

Synthèse du rapport de l'IRSN sur le deuxième réexamen de sûreté des réacteurs de recherche EOLE et MINERVE

Le 28 septembre 2011, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) a présenté au Groupe Permanent d'Experts pour les Réacteurs (GPR) les conclusions de son évaluation du deuxième réexamen de sûreté des réacteurs de recherche EOLE et MINERVE exploités par le CEA (voir présentation en annexe). Le dossier de réexamen, transmis en 2010 par le CEA à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN), avait été adapté compte tenu de l'arrêt définitif des installations d'ici 2019.

Comportement sismique de l'installation

L'exploitant a réalisé, dans le cadre de la préparation du réexamen, un diagnostic initial du comportement du bâtiment abritant les réacteurs à un séisme de niveau SMS¹. Cependant, à la suite de la décision du CEA de procéder à l'arrêt définitif de l'installation dans les dix ans à venir, le diagnostic au SMS a été complété, lorsque des renforcements importants apparaissaient nécessaires, par un diagnostic au Séismes Maximaux Historiquement Vraisemblables (SMHV). Les équipements concernés par ce diagnostic complémentaire sont les ponts roulants, le génie civil et la charpente métallique du bâtiment abritant les réacteurs, les structures des réacteurs EOLE et MINERVE, la passerelle et l'oscillateur² MINERVE qui surplombent le cœur MINERVE. Les résultats du diagnostic ont été transmis à la fin du mois de juin 2011, les études de renforcement étant en cours et disponibles en début d'année 2012. L'exploitant proposera à cette occasion un calendrier de réalisation des travaux.

En complément, l'IRSN a demandé à l'exploitant d'évaluer l'impact radiologique d'un séisme supérieur au SMHV sur les populations environnantes en tenant compte de l'ensemble des installations du CEA/Cadarache potentiellement dégradées dans ces conditions.

1 Le « Séisme Majoré de Sécurité (SMS) » est déduit du ou des « Séismes Maximaux Historiquement Vraisemblables (SMHV) » survenus sur le site considéré, par la relation suivante (exprimée en unité d'intensité MSK, utilisée pour mesurer l'intensité d'un tremblement de terre) : Intensité SMS = Intensité SMHV + 1. Le SMHV est défini de manière déterministe, en supposant que des séismes analogues aux séismes historiquement connus sont susceptibles de se produire dans l'avenir avec une position d'épicentre qui soit la plus pénalisante quant à ses effets en termes d'intensité sur le site, sous réserve que cette position reste compatible avec les données géologiques et sismiques (arrêté du 10 mai 1993 relatif aux règles parasismiques). La méthode de détermination des mouvements sismiques, qui doivent être pris en compte pour la conception d'une installation à l'égard du risque sismique, est présentée dans la « Règle fondamentale de sûreté n°2001-01 » proposée par l'ASN.

2 La passerelle permet aux expérimentateurs d'accéder au réacteur MINERVE. L'oscillateur est un appareil qui permet de faire osciller un échantillon (irradié ou non) au centre du cœur expérimental (voir présentation en annexe). Les variations de réactivité produites dans le cœur par le déplacement de l'échantillon sont enregistrées et étudiées.

Par ailleurs, dans le cadre de la définition de la stratégie de renforcement de l'installation, l'IRSN considère que le risque de criticité³ devrait également être étudié en cas de séisme supérieur au SMHV.

Autres agressions externes

L'IRSN souligne que l'évaluation probabiliste du risque aérien, réalisée en application des règles en vigueur, conduit à considérer qu'il n'est pas nécessaire de prévoir des dispositions de protection particulières. Il en est de même pour les risques liés à l'environnement industriel.

L'IRSN estime que l'évaluation des risques liés aux remontées de nappe phréatique et aux effets indirects de la foudre devrait être complétée.

Par ailleurs, l'exploitant s'est engagé à revoir les actions de sécurité destinées à mettre en arrêt sûr les réacteurs en périodes de forte chaleur ou de grand froid.

Enfin, l'IRSN estime que l'exploitant devra vérifier que le dimensionnement du bâtiment est suffisant à l'égard des effets du vent et de la neige tels que définis dans les règles actuelles (Eurocode).

