

Gestion et prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires

Développement de l'énergie nucléaire

Gestion et prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires

© OCDE 2006
NEA n° 6106

AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

L'OCDE est un forum unique en son genre où les gouvernements de 30 démocraties œuvrent ensemble pour relever les défis économiques, sociaux et environnementaux que pose la mondialisation. L'OCDE est aussi à l'avant-garde des efforts entrepris pour comprendre les évolutions du monde actuel et les préoccupations qu'elles font naître. Elle aide les gouvernements à faire face à des situations nouvelles en examinant des thèmes tels que le gouvernement d'entreprise, l'économie de l'information et les défis posés par le vieillissement de la population. L'Organisation offre aux gouvernements un cadre leur permettant de comparer leurs expériences en matière de politiques, de chercher des réponses à des problèmes communs, d'identifier les bonnes pratiques et de travailler à la coordination des politiques nationales et internationales.

Les pays membres de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, la Corée, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE.

Les Éditions de l'OCDE assurent une large diffusion aux travaux de l'Organisation. Ces derniers comprennent les résultats de l'activité de collecte de statistiques, les travaux de recherche menés sur des questions économiques, sociales et environnementales, ainsi que les conventions, les principes directeurs et les modèles développés par les pays membres.

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les interprétations exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'OCDE ou des gouvernements de ses pays membres.

L'AGENCE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a été créée le 1^{er} février 1958 sous le nom d'Agence européenne pour l'énergie nucléaire de l'OECE. Elle a pris sa dénomination actuelle le 20 avril 1972, lorsque le Japon est devenu son premier pays membre de plein exercice non européen. L'Agence compte actuellement 28 pays membres de l'OCDE : l'Allemagne, l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Japon, le Luxembourg, le Mexique, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, la République de Corée, la République slovaque, la République tchèque, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. La Commission des Communautés européennes participe également à ses travaux.

La mission de l'AEN est :

- d'aider ses pays membres à maintenir et à approfondir, par l'intermédiaire de la coopération internationale, les bases scientifiques, technologiques et juridiques indispensables à une utilisation sûre, respectueuse de l'environnement et économique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques ; et
- de fournir des évaluations faisant autorité et de dégager des convergences de vues sur des questions importantes qui serviront aux gouvernements à définir leur politique nucléaire, et contribueront aux analyses plus générales des politiques réalisées par l'OCDE concernant des aspects tels que l'énergie et le développement durable.

Les domaines de compétence de l'AEN comprennent la sûreté nucléaire et le régime des autorisations, la gestion des déchets radioactifs, la radioprotection, les sciences nucléaires, les aspects économiques et technologiques du cycle du combustible, le droit et la responsabilité nucléaires et l'information du public. La Banque de données de l'AEN procure aux pays participants des services scientifiques concernant les données nucléaires et les programmes de calcul.

Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence internationale de l'énergie atomique à Vienne, avec laquelle un Accord de coopération est en vigueur, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine de l'énergie nucléaire.

© OCDE 2006

Toute reproduction, copie, transmission ou traduction de cette publication doit faire l'objet d'une autorisation écrite. Les demandes doivent être adressées aux Éditions de l'OCDE rights@oecd.org ou par fax (+33-1) 45 24 13 91. Les demandes d'autorisation de photocopie partielle doivent être adressées directement au Centre français d'exploitation du droit de copie, 20 rue des Grands Augustins, 75006 Paris, France (contact@cfcopies.com).

AVANT-PROPOS

La gestion de la durée de vie des centrales nucléaires en vue d'une exploitation prolongée est un moyen, généralement économiquement attractif, de maintenir ou d'accroître la contribution de l'énergie nucléaire à la production d'électricité. L'énergie nucléaire est une composante importante du bouquet énergétique de nombreux pays de l'OCDE. Les décideurs et le public sont de plus en plus sensibles à son rôle potentiel pour réduire le risque de changement climatique planétaire et renforcer la sécurité d'approvisionnement énergétique. La bonne gestion des systèmes, structures et composants (SSC) des centrales nucléaires, qui permet leur exploitation sûre et fiable à plus long terme, est susceptible de faciliter la transition entre les centrales nucléaires actuelles et les systèmes énergétiques du futur, nucléaires ou non.

La sûreté est capitale pour l'exploitation des centrales nucléaires. Les exigences de sûreté imposées aux centrales en service actuellement étaient suffisamment sévères à l'époque de leur construction pour garantir des marges de sûreté en fonctionnement très importantes. Ce conservatisme, associé au retour d'expérience, à l'amélioration des techniques d'analyse et à la formation du personnel, permet le fonctionnement prolongé des centrales nucléaires dans des conditions sûres et fiables même si l'éventualité de phénomènes de vieillissement inconnus ne doit pas être négligée.

La prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires offre des avantages économiques incontestables. Elle permet d'éviter le remplacement d'une capacité de production existante par une nouvelle nécessitant un investissement immédiat. Les coûts en capital de la gestion de la durée de vie d'une centrale et de sa rénovation pour une extension de sa période de fonctionnement sont nettement plus faibles que ceux associés à la mise en service d'une capacité de production de remplacement quel qu'en soit le type.

Cette étude présente des données statistiques et les tendances actuelles relatives à l'allongement de la durée de vie des centrales nucléaires. Elle

examine les avantages et les défis, techniques, économiques et environnementaux, de la gestion de la durée de vie des centrales nucléaires en vue de leur fonctionnement prolongé.

Remerciements

Cette étude a été réalisée par un groupe d'experts ad hoc co-présidé par M. Tamás J. Katona, Hongrie, et M. Eric van Walle, Belgique. Le Secrétariat tient à remercier les co-Présidents pour leur direction efficace de l'étude et les membres du groupe pour leurs contributions à ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	3
SYNTHÈSE	7
INTRODUCTION	11
1. POTENTIEL ET VALEUR DE LA GESTION DE LA DURÉE DE VIE	15
1.1 Aspects de sûreté liés à la gestion de la durée de vie.....	15
1.2 Limitations techniques.....	17
1.3 Implications pour les actifs nucléaires.....	20
2. FACTEURS DÉCISIFS POUR LA GESTION DE LA DURÉE DE VIE DES CENTRALES	29
2.1 Incitations économiques	29
2.2 Sécurité de l’approvisionnement en énergie.....	31
2.3 Considérations environnementales	33
2.4 Facteurs sociaux.....	34
3. PROCESSUS DÉCISIONNEL	35
3.1 Propriétaires de centrales et industrie	35
3.2 Pouvoirs publics.....	37
3.3 Cadre réglementaire et autorisations d’exploitation	38
3.4 Considérations relatives à l’acceptation du public.....	41
4. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA GESTION DES RESSOURCES	43
4.1 Gestion du combustible nucléaire et des déchets.....	43

4.2	Infrastructure industrielle.....	44
4.3	Gestion des ressources humaines et des connaissances.....	46
5.	CONTEXTE INTERNATIONAL.....	49
5.1	Échange d'expérience.....	49
5.2	Harmonisation des normes	51
6.	BILAN ET CONCLUSIONS	53
 Annexes :		
A.	LISTE DES MEMBRES DU GROUPE D'EXPERTS	59
B.	QUESTIONNAIRE.....	63
C.	LISTE DES ACRONYMES	65

SYNTHÈSE

De nombreuses centrales nucléaires actuellement en activité sont entrées en service dans les années 70 et la plupart ont été conçues à l'origine avec un objectif de fonctionnement de 40 ans. Comme cette échéance approche, la prolongation de la durée d'exploitation de ces centrales suscite de plus en plus d'intérêt. L'ensemble du processus englobant la prolongation de l'exploitation et ses étapes préparatoires est appelé gestion de la durée de vie (ou PLIM pour Plant life management). Le succès avec lequel il sera possible de prolonger la durée d'exploitation des centrales de la génération actuelle aura d'importantes répercussions sur la puissance nucléaire qui sera installée au cours des années 2010 à 2020, voire au-delà.

Au début de 2005, le Comité chargé des études techniques et économiques sur le développement de l'énergie nucléaire et le cycle du combustible (NDC) de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE a décidé de rédiger un rapport sur l'impact de la PLIM et de la prolongation de la durée de vie des centrales pour faire suite au rapport publié en 2000 sur le sujet. Une réunion ad hoc, organisée en avril 2005 pour lancer le projet, a décidé de la création d'un Groupe d'experts sur la gestion de la durée de vie des centrales nucléaires. Ce groupe s'est réuni à trois reprises, en septembre 2005, puis en février et en mai 2006.

L'objectif principal de l'étude est d'examiner et d'analyser les répercussions de la prolongation de la durée de vie des centrales sur la gestion du cycle du combustible et des déchets, sur l'économie de l'énergie nucléaire, sur la gestion et la préservation des connaissances et, de façon plus générale, sur l'avenir de l'énergie nucléaire dans les pays membres de l'OCDE. Elle examine les questions techniques, économiques, sociales et stratégiques liées à la gestion et à la prolongation de la durée de vie dans les pays optant pour un recours accru au nucléaire, dans les pays souhaitant maintenir ouverte l'option du nucléaire et dans les pays ayant décidé une sortie progressive du nucléaire. Des pays membres de l'OCDE correspondant à chacune des catégories susmentionnées, ainsi qu'un pays membre n'exploitant pas de centrales nucléaires, étaient représentés dans le Groupe d'experts.

