qualité de vie) en situation d'exposition chronique à de faibles doses et quels en sont les mécanismes biologiques d'apparition ou d'adaptation ?

»» Existe-t-il, à l'instar de certains toxiques chimiques ou physiques, des seuils d'exposition aux rayonnements ionisants sans effets ?

»» Peut-on déterminer des signatures moléculaires des effets radio-induits ?

»» Les effets des expositions radiologiques sont-ils additifs entre eux ? Qu'en est-il de leur synergie/antagonisme avec d'autres facteurs de stress ?

»» Quels types de liens peut-on établir entre les effets moléculaires précoces radio-induits et les conséquences cellulaires et tissulaires tardives à l'origine des effets sur l'organisme ?

»» Quelles variabilités, à appréhender notamment par des méthodes statistiques, peuvent exister entre individus ou groupes d'individus depuis les mécanismes de réponse biologique jusqu'aux effets globaux traduisant une sensibilité spécifique ?

»» Certains effets moléculaires ou cellulaires peuvent-ils être transmis (et amplifiés) de génération en génération et induire des effets sanitaires ?



Question 2

Quelles améliorations des méthodes et outils proposer pour prédire de manière pertinente les transferts de radionucléides dans l'environnement en hiérarchisant les processus ?

»» Quelles sont les caractéristiques principales des mécanismes de transfert des radionucléides dans l'environnement qui contribuent de façon significative à l'exposition de l'homme et des écosystèmes ?

»» Quelles nouvelles données acquérir pour mieux paramétrer dans les modèles les processus clés qui gouvernent le transfert des radionucléides dans les différents compartiments de l'environnement ?

»» Par quels moyens améliorer les modèles de transfert et d'exposition pour qu'ils intègrent les interactions physiques, chimiques et biologiques ainsi que les variabilités spatiales et temporelles ?

»» A-t-on cerné tous les paramètres de transfert ayant un fort impact sur les estimations de dose à l'échelle régionale ou globale et comment réduire les incertitudes associées ?



Question 4

Comment associer les connaissances issues des différents champs thématiques de recherche ? Jusqu'à quel niveau d'intégration est-il possible de construire un système intégré de radioprotection ?

» A-t-on cerné les principales caractéristiques des mécanismes de la propagation des effets des radiations à travers l'échelle de complexité du vivant, du niveau des molécules jusqu'à celui des écosystèmes ?

» Quelles approches méthodologiques sont les plus appropriées pour associer les différentes approches épidémiologiques, toxicologiques et écotoxicologiques selon les questions étudiées ?

» Comment intégrer les dynamiques des populations, les interactions trophiques et les effets indirects ?

» Est-on capable de proposer une « approche écosystème » de la protection radiologique de l'environnement cohérente avec les conventions internationales mises en place dans les autres domaines environnementaux (biodiversité, RAMSAR, OSPAR, etc.) ?

» Quelles améliorations apporter aux outils d'aide à la décision pour qu'ils intègrent toutes les dimensions de la gestion d'une contamination accidentelle ?

» Jusqu'à quel niveau est-il possible d'intégrer l'exploitation de l'ensemble des données issues de la surveillance de routine de l'environnement ?



Question 3

Comment améliorer les concepts, méthodes et outils destinés à évaluer le risque consécutif aux expositions des travailleurs, de la population, des patients et des écosystèmes, tenant compte de questionnement d'ordre éthique ?

» Peut-on caractériser les limites de la dose de rayonnement en tant qu'indicateur du risque individuel ? Quelle est sa signification dans le cas d'irradiations très hétérogènes de l'homme ou des écosystèmes ? Ce concept est-il adapté aux situations de contaminations internes ?

» Comment améliorer la pertinence et la sensibilité des études épidémiologiques en comparant ces analyses avec d'autres modèles statistiques et en affinant les études utilisant l'épidémiologie moléculaire ?

