



Paris, le 12 janvier 2021

Réponse à la consultation de l'ASN sur la poursuite de fonctionnement au-delà de 40 ans des centrales nucléaires

La Société française d'énergie nucléaire (Sfen) est une association scientifique et technique à but non lucratif, qui rassemble 4 000 professionnels, ingénieurs, techniciens, chimistes, médecins, professeurs, et étudiants, des sites industriels et des organismes de recherche nucléaire français. Sa mission est le développement des connaissances de toutes celles et ceux qui s'intéressent à l'énergie nucléaire.

L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) a lancé une consultation du public sur les conditions de la poursuite de fonctionnement des réacteurs de 900 MWe d'EDF au-delà de leurs 40 ans.

32 réacteurs de 900 MW, sur un total de 56 réacteurs aujourd'hui en exploitation, sont concernés par le passage de la quarantaine. Ces réacteurs ont été mis en service entre 1979 (Bugey 2) et 1987 (réacteur B4 de Chinon).

Comme le rappelle l'ASN, si les 40 ans correspondent à la durée de fonctionnement initialement envisagée par EDF, les réacteurs français ont été autorisés sans limitation de durée de fonctionnement. Chaque réexamen périodique d'un réacteur nucléaire permet de définir à quelles conditions sa poursuite de fonctionnement pour 10 ans est possible.

Résumé

La Sfen estime que :

- Prolonger l'exploitation du parc nucléaire français est un atout pour assurer notre sécurité d'approvisionnement électrique et répondre à nos objectifs climatiques. En l'absence de solutions de stockage à grande échelle, la France peut compter sur ce socle de production pilotable pour assurer sa sécurité d'approvisionnement. L'expérience d'autres pays a montré que la fermeture prématurée de centrales nucléaires conduit à une stagnation voire à une augmentation des émissions de CO₂. Enfin, la plus récente étude internationale de l'OCDE établit que l'exploitation des centrales nucléaires dans la durée reste aujourd'hui la solution la plus compétitive pour produire de l'électricité.
- Les conditions de poursuite d'exploitation au-delà de quarante ans vont permettre au parc nucléaire d'atteindre le plus haut niveau de sûreté. De nombreux pays dans le monde ont déjà prolongé l'exploitation de leurs réacteurs au-delà de 40 ans : fin 2019, 92 réacteurs, représentant 17 % de la capacité mondiale de production, avaient dépassé les 40 ans. Le

quatrième réexamen vise à la fois la conformité des installations aux règles de sûreté qui lui sont applicables, des améliorations permettant de faire face à certaines agressions d'intensité extrême, mais aussi une réévaluation du niveau de sûreté pour tendre vers les objectifs de sûreté des réacteurs de troisième génération de type EPR.

- La filière nucléaire s'organise pour relever les défis du programme industriel. Les premiers chantiers « tête de série » se sont déroulés dans de bonnes conditions. Le grand carénage a permis la mise en place d'une nouvelle organisation industrielle, et bénéficiera des avancées du plan excell d'excellence industrielle pour la filière nucléaire. Enfin les quatrième réexamens de sûreté ont permis à la filière de développer et de mettre en œuvre les technologies les plus innovantes dans de nombreux domaines, que ce soit dans le numérique, les dispositifs de sûreté, ou les matériaux.

1. Prolonger l'exploitation du parc nucléaire est un atout pour assurer notre sécurité d'approvisionnement électrique et atteindre nos objectifs climatiques

Pour rappel, RTE avait montré dès 2017 que pour réduire la part du nucléaire à 50 % du mix électrique d'ici 2025 (correspondant à la mise à l'arrêt de 23 à 27 réacteurs nucléaires), la France devrait non seulement maintenir des centrales au charbon actuelles au-delà de 2025 mais aussi construire une vingtaine de nouvelles centrales à gaz. Au total, ce scénario aurait représenté une augmentation des émissions de 38 à 55 millions de tonnes de CO2 par an. La loi du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat a repoussé à 2035 l'objectif de réduire la part du nucléaire à 50 % de la production d'électricité.