Chaque pays participant a répondu à un questionnaire (voir annexe B), ce qui a permis de recueillir les informations de référence nécessaires à la réalisation de l'étude. Le Groupe a noté que, bien que la gestion et la prolongation de la durée de vie de chaque centrale doivent être considérées de manière indépendante à la lumière des spécificités et des conditions économiques propres à chaque centrale, les études effectuées dans plusieurs pays membres permettent de conclure que pour la plupart des types de réacteurs, il n'existe aucun problème technique majeur connu qui soit susceptible de limiter la durée de vie des centrales à moins de 50 ou 60 ans.

Le Groupe d'experts a conclu que, dans les pays dotés d'un parc nucléaire, la prolongation de la durée de vie présente plusieurs avantages potentiels pour les exploitants et pour la société dans son ensemble.

Les principales conclusions du Groupe sont les suivantes :

- Les principaux avantages de la gestion et de la prolongation de la durée de vie sont d'ordre économique, dans la mesure où la prolongation de la durée de vie d'une centrale évite d'avoir à investir immédiatement dans une nouvelle capacité de production. Les coûts en capital consentis pour prolongation de la durée de vie seront plus faibles que ceux de n'importe quel type de capacité de remplacement, même s'il peut y avoir besoin de capitaux supplémentaires pour rénover la centrale. Le prix du combustible nucléaire étant généralement plus faible et plus stable que celui des combustibles fossiles, l'option de la prolongation de la durée de vie devrait permettre de produire une électricité moins chère qu'avec toute autre filière disponible, ce qui est un bénéfice clair pour l'économie nationale.
- En outre, la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires en service contribue à la sécurité, la stabilité et la diversité de l'approvisionnement énergétique.
- Enfin, la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires permet de produire de l'électricité en évitant les effets environnementaux notables de certaines autres filières de production d'électricité (en particulier les émissions de CO₂). La plupart des pays qui exploitent des centrales nucléaires considèrent que la filière nucléaire contribue à la durabilité de leur système global d'approvisionnement en énergie, car elle minimise les effets irréversibles et à long terme de l'approvisionnement en énergie sur l'environnement.

La sûreté de l'exploitation d'une centrale nucléaire est primordiale. Les centrales existantes ont été conçues et construites dans le respect des exigences et des normes de l'époque pendant laquelle elles ont été mises en service. Ces exigences étaient suffisamment strictes pour que la conception intègre des marges de sécurité considérables. L'expérience d'exploitation, l'amélioration des techniques d'analyse et la formation du personnel permettent de tenir compte de ces marges lorsqu'on étudie la sûreté de la prolongation de la durée de vie, cependant il faut prendre en compte l'occurrence possible de mécanismes de vieillissement inconnus.

De manière générale, le Groupe d'experts a conclu que la prolongation de la durée de vie pourrait permettre d'assurer la transition entre la génération actuelle et les futures générations de centrales électriques – qu'elles soient ou non nucléaires. Quatre-vingt-cinq pour cent de la puissance du parc nucléaire de l'OCDE est installée depuis plus de 15 ans déjà. Si l'on veut éviter un recul sensible de cette puissance installée, il est nécessaire de prolonger la durée de vie des centrales nucléaires pour assurer la transition jusqu'à ce que les nouvelles générations de centrales soient prêtes à entrer en service.

INTRODUCTION

*« Attendez-vous à l'inattendu, soyez vigilants grâce aux programmes de surveillance, et si quelque chose se produit, reconnaissez-le. »**

Les centrales nucléaires sont conçues et construites dans le respect de normes de sûreté et d'efficacité très strictes qui correspondent à l'état de l'art et aux technologies disponibles à l'époque de leur mise en service. Leur conception, leur construction et leur exploitation sont soumises à des règlements et des critères d'autorisation très sévères qui intègrent d'importantes marges de sûreté et de fonctionnement. Pendant leur durée d'exploitation, d'importants programmes de surveillance et de maintenance sont suivis afin d'assurer le maintien de leurs niveaux de sûreté et de fiabilité en exploitation.

Dans les années et les décennies qui suivent la mise en service d'une centrale, la technologie fait inévitablement de nombreux progrès et l'expérience d'exploitation de la centrale et d'autres centrales similaires s'accumule. Il est donc possible de moderniser la centrale au cours de sa vie pour améliorer sa sûreté et accroître son rendement et ses performances. Ce second objectif peut notamment consister à augmenter la production d'électricité, diminuer les coûts d'exploitation et de maintenance et la consommation de combustible et améliorer la fiabilité de la centrale ce qui permet d'augmenter son facteur de charge.

Ce processus de gestion de la durée de vie d'une centrale a également pour but d'entretenir et de renouveler les systèmes, structures et composants (SSC) de la centrale afin de maximiser sa durée de vie utile. La gestion de la durée de vie d'une centrale nucléaire intègre la gestion du vieillissement, y compris l'obsolescence, et la planification économique sur la durée d'exploitation résiduelle, afin d'optimiser l'exploitation, la maintenance, la fiabilité et la durée de vie utile des SSC, de maintenir des performances acceptables et de maximiser le rendement de l'investissement, tout en assurant la sûreté. Dans ce contexte :

- *Le vieillissement* désigne le processus continu de dégradation des SSC dans des conditions normales de fonctionnement qui incluent le

* David Norfolk.

régime normal et les transitoires (les situations accidentelles et post accidentelles hypothétiques sont exclues).

- *La gestion du vieillissement* désigne les mesures d'ingénierie, d'exploitation et de maintenance visant à maintenir la dégradation des SSC par vieillissement dans des limites acceptables.
- *Le programme de gestion du vieillissement* désigne tout programme ou activité permettant de gérer efficacement les effets du vieillissement des SSC (par exemple, programme de maintenance, programme de chimie, opérations d'inspection ou de surveillance, etc.).

Il a été démontré, à la satisfaction des autorités de sûreté concernées, que de nombreuses centrales nucléaires actuellement en service pourraient être exploitées de façon efficace et sûre pendant une durée bien plus longue que celle envisagée à l'origine. Leur durée de vie pourrait probablement atteindre 50 à 60 ans dans la plupart des cas. Une telle prolongation de la durée de vie peut être définie comme la poursuite de l'exploitation de la centrale au-delà de la limite de temps initiale fixée par la conception, les normes, les autorisations et/ou les réglementations, cette poursuite de l'exploitation se justifiant par des évaluations de sûreté qui tiennent compte des processus et caractéristiques limitant la durée de vie des SSC¹.

Comme beaucoup de centrales nucléaires ont été mises en service dans les années 70 et que leur objectif de durée de vie était souvent de 30 à 40 ans à l'origine, la perspective d'une prolongation de leur durée de vie est étudiée avec un intérêt croissant. Peu de centrales nucléaires ayant été mises en service dans les années 90 ou après, une bonne partie du parc nucléaire aura 40 ans entre 2010 et 2020. Par conséquent, le succès avec lequel il sera possible de prolonger la durée de vie de ces centrales aura d'importantes répercussions sur la puissance nucléaire installée au cours de cette période.

La gestion de la durée de vie des centrales nucléaires existantes est donc essentielle dans la perspective de la prolongation de leur exploitation. Si la production électronucléaire baissait fortement dans les 10 à 15 prochaines années, il faudrait investir massivement pour remplacer les unités déclassées, ce qui aurait un impact sensible sur les marchés de l'électricité nationaux, mais aussi, plus généralement, sur les marchés des combustibles fossiles. En effet, la

1. Agence internationale de l'énergie atomique (2006), *Programme extrabudgétaire : aspects liés à la sûreté de l'exploitation à long terme – réunion du comité directeur*, IAEA-EBP-LTO-03, Standard Review Process, janvier.

demande de gaz naturel et de charbon augmenterait certainement, car la production d'électricité à partir de ces sources serait la solution de remplacement la plus probable à cette échéance. La prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires est donc une option qui pourrait permettre de limiter la demande de combustibles fossiles et les effets de leur utilisation, en particulier les émissions de CO₂.

Le Comité chargé des études techniques et économiques sur le développement de l'énergie nucléaire et le cycle du combustible (NDC) de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) a constitué un Groupe d'experts sur la gestion de la durée de vie des centrales nucléaires pour rédiger un rapport sur l'état des programmes des pays de l'OCDE dans ce domaine et sur les problèmes susceptibles d'influer sur la prolongation de l'exploitation des centrales nucléaires existantes. L'objectif de ce rapport est de faire le point de la situation actuelle, à l'intention des responsables politiques nationaux, à partir d'une approche consensuelle d'experts techniques issus de pays membres de l'AEN. Les pays ayant nommé un ou plusieurs experts sont soit des pays où des programmes de gestion de la durée de vie des centrales en vue de sa prolongation sont déjà mis en œuvre soit des pays où de tels programmes sont à l'étude soit, pour un pays, n'ayant pas de centrale nucléaire en service sur son territoire.