Processus organisationnels

L'IRSN considère que les dispositions organisationnelles mises en place pour exploiter les deux réacteurs, qui tiennent compte en particulier de la taille réduite des effectifs et de la charge de travail des différents acteurs, sont globalement satisfaisantes.

Radioprotection

Il ressort de l'évaluation réalisée par l'IRSN que les dispositions mises en œuvre pour limiter l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants (ex : protection physique en plomb) lors des opérations les plus dosantes (ex : manipulation de combustibles après irradiation en réacteur) sont globalement satisfaisantes.

Cependant, l'IRSN estime que l'exploitant devrait évaluer le « *gain dosimétrique* » (réduction de l'exposition des opérateurs) que procurerait l'évacuation du plutonium non utilisé présent dans les locaux d'entreposage des combustibles.

³ Un accident de criticité est une réaction en chaîne incontrôlée de fission nucléaire. Cet accident peut entraîner des irradiations importantes d'opérateurs situés à proximité de matières fissiles (ex : combustible nucléaire) et, dans certains cas, des rejets radioactifs dans l'environnement. Ce risque peut exister lorsqu'une quantité de matière fissile se rapproche d'une autre (ex : amas de combustibles nucléaires issus de désordres dans les locaux d'entreposage après un séisme) ou se rapproche d'une matière modératrice qui favorise une réaction nucléaire (comme l'eau ou le béton, issus par exemple de ruptures de canalisations ou d'effondrements de plafonds consécutifs à un séisme). Il peut également exister lorsque les conditions d'entreposage définies pour certains combustibles (ex : géométrie spécifique des armoires d'entreposages) ne sont plus respectées (ex : déformation des armoires suite à la chute d'une charge lourde).

Par ailleurs, l'exploitant s'est engagé à évaluer l'impact d'un fonctionnement du réacteur EOLE à 1 kW sur le zonage radiologique⁴ de la « *salle de comptage* »⁵ de l'installation ; les combustibles irradiés en réacteur à cette puissance pouvant générer plus de rayonnements ionisants et donc augmenter l'exposition des travailleurs lors de leurs manipulations.

Sûreté de fonctionnement des réacteurs

Le fonctionnement des réacteurs EOLE et MINERVE ne nécessite pas de système de refroidissement. Seule doit être maîtrisée la réactivité des cœurs.

Une « *analyse par conditions de fonctionnement* », utilisée afin d'identifier et caractériser des scénarios d'insertion de réactivité, a ainsi été réalisée par l'exploitant. Néanmoins, l'application de cette démarche aux réacteurs EOLE et MINERVE nécessiterait d'être améliorée dans le cadre de la prochaine mise à jour du rapport de sûreté.

Il ressort de l'évaluation qu'aucun des scénarios d'insertion de réactivité ne conduit à des conséquences sur les réacteurs, y compris en cas de défaillance de l'arrêt d'urgence. Néanmoins, pour conforter ces résultats, l'exploitant s'est engagé à justifier les valeurs de contre-réactions neutroniques (effets permettant un retour à une réaction en chaîne maîtrisée) retenues pour l'analyse des scénarios avec défaillance de l'arrêt d'urgence.

Par ailleurs, l'IRSN estime que l'exploitant devrait démontrer qu'un défaut au niveau d'une alimentation électrique commune des deux voies redondantes du système de protection des réacteurs ne conduit pas à sa perte totale.

Sûreté des manutentions

Il ressort de l'évaluation réalisée par l'IRSN que la démonstration de la fiabilité des ponts roulants « 2 tonnes » et « 20 tonnes » utilisés pour la manutention de combustible nucléaire doit être complétée. A cet égard, l'exploitant s'est engagé à remplacer la ligne de levage⁶ du pont « 20 tonnes » et à réaliser des contrôles spécifiques des pièces jugées « *critiques* »⁷ sur le pont « 2 tonnes ». L'IRSN considère que la nouvelle ligne de levage du pont « 20 tonnes » doit faire l'objet d'une étude de fiabilité et que les contrôles des pièces critiques du pont « 2 tonnes » doivent être réalisés dans les meilleurs délais.

