

L'échéance des 40 ans pour le parc nucléaire français

**Processus de décision, options de renforcement et coûts associés
à une éventuelle prolongation d'exploitation
au delà de 40 ans des réacteurs d'EDF**

22 février 2014

Yves Marignac
Directeur

Rapport commandité par Greenpeace France

8. Conclusions et recommandations

Une large part des 58 réacteurs nucléaires français s'approche des 40 ans de durée de vie, qui marquent à la fois le maximum prévu dans les études de conception des réacteurs, et le maximum autorisé dans le cadre réglementaire actuel. Pourtant, comme la situation brossée dans cette étude le montre, les conditions ne sont pas aujourd'hui réunies pour une gestion maîtrisée de cette échéance cruciale sur le plan des risques, des coûts et de la transparence des choix.

Il existe un grand risque d'aller vers des prolongations de réacteurs décidées par défaut dans un cadre politique et réglementaire insuffisant pour en fixer pleinement les exigences du point de vue de la sûreté, en mesurer sérieusement les conséquences du point de vue économique, et pour en assurer le caractère démocratique. Au delà des constats tirés de cette analyse, des actions doivent être engagées pour retrouver la maîtrise publique des décisions à prendre.

Aucune « décision » n'a donc été prise à ce stade en faveur ou contre la prolongation au delà de 40 ans de l'exploitation des réacteurs, que ce soit en termes d'orientation générale pour le parc ou d'autorisation individuelle réacteur par réacteur. Cette absence de décision ne signifie pas pour autant que les options restent indéfiniment ouvertes. Au contraire, la proximité croissante des échéances transforme de plus en plus l'inaction en décision par défaut.

Ainsi, la pyramide des âges du parc nucléaire d'EDF, caractérisée par l'effet de falaise lié à la montée en puissance très rapide au lancement du programme, n'offre plus que quelques années pour trancher la décision de prolongation ou d'arrêt des réacteurs à cette échéance de 40 ans.

Si les réacteurs étaient effectivement arrêtés au plus tard 40 ans après leur démarrage, la capacité nucléaire se maintiendrait pendant les trois prochaines années (jusqu'en 2017) avant de chuter de moitié d'ici 2025, de trois quarts d'ici 2029 et de sept huitièmes d'ici 2033.

Cette échéance majeure et prévisible n'a pourtant pas été réellement anticipée. L'effacement d'une telle capacité appelle un programme majeur de remplacement. Les actions de maîtrise de la consommation d'électricité, le développement de nouvelles capacités de production non nucléaires (en priorité renouvelables) ou la construction de nouveaux réacteurs sont les trois options disponibles pour maintenir l'approvisionnement en électricité. Qu'on les combine ou qu'on les oppose, elles représentent à l'échelle nécessaire un chantier colossal, et long à réaliser. Faute d'avoir été mis suffisamment tôt et clairement en débat, les choix stratégiques tardent à se dessiner.

Les engagements pris par le Président de la République dans le cadre de son élection en mai 2012, le Débat national sur la transition énergétique qu'il a mis en place, et les orientations qu'il a définies à son issue, dessinent des priorités claires : l'efficacité et la sobriété énergétiques et les énergies renouvelables d'une part, la baisse de la part du nucléaire pour atteindre 50 % de la production en 2025 d'autre part – en laissant toutefois ouverte la question de son évolution au-delà. Il reste néanmoins à traduire ces orientations dans une loi de programmation de la transition énergétique et à les mettre en œuvre, à travers notamment des outils de planification. En commençant pour cela, conformément à une conclusion consensuelle du Débat national sur la transition énergétique, par préciser au plus vite une stratégie d'évolution du parc nucléaire à l'horizon de 2025, et différentes options au delà.

Face au retard pris en matière d'élaboration d'une stratégie énergétique pour la gestion de l'arrivée à 40 ans du parc de réacteurs, la prolongation de la durée de vie des réacteurs apparaît aujourd'hui comme un moyen possible, voire indispensable, pour se donner du temps. C'est oublier que cette prolongation ne va pas de soi du point de vue de la sûreté et qu'elle reste au contraire très incertaine en termes de faisabilité technique autant que de coût.

Compte tenu des échéances proches d'atteinte de la limite de 40 ans par une large partie du parc de réacteurs, le temps est compté pour mettre en place des alternatives à la prolongation de leur durée de vie au delà. Le retard pris et l'insuffisance des efforts dans ce domaine conduisent aujourd'hui à parier implicitement sur une telle prolongation d'une partie importante au moins de ces réacteurs.