Il est à noter que certains préalables sont requis pour qu'un programme gestion de la durée de vie destiné à la prolonger puisse être considéré comme une option valable pour une centrale nucléaire. Il faut notamment que toutes les exigences liées à la sûreté et à la protection de l'environnement soient respectées et que la centrale puisse être exploitée de façon efficace et économique sur le marché de l'électricité actuel. Ce rapport n'examine pas ces questions en détail. Il se concentre plutôt sur les aspects spécifiques des programmes gestion de la durée de vie des centrales visant à la prolonger.

1. POTENTIEL ET VALEUR DE LA GESTION DE LA DURÉE DE VIE

1.1 Aspects de sûreté liés à la gestion de la durée de vie

La sûreté doit toujours primer dans l'exploitation d'une centrale nucléaire. Pendant toute la durée d'exploitation de la centrale, exploitants et autorités de sûreté doivent veiller constamment au maintien d'un niveau de sûreté élevé, voire à son augmentation lorsque c'est possible.

Les procédures de conception et de construction d'une centrale nucléaire incluent le respect de nombreux critères d'autorisation destinés à vérifier que la centrale mise en service respecte les niveaux de sûreté les plus élevés possibles, étant donné l'état de la technologie et des connaissances dont on dispose. Au cours de la vie de la centrale, il va de soi que des progrès technologiques et des améliorations techniques seront réalisés, par exemple en matière d'inspections en service homologuées, de systèmes de surveillance en ligne et de qualification des équipements. En outre, l'exploitation de la centrale et les échanges avec les autres exploitants de réacteurs similaires permettent d'accumuler de l'expérience.

Il est ainsi possible d'améliorer la sûreté en modernisant des systèmes ou en remplaçant des composants pendant la vie utile de la centrale. Parfois, ces adaptations peuvent être requises par les autorités de sûreté. Ainsi, après l'accident de la centrale nucléaire de Three Mile Island, la Commission de réglementation nucléaire (NRC) des États-Unis a exigé que toutes les centrales du pays mettent en œuvre certaines améliorations qui ont également été requises par des autorités de sûreté d'autres pays. Parfois, les améliorations peuvent être apportées lors de travaux de réparation et d'opérations de maintenance décidés par l'exploitant dans le cadre de ses propres programmes, y compris les améliorations faisant suite à un examen de sûreté périodique.

Les programmes de gestion de la durée de vie sont conçus pour maintenir un niveau de sûreté élevé, optimiser l'exploitation, la maintenance et la durée de vie utile des SSC et assurer des performances acceptables. L'amélioration des SSC grâce à des technologies et processus plus récents permet souvent

d'améliorer les performances et donc d'accroître les niveaux de sûreté. À titre d'exemple, les progrès considérables de l'informatique dans les dernières décennies ont permis d'équiper les centrales nucléaires de systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande avancés.

L'un des principaux objectifs de la gestion de la durée de vie est de prolonger la vie utile des centrales dans le respect des exigences de sûreté. Les centrales nucléaires actuellement en service ont souvent été conçues et construites en formulant des hypothèses très prudentes, compte tenu des connaissances de l'époque, en matière de sûreté et d'exploitation (l'expérience d'exploitation à long terme de grandes centrales nucléaires était alors minime voire nulle). Grâce à l'expérience d'exploitation acquise et à l'amélioration des techniques d'analyse bénéficiant du progrès technologique (en particulier en informatique), il a été possible de réévaluer les marges de fonctionnement, ce qui permet aujourd'hui d'envisager une prolongation de la durée de vie des centrales. Cependant, il faut rappeler que les marges de fonctionnement contribuent également à la sûreté des installations et qu'il existera toujours des incertitudes et la possibilité d'occurrence d'événements fortuits.

L'amélioration des performances d'exploitation des centrales nucléaires est un autre objectif important des programmes de gestion de la durée de vie. On peut ainsi augmenter la production d'électricité, notamment en réévaluant les marges de fonctionnement dans le respect de toutes les exigences réglementaires.

En Suède, par exemple, toutes les centrales nucléaires actuellement en service participent à un programme d'augmentation de puissance reposant sur différentes méthodes. Dans le même temps, l'autorité de sûreté *SKI* exige que la sûreté des centrales les plus anciennes (en service depuis plus de 30 ans) soit améliorée de façon à respecter des normes plus récentes en prévision d'une prolongation de leur durée de vie à 50 ans ou plus.

L'augmentation de puissance permise par les programmes de gestion de la durée de vie pourrait également rendre plus attractifs les investissements supplémentaires nécessaires pour prolonger la durée de vie utile des centrales. Cependant, pour pouvoir exploiter un réacteur à un niveau de puissance plus élevé que celui pour lequel il a initialement reçu une autorisation, il faut présenter une nouvelle demande d'autorisation auprès de l'autorité compétente ainsi qu'auprès des autorités environnementales concernées. De plus, le risque de dégradation des SSC du fait de l'augmentation de la puissance doit être évalué de manière à bien appréhender l'impact de cette augmentation de puissance avant sa mise en œuvre. Il est possible que l'augmentation de puissance accélère le vieillissement de certains composants et nécessite leur

remplacement prématuré. Pour éviter tout conflit entre l'augmentation de la puissance et la prolongation de la durée de vie utile, il sera parfois nécessaire de trouver un compromis qui devra tenir compte des facteurs économiques sans remettre en cause la primauté de la sûreté.

Dans la perspective de la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires, les principales inquiétudes en matière de sûreté concernent le petit nombre de composants critiques qui ne peuvent pas être ou qui ne seront pas remplacés. Pour pouvoir prolonger la durée de vie d'une centrale au-delà de sa durée de vie de conception, il faut démontrer que ces composants satisfont aux exigences de sûreté imposées pendant la durée de vie prolongée envisagée. Une partie importante des travaux de recherche et développement relatifs à la gestion de la durée de vie a pour objectif de maîtriser et de ralentir le processus de vieillissement de ces composants. Ce point sera approfondi dans la section 1.2 ci-après.

Par contre, certains gros matériels (en particulier les générateurs de vapeur), dont il n'était pas prévu à l'origine qu'ils soient remplacés pendant la durée de vie utile de la centrale, ont en fait dû être changés dans un grand nombre de centrales. Il a fallu mettre au point des techniques de remplacement pour les composants initialement considérés comme non remplaçables, ce qui a contribué à faciliter la rénovation des centrales en vue de la prolongation de leur durée de vie.

1.2 Limitations techniques

La très grande majorité des SSC d'une centrale peuvent être remplacés. Certains le sont de façon routinière au cours des opérations d'entretien normales. D'autres ne peuvent l'être qu'au prix d'investissements importants et d'arrêts prolongés, si bien que leur remplacement est supposé ne se produire qu'une fois (voire jamais) pendant toute la vie utile de l'installation. Dans le cadre de la gestion de la durée de vie utile, ces SSC peuvent également être classés « critiques » ou « non critiques » pour l'exploitation continue, sûre et efficace de la centrale.

Les SSC non critiques sont des éléments dont la défaillance ne présente pas de risque pour la sûreté ou la fiabilité de la centrale. Dans la plupart des cas, il suffit de les remplacer ou de les réparer lorsqu'une défaillance survient.

En revanche, les SSC critiques sont des éléments dont la défaillance mettrait en jeu la sûreté ou la fiabilité de l'installation et provoquerait un arrêt non programmé. Des programmes de maintenance préventive et prévisionnelle

sont conçus pour assurer le remplacement ou la réparation de ces SSC avant l'apparition de toute défaillance.

Cependant, il existe un petit nombre de SSC critiques essentiels dont le remplacement est jugé impossible pour des raisons techniques ou économiques : le défi technique est trop difficile à relever et/ou le remplacement serait trop coûteux à l'aune de la valeur économique résiduelle de la centrale (évaluée sur la base de la production d'électricité future). C'est le vieillissement de ces composants qui limitera finalement la durée de vie utile d'une centrale nucléaire.

Les SSC critiques comprennent généralement la cuve du réacteur et parfois également quelques structures internes de la cuve, des éléments du circuit primaire et quelques éléments structurels du système de confinement. Bien que le remplacement de certains de ces SSC soit techniquement possible, il peut ne pas être économiquement justifié pour les centrales plus anciennes.

Pour une centrale donnée, le nombre de composants dont le remplacement est jugé économiquement non viable tend à augmenter avec l'âge des installations. En effet, la viabilité d'un remplacement dépend de la durée de vie résiduelle estimée après cette opération. Quand cette durée de vie résiduelle décroît la période disponible pour récupérer l'investissement diminue et il existe un seuil au-delà duquel elle devient trop courte. Pour beaucoup de centrales, le remplacement du générateur de vapeur relève de cette catégorie.