4 Le zonage radiologique permet d'identifier les locaux, où peuvent intervenir des travailleurs, à faible ou fort risque d'exposition externe (rayonnements ionisants). Un classement réglementé de ces locaux (zone surveillée ou zone contrôlée) en fonction des débits d'équivalent de dose (ou impact sur les tissus biologiques) liés à cette exposition, est ainsi réalisé.

5 Les combustibles étudiés en réacteurs peuvent être transférés en « *salle de comptage* » pour faire l'objet de mesure de spectrométrie destinées à identifier les éléments radioactifs les composants. Ces mesures permettent d'estimer les énergies des rayonnements émis par le combustible qui sont caractéristiques de ces éléments radioactifs.

6 Ensemble des pièces permettant la manutention d'une charge au pont (câbles, moteur, frein...).

7 Une pièce est jugée « *critique* » lorsque sa défaillance peut entraîner la chute de la charge manutentionnée au pont.

L'IRSN souligne que l'exploitant s'est également engagé à traiter les non-conformités mises en évidence en 2009 sur les deux ponts lors des contrôles réalisés dans le cadre du réexamen et à définir un programme de suivi en service tenant compte des non-conformités observées.

Par ailleurs, l'IRSN considère que l'exploitant doit étudier le risque de criticité pour le scénario de chute d'un bouchon d'un puits d'entreposage du réacteur MINERVE (charge lourde) sur l'entreposage de combustibles en piscine de ce réacteur.

Sûreté des entreposages

L'évaluation menée par l'IRSN a conduit l'exploitant à revoir de manière notable l'analyse de sûreté-criticité des entreposages. En particulier l'exploitant a proposé une nouvelle « *Consigne générale de criticité* » visant non seulement à définir les dispositions pratiques de gestion du risque sur l'installation mais également à répondre aux différents constats faits par l'Autorité de Sûreté Nucléaire lors d'une inspection récente. En outre, l'exploitant a complété son analyse de sûreté-criticité afin de prendre en compte les risques de chute lors des manutentions de matières. Enfin, une attention particulière a été portée sur la gestion et le contrôle de la criticité lors des réceptions et des expéditions d'emballages de transport de matière fissile dans l'installation. L'ensemble de ces points a conduit l'exploitant à proposer des modifications importantes du référentiel de sûreté, notamment des Règles Générales d'Exploitation.

Agressions internes

Il ressort de l'évaluation réalisée que les dispositions générales de protection contre l'incendie sont satisfaisantes. A cet égard, l'exploitant s'est engagé à renforcer la protection thermique des parois de l'« *enceinte alpha* »⁸ et de la salle de comptage où des manipulations de combustibles sont réalisées, ce qui est satisfaisant.

L'IRSN souligne par ailleurs que l'interdiction actuelle d'utiliser de l'eau comme moyen d'extinction en cas d'incendie dans le sous-sol de l'installation, pour des raisons de risque de criticité (l'eau étant un modérateur), peut rendre complexe l'intervention. L'exploitant s'est engagé à réévaluer le risque de criticité afin de lever éventuellement cette interdiction.

L'IRSN considère également que l'exploitant devrait prendre des dispositions pour rendre possible la surveillance de l'état radiologique (ambiance) de l'installation depuis le poste de repli en cas d'incendie dans l'installation.

Enfin, les dispositions de protection à l'égard des risques d'explosion et d'inondation sont convenables.

⁸ Les travailleurs réalisent des opérations de montage ou de démontage d'assemblages de combustibles dans l'« *enceinte alpha* ». Des opérations de gainage ou de double gainage de combustibles y sont également réalisées.

Confinement à l'égard de l'environnement

L'IRSN estime que le passage en confinement statique (arrêt de la ventilation) de l'installation en cas de détection d'activité à la cheminée et du franchissement du seuil d'alerte associé doit être justifié, un confinement dynamique pouvant être plus efficace en termes de filtration des rejets que les éventuelles fuites directes du bâtiment.

Enfin, les dispositions prévues pour améliorer le revêtement étanche du sous-sol n'appellent pas de remarque particulière de l'IRSN.