1.1. En l'absence de solutions de stockage à grande échelle, la France peut compter sur son socle nucléaire de production pilotable pour assurer sa sécurité d'approvisionnement

Dès novembre 2019, RTE alertait déjà sur le passage de l'hiver 2022-2023. Elle soulignait la fermeture de moyens de production pilotables chez nos voisins européens (Allemagne, Belgique, Espagne, Suisse), et aussi en France : en dix ans 8,7 GWe de capacités fossiles et 1,8 GWe de capacités nucléaires (les deux réacteurs de Fessenheim) ont en effet été fermés. Dans les années qui viennent, l'équilibre électrique européen va être soumis à trois types d'incertitudes :

- **Des incertitudes sur les stratégies de nos voisins et sur la mise en œuvre des interconnexions**, lesquelles ont désormais un très fort impact sur la sécurité d'approvisionnement de la France. D'après le cabinet de conseil Compass Lexecon (CL), les décisions de sortie du charbon en Europe devraient réduire de 110 GWe les capacités pilotables disponibles d'ici 2040. Plusieurs de nos voisins ont aussi annoncé des fermetures de moyens nucléaires.
- **Des incertitudes sur la demande électrique et les attentes des citoyens**. La Stratégie nationale bas carbone (SNBC) prévoit une augmentation de la consommation électrique nationale de 30 % d'ici 2050, en grande partie liée à l'électrification des usages dans le domaine de la mobilité et de l'habitat/tertiaire, mais aussi pour convertir d'autres vecteurs d'énergie finale (hydrogène par électrolyse notamment).
- **Des incertitudes technologiques et industrielles**, relatives au rythme de déploiement et au potentiel des énergies renouvelables (EnR) en France, aux moyens de stockage, au développement de la flexibilité de la demande.

La question de la sécurité d’approvisionnement est revenue au premier plan avec l’expérience de la Californie en août 2020, où une situation de forte canicule a conduit les exploitants du réseau électrique à imposer des coupures de courant aux particuliers comme aux entreprises¹. La quatrième économie du monde n’avait plus, face à un pic de demande, la capacité de production pilotable (nucléaire et gaz) nécessaire pour prendre le relai des moyens solaires en fin de journée, et n’a pas pu compter sur des importations d’électricité de la part des états voisins, eux-mêmes en tension d’approvisionnement.

1.2. Dans plusieurs autres pays, la fermeture prématurée de centrales nucléaires a conduit à une stagnation voire à une augmentation des émissions de CO2

On dispose désormais de cas concrets sur l’impact environnemental de fermetures prématurées de centrales nucléaires :

- **En Allemagne** : d’après une étude² de chercheurs de l’université de Berkeley, le remplacement de la production des centrales nucléaires fermées en Allemagne entre 2011 et 2017 aurait provoqué des rejets additionnels de CO2 de 36 millions de tonnes par an. A cela s’ajoutent les émissions de polluants (SO2, Nox et particules fines), lesquels auraient entraîné une surmortalité locale de 1 100 individus par an.
- **En Belgique** : 7 réacteurs nucléaires (soient 6 GWe de capacité environ), qui produisent plus de la moitié de l’électricité du pays, devraient être fermés d’ici 2025. Le 4 avril 2019, la Chambre des représentants a adopté une loi destinée à subventionner les centrales électrogènes à gaz, lesquelles représenteraient une augmentation des émissions³ de CO2 de 45 millions de tonnes par an, soit les émissions de 500 000 voitures à essence. Ceci entraînerait aussi une dépendance accrue vis-à-vis de gaz importé de l’extérieur de l’Union européenne.
- **En France**, la fermeture de la centrale de Fessenheim va entraîner, selon la Sfen, des émissions additionnelles entre 6 et 10 millions⁴ de tonnes de CO2 par an pour le secteur électrique européen, soient les émissions d’une ville comme Glasgow. En effet, si notre électricité est quasiment décarbonée, notre réseau électrique est de plus en plus interconnecté avec ceux de nos voisins, et notre pays exporte et importe de l’électricité de manière dynamique toute la journée, en fonction des prix du marché. Du fait de l’ordre d’appel des capacités électrogènes, si une centrale nucléaire est arrêtée, l’électricité qu’elle ne produit plus ne sera pas fournie par des énergies renouvelables, qui étaient déjà prioritaires sur le réseau, mais par les capacités arrivant ensuite dans l’ordre de mérite, donc des centrales à gaz ou à charbon françaises et étrangères.