Il convient cependant de noter que les avancées technologiques et le développement de nouvelles techniques d'ingénierie ont permis de requalifier certains composants qui avaient été jugés précédemment non remplaçables. Dans de nombreuses centrales, ces progrès ont rendu réalisable, au moins du point de vue technique, le remplacement de presque tous les composants, à l'exception de la cuve du réacteur et de certaines structures de confinement. Des différences substantielles peuvent exister à cet égard selon la conception des réacteurs.

Lorsqu'ils développent des programmes de gestion de la durée de vie, les exploitants de centrales nucléaires classent le plus souvent les SSC dans l'une des catégories décrites plus haut (non critique, critique et remplaçable ou critique et non remplaçable). Chaque catégorie nécessite une approche différente.

Pour les SSC classés dans la catégorie critique et remplaçable, les programmes de gestion de la durée de vie prévoient des études d'optimisation des procédures de maintenance et de remplacement pour s'assurer que la

centrale opère à un niveau élevé de sûreté et de fiabilité. Le cas échéant, ces études peuvent concerner la gestion du vieillissement. En général, les travaux de recherche et développement portent en priorité sur les éléments qui influent le plus directement sur la sûreté. Cependant, il est également prêté attention aux composants qui influent le plus sur la fiabilité de l'exploitation parce qu'ils agissent directement sur les facteurs de disponibilité et, par conséquent, sur les performances économiques de la centrale.

Dans le cas des SSC non remplaçables, c'est la gestion du vieillissement qui est prioritaire. L'objectif est de s'assurer que les composants continuent de respecter les normes de sûreté et de fiabilité pendant la vie utile souhaitée de la centrale. À l'évidence, le vieillissement prématuré de l'un de ces SSC présente un risque pour l'avenir de la centrale dans son ensemble.

Depuis de nombreuses années, la gestion du vieillissement des composants non remplaçables fait l'objet d'importants efforts de recherche et développement. La plupart des travaux ont été entrepris dans le cadre de programmes de coopération internationale détaillés au chapitre 5.

Un précédent rapport de l'AEN sur la gestion de la durée de vie¹ indique que les travaux de recherche et développement menés dans ce cadre portent sur les thèmes suivants :

- Maintenance préventive et corrective (par exemple, chimie de l'eau, recuit de la cuve du réacteur, remplacement des structures internes du cœur et du couvercle de la cuve du réacteur).
- Évaluation des mécanismes de vieillissement et de dégradation (par exemple, fragilisation par irradiation, effets de la corrosion, de l'érosion, de la fatigue et des contraintes, y compris effets synergiques).
- Suivi, surveillance et inspection (par exemple, suivi de la fatigue, essais non destructifs).
- Optimisation de la maintenance (par exemple, analyse de risque).

Le vieillissement des SSC critiques non remplaçables représente la limitation principale de la prolongation de la durée de vie utile d'une centrale. Lorsqu'un propriétaire/exploitant étudie la faisabilité de cette prolongation, la question cruciale est de savoir si les SSC non remplaçables (compte tenu des techniques de gestion du vieillissement existantes) resteront à l'intérieur des

1. NEA (2000), « Status Report on Nuclear Power Plant Lifetime Management », NEA/SEN/NDC(2000)6, OCDE, Paris.

marges requises de sûreté et de fiabilité d'exploitation au cours de la durée de vie prolongée envisagée.

Des études réalisées par plusieurs pays membres de l'AEN indiquent que les cuves de la plupart des modèles de réacteurs peuvent continuer à fonctionner de façon sûre pendant au moins 50 ou 60 ans. Dans quelques réacteurs à eau sous pression de type VVER, la technique du recuit a été mise en œuvre (par exemple, à Loviisa en Finlande) ou pourrait être envisagée (par exemple, pour la tranche Paks 1 en Hongrie) afin de réduire la température de transition vers la rupture fragile.

De fait, les études effectuées dans le cadre de programmes de gestion de la durée de vie dans plusieurs pays membres de l'AEN permettent de conclure que pour la plupart des types de réacteurs il n'existe aucun enjeu technique majeur connu qui puisse empêcher les centrales nucléaires existantes de fonctionner pendant une durée totale de 50 à 60 ans.

Cependant, il ne faut pas oublier qu'il est possible que des mécanismes de vieillissement inconnus, ou le développement imprévu de mécanismes de vieillissement connus, se produisent au cours de la période d'exploitation supplémentaire des centrales. Les dispositions doivent être prises en matière de marges de sûreté pour tenir compte de ces éventualités. Il convient également d'étudier avec attention l'impact des modifications des conditions d'exploitation (par exemple, l'augmentation de puissance) qui pourraient engendrer une aggravation brusque inattendue.

Les exploitants et les autorités de sûreté doivent être préparés à des évolutions de ce type et s'assurer que le suivi systématique de la dégradation des composants critiques et la réévaluation des risques associés se poursuivent tout au long de la période d'exploitation supplémentaire. Des modifications des méthodes d'inspection et d'évaluation des risques doivent également être envisagées. Les augmentations de puissance pourraient réduire les délais d'intervention en cas d'accident hors dimensionnement, ce qui pourrait nécessiter des mesures supplémentaires pour en atténuer les conséquences. Les processus de vieillissement induisant des effets cumulés et synergiques doivent être analysés avec la plus grande attention.

1.3 Implications pour les actifs nucléaires

Les centrales nucléaires ont des coûts d'exploitation et de maintenance généralement plus faibles que ceux des autres moyens de production d'électricité, mais leurs coûts d'investissement sont supérieurs. Étant donné

l'importance des capitaux immobilisés, les programmes de gestion de la durée de vie qui permettent d'augmenter la puissance des centrales nucléaires, voire de prolonger leur durée de vie utile, sont particulièrement attractifs pour les propriétaires. La gestion de la durée de vie est essentiellement un processus permettant de maximiser le retour sur l'investissement initial.

À tout moment de sa vie utile, une centrale nucléaire peut être évaluée financièrement en fonction du volume d'électricité susceptible d'être produit au cours des années d'exploitation restantes, déduction faite des coûts futurs d'exploitation, de combustible et de maintenance y compris toutes les améliorations de sûreté requises et le remplacement des équipements usés ou obsolètes. Tant que la centrale conserve une valeur positive, elle reste un actif pour ses propriétaires et son exploitation a toutes les chances de se poursuivre. Bien sûr, la prolongation de la durée de vie d'une centrale présente également des avantages plus généraux pour l'économie et la société dans le contexte d'une stratégie énergétique nationale.

Le lancement de programmes de gestion de la durée de vie dans plusieurs pays membres de l'AEN au cours des dernières années a permis d'améliorer les performances de nombreuses centrales nucléaires comme le montre l'amélioration de la disponibilité et les facteurs de charge, d'accroître la puissance et de prolonger la durée de vie utile initialement prévue. Très souvent, la valeur des actifs nucléaires s'en est trouvée fortement augmentée. Entre 1990 et 2004, la production électronucléaire mondiale est passée de 1 901 à 2 619 TWh (soit une croissance de près de 40 %). Comme l'illustre la figure 1, cette croissance est due pour 57 % à l'augmentation de la disponibilité des centrales.

Il existe actuellement 349 centrales nucléaires en service dans les pays membres de l'OCDE. La pyramide des âges de ces centrales est plutôt asymétrique. On dénombre 135 centrales (39 %) de plus de 25 ans, contre seulement 44 centrales (13 %) de 15 ans ou moins (figure 2). Cela signifie que près de la moitié des centrales existantes sont entrées en service au cours de la même décennie (les années 80) et ont aujourd'hui (en 2005) entre 16 et 25 ans d'ancienneté.

Comme les centrales les plus anciennes produisent généralement moins d'électricité que les centrales plus récentes, la situation est légèrement différente lorsqu'on étudie la pyramide des âges en fonction de la puissance installée. Sur les 315 GWe représentant la puissance installée totale du parc nucléaire actuel de l'OCDE, près de 165 GWe (53 %) sont constitués par des centrales entrées en service dans les années 80 et 99 GWe (32 %) supplémentaires par des centrales de plus de 25 ans. Seulement 15 % de la puissance nucléaire installée de l'OCDE est âgée de 15 ans ou moins (figure 3).