» Est-il possible de développer d'autres outils de quantification du risque individuel (travailleurs, patients, publics), du risque aux populations (animaux et plantes) ? Ces outils pourraient-ils prendre en compte la sensibilité individuelle ou des espèces, la modélisation des transferts de radionucléides au sein des organismes vivants en cas d'exposition interne ainsi que les coexpositions à d'autres stressors non radiologiques ?



Question 5

Comment mieux identifier et prévenir les effets secondaires résultant de l'utilisation des rayonnements ionisants à des fins diagnostiques et thérapeutiques ?

»» Le lien causal entre les différents niveaux de phénomènes et d'échelles (dépôt d'énergie, effets moléculaires précoces radio-induits, conséquences cellulaires et tissulaires tardives) à l'origine des effets secondaires sur le tissu sain est-il suffisamment bien caractérisé ?

»» Peut-on déterminer une ou des signatures moléculaires de manière précoce pour identifier des patients à risques et prévenir ces risques ?



Question 6

Quelles approches thérapeutiques innovantes proposer en réponse aux différentes pathologies associées aux fortes doses de rayonnement pour en améliorer la prise en charge ?



Question 7

Comment répondre de façon plus appropriée et plus efficace aux besoins de réhabilitation des conditions de vie dans les zones contaminées après un accident selon sa nature et sa gravité ?

»» Quelles sont les techniques les plus viables et les plus efficaces de décontamination de l'eau, des sols, des surfaces urbaines ou des milieux contaminés qui pourraient être mises en œuvre pour réhabiliter ces zones en cas de contamination ? Quelles performances peut-on en attendre ?

»» Sait-on comment optimiser, au plan organisationnel et logistique, la production inévitable de déchets de faible activité générés par ces techniques de décontamination, leur gestion, leur devenir ?

»» Comment mieux prendre en compte la dimension humaine, sociétale et économique dans les mécanismes de gestion collective et individuelle de l'accident, de la crise et du post-accidentel ?

»» À partir de quel niveau de contamination et dans quelles conditions de suivi épidémiologique et dosimétrique des populations exposées ces territoires peuvent-ils être réinvestis ?



Domaine de la sûreté-sécurité

Les questions scientifiques prioritaires pour l'IRSN en matière de sûreté-sécurité sont justifiées par le besoin de limiter l'impact, sur les personnes et l'environnement, des quelque 180 installations nucléaires françaises, civiles ou de défense, les sources et les transports de matières radioactives. Les enjeux majeurs associés sont les suivants :

- la sûreté-sécurité de l'exploitation au quotidien des installations nucléaires, jusqu'à la fin de leur vie opérationnelle et tout au long de leur démantèlement, ainsi que la maîtrise de leur impact, en termes de radioprotection notamment,
- l'impératif collectif d'éviter un accident majeur et à tout le moins de limiter les conséquences qui pourraient en résulter, notamment en cas de survenue d'événements imprévus (et de ce fait non pris en compte dans leur ampleur ou dans leur principe lors de la conception),
- l'anticipation des problèmes de sûreté que pourrait poser le vieillissement de certains matériaux et structures,
- la bonne maîtrise des questions de sûreté posées par les innovations technologiques, y compris pour des technologies destinées à l'exportation.

Les questionnements scientifiques constituent en premier lieu un moteur de progrès pour la sûreté-sécurité des installations en exploitation. Ils doivent aussi intégrer des questions fondamentales très en amont pour consolider les orientations de sûreté des installations futures dès leur conception. Quant à la nature des questions scientifiques considérées comme prioritaires pour l'Institut, elle est de deux types : générique, comme les méthodologies d'évaluation de sûreté applicables à un grand nombre d'installations, ou spécifique, c'est-à-dire liée à une installation particulière ou à un nombre réduit d'installations. L'objectif cible visé dans les deux cas est de revisiter les référentiels de sûreté-sécurité et de conditionner leur évolution dans le temps sur une base scientifique robuste.