Or cette décision n'a pas été prise, et n'est pas acquise aujourd'hui du point de vue de la sûreté. Un effort considérable doit donc être engagé pour anticiper l'effet de falaise prévu entre 2017 et 2027, pour préciser quelle évolution du parc doit permettre d'atteindre l'objectif de 50 % de production nucléaire en 2025, et pour éviter tout fait accompli dans les choix de gestion des réacteurs.

Cette clarification est d'autant plus urgente que la gestion industrielle et financière de cette évolution du parc de réacteurs se prépare aujourd'hui. Or, si la politique énergétique n'a pas anticipé l'échéance des 40 ans, EDF a au contraire fixé sa politique industrielle. Celle-ci, qui privilégiait jusqu'au milieu des années 2000 un remplacement massif du parc de réacteurs par des EPR à partir de 2020 environ, s'est totalement réorientée vers une prolongation de l'ensemble des réacteurs au delà de 40 ans.

Ainsi, EDF s'est engagé dans une stratégie d'exploitation entre 50 et 60 ans dont la logique est simple : en maintenant les investissements liés à cette prolongation de la durée de vie en dessous des investissements nécessaires dans d'autres moyens de production, EDF rentabiliserait davantage encore le parc existant tout en s'épargnant des dépenses supplémentaires.

L'exploitant se prépare dans cette perspective à engager d'importants investissements qui, tout en s'inscrivant dans le respect des exigences de renforcement des réacteurs pour atteindre 40 ans, visent explicitement une exploitation plus longue. Les travaux engagés au cours ou à l'issue des réexamens de sûreté décennaux et la mise en œuvre des prescriptions issues des évaluations complémentaires de sûreté menées après la catastrophe nucléaire de Fukushima se mêlent à un programme de maintenance lourde pour former un plan de « grand carénage », dont le contenu et les contours d'application restent flous mais dont l'objectif est clairement de porter la durée de fonctionnement des réacteurs à 60 ans.

Il est naturel que l'industriel cherche à anticiper des investissements lourds, et nécessaire qu'il puisse le faire pour assurer la continuité, le cas échéant, d'un outil de production stratégique pour la Nation. Mais de tels investissements ne sont théoriquement engagés par un industriel que s'il dispose d'une visibilité suffisante pour limiter le risque, c'est-à-dire qu'il maîtrise les conditions dans lesquelles ces investissements pourront être rentabilisés. Dans le cas de la prolongation de la durée de vie des réacteurs, il s'agirait de pouvoir identifier en amont selon quels critères, à quelles conditions et donc au prix de quels renforcements cette prolongation pourrait, l'échéance venue, être obtenue.

Or, cette politique d'investissement se déploie alors même que l'Autorité de sûreté nucléaire a déclaré que la prolongation n'est pas acquise du point de vue de la sûreté, et qu'elle ne pourra se prononcer définitivement sur le principe de prolongation au delà de 40 ans qu'en 2018 ou 2019. Il existe donc un risque élevé que les investissements décidés par EDF, en portant les efforts sur la prolongation aux dépens des alternatives et en préemptant le niveau considéré comme raisonnable de travaux de renforcement, créent une pression économique et politique forte sur les conditions de sûreté exigibles pour autoriser cette prolongation. Le risque inverse, lié à un éventuel refus de prolonger la durée de vie, est tout aussi réel : la poursuite jusqu'à son échec de la stratégie d'EDF entraînerait en effet la perte des investissements réalisés et de grandes difficultés pour le système électrique.

L'engagement par EDF d'investissements préparant la prolongation de la durée de vie alors qu'un cadre précis d'exigences associées n'est pas établi est contraire à la pratique, qui veut qu'un industriel ne s'engage que dans un contexte de risques limités. Cette situation crée un fait accompli en faveur de la prolongation, aux dépens éventuels des alternatives d'une part et des exigences de sûreté d'autre part.

Il revient donc aux pouvoirs publics d'assurer au plus vite, sans préempter à leur tour les décisions qui restent à prendre, les conditions d'une bonne articulation de la définition des orientations de la politique énergétique d'abord, de la clarification des exigences de sûreté applicables à une éventuelle prolongation ensuite, et enfin des conditions d'engagement des investissements correspondants.