Figure 1. Origine de la croissance de la production électronucléaire (1990-2004)

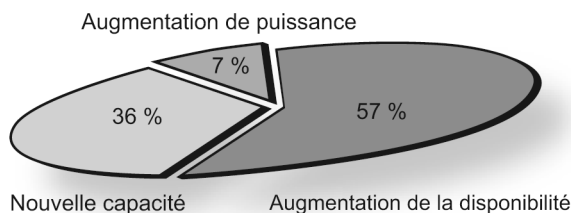


Figure 2. Nombre de réacteurs par tranche d'âge

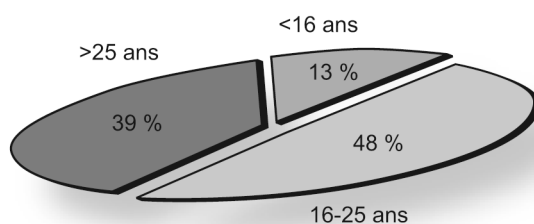
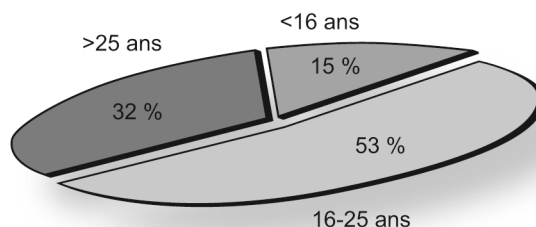


Figure 3. Puissance nucléaire installée par tranche d'âge



Dans certains pays, la situation est encore plus marquée. Ainsi, au Royaume-Uni et aux États-Unis, plus de 40 % du parc nucléaire a plus de 25 ans. En Finlande et en Suisse, les chiffres correspondants sont respectivement de 50 % et 64 %. Plusieurs pays n'ont aucune centrale nucléaire de moins de 16 ans. Parmi les principaux pays nucléaires, seuls le Japon et la Corée ont des centrales dont la pyramide des âges est relativement équilibrée. Le tableau 1 donne les chiffres pour chaque pays.

Tableau 1. Pyramide des âges des centrales nucléaires en service et de la puissance nucléaire installée des pays membres de l'OCDE (en 2006)

Pays	<16 ans		16-25 ans		>25 ans	
	Nombre de réacteurs	Puissance nette [MWe]	Nombre de réacteurs	Puissance nette [MWe]	Nombre de réacteurs	Puissance nette [MWe]
Allemagne			10	13 263	7	7 076
Belgique			4	4 037	3	1 787
Canada	2	1 762	12	8 307	4	2 530
Corée (Rép. de)	11	9 590	8	6 664	1	556
Espagne			7	7 000	1	446
États-Unis	2	2 245	46	51 296	55	44 604
Finlande					4	2 676
France	7	9 930	38	41 520	14	11 913
Hongrie			4	1 755		
Japon	16	17 003	18	15 917	21	14 673
Mexique	1	655	1	655		
Pays-Bas					1	449
Rép. Tchèque	2	1 705	4	1 663		
Royaume-Uni	1	1 188	10	5 970	12	4 694
Slovaquie	2	810	2	816	2	816
Slovénie			1	656		
Suède			4	4 209	6	4 701
Suisse			1	1 165	4	2 055
Total	44	44 888	170	164 893	135	98 976

Source : AIEA, Base de données sur les réacteurs de puissance (PRIS), mise à jour 2006.

Ces chiffres illustrent l'importance de la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires. Si l'on supposait que toutes les centrales nucléaires ont une vie utile limitée à 40 ans, un grand nombre de réacteurs devraient être déclassés dans les années 2020, ce qui entraînerait une forte diminution de la puissance nucléaire installée. Il faudrait alors lancer un vaste programme de construction de nouveaux moyens de production, nucléaires ou non, et donc procéder à des investissements énormes qui s'ajouteraient aux investissements déjà nécessaires pour répondre à la croissance de la demande d'électricité et pour remplacer les centrales thermiques classiques plus anciennes et plus polluantes.

En prolongeant la durée de vie d'une part importante du parc nucléaire, on pourra étaler le remplacement des centrales actuelles sur une période plus longue. Les investissements seront ainsi mieux échelonnés et on disposera d'un

délai supplémentaire pour concevoir des moyens de production nucléaires et non nucléaires dont le niveau technologique sera plus avancé.

Les possibilités de prolongation de la durée de vie des réacteurs varient selon les pays, principalement du fait des différences entre les filières de réacteurs et la conception des centrales. Il est plus difficile de prolonger la durée de vie de certaines centrales anciennes en raison des limitations techniques inhérentes à leur conception ou simplement en raison de leur puissance trop faible pour justifier les investissements supplémentaires requis. Le tableau 2 résume les programmes de prolongation de durée de vie et d'augmentation de puissance actuellement prévus dans certains pays de l'OCDE.

Tableau 2. Programmes et projets d'augmentation de puissance et de prolongation de la durée de vie des centrales dans certains pays de l'OCDE

Pays	Augmentation de puissance	Prolongation de la durée de vie
Allemagne	Oui	Politique de sortie progressive du nucléaire
Belgique	Oui	[Politique de sortie progressive du nucléaire]
Espagne	Achevée pour 8 tranches, augmentation de puissance de 550 MWe	Prévue, potentiellement jusqu'à 60 ans (8 tranches)
États-Unis	Continue pour de nombreuses tranches, augmentation de puissance totale de plus de 4000 MWe d'ici 2012	Prolongation de licence délivrée à 41 tranches à compter de mai 2006 pour une durée d'exploitation étendue à 60 ans
Finlande	Olkiluoto : augmentation de puissance de 18 MWe achevée en 2005 pour la tranche 2 et prévue en 2006 pour la tranche 1	Durée de vie prévue de 60 ans pour les tranches 1, 2 et 3 (EPR) d'Olkiluoto ; prolongation de la durée de vie à 50 ans prévue pour Loviisa (2 tranches)
France	Non	Durée de vie de 40 à 60 ans (58 tranches)
Hongrie	En cours pour 4 tranches, augmentation de puissance jusqu'à 150 MWe	Prévue à 50 ans (4 tranches)
Japon	Non	Durée de vie de 40 à 60 ans
Mexique	Oui	Durée de vie de 40 à 60 ans
Rép. de Corée	Oui	Durée de vie de 40 à 60 ans
Rép. slovaque	En cours pour 4 tranches, augmentation de puissance jusqu'à 220 MWe	Planifiée à 40 ans, potentiellement 60 ans (4 tranches)
Rép. tchèque	Prévue	Prévue à 40 ans, potentiellement à 60 ans (4 tranches)
Royaume-Uni	Non	Prévue à 35 ans (5 centrales) ou 30 ans (2 centrales), prolongations supplémentaires possibles.
Slovénie	Oui	Durée de vie de 40 à 60 ans
Suède	En cours pour 8 tranches, augmentation de puissance jusqu'à 1 296 MWe	Prévue, jusqu'à 60 ans ou plus (8 tranches)
Suisse	Oui	Durée de vie de 40 à 60 ans

Certaines des centrales les plus anciennes ont déjà été fermées ou devraient l'être après une durée d'exploitation de moins de 40 ans. Ainsi, le plus vieux réacteur espagnol en activité, un réacteur à eau sous pression (REP) d'une puissance d'à peine 160 MWe, a été fermé en 2006 après 38 années d'exploitation. Dans le même temps, il est prévu de porter à 60 ans la durée de vie de réacteurs espagnols plus puissants et plus récents. Ces projets ne sont pas affectés par le moratoire sur la construction de nouvelles centrales nucléaires en Espagne.

L'augmentation de puissance d'une centrale nucléaire est définie comme l'augmentation de la puissance stipulée dans l'autorisation d'exploitation. La plupart des centrales ont soit réalisé, soit prévu une augmentation de puissance. Le plus souvent, il s'agit d'un moyen économique pour produire plus d'électricité, solution intéressante dans un contexte d'augmentation des prix de l'électricité (une tendance qui devrait se poursuivre). L'augmentation de la production d'électricité d'une centrale peut être obtenue essentiellement de deux manières qui peuvent être combinées pour une même unité :

- augmentation de la puissance thermique du réacteur ; et
- amélioration du rendement de conversion de la puissance thermique par rénovation ou remplacement des principaux composants.

Les types de réacteurs conçus et exploités au Royaume-Uni ont une durée de vie prévue plus courte que celle des réacteurs à eau ordinaire. Les centrales Magnox encore en activité seront probablement arrêtées dans quelques années après quelque 40 ans d'exploitation. Les réacteurs avancés refroidis au gaz (AGR) plus récents, dont la durée de vie était estimée à seulement 25 ans à une certaine époque, devraient pouvoir être exploités pendant 35 ans. Une prolongation supplémentaire de leur durée de vie pourrait être envisagée si elle est techniquement faisable et économiquement justifiée, mais il n'existe aucune certitude à ce sujet.

Le Canada a construit des réacteurs à eau lourde de type CANDU. Bien que plusieurs centrales anciennes aient dû être fermées pour rénovation pendant de longues périodes, la remise en service réussie de certaines d'entre elles a prouvé que leur durée de vie est potentiellement au moins aussi longue que celle des réacteurs à eau ordinaire. En fait, contrairement aux réacteurs à eau ordinaire, les réacteurs CANDU ne comportent pas une cuve volumineuse non remplaçable ; techniquement, rien ne s'oppose au remplacement de tous les composants du cœur.

Dans d'autres pays, la plupart des centrales mises en service dans les années 80 sont dotées de réacteurs à eau ordinaire initialement conçus pour une

durée de vie d'environ 40 ans. Dans la majorité des cas, leur conception intègre des marges de sûreté suffisantes au niveau des principaux composants non remplaçables pour qu'il soit aujourd'hui possible d'envisager des durées de vie de 50 ou 60 ans. Par ailleurs, ces centrales ont en moyenne une puissance plus grande que celle des unités les plus anciennes. Il est donc plus facile de justifier les investissements requis pour leur maintenance et la mise aux normes nécessitée par la prolongation de leur exploitation.