Annexe

Présentation des réacteurs EOLE et MINERVE

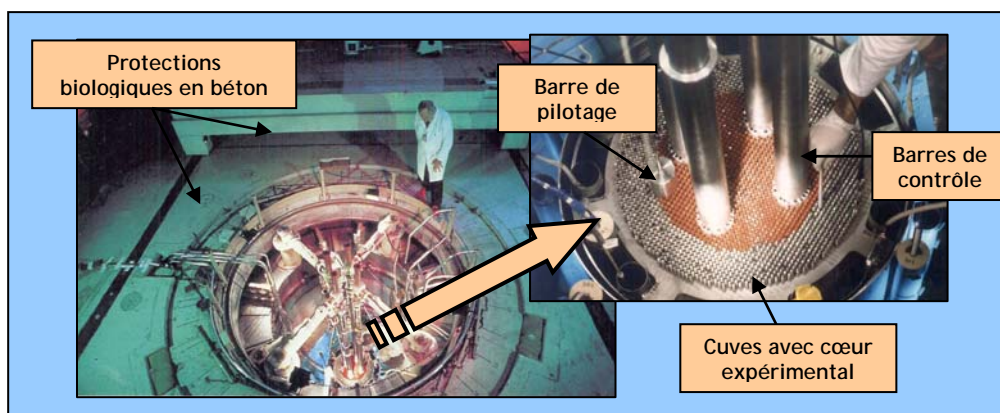
Les réacteurs de recherche EOLE et MINERVE - réacteurs de puissance quasi-nulle (100 W) appelés également « *maquettes critiques* » - sont situés sur le CEA/Cadarache dans un même bâtiment. Ces réacteurs sont exploités par le Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA).

Ces réacteurs sont principalement destinés aux études neutroniques des réacteurs à neutrons thermiques (neutrons à faible vitesse initiant les réactions de fission) dans lequel le modérateur (ralentisseur de neutrons) est de l'eau légère (H_2O).

Le démarrage de ces réacteurs est réalisé à l'aide d'une « *source de neutrons* ». Après leurs ralentissements, les neutrons émis par la source initient les premières réactions de fission à l'origine de la réaction en chaîne⁹ et donc du fonctionnement en puissance des réacteurs. Les opérateurs stabilisent ensuite cette puissance à l'aide de barres de contrôle et réalisent les mesures nécessaires aux programmes expérimentaux spécifiques à chaque réacteur.

Présentation du réacteur EOLE

La première divergence¹⁰ du réacteur d'expérimentation EOLE a eu lieu en 1965. Il est constitué d'une protection radiologique en béton (bloc et dalles) qui contient des cuves renfermant le cœur expérimental à l'étude. Le modérateur est de l'eau légère qui circule à température régulée, par l'intermédiaire d'une « *thermostaton* », avec la possibilité d'adjonction de bore (absorbeur de neutrons permettant de réguler la réaction en chaîne). Le cœur est contrôlé par un système de quatre barres de contrôle, la puissance de fonctionnement étant régulée par une barre de pilotage.



⁹ Les neutrons produits lors des premières réactions de fission vont initier un nombre de nouvelles réactions de fission au moins égal au nombre de réactions de fission qui les a engendrés.

¹⁰ Fonctionnement en puissance du réacteur ($0 W < P \leq 100 W$).

Présentation du réacteur MINERVE

La première divergence du réacteur d'expérimentation MINERVE a eu lieu en 1959 sur le site de Fontenay-aux Roses puis en 1977 sur le site de Cadarache après déménagement. C'est un réacteur de type piscine dont le refroidissement s'effectue par convection naturelle, le cœur étant immergé sous trois mètres d'eau. Il comprend une zone nourricière constituée d'éléments à plaques d'uranium enrichi entourant une zone expérimentale dont la composition est très variable. Ses expériences consistent principalement à faire osciller, dans les cœurs expérimentaux, des échantillons inertes ou fissiles dopés en actinides (uranium, plutonium, américium, curium) ou en poison neutronique (absorbeur de neutrons) pour la validation de données neutroniques de base (ex : sections efficaces). Le cœur est contrôlé par un système de quatre barres de contrôle, la puissance de fonctionnement étant régulée par deux d'entre elles. La faible variation de réactivité induite par l'oscillation d'un échantillon est compensée quant à elle par une barre de compensation rotative.