Question 1

Comment mieux caractériser le transfert de la contamination dans une installation et vers l'environnement ainsi que l'efficacité des dispositifs de filtration ou d'épuration dédiés à réduire les rejets en fonctionnement normal et accidentel ?

»»» Quelle fraction des contaminants radioactifs mobilisables est mise en suspension (par un incendie, une explosion, un accident de fusion de cœur, la rupture d'un équipement de confinement, etc.) ?

»»» Quel niveau de précision dans la modélisation (aérodynamique, turbulence, physique des aérosols) est nécessaire pour quantifier le transfert des polluants dans l'installation, *via* les réseaux de ventilation et les chemins de fuite, pour mieux évaluer la représentativité de la surveillance des ambiances de travail, pour détecter et quantifier le plus rapidement possible une fuite potentielle et pour estimer les rejets éventuels dans l'environnement ?

»»» Les nanoparticules présentent-elles des spécificités, par exemple en termes de surface réactive plutôt que de masse, qu'il conviendrait de prendre en compte lors de leur transfert et pour assurer leur confinement ?

»»» Les nouveaux filtres, matériaux adsorbants et procédés de confinement dynamique offrent-ils des perspectives d'amélioration significatives de l'efficacité de l'épuration des effluents radioactifs gazeux, et en particulier de réduction du terme source des rejets par les dispositifs d'éventage-filtration en cas d'accident grave ?



Question 2

Comment mieux caractériser et modéliser les contraintes générées sur l'installation par des sollicitations ou agressions internes et externes (y compris naturelles) et qui pourraient impacter la sûreté ?

»» Comment s'assurer du maintien de la sûreté-sécurité des installations nucléaires compte tenu des évolutions envisageables de leur domaine et mode de fonctionnement ?

»» Quels aléas nouveaux d'origine naturelle ou humaine pourraient générer des scénarios à prendre en compte au titre de la sûreté-sécurité ?

»» Sait-on caractériser avec la précision requise toutes les sollicitations thermiques et chimiques générées par l'incendie de foyers très variés et complexes qui peuvent endommager les structures et équipements de l'installation importants pour la sûreté ?

»» Comment améliorer la prédiction de l'intensité des sollicitations mécaniques générées par une explosion (de gaz et/ou de poussières) sur les barrières de confinement pouvant induire leur dégradation ?

»» Quelles sont les conditions accidentelles dans le cycle du combustible qui peuvent entraîner des dysfonctionnements des procédés induisant potentiellement des conséquences inacceptables¹ ?

»» Comment améliorer la prédiction des sollicitations induites par les aléas (tout particulièrement l'aléa sismique) et en déduire les chargements à appliquer aux structures de génie civil et aux équipements des installations ?



Question 3

Comment évaluer la fiabilité des systèmes et/ou matériels importants pour la protection des installations nucléaires ?

»» Les divers systèmes passifs² qui sont ou pourraient être proposés par les exploitants pour limiter les conséquences d'accidents sont-ils efficaces et fiables dans des conditions accidentelles représentatives ?

»» Dispose-t-on de données fiables et exploitables (et si oui, comment) concernant les processus de fabrication, l'inspection, la maintenance et le remplacement de certains de ces dispositifs ?

»» Comment caractériser la dégradation des fonctionnalités des EIP³ en situation accidentelle, voire au-delà des situations prises en compte à la conception ?

»» Les risques induits par l'évolution du contrôle-commande et, de manière générale, par l'informatisation du contrôle et du pilotage des réacteurs sont-ils correctement évalués, en tenant compte de leur dépendance aux dysfonctionnements extérieurs divers et de l'évolution de la menace (cyberattaque) ?

»» Quel est le rôle de la recherche prénormative pour améliorer la robustesse des systèmes et des composants du confinement ?