Dans certains pays comme la Belgique et l'Allemagne, la prolongation de la durée de vie n'est pas une option à l'heure actuelle parce que leurs gouvernements ont adopté une stratégie de sortie du nucléaire ne résultant pas de considérations techniques relatives aux centrales nucléaires.

Les réacteurs à eau sous pression VVER-440/213 de conception soviétique, en service en Hongrie, en République slovaque et en République tchèque, étaient initialement prévus pour durer 30 ans seulement. Cependant, les analyses techniques effectuées dans ces pays indiquent qu'ils peuvent fonctionner pendant 50 à 60 ans. Ce résultat fait suite à la réalisation d'importantes mises à niveau des SSC liés à la sûreté et à l'installation de systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande perfectionnés. Une fois encore, la conception d'origine des principaux composants non remplaçables a été suffisamment prudente pour permettre une prolongation de la durée de vie. Le processus de prolongation des licences d'exploitation est déjà en cours.

Bien entendu, les concepteurs de chaque génération de centrales nucléaires ont profité de l'expérience acquise au cours de la construction et de l'exploitation des tranches de la génération précédente. Cependant, les concepteurs des nouvelles centrales ont dû attendre plus longtemps pour disposer de certains enseignements procurés par de longues périodes d'exploitation. Les quelques centrales construites au cours de la dernière décennie ont intégré certains de ces enseignements et les derniers modèles (« Génération III ») ont pu être conçus d'emblée pour une durée de vie de 60 ans. C'est le cas par exemple du réacteur européen à eau sous pression (EPR) de 1600 MWe, dont le premier exemplaire est actuellement en construction en Finlande pour une mise en service prévue en 2009 et le second a fait l'objet d'une décision préliminaire de construction à Flamanville en France.

Les durées de vie de conception ont pu être prolongées grâce à l'amélioration de la conception, de la sélection et de l'élaboration des matériaux, et des techniques de fabrication des SSC majeurs (en particulier les composants non remplaçables). La conception et les plans des centrales ont également été perfectionnés pour réduire l'impact des effets du vieillissement, comme la corrosion, la fatigue, la fragilisation par irradiation neutronique et le vieillissement.

sement thermique, et pour faciliter la maintenance et l'éventuel remplacement des SSC.

Les concepts de réacteurs futurs, étudié dans le cadre de projets comme le Forum International Génération IV et le Projet international sur les réacteurs et les cycles du combustible innovants (INPRO), sont la plupart du temps radicalement différents des modèles actuels. Bien que cela puisse signifier qu'il est plus difficile d'exploiter l'expérience acquise grâce à l'exploitation des centrales actuelles, ces concepts offrent de nouvelles opportunités d'éliminer certains des impacts du vieillissement dès la phase de conception, afin de maximiser la durée de vie de conception. Par exemple, ils permettent d'éviter tout emploi de composant non remplaçable, ce qui signifie que la centrale entière peut être progressivement rénovée si nécessaire tout au long de sa vie.

Dans la perspective du développement à long terme des programmes électronucléaires, la prolongation de la durée de vie du parc nucléaire en service a un rôle essentiel à jouer pour maintenir la place du nucléaire dans la production d'électricité totale de nombreux pays. Les tranches de la Génération III en étant au tout début de leur construction et ne pouvant probablement pas représenter une capacité importante tant que les centrales têtes de série ne seront pas entrées en service, il faudra attendre 20 à 30 ans avant que cette génération de centrales contribuent de façon significative la production électronucléaire. Les centrales existantes devront donc continuer à fonctionner pendant une période prolongée si l'on n'envisage pas de les remplacer par d'autres moyens de production ou par de mesures d'économie d'énergie, et si l'on veut maintenir voire augmenter les potentialités et capacités de l'industrie nucléaire pour les générations futures.

2. FACTEURS DÉCISIFS POUR LA GESTION DE LA DURÉE DE VIE DES CENTRALES

2.1 Incitations économiques

Pour les propriétaires de centrales nucléaires, les considérations économiques seront vraisemblablement un facteur clé dans la décision de mettre en œuvre des programmes de gestion de la durée de vie. Une centrale nucléaire représente un très lourd investissement à amortir sur le long terme, compensé par un coût du combustible relativement faible et stable. Pour maximiser le retour sur investissement, la centrale doit être exploitée en toute sûreté et aussi efficacement que possible tout au long de sa vie utile. Elle doit non seulement respecter toutes les contraintes de sûreté et tous les critères de délivrance de l'autorisation d'exploitation, mais également avoir un facteur de disponibilité élevé.

Les coûts d'exploitation et de maintenance habituels d'une centrale couvrent les opérations de réparation et de maintenance de routine des SSC. Les activités de gestion de la durée de vie pour sa prolongation vont au-delà : elles visent à prolonger la période d'exploitation de la centrale, mais elles ont aussi d'autres objectifs, comme l'augmentation de la puissance, l'amélioration de la sûreté, l'accroissement du rendement, etc. Les coûts de ces activités peuvent donc être considérés comme un nouvel investissement dans la centrale.

Comme tous les investissements, les coûts des opérations de gestion de la durée de vie font l'objet d'analyses économiques pour vérifier qu'ils procureront aux investisseurs un retour suffisant. En d'autres termes, le gain tiré du surcroît de production d'électricité par rapport à un scénario de statu quo doit être suffisant pour justifier l'investissement.

Cette analyse économique peut être complexe et elle dépend de nombreux facteurs, dont certains sont difficiles à prédire et hors du contrôle du propriétaire de la centrale. L'incertitude principale concerne sans doute le prix futur de l'électricité qui dépend lui-même de plusieurs facteurs comme l'équilibre entre l'offre et la demande et les coûts de production des autres filières liés essentiellement aux prix futurs des combustibles fossiles.

Cependant, la demande d'électricité étant appelée à augmenter dans les pays de l'OCDE et la construction de nouvelles centrales électriques de grande puissance engendrant coûts et incertitudes, il est très probable que les futures conditions des marchés de l'électricité de la plupart des pays de l'OCDE rendront économiquement avantageuse la prolongation de la durée de vie des centrales existantes.

De plus, selon les données de nombreuses études des activités PLIM réalisées dans plusieurs pays de l'OCDE, les investissements nécessaires pour prolonger la durée de vie d'une centrale sont modestes par rapport aux coûts de construction d'une nouvelle centrale. Étant donné que les capitaux initialement investis dans la centrale ont généralement été amortis à l'issue de la durée de vie fixée à la conception, la prolongation de l'exploitation est économiquement attractive dans la plupart des cas, même si certains investissements supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la centrale. Dans le cas de la centrale hongroise de Paks, par exemple, les calculs indiquent que sur la période de prolongation d'exploitation prévue, le profit escompté par les propriétaires devrait être égal à 4.4 fois la valeur du capital initial investi.

De fait, on a pu constater dans de nombreux cas que la préparation d'une éventuelle prolongation de la vie utile n'engendre pas des coûts très supérieurs à ceux qu'il faudrait de toute façon engager pour améliorer la centrale pendant sa durée de vie initialement prévue. L'emploi de technologies et de matériaux de meilleure qualité que ceux dont on disposait il y a 20 ans et plus, à l'époque de la construction des centrales, peut rendre les systèmes rénovés plus performants que les systèmes d'origine, et peut prolonger leur durée de vie.

Cette observation est d'autant plus vraie lorsqu'on améliore les SSC dans le but d'augmenter la puissance des réacteurs. L'investissement dans ce type de rénovation est généralement justifié par le surcroît de production sur la durée de vie de conception. Or, ces rénovations ont également pour effet de prolonger la durée de vie potentielle des installations, pour un coût supplémentaire minime, voire nul.

Au cours de la vie d'une centrale, d'autres améliorations peuvent s'avérer nécessaires pour d'autres raisons, par exemple pour améliorer la sûreté ou pour remplacer des équipements obsolètes. Les propriétaires d'une centrale peuvent profiter de ces améliorations pour planifier une prolongation de la durée de vie en s'assurant que les nouveaux SSC répondent aux exigences d'une exploitation prolongée.

Un autre facteur économique important à prendre en compte lorsqu'on met en œuvre un programme de gestion de la durée de vie est le coût des opérations

de démantèlement et de gestion des déchets réalisées à la fin de la vie de la centrale, après son déclassement. La prolongation de la durée de vie augmente la production de déchets d'exploitation et de déchets de démantèlement puisque les composants structurels seront irradiés pendant une durée supérieure. Cependant, les coûts annuels d'alimentation du fonds destiné au démantèlement des centrales seront réduits s'ils sont comptabilisés sur une période plus longue de 10 à 20 ans.