¹ La Californie révèle que la transition vers les énergies renouvelables n’est pas si simple – RGN l’hebdo le 25/08/2020

² Les coûts de la sortie du nucléaire en Allemagne, Stefan Ambec et Claude Crampes - 18/02/2020

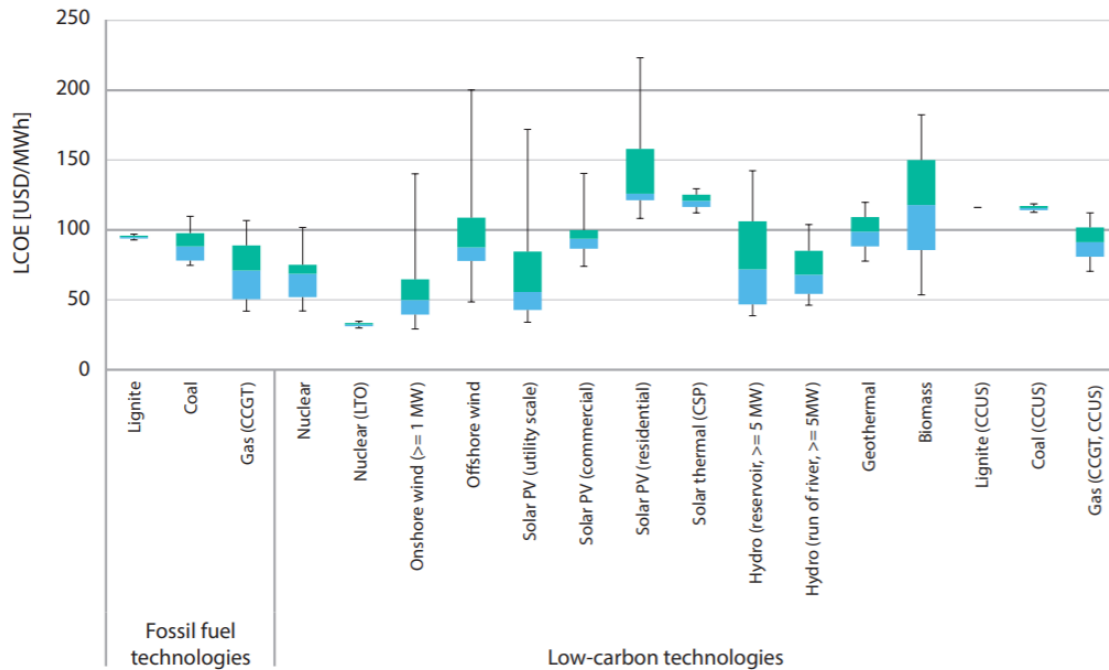
³ Scénarios Energville - Septembre 2020

⁴ Fermeture de Fessenheim : pour le climat on repassera...- RGN l’hebdo le 18/02/2020

1.3. L'exploitation des centrales nucléaires dans la durée reste aujourd'hui la solution la plus compétitive de produire de l'électricité

Une étude⁵ publiée par l'AIE et l'OCDE-NEA en décembre 2020 avec des données collectées sur 234 centrales électriques dans 24 pays conclut que l'exploitation des réacteurs nucléaires dans la durée est la solution de production d'électricité la plus compétitive aujourd'hui dans le monde.

Figure ES1: LCOE by technology



Note: Values at 7% discount rate. Box plots indicate maximum, median and minimum values. The boxes indicate the central 50% of values, i.e. the second and the third quartile.

⁵ OECD-NEA Projected Costs of Electricity - December 2020

2. Les conditions de poursuite d'exploitation au-delà de 40 ans vont permettre au parc nucléaire d'atteindre le plus haut niveau de sûreté

Sur un plan technique, à l'origine, le référentiel de 40 ans a été utilisé pour de nombreuses qualifications de composants. Au fil des années, la progression des savoirs et des techniques dans l'ingénierie nucléaire a permis d'envisager la prolongation de la durée d'exploitation d'un réacteur tout en respectant le plus haut niveau de sûreté possible.

EDF travaille depuis près de 5 ans, en lien avec l'ASN, au contenu de ce quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe.

2.1. De nombreux pays dans le monde ont déjà prolongé l'exploitation de leurs réacteurs au-delà de 40 ans

Selon l'AIEA (base PRIS)⁶, fin 2019, 92 réacteurs nucléaires en exploitation dans le monde (représentant 17 % de la capacité de production nucléaire mondiale) avaient plus de 40 ans.

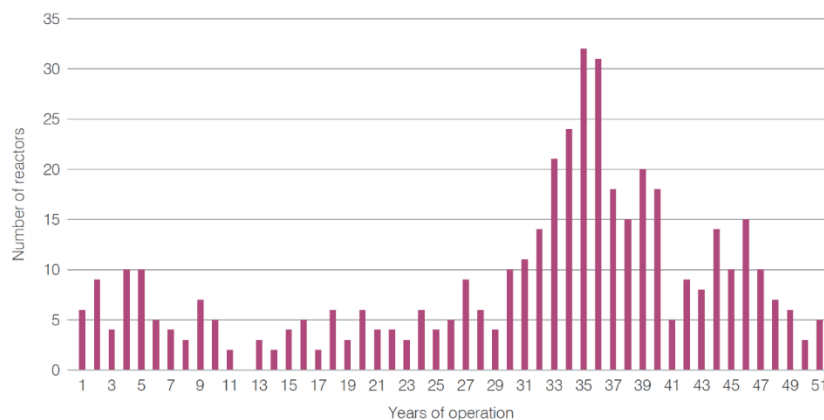


Figure 1. Age profile of operating reactors as of January 2020 (source: International Atomic Energy Agency PRIS database)

La plus ancienne centrale nucléaire en fonctionnement dans le monde aujourd'hui est celle de Beznau, dans le canton d'Argovie en Suisse. De même technologie que les réacteurs français (à savoir des réacteurs à eau sous pression dits « REP » e de deuxième génération), le réacteur de Beznau 1 a été mis en service en 1969. Selon son exploitant Axpo, la centrale nucléaire de Beznau a été continuellement modernisée depuis sa mise en service : plus de 2,5 milliards de francs suisses (2,3 milliards d'euros) ont été investis dans la modernisation et le renouvellement de ses composants. Elle est conforme aux dernières normes et exigences réglementaires de sûreté. Au total, en juin 2020⁷, l'Europe comptait 44 réacteurs nucléaires de plus de 40 ans (27 en UE27, 14 au Royaume-Uni et 3 en Suisse).

Aux États-Unis, les réacteurs, dont la plupart sont aussi de même technologie que les centrales françaises), ont obtenu une licence initiale de 40 ans puis doivent tous les 20 ans obtenir un renouvellement de leur autorisation de fonctionner. A ce jour, l'autorité de sûreté américaine, la NRC, a autorisé l'exploitation jusqu'à 60 ans de 88 réacteurs sur les 96 existants. 4 réacteurs ont même déjà obtenu l'autorisation de fonctionner jusqu'à 80 ans.

Au niveau international, l'AIEA a défini une procédure spécifique, la « Question de sûreté concernant l'exploitation à long terme (*Safety Aspects of Long Term Operation – SALTO*) », sur la stratégie et les

⁶ <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-releases-2019-data-on-nuclear-power-plants-operating-experience>

⁷ Rapport KPSARC de l'OCDE avec données PRIS (AIEA) – Juin 2020

éléments essentiels à la sûreté de l'exploitation à long terme des centrales nucléaires. L'évaluation des programmes et de la performance est effectuée sous la forme d'un examen par des pairs, sur la base des normes de sûreté et d'autres documents d'orientation de l'AIEA. Cette année, les experts de l'AIEA ont ainsi terminé une évaluation SALTO sur Ringhals-3 en Suède, ouvrant la voie à une prolongation d'exploitation jusqu'à 60 ans.

2.2 Les conditions de sûreté fixées pour le fonctionnement au-delà de 40 ans visent à tendre vers les objectifs de sûreté des réacteurs de troisième génération de type EPR

Suivant une pratique qui était déjà établie, la loi sur la Transparence et la sécurité en matière nucléaire (loi TSN) de 2006 a fixé la périodicité de 10 ans pour les réexamens périodiques des installations nucléaires. Les 40 ans constituent une échéance technique, sur la base d'une hypothèse de conception, mais pas un couperet.

Le quatrième réexamen vise trois éléments essentiels :

- **La conformité des installations aux règles de sûreté qui lui sont applicables** : l'échéance technologique vise à traiter l'obsolescence de certains équipements sur les plans de la sûreté et de l'état de l'art, et donc à mettre à niveau ou remplacer certains composants. Aussi, de nombreux tests sont conduits sur l'installation, en particulier sur la cuve du réacteur et l'enceinte de confinement, deux éléments qui ne sont pas remplaçables. Il s'agit de s'assurer que les phénomènes de vieillissement des équipements et des matériaux sont correctement identifiés, traités et maîtrisés, et ce pour les 10 ans à venir.
- **L'achèvement des améliorations permettant de faire face à certaines agressions (séisme, inondation, etc.) d'intensité extrême**. Suite à l'accident de Fukushima, EDF a réévalué la sévérité des agressions à considérer, compte tenu de l'évolution des connaissances. Ont été aussi mis en place des dispositifs permettant d'assurer que, en cas de survenue d'une agression, le réacteur peut être arrêté puis maintenu durablement dans un état sûr : on peut citer entre autres la mise en œuvre de moyens mobiles d'intervention nouveaux comme la Force d'action rapide nucléaire (FARN), l'installation de diesels d'ultime secours (DUS), ou l'augmentation des réserves en eau qui sera finalisée (en dur ou en temporaire) fin 2021.
- **La réévaluation du niveau de sûreté** : à la différence d'autres pays comme les Etats-Unis, la France vise plus particulièrement à rapprocher la sûreté des réacteurs du parc au niveau des objectifs de sûreté des réacteurs de toute dernière génération de type EPR. Des dispositifs nouveaux permettent ainsi de maîtriser le risque d'accident grave avec pour ambition de limiter au maximum les rejets dans l'environnement et les conséquences radiologiques d'un accident sur les populations. Une attention particulière est donnée à la sûreté des piscines du bâtiment combustible pour éviter une perte totale de refroidissement. L'ensemble des études de sûreté et d'accidents ont par ailleurs été reprises, en employant les méthodes d'analyse et les connaissances scientifiques les plus récentes. Leur périmètre en a été élargie (utilisant pour ce faire le référentiel de l'EPR) et le champ des études probabilistes de sûreté a été étendu (notamment aux agressions comme l'incendie, l'inondation, le séisme, etc.).

Avec le quatrième réexamen périodique, on peut dire que le parc nucléaire français est aujourd'hui à un niveau de sûreté supérieur à celui qu'il avait à son démarrage. Il faut noter que les actions mises en place permettent de concilier une approche générique pour tous les réacteurs de 900 MW, et des spécificités propres à chaque installation. Chaque installation fera en effet l'objet d'un examen et d'une décision spécifique de l'ASN.

3. La filière nucléaire s'organise pour relever les défis du programme industriel

Quand une entreprise a un actif, la logique économique est de faire durer cet actif le plus longtemps possible, tant que la réglementation le permet et que les coûts de maintenance (ou de modernisation) sont justifiables économiquement. C'est le cas du parc nucléaire pour EDF, et pour l'Etat actionnaire. La filière industrielle s'est organisée pour répondre aux demandes de la réglementation et satisfaire les nouvelles normes applicables de sûreté.

Le quatrième réexamen périodique fait partie du programme d'investissement industriel dit « Grand carénage », qui a commencé dès 2011 et regroupe un ensemble de 20 programmes majeurs qui concernent **la totalité du parc existant** (VD3/1300, VD3/900, VD2/N4, VD4/900). Le coût prévisionnel du Grand Carénage était évalué début 2019 à 48,1 milliards d'euros courants sur la période 2014-2025.

3.1 Les premiers chantiers « tête de série » se sont déroulés dans de bonnes conditions

Deux premiers chantiers de quatrième visite décennale ont déjà été réalisés sur le parc nucléaire : le premier fin 2019 sur l'unité de production n°1 de Tricastin, le second, en cours de finalisation, sur le réacteur n°2 de Bugey.