1. Emballlements chimiques dont les conséquences sont thermiques et potentiellement mécaniques (dégagement massif voire explosion de gaz).

2. Recombineurs d'hydrogène, récupérateurs de corium, systèmes thermohydrauliques passifs de refroidissement des cœurs et de l'enceinte de confinement, etc.

3. Éléments importants pour la protection, par exemple : composants électroniques exposés aux fumées d'incendie, dégradation des filtres à très haute efficacité (THE) et des portes et clapets coupe-feu, colmatage des filtres des puisards, vieillissement des câbles électriques, dégradation des joints TAM en situation de LOCA, fissuration des barrières de confinement en béton, endommagement des internes de cuve, etc.



Question 5

Dispose-t-on de toutes les connaissances nécessaires pour évaluer les risques d'endommagement de la gaine du combustible (première barrière) en situations normales et accidentelles, compte tenu de l'évolution des conditions d'exploitation du combustible en réacteur et dans le cycle aval⁴ ?

»» Comment mieux caractériser et modéliser les phénomènes qui génèrent des contraintes thermomécaniques et chimiques sur la première barrière ou font évoluer ses modes de dégradation ou de ruine ?

»» Est-ce que le respect des critères de sûreté permet bien de se prémunir des phénomènes redoutés ?

»» Comment juger de la pertinence des marges quantifiées par les exploitants par rapport aux critères de sûreté pour les nouveaux modes de gestion du combustible actuel et des éventuels combustibles innovants à venir⁵ ?

»» Sans remettre en cause l'intérêt d'essais globaux représentatifs, comment optimiser le recours à l'expérimentation en réacteur sur du combustible irradié, opération qui s'avère complexe et coûteuse à mettre en œuvre, en s'appuyant notamment sur de la simulation et/ou de l'expérimentation mettant en jeu des matériaux simulant les matériaux irradiés réels ?

»» Les risques de refroidissement insuffisant voire de rupture du gainage du combustible des réacteurs à eau sous pression en configuration (accidentelle) de recirculation d'eau par les puisards sont-ils correctement caractérisés ?

4. On constate une diversification de l'approvisionnement en combustible des exploitants (qui impose des démonstrations de sûreté pour des cœurs mixtes de plus en plus hétérogènes), une évolution des produits, une exploitation de plus en plus contraignante (suivi de réseau, par exemple).

5. Pour répondre à la suffisance de la démonstration de sûreté pour les accidents de dimensionnement (par exemple : perte d'eau de refroidissement primaire, accidents de réactivité, dénoyage dans les piscines d'entreposage).



Question 4

Comment évaluer de manière réaliste l'impact sur la sûreté des évolutions des caractéristiques des installations sur toute leur durée de vie ?

»» Dispose-t-on de données suffisantes pour analyser les modes de dégradation dus au vieillissement (et selon quels processus physico-chimiques et mécaniques) susceptibles de limiter la durée de vie des composants (EIP) non remplaçables des REP notamment par la modification de leur structure et composition ?

»» Les méthodes qui permettent de prévoir le comportement à long terme (et sur différentes échelles de temps) des composants des REP vieillissent compte tenu de la potentielle dégradation de leurs propriétés sont-elles suffisamment adaptées à la cinétique des différents mécanismes de dégradation (cinétique évolutive au cours du vieillissement) ?

»» Dispose-t-on de moyens de contrôle non destructif adaptés aux dommages que l'on cherche à détecter compte tenu de la connaissance des différents mécanismes de dégradation au cours du temps ?



Question 6

Comment mieux caractériser et modéliser les modes de dégradation du confinement des matières radioactives, en particulier la deuxième et la troisième barrière, en cas d'agressions internes et externes ?

»» Comment les sollicitations thermiques, chimiques et/ou mécaniques générées par les agressions dégradent-elles les barrières de confinement⁶ ?

»» Avec quel niveau de précision les caractéristiques des fuites de l'enceinte de confinement en cas d'endommagement de celle-ci sont-elles connues ?