Les coûts de fin de vie sont non seulement reportés, ce qui est déjà un avantage en terme de coût moyen actualisé, mais également l'accumulation des fonds pour les financer est répartie sur une période d'exploitation plus longue, donc sur une production d'électricité accrue, ce qui réduit d'autant les coûts par kWh. En outre, les avancées technologiques réalisées au cours de la durée de vie supplémentaire de la centrale sont susceptibles de réduire les coûts de démantèlement, et on dispose de plus de délai pour développer des installations et techniques de gestion des déchets, bien que cet avantage puisse être en partie contrebalancé par le renforcement des exigences réglementaires.

En Hongrie par exemple, une fois autorisée la prolongation de la durée de vie des tranches de la centrale de Paks, les provisions pour démantèlement par kWh seront réduites. Le bilan économique de la centrale sera donc nettement meilleur et certains des bénéfices seront immédiats.

2.2 Sécurité de l'approvisionnement en énergie

La prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires se justifie non seulement sur le plan économique, mais également sur le plan de la sécurité de l'approvisionnement en énergie. Les programmes de gestion de la durée de vie sont conçus avant tout pour maintenir et améliorer la fiabilité des centrales, ce qui permet de renforcer la fiabilité et la sécurité du réseau électrique dans son ensemble.

À plus long terme, un programme PLIM peut apporter la garantie raisonnable que l'exploitation d'une centrale pourra être poursuivie pendant une durée prolongée. Il est alors inutile de planifier la construction d'un nouveau moyen de production qui aurait été inévitable dans le cas contraire. La construction de nouvelles unités est généralement plus longue et plus coûteuse que la prolongation de la vie des tranches existantes.

Par ailleurs, les programmes de gestion de la durée de vie des centrales nucléaires favorisent la diversité de l'approvisionnement en énergie. Étant donné que les centrales nucléaires fonctionnent normalement en base, tout

moyen de remplacement doit se prêter à ce mode d'exploitation. Les sources de production intermittentes ne peuvent donc pas se substituer au nucléaire parce qu'elles nécessiteraient des réserves de capacité coûteuses. Comme il n'existe actuellement que peu d'options pour la fourniture d'énergie en base – principalement les centrales à charbon, à gaz ou nucléaires – la fermeture d'une centrale nucléaire risque d'accroître la dépendance à l'égard du charbon et/ou du gaz et, dans de nombreux cas, d'appauvrir la diversité des sources d'énergie.

Il est également important de s'intéresser à la distribution géographique des centrales au sein du réseau de transport, à la fois à l'intérieur de chaque pays et dans un ensemble de pays voisins interconnectés. D'importants déséquilibres risquent d'apparaître si des centrales nucléaires sont fermées et remplacées par des moyens de production implantés dans une autre région. Il pourrait alors s'avérer nécessaire d'investir lourdement dans de nouvelles capacités de transport, ce qui pourrait avoir un impact sur l'environnement et accroître les pertes en ligne.

Dans les pays où le marché de l'électricité a été libéralisé, la responsabilité de la sécurité de l'approvisionnement n'incombe généralement pas aux producteurs d'électricité. Cependant, la sécurité de l'approvisionnement reste un problème d'envergure pour les responsables de la politique énergétique. Elle incite fortement les pouvoirs publics à encourager la poursuite d'objectifs de gestion de la durée de vie majeurs, comme l'augmentation de puissance ou la prolongation de la durée de vie.

Dans les autres pays, les entreprises d'électricité peuvent être soumises à des obligations contractuelles ou réglementaires de fourniture. Étant donné que le remplacement d'une tranche nucléaire peut prendre plusieurs années, même en l'absence des obligations réglementaires susmentionnées, la fermeture de centrales sans les remplacer par une capacité de production nucléaire équivalente représenterait une perte d'opportunité vis-à-vis du marché et pourrait faciliter l'entrée de concurrents, notamment des producteurs des pays voisins, sur le marché.

Du point de vue de la politique énergétique, le maintien de la part du nucléaire dans la production d'électricité est souvent un objectif souhaitable pour des raisons liées à la sécurité de l'approvisionnement et à la diversification des sources d'énergie. Cependant, la décision d'investir dans une nouvelle capacité de production électronucléaire est presque toujours difficile et controversée. L'alternative principale à la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires consiste souvent à augmenter la consommation de combustibles fossiles importés, ce qui pénalise clairement la sécurité d'approvisionnement. Qui plus est, les obstacles politiques rencontrés dans certains pays lorsque la

construction d'une nouvelle unité de production de grande puissance, de quelque type que ce soit, est envisagée peuvent rendre cette option elle aussi difficile à appliquer. Le résultat le plus prévisible est alors l'augmentation de la dépendance vis-à-vis des importations d'électricité.

2.3 Considérations environnementales

Depuis quelques années déjà, les considérations environnementales jouent un rôle important dans les prises de décision politiques à propos de l'énergie. À titre d'exemple, au cours de ces dernières années, les inquiétudes de plus en plus répandues à propos des pluies acides et de la pollution ont entraîné de nombreux pays à privilégier les centrales au gaz au détriment des centrales au charbon. Cette tendance a permis de freiner l'augmentation des émissions de dioxyde de carbone.

Bien que leur puissance installée ait relativement peu augmenté au cours de ces dernières années, les centrales nucléaires continuent d'assurer une part importante de la production d'électricité dans plusieurs pays. À mesure qu'elles approchent de la fin de leur durée de vie de conception, la perspective de leur remplacement par des centrales brûlant des combustibles fossiles soulève des inquiétudes à cause de leur impact sur l'environnement en particulier, l'impact sur les émissions de dioxyde de carbone.

Du point de vue de la politique énergétique globale, l'augmentation de la puissance des centrales existantes et/ou la poursuite de leur exploitation au-delà de la durée initialement prévue présentent d'importants avantages sur le plan environnemental. Si les centrales nucléaires actuelles étaient fermées et remplacées par de nouvelles centrales aux combustibles fossiles, cela entraînerait une augmentation des émissions de polluants atmosphériques et de dioxyde de carbone. Dans cette perspective, la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires existantes réduit au minimum certains effets irréversibles et à long terme de la production d'énergie sur l'environnement.

La majeure partie des centrales nucléaires existantes sont effectivement prises en compte dans le calcul de la valeur de référence de 1990 par rapport à laquelle on évalue l'évolution des émissions de dioxyde de carbone dans la plupart des pays de l'OCDE. De ce fait, la fermeture de ces centrales et leur remplacement par des centrales émettant du dioxyde de carbone conduiraient inévitablement à augmenter les émissions par rapport à la valeur de référence. Lorsqu'il n'est pas envisagé de construire de nouvelles centrales nucléaires, au moins dans les quelques années à venir, la prolongation de la durée de vie des réacteurs existants est le moyen d'éviter cette augmentation des émissions.

Les politiques nationales relatives aux émissions de dioxyde de carbone concernent principalement les pouvoirs publics et non les propriétaires ou les exploitants de centrales nucléaires. Cependant, les pouvoirs publics peuvent chercher à atteindre leurs objectifs politiques en la matière en fournissant des incitations financières aux exploitants des centrales afin d'éviter la hausse des émissions, par exemple en mettant en place des systèmes de droits d'émission négociables. Ces mécanismes pourraient modifier profondément l'économie de la production d'électricité au profit de sources émettant peu ou pas de carbone comme les centrales nucléaires et fournir ainsi une incitation à la prolongation de la durée de vie de ces centrales.

Dans tous les cas, les avantages environnementaux des programmes de gestion visant à prolonger la durée de vie des centrales nucléaires peuvent contribuer à renforcer l'adhésion des gouvernements et du public à ces programmes. Les compagnies d'électricité d'un certain nombre de pays considèrent que les considérations environnementales sont, dans une perspective nationale, l'une des motivations des programmes de gestion en vue de la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires.

À une échelle plus locale, la prolongation de la durée de vie et l'exploitation plus efficace des centrales nucléaires grâce aux programmes de gestion de la durée de vie peuvent permettre d'éviter les impacts environnementaux que la construction d'un nouveau moyen de production engendre inévitablement. Parmi ces effets négatifs figurent la perte de terres agricoles pour libérer un site d'implantation, ainsi que les perturbations et les problèmes d'utilisation des ressources liés à ce type de grand projet.

2.4 Facteurs sociaux

Comme toutes les grandes installations industrielles, les centrales nucléaires établies depuis longtemps entretiennent d'étroites relations avec la collectivité locale. En tant que gros employeur, elles contribuent souvent pour une large part à l'économie locale et elles soutiennent aussi directement les activités et programmes de la collectivité locale. Parfois, les avantages peuvent s'étendre à la région, voire au pays tout entier.

Ainsi, la fermeture d'une centrale nucléaire peut avoir des répercussions négatives importantes au niveau local. Après un pic d'activité transitoire dû aux opérations de déclassement, on risque d'assister à l'augmentation du taux de chômage local et à l'exode de la population qui entraîneront une réduction correspondante de l'activité économique locale. Un programme de gestion de la durée de vie destiné à prolonger l'exploitation d'une centrale peut permettre d'éviter aux localités concernées de subir de tels effets négatifs.