Du 1er juin au 23 décembre 2019, sur le site du Tricastin, EDF a ainsi réalisé quatre grands contrôles mobilisant 126 entreprises : inspection de la cuve, épreuve hydraulique des circuits primaire et secondaire et épreuve de l'enceinte de confinement. Ces épreuves, réalisées tous les 10 ans, consistent à soumettre les différents composants à des conditions « exceptionnelles » afin de contrôler l'intégrité du système. Lors de l'épreuve hydraulique des circuits primaire et secondaire la pression est augmentée de 155 bars à 206 bars pour le premier et de 75 bars à 89,8 bars pour le second. La cuve est également minutieusement inspectée ainsi que l'enceinte de confinement qui est « gonflée » à environ 5 fois la pression atmosphérique afin de contrôler l'étanchéité du bâtiment.

Les quatrième visites décennales sont aussi caractérisées par un très important programme de modifications visant à renforcer la défense en profondeur. Au total ce sont 250 millions d'euros d'investissement et 80 modifications qui ont été réalisées afin de maintenir un niveau de sûreté optimal, nécessaire à la prolongation de l'exploitation.

A ce stade, la réalisation des modifications et du programme industriel n'a pas soulevé de problème technique majeur.

3.2 Le Grand carénage a permis la mise en place d'une nouvelle organisation industrielle, et bénéficiera des avancées du plan excell d'excellence industrielle pour la filière nucléaire

EDF a mis en place pour le programme Grand carénage une nouvelle organisation, avec la direction de l'exploitation en maître d'ouvrage, la direction de l'ingénierie en maître d'œuvre, et aussi un management de projets impliquant l'ensemble des partenaires et fournisseurs de la filière pour les travaux. Les projets sont gérés en étroite collaboration avec les industriels concernés (entreprise étendue), avec l'intégration de l'ensemble des partenaires très en amont, l'organisation de plateaux collaboratifs, et la mise en œuvre d'outils numériques.

En parallèle, après les difficultés du chantier de l'EPR de Flamanville et le rapport de Jean-Martin Folz, la filière a lancé en décembre 2019 le plan excell, qui vise à retrouver le plus haut niveau de rigueur, de qualité et d'excellence pour être au rendez-vous de prochains grands chantiers de constructions neuves. Ce programme, qui présente plusieurs volets (gouvernance, compétence, fabrication, supply chain et standardisation) bénéficiera lui aussi au programme Grand carénage.

Ainsi, sur la partie compétences, 21 000 embauches ont été réalisées au sein de la filière nucléaire dans son ensemble depuis trois ans, dont 9 000 sur des métiers en tension. Le plan excell prévoit, avec le soutien de l'Etat dans le cadre de France Relance, de créer une université des métiers du nucléaire qui fédère sous une seule bannière l'ensemble des formations existantes et développe les compétences et l'attractivité des métiers du nucléaire.

3.3 Les chantiers sont l'opportunité d'importantes avancées technologiques pour la filière nucléaire

Pour prolonger le parc, la filière s'est mobilisée pour développer et mettre en œuvre les technologies les plus innovantes :

- **Le numérique** : un pilote Smart VO de jumeaux numériques des installations a été réalisé en 2017-2018. Ces jumeaux numériques sont réalisés avec la création de maquettes numériques 3D, grâce à des photos et à des scans laser, complétées par des données sur les équipements, des schémas mécaniques et différents plans des installations. L'objectif est de préparer la réalisation des modifications. Smart s'appuie sur la plate-forme 3DExperience de Dassault système.
- **De nouveaux dispositifs de sûreté** ont été développés. Ainsi, pour concevoir le « noyau dur », chargé d'assurer la robustesse des installations en difficulté ou en situation extrême, un nouvel échangeur d'ultime secours (EASU), raccordé au Diesel d'ultime secours (DUS), a été conçu pour procéder à l'évacuation de la puissance résiduelle tout en garantissant le confinement. Les travaux sur le récupérateur de corium ont fait l'objet aussi d'innovations très fortes.
- **Les matériaux**, à l'occasion des visites décennales, et plus particulièrement de la quatrième, l'innovation porte notamment sur les méthodes de contrôle des composants qui ne se remplacent pas et l'étude de leur vieillissement.