»» Quelle est l'efficacité de l'apport d'eau dans la cuve pour refroidir le cœur dégradé, fondu et/ou fragmenté en débris ?

»» Sait-on définir avec précision les conditions dans lesquelles la présence d'eau dans le puits de cuve d'un réacteur de génération II peut pratiquement stopper la percée de la troisième barrière en refroidissant le corium en interaction avec le béton ?

»» Comment mieux modéliser l'impact, sur l'endommagement du confinement, des sollicitations mécaniques induites par les séismes ?

»» Est-il correctement tenu compte de la vulnérabilité des dispositifs d'événage-filtration aux agressions internes (colmatage, explosion d'hydrogène) et externes (séismes, etc.) ?

6. Dispositifs de sectorisation et parois des installations, cuve du réacteur avec et sans refroidissement externe, enceinte de confinement du réacteur lors d'un accident grave.



Question 7

Quelles évolutions apporter aux méthodologies d'évaluation de sûreté et aux outils associés à leur mise en œuvre pour accroître la pertinence de l'expertise de sûreté et ne pas omettre de risque significatif ?

»» Quelles méthodes d'évaluation permettent de faire progresser l'allocation des efforts des industriels pour la maîtrise des risques de leurs installations et en particulier pour de nouveaux concepts ?

»» Quelles évolutions apporter aux méthodes d'évaluations probabilistes, et notamment par la prise en compte de la connaissance imparfaite et des incertitudes associées à la modélisation des phénomènes complexes, en vue d'assurer une meilleure complémentarité de la démarche déterministe ?

»» L'évaluation de certaines conditions de fonctionnement accidentelles nécessite d'acquiescer et/ou de développer les logiciels de simulation avancés à insérer dans un outil de calcul couplant les phénomènes de thermohydraulique dans le réacteur, la neutronique du cœur et la thermomécanique du combustible. Comment mieux valider la méthodologie de calcul et d'expertise utilisateur mettant en jeu ces outils de simulation ?

»» Les évolutions envisagées à moyen et long termes des emballages de transport ou des usines du cycle du combustible doivent garantir des marges suffisantes en regard du risque de criticité. Les outils et méthodes de calcul sont-ils suffisamment fiables pour vérifier que ces marges sont intégrées dans le dimensionnement de ces évolutions ?

»» Quels éléments qualitatifs et quantitatifs permettent de peser et prendre en compte dans l'évaluation de sûreté-sécurité les écarts entre les hypothèses de démonstration et la réalité des installations ?



Question 8

Quelles sont les connaissances mobilisables à l'IRSN et, le cas échéant, les nouvelles connaissances à acquérir pour évaluer, dans le calendrier retenu pour son développement, la sûreté du réacteur à fusion ITER ?

»» Quel déficit de connaissances fondamentales et pratiques dans le domaine du vide (plus généralement des basses pressions) et de la poussière⁷ ferait éventuellement obstacle à l'expertise de sûreté exhaustive des réacteurs à fusion ?

»» Les scénarios accidentels retenus par les concepteurs et l'exploitant du réacteur ITER sont-ils exhaustifs, et leurs probabilités pertinentes, compte tenu du saut quantitatif d'échelle entre ce réacteur et les installations existantes ?

»» En termes de sûreté et de radioprotection, quels sont les défis présentés par le cycle du combustible tritium – production, transport et gestion dans le « bâtiment tritium » (y compris, dans un avenir plus lointain, sa production *in situ*) – et par les déchets radioactifs, produits de l'activation des composants du réacteur ?

»» Quelles sont les méthodes les mieux adaptées pour évaluer les probabilités et les conséquences potentielles d'un accident de perte de vide ou de réfrigérant : explosion de poussières ou d'hydrogène, dont il faudra caractériser les termes sources, la dispersion dans l'installation puis dans l'environnement, en tritium (risque radioactif) ou en béryllium (risque chimique) ?