3. PROCESSUS DÉCISIONNEL

3.1 Propriétaires de centrales et industrie

Comme noté plus haut, un propriétaire de centrales nucléaires qui envisage de réaliser un programme de gestion et de prolongation de la durée d'exploitation de son parc a pour motivation première d'améliorer la rentabilité des capitaux investis. Quand une compagnie d'électricité exploite une centrale nucléaire sur un marché concurrentiel, l'intérêt économique du programme doit être apprécié en fonction des perspectives du marché de l'électricité sur la période considérée. L'évaluation doit aussi tenir compte de la position des pouvoirs publics et des autorités de sûreté à l'égard de la prolongation de la durée de vie, notamment par rapport au délai nécessaire pour concrétiser le retour sur investissement.

Tout investissement supplémentaire nécessaire pour atteindre des objectifs comme l'augmentation de puissance ou la prolongation de la durée de vie doit faire l'objet d'une étude de cas. Il s'agit notamment de comparer les risques et les avantages de cet investissement par rapport à un investissement dans un autre moyen de production. Pour pouvoir attirer des investisseurs externes, il faudra, le cas échéant, que l'équilibre entre les risques et les avantages soit comparable à celui d'investissements effectués dans d'autres secteurs de l'économie.

La procédure suivie varie d'une compagnie d'électricité à l'autre, mais elle comprend essentiellement une série d'études destinées à examiner la faisabilité technique des activités de gestion de la durée de vie, leurs coûts prévus et les avantages économiques pour l'entreprise. Les avantages macroéconomiques pour la collectivité, l'environnement et la sécurité de l'approvisionnement doivent également être pris en compte. Dans ce cadre, les propriétaires de centrales doivent envisager une série de scénarios crédibles pour les futurs prix de l'électricité et d'autres facteurs. Ils seront ainsi mieux en mesure d'apprécier si l'économie générale du projet justifie les investissements requis.

Ces études sont souvent réalisées sur une période relativement longue, couvrant la majeure partie de la durée de vie utile de la centrale. Le processus

décisionnel ressemble donc plus à une démarche pas à pas qu'à une décision unique. À chaque étape, on étudie l'impact de tous les programmes de réparation, de maintenance et d'amélioration des SSC sur les objectifs généraux de gestion de la durée de vie. Dans certains cas, ces études sont confiées à une unité organisationnelle interne spécialisée dans la gestion de la durée de vie des centrales.

En France, par exemple, un programme spécial est consacré à l'étude de tous les aspects du vieillissement et de la durée de vie des composants. Tous les composants sont analysés en fonction des mécanismes de vieillissement connus ou escomptés, en tenant compte des procédures de maintenance existantes et de leur importance pour la sûreté et la fiabilité d'exploitation. Ils sont alors classés par ordre de priorité en vue d'examens complémentaires comme l'identification des facteurs de risque et la comparaison avec l'expérience internationale. Ces études sont utilisées pour décider si le programme de maintenance doit être modifié, s'il faut planifier le remplacement d'un composant ou si le niveau actuel de maintenance est suffisant. D'autres pays adoptent une démarche similaire. Le processus décisionnel est facilité lorsque, comme c'est le cas en France, les centrales nucléaires ont été construites selon une conception normalisée avec des composants communs.

Bien souvent, des actions comme l'amélioration des procédures de maintenance ou la modernisation des systèmes sont intrinsèquement attractives parce qu'elles procurent des avantages immédiats en termes de performances et/ou de sûreté. Elles peuvent aussi s'imposer pour garantir l'exploitation sûre et efficace de la centrale pour le restant de sa vie utile programmée. Par exemple, des études suédoises ont montré que, pour un coût supplémentaire minime, voire nul, les investissements dans l'exploitation et la maintenance et dans la modernisation qu'il faut effectuer pendant la durée de vie programmée de la centrale servent également à préparer le terrain pour une prolongation de la durée de vie. Dans certains pays comme la Hongrie, la République slovaque et la République tchèque des améliorations de la sûreté ont été apportées à d'anciennes centrales, c'est-à-dire que des SSC ont été remplacés, améliorés ou nouvellement installés, ce qui est un pas important vers une prolongation de la durée de vie de ces unités.

Les mesures de gestion de la durée de vie permettent aux compagnies d'électricité de se réserver des options pour l'avenir sans s'engager trop avant dans des projets de prolongation de durée de vie. Autrement dit, elles peuvent planifier une éventuelle prolongation de la durée de vie et veiller à ce que les procédures de maintenance et les améliorations requises soient compatibles avec cet objectif, tout en repoussant la décision définitive jusqu'au moment où certaines des incertitudes seront levées. Cette approche est particulièrement

judicieuse lorsque l'autorisation de prolongation de l'exploitation au-delà d'une durée déterminée est subordonnée à une décision politique, comme c'est le cas, par exemple, en Allemagne et en Belgique. Cela dit, les exploitants auront besoin d'un délai suffisant avant la date de fermeture normalement programmée pour s'assurer que les investissements nécessaires à la prolongation de la durée de vie peuvent être poursuivis.

En général, les coûts directs supplémentaires des activités de gestion de la durée de vie ne sont que marginalement supérieurs aux dépenses nécessaires pour assurer la poursuite de l'exploitation efficace de la centrale. De plus, les avantages d'un projet de modernisation d'une centrale peuvent constituer une raison économique supplémentaire pour justifier un tel investissement. Ainsi, certaines centrales peuvent être améliorées même si les bénéfices calculés sur la seule durée de vie de conception ne permettent pas de justifier les coûts encourus.

3.2 Pouvoirs publics

Les décisions importantes concernant des sujets comme la prolongation de la durée de vie ou l'augmentation de la puissance d'une centrale nucléaire impliqueront toujours, à un stade ou un autre, l'intervention des pouvoirs publics. Le degré d'intervention des pouvoirs publics varie d'un pays à un autre en fonction de la politique électronucléaire du pays concerné.

La prolongation de la durée de vie des centrales a des répercussions sur l'ensemble de la politique énergétique d'un pays. Lorsque l'énergie nucléaire fournit une grande partie de la production totale d'électricité, la perspective d'une prolongation de la durée d'exploitation de la plupart des réacteurs au-delà de la durée initialement prévue a à l'évidence des implications majeures pour l'avenir de la sécurité de l'approvisionnement et, donc, pour les décisions sur les investissements dans de nouvelles capacités de production.

Par ailleurs, les pouvoirs publics sont certainement conscients de l'incidence que la fermeture des centrales nucléaires en activité et leur remplacement par des centrales à combustibles fossiles auraient sur les émissions de dioxyde de carbone. Dans le même temps, l'expérience nous apprend que la décision de ne pas s'opposer à la prolongation de l'exploitation d'une centrale nucléaire est souvent plus facile à prendre, sur le plan politique, que la décision de construire une nouvelle unité de production nucléaire ou non.

La situation est similaire, à une moindre échelle, pour l'augmentation de la puissance des centrales nucléaires en activité. En Suède, où deux centrales ont

été fermées prématurément suite à des décisions politiques, le gouvernement autorise néanmoins les programmes visant à augmenter la puissance des centrales restantes, ce qui permet de compenser la perte de capacité due aux fermetures. Il a également choisi de ne pas renouveler des dispositions légales antérieures qui avaient conduit à la sortie du nucléaire d'ici 2010. Cette décision a permis aux compagnies d'électricité de prévoir des prolongations de durée de vie qui ne seraient pas soumises à une décision des pouvoirs publics. Cependant, une taxe spécifique sur les centrales nucléaires continue d'être appliquée en Suède et elle contribue à décourager les investissements dans l'amélioration des centrales existantes.

Dans les pays comme l'Allemagne et la Belgique, où les responsables politiques ont décidé de limiter la vie des centrales nucléaires existantes, cette politique devrait bien évidemment changer pour que des décisions fermes puissent être prises à propos d'éventuelles prolongations de durée de vie. Dans ce type de situation, les compagnies d'électricité ne peuvent que prendre les mesures nécessaires pour que l'option de la prolongation de la durée de vie reste ouverte, au cas où un changement de politique interviendrait dans l'avenir. Dans ce contexte, il convient de noter que les décisions politiques sur la sortie du nucléaire sont généralement réexaminées si aucune solution de substitution remplissant les objectifs de protection de l'environnement et de sécurité d'approvisionnement n'est disponible.

3.3 Cadre réglementaire et autorisations d'exploitation

L'existence d'une procédure réglementaire claire et prévisible est un préalable important pour la réalisation de tout projet de gestion de la durée de vie. Les propriétaires qui envisagent d'investir dans des opérations de rénovation de leurs centrales doivent avoir l'assurance raisonnable que leurs efforts pour prolonger la durée de vie de leur parc seront couronnés de succès. En général, la démarche suivie consiste à organiser des consultations entre la compagnie d'électricité exploitante – titulaire de l'autorisation – et l'autorité de sûreté à chaque étape du processus.

Il existe