L'élément fondamental de toute décision maîtrisée sur l'éventuelle prolongation des réacteurs est celui des conditions dans lesquelles la sûreté de la poursuite de cette exploitation pourrait être assurée. Or ce point est aujourd'hui loin d'être résolu.

La sûreté intrinsèque des réacteurs, tels qu'ils ont été conçus et construits à l'origine, pose dans la perspective d'une poursuite d'exploitation au delà de 40 ans deux questions majeures. La première porte sur les effets du vieillissement de ces réacteurs, qui peuvent s'analyser pour la partie matérielle en termes de sénescence d'une part et d'obsolescence d'autre part. La seconde concerne l'intégration du retour d'expérience de Fukushima.

La sénescence frappe, selon des mécanismes de nature très différente en fonction des matériaux et de leurs conditions d'utilisation, l'ensemble des matériaux du réacteur. Elle entraîne à la fois une dégradation connue des performances d'équipements lourds non ou difficilement remplaçables, au premier rang desquels la cuve du réacteur et son enceinte, et une dégradation diffuse, impossible à tracer et à contenir dans son intégralité, de l'ensemble des composants. L'obsolescence vise la conception, et parfois même la disponibilité industrielle de composants. Elle génère une difficulté croissante à maintenir le niveau de sûreté du réacteur par rapport à ses exigences de sûreté, et plus encore à adapter le réacteur à l'évolution des exigences, l'interface entre les anciens et les nouveaux éléments posant par exemple des difficultés de plus en plus complexes.

Ces deux phénomènes peuvent être combattus par divers moyens, et leurs effets retardés, mais ils ne peuvent être empêchés. Il est en ce sens illusoire de prétendre rendre indéfiniment les réacteurs intrinsèquement plus sûrs. L'enjeu est au contraire de compenser un affaiblissement inéluctable de certaines lignes de défense par le renforcement d'autres lignes, et la question posée est celle de l'équilibre résultant de cette évolution croisée.

Ce problème est d'autant plus difficile que dans le même temps, le retour d'expérience de l'exploitation du parc de réacteurs français et des accidents observés dans le monde vient renforcer les exigences mêmes. Les réacteurs existants ont pour l'essentiel été conçus et construits avant les accidents survenus à Three Mile Island en 1979 et à Tchernobyl en 1986, dont les enseignements ont donné lieu à des modifications conséquentes mais nécessairement limitées.

Leur sûreté est encore plus impactée par la catastrophe de Fukushima, qui remet profondément en cause certains principes appliqués jusqu'ici dans la démarche de défense en profondeur, et dont les leçons continuent d'être tirées. En particulier, les conclusions tirées des Évaluations complémentaires de sûreté soulignent la nécessité de réviser le dimensionnement des réacteurs et de renforcer leur tenue aux agressions, de mieux prendre en compte le « potentiel de danger » que représentent les réacteurs et leurs piscines, et de compléter les dispositifs de sûreté par une ligne de défense ultime aussi robuste que possible, dénommée « noyau dur ».

Les réacteurs ont été conçus pour une durée de vie technique ne dépassant pas 40 ans, et le parc nucléaire a été déployé pour l'essentiel avant les accidents nucléaires, dont le retour d'expérience n'est introduit qu'à posteriori. La prolongation de leur exploitation suppose l'application d'exigences de sûreté plus strictes, telles qu'elles s'imposent progressivement après Fukushima, à des réacteurs non conçus pour ce genre de scénarios, et dont le vieillissement augmente la vulnérabilité.

Aussi, il n'est pas certain que les solutions techniques existent pour concilier durablement ces contraires avec un niveau de confiance suffisamment élevé.

La réponse à cette question dépendra en réalité du niveau d'exigences qu'il s'agira précisément d'atteindre. On peut noter de ce point de vue que les processus en cours, notamment les visites décennales et leurs suites et les Évaluations complémentaires de sûreté et leurs suites, débouchent sur un certain nombre de prescriptions directement applicables mais limitées, et d'autres plus importantes mais qui restent pour l'instant à l'étape d'études à réaliser ou de propositions à formuler.

Ce processus reste toutefois incomplet à plusieurs titres, en particulier vis-à-vis d'une projection au delà de 40 années de fonctionnement. Par exemple, les Évaluations complémentaires de sûreté ne prennent pas en compte le vieillissement des composants lourds et non ou peu remplaçables, en particulier la dégradation de la capacité de la cuve et de l'enceinte à résister à des scénarios d'accident plus sévères que les accidents sans fusion de cœur considérés comme les plus pénalisants dans le référentiel en vigueur. Ils ne prennent pas non plus en compte l'effet diffus du vieillissement, qui fait croître l'incertitude sur le degré de conformité des équipements du réacteur à leur niveau de performance supposé. Enfin, les prescriptions actuelles ne poussent pas à son terme la démarche initiée après Fukushima en limitant le champ des agressions considérées, des événements initiateurs d'accident et des équipements à redimensionner pour y faire face.

Ainsi, des questions majeures devront être tranchées, telles que la révision des événements initiateurs et des événements accidentels considérés comme exclus à la conception (tenue de la cuve), celle de l'ensemble des agressions considérées et des niveaux de résistance associés pour les composants concernés, la définition des exigences de maintenance préventive pour faire face au risque de vieillissement, la révision des exigences de robustesse de l'installation aux conséquences d'un accident grave (tenue des enceintes), ou encore le niveau de prévention et de protection contre les accidents majeurs applicable aux piscines d'entreposage du combustible.

En d'autres termes, c'est à une révision en profondeur du référentiel de sûreté des réacteurs qu'appelle le passage éventuel à plus de 40 ans de fonctionnement dans le contexte de l'après-Fukushima.

De ce point de vue, la référence à un niveau de sûreté « aussi proche que raisonnablement possible » de celui des nouveaux réacteurs dits de « troisième génération » tels que l'EPR ne saurait suffire pour deux raisons au moins. D'une part, ces réacteurs obéissent eux-mêmes à des règles et à une logique de conception antérieurs à la catastrophe de Fukushima et qui pourraient être fortement révisées à l'issue du long processus de retour d'expérience engagé sur cet accident. D'autre part, si les objectifs fixés aux réacteurs neufs en termes de limitation des accidents et de leurs conséquences peuvent être retenus, les moyens nécessaires – donc le référentiel – pour atteindre les mêmes objectifs sur des réacteurs vieux de 40 ans et non conçus pour cela ne peuvent qu'être différents.

Les difficultés soulevées par le maintien d'exigences fortes de sûreté pour des réacteurs affectés par différents phénomènes de vieillissement d'une part, par l'intégration complète des enseignements de Fukushima d'autre part, et par le croisement qui reste à faire de ces deux problématiques sont importantes. Il ne s'agit pas de poursuivre le processus d'amélioration continue du référentiel qui a prévalu jusqu'ici, mais de poser un cadre adapté à ces enjeux nouveaux.

Il semble dès lors incontournable de définir un référentiel de sûreté spécifique pour l'exploitation des réacteurs au delà de leur dimensionnement initial de 40 ans. Les principes et les exigences de ce nouveau référentiel doivent être élaborés sans attendre, dans le cadre d'un processus ouvert et pluraliste garantissant l'intégration de l'ensemble des préoccupations. Ces orientations devraient guider l'élaboration et la qualification des moyens d'atteindre les objectifs fixés, et non l'inverse comme on l'observe aujourd'hui.

Au delà de l'élaboration du référentiel, l'ensemble du processus de décision doit être révisé pour atteindre deux objectifs. Le premier est de respecter les principes constitutionnels du droit environnemental d'accès à l'information et de participation du public aux décisions. Le second est d'assurer l'articulation des décisions relatives à la sûreté et celles relatives à l'opportunité d'éventuelles prolongations, le tout en cohérence avec les orientations générales de la politique énergétique.

Le processus actuellement en place est basé dans le cas des réexamens décennaux comme des évaluations complémentaires de sûreté sur une très grande latitude d'appréciation donnée à l'ASN, sans dispositions fortes d'accès à l'information et de participation du public aux décisions. Ce processus ne semble pas en l'état répliquable aux décisions à prendre sur des prolongations au delà de 40 ans.

La nécessité de refonder le référentiel de sûreté pour répondre aux enjeux spécifiques de cette prolongation conduira très probablement à des aménagements très significatifs, par exemple sur les contraintes admissibles au niveau de la cuve du réacteur, de son enceinte et de son radier ou de la piscine, qui devraient constituer des « modifications notables » au sens où l'entend la réglementation applicable aux Installations nucléaires de base.

Dans ce sens, il semble légitime d'assimiler l'éventuelle prolongation de chaque réacteur au delà de 40 ans à la création d'une nouvelle installation, ce qui conduit à lui appliquer une procédure d'autorisation dans laquelle la décision de l'ASN est précédée, entre autres, d'une procédure d'enquête publique.

Le niveau d'investissement potentiellement nécessaire pour le renforcement de chacun des réacteurs dépasse, quelques soient les hypothèses, le seuil de 300 M€ qui conduit lors de la création d'une INB, à laquelle un projet de prolongation pourrait donc être assimilé, à une saisine obligatoire de la Commission nationale du débat public. Cette saisine peut en théorie déboucher sur une procédure de débat public, qui précède l'enquête publique et qui permet notamment d'articuler la mise en débat des exigences de sûreté avec celle de l'opportunité de la prolongation en regard d'autres considérations industrielles et énergétiques. Une option envisageable dans cette perspective consiste également à traiter la question en amont des premières décisions dans le cadre d'un débat sur les orientations d'une politique générale vis-à-vis de la prolongation de la durée de vie des réacteurs.

Enfin, ces procédures de consultation, quelles que soient leur forme, devront s'articuler avec un processus général de décision cohérent avec les orientations de la politique énergétique. Outre le besoin d'introduire une disposition autorisant le gouvernement à décider de la fermeture de réacteurs pour des raisons de politique énergétique, un véritable système de planification, d'évaluation et d'ajustement du dimensionnement du parc nucléaire dans la politique énergétique est nécessaire.

Autour d'une durée de fonctionnement de référence de 40 ans pour les réacteurs, tout en soulignant qu'elle n'est jusqu'ici acquise que pour 5 d'entre eux, ce dispositif doit permettre de fixer combien de réacteurs, et éventuellement lesquels, ferment par une sorte d'exception avant cette échéance, et combien de réacteurs, et éventuellement lesquels, poursuivent par une sorte d'exemption leur exploitation au delà. Ce dispositif doit notamment permettre de maîtriser le phasage des décisions et des engagements de travaux éventuels de renforcement en cohérence avec les échéances de fin d'exploitation actuelle des réacteurs. En termes de calendrier, le processus devra également offrir des garanties contre le type de dérive que l'on observe aujourd'hui dans la mise en œuvre des prescriptions applicables.

L'échéance des 40 ans de durée de vie des réacteurs est trop importante pour la gérer selon le même processus de décision que ceux qui sont actuellement appliqués au renforcement continu de la sûreté, qui présentent des lacunes en termes d'information et de participation. La décision d'un éventuel fonctionnement au delà de 40 ans suppose des modifications notables, et doit en ce sens être assimilée du point de vue réglementaire à la création d'une nouvelle installation, dotée d'un nouveau référentiel.

Le processus de décision reposerait alors sur une procédure d'enquête publique, précédée le cas échéant d'une procédure de débat public. Plus largement, les pouvoirs publics doivent définir les outils de planification, d'évaluation et de suivi dont ils comptent se doter pour articuler autour de ces procédures un processus de décision cohérent avec les orientations de politique énergétique. Ils doivent également préciser la manière dont ils comptent maîtriser le calendrier du processus, tant du point de vue du bon phasage entre décisions et éventuels travaux que du point de vue des échéances de réalisation éventuelle de renforcements liés à la prolongation.

Une fois posée la nécessité d'élaborer un référentiel spécifique adapté à une éventuelle prolongation au delà de 40 ans et de définir le processus de décision associé, celui-ci doit pouvoir s'appuyer sur des éléments de choix qui manquent singulièrement dans le paysage actuel : d'un côté, l'ASN s'engage sur les principes mais reste beaucoup plus prudente sur les exigences et type de renforcements applicables à une éventuelle prolongation de durée de vie, repoussant cette clarification de plusieurs années ; de l'autre EDF annonce sa volonté de préparer la prolongation à travers un programme de grand carénage de son parc dont il ne communique pas le détail.

On propose ici, en vue d'éclairer les choix et de contribuer à une clarification de leurs véritables options par les principaux acteurs du dossier, une démarche consistant à décliner différents scénarios correspondant à des degrés différents d'exigences.

En termes d'orientations, le premier consiste à s'appuyer au maximum sur les dispositions existantes des réacteurs, jugées suffisamment robustes et pérennes, en justifiant par les marges existantes la maîtrise des effets du vieillissement et en limitant les renforcements ; le deuxième cherche à compenser un effet consenti de dégradation de certaines lignes de défense initiales du réacteur par le renforcement d'autres lignes et par l'introduction de nouvelles, en visant un bilan positif pour la sûreté ; le troisième cherche à la fois à lutter autant que possible contre l'affaiblissement des lignes initiales et à renforcer autant que possible la sûreté par la consolidation des lignes existantes et l'ajout de nouvelles.

La déclinaison des approches ainsi résumées à l'ensemble des préoccupations issues de l'analyse des phénomènes de vieillissement et des enseignements de Fukushima conduit à différencier ces trois scénarios sur une petite quarantaine de postes correspondant à sept grands volets d'action : le renforcement de la protection du réacteur contre les agressions externes, de la robustesse des équipements diffus, de la robustesse intrinsèque du réacteur, de la robustesse intrinsèque de la piscine d'entreposage, des équipements d'instrumentation et de mitigation sur le réacteur et sur la piscine, et enfin des moyens de gestion et de secours.

Les scénarios ainsi dessinés n'ont ni la vocation d'être exhaustifs, ni la prétention d'être rigoureusement cohérents. Ils ne reposent évidemment pas sur une analyse détaillée, et encore moins sur une démonstration de sûreté qui sont très largement hors de portée du présent exercice. Cette analyse vise essentiellement à illustrer que sur pratiquement chacun des postes considérés, les niveaux d'exigence peuvent conduire à des prescriptions sensiblement différentes, voire extrêmement distinctes. Elle met ainsi en évidence, sans en épuiser la liste, des points clés de la discussion à mener sur les exigences applicables. On peut notamment souligner, parmi les points les plus sensibles, la nécessité ou non d'un renforcement des enceintes de bâtiments réacteurs, celle de la construction d'une enceinte béton pour les bâtiments combustibles, la mise en place d'un récupérateur de corium sous la cuve et celle d'une enceinte géotechnique autour du réacteur, le niveau d'indépendance et de bunkérisation de la salle de commande et celui du noyau dur, ou pour finir le degré de maintenance préventive des équipements contribuant à la protection contre les agressions.

L'analyse de différents scénarios correspondant à différents niveaux d'exigences, et la déclinaison a priori du type de renforcements qui en découle, constitue un exercice intéressant pour rendre compte des différences induites en termes de niveau de sûreté et de modifications nécessaires des installations.

Cet exercice ne préjuge pas de la faisabilité détaillée de ces opérations et de la faisabilité de la démonstration du niveau de sûreté correspondant. Mais il permet de souligner l'écart majeur qui existe entre une interprétation a minima de nouvelles exigences, conduisant de fait à une dégradation de la sûreté réelle par la consommation des marges existantes, et une interprétation forte reposant notamment, pour renforcer la sûreté malgré le vieillissement, sur des travaux importants de renforcement de l'enceinte des réacteurs, d'ajout d'une enceinte pour les piscines d'entreposage, d'efforts de bunkerisation, de génie civil et de maintenance lourde.

En conséquence, ces quelques points cruciaux pour le niveau de sûreté recherché dans une éventuelle prolongation doivent être tranchés au plus vite.

L'élaboration de scénarios permet, pour finir, de proposer un éclairage important sur les conditions économiques d'une éventuelle prolongation de la durée de vie à 40 ans, grâce à une évaluation des coûts d'investissement unitaires associés aux différentes opérations listées dans ces scénarios.

Cette comparaison est utile à double titre. D'une part, elle doit permettre d'éclairer les évaluations proposées jusqu'ici par EDF, qui ont régulièrement augmenté au cours des cinq dernières années pour porter fin 2013 à 50 ou 55 Md€ le coût estimé du programme de grand carénage, sans connaître le détail des opérations comprises et des estimations de coûts associés. D'autre part, elle doit permettre d'identifier les écarts possibles entre les scénarios et les principaux facteurs constitutifs de ces écarts. Elles contribuent ainsi à mettre en lumière la nature des arbitrages à rendre, le cas échéant, entre la rentabilité d'éventuelles prolongations de réacteurs et le niveau de sûreté exigé.

L'évaluation proposée ici reste toutefois limitée et fragile. Elle l'est d'abord par les limites de son périmètre. Non seulement l'évaluation ne porte que sur une sélection d'opérations de renforcement identifiées, et ne peut donc prétendre à l'exhaustivité, mais elle ne prend surtout en compte que les coûts d'investissement de renforcement ou de maintenance lourde engendrés par ces opérations.

Ainsi, d'autres coûts potentiellement importants ne sont donc pas pris en compte. Les premiers sont les coûts de maintenance des équipements les plus diffus et de gestion de l'obsolescence, qui peuvent notamment nécessiter la constitution d'importants stocks de pièce, soit dans une logique de recouvrement lorsque plusieurs années sont nécessaires à la qualification d'une nouvelle pièce qui n'est plus fabriquée, soit dans une logique de stock de fin de vie lorsqu'une pièce ne va définitivement plus être fabriquée. Les seconds sont les coûts générés par l'augmentation prévisible de la durée et/ou de la fréquence des arrêts de réacteurs. Le vieillissement engendre en effet un risque croissant de défaillances, qui peuvent soit être évitées par une augmentation des durées d'arrêt programmés pour intégrer une maintenance préventive plus lourde, soit être gérées de façon réactive au prix d'une multiplication des arrêts consécutifs à des incidents.

Cette évaluation est également fragile par manque de données chiffrées sur les coûts pour faire une évaluation précise et documentée. Elle procède ainsi sur de nombreux postes, qui constituent des opérations relativement inédites sur les réacteurs sous des aspects techniques ou par l'ampleur envisagée, par analogie et extrapolations avec des opérations déjà réalisées et dont les informations publiques fournies par EDF (ou dans certains cas, par d'autres opérateurs à l'étranger) permettent de connaître les coûts. De plus, l'expérience montre que les coûts prévisionnels annoncés en général par les exploitants sont significativement inférieurs aux coûts constatés des opérations une fois réalisées. Cette incertitude est traitée par l'application de fourchettes larges autour des estimations centrales retenues.

Les chiffres ainsi obtenus ne constituent donc que des ordres de grandeur, mais ils sont suffisamment éclairants sur les enjeux qui peuvent lier les exigences de sûreté et celles de rentabilité pour alerter sur les risques que cela représente et pour appeler à la production de données plus précises. Ainsi, l'influence du niveau d'exigences sur le coût de renforcement apparaît très clairement : la fourchette de coût, même large, d'un scénario bas (220 à 520 M€ environ par réacteur) reste dans tous les cas plus basse que celle d'un scénario médian (770 M€ à 2 Md€), elle même toujours inférieure à celle d'un scénario haut (2,5 à 6,2 Md€). De plus, l'écart provient pour plus de la moitié de quelques postes qui font figure de points cruciaux dans un référentiel adapté à l'application d'exigences post-Fukushima a des réacteurs de plus de 40 ans, principalement autour du niveau d'indépendance et de robustesse des noyaux durs d'une part, de la création d'une enceinte pour la piscine d'autre part.

Les coûts de renforcement des réacteurs associés à une éventuelle prolongation de la durée de vie restent très incertains, dans la mesure d'une part où le périmètre des opérations concernées n'est pas défini et d'autre part où l'estimation du coût de ces opérations, souvent inédites, reste difficile. En l'absence de références, l'application de ces estimations à différents scénarios éclaire toutefois la question des coûts.

Il ressort en premier lieu que le coût, qui pourrait être limité aux environs de 500 M€ par réacteur dans une perspective de sûreté dégradée incompatible avec les exigences tirées de Fukushima, risque en revanche d'atteindre 1,5 Md€ par réacteur dans un scénario

d'exigences plus marquées, et pourrait dépasser 4 Md€ dans une démarche d'application systématique des meilleures garanties de sûreté s'approchant des exigences fixées pour de nouveaux réacteurs.

Ce coût risque donc d'être très supérieur au coût annoncé par EDF pour son plan de « grand carénage », qui correspond à moins de 1 Md€ par réacteur. De plus, quelques postes clés pour le renforcement de la sûreté, liés pour l'essentiel à la bunkérisation d'éléments vitaux pour la sûreté des réacteurs, concentrent dans toutes les fourchettes près de la moitié du coût total.

Ces résultats confirment le risque que fait peser sur les exigences de sûreté la rentabilité d'éventuelles prolongations et la nécessité de clarifier, avant toute décision, les enjeux économiques de ces opérations.