7. L'expertise de l'IRSN sur la sûreté des REP découle d'une connaissance approfondie des équipements sous pression, qui n'est pas directement transposable aux équipements sous vide. De plus, les grands équipements sous vide (accélérateurs de particules, par exemple) associent le plus souvent le vide à l'ultra-propreté.



Question 9

Quels sont les phénomènes importants qui conditionnent la sûreté à long terme du stockage en couches géologiques des déchets de faible, moyenne, haute activité et à vie longue ? Comment les modéliser ?

»» Au-delà de la connaissance des mécanismes fondamentaux et de la capacité à les modéliser, les difficultés techniques de réalisation de diverses barrières (colis, barrières ouvragées) sont-elles bien cernées, ainsi que les phénomènes susceptibles de les dégrader et qui pourraient impacter l'efficacité de ces barrières ?

»» Quels seront les moyens de surveillance et de mesure des paramètres clés de l'évolution du stockage (phase d'exploitation et de réversibilité) ?

»» Des procédés de traitement nouveaux sont-ils nécessaires afin de réduire significativement les risques dans les différentes installations de stockage ?



Question 10

Quelles sont les connaissances mobilisables pour évaluer la sûreté des opérations d'assainissement et de démantèlement d'installations nucléaires ?

» Les connaissances et les méthodes disponibles sont-elles suffisantes pour caractériser les risques (inventaires radiologiques, dispersion de particules...) lors des opérations d'assainissement et de démantèlement des réacteurs, en fonction du type considéré, et aussi des laboratoires et des usines du cycle du combustible ?

» Compte tenu de la très grande variété des installations concernées, la métrologie mobilisable est-elle totalement adaptée à la gestion des risques lors des opérations de démantèlement ?



Une dernière question prioritaire transverse entre les domaines de la sûreté-sécurité et de la radioprotection sur laquelle l'Institut développe une activité scientifique peut être exprimée de la manière suivante.



Question transverse

Comment mieux évaluer l'impact en matière de sûreté-sécurité des activités humaines liées à l'exploitation des installations nucléaires ou des dispositifs utilisant les rayonnements ionisants et à la gouvernance des risques ?

» Les dispositions techniques et organisationnelles favorisant la maîtrise des risques liés au recours à la sous-traitance et à l'utilisation des nouvelles technologies sont-elles clairement identifiées ?

» Quelles sont les dynamiques d'action individuelle et collective en situation de crise, et quels facteurs organisationnels et humains contribuent à leur performance ?

» Quels sont les effets, sur les activités d'expertise, des modalités de gouvernance des risques et des outils associés ?

» Quelles dispositions techniques et organisationnelles favorisent l'implication des parties prenantes dans les processus d'expertise et de gouvernance des risques ?

Une systématique – recentrer les thématiques, renouveler les pratiques

Ce document cadre les choix à faire sur les questions prioritaires vues d'aujourd'hui en fonction des moyens disponibles et compte tenu de l'état de progrès des connaissances dans chaque domaine. En parallèle, les démarches de recherche et d'expertise développées par l'Institut sont décrites dans des documents spécifiques complémentaires qui explicitent les leviers à actionner, internes ou externes, pour apporter des éléments de réponse aux questionnements scientifiques et sociétaux recensés. De plus, ils précisent clairement, d'une part, les acquis et, d'autre part, les travaux à mener. La description de ces travaux est matérialisée dans le plan à moyen terme des activités de l'Institut. Tous ces documents ont donc un caractère intrinsèquement évolutif pour garantir à l'IRSN sa capacité à recentrer ses thématiques prioritaires et à renouveler ses pratiques et ses partenariats scientifiques.



IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Siège social
31, avenue de la Division-Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre B 440 546 018

Téléphone
+33 (0)1 58 35 88 88

Courrier
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

Site Internet
www.irsn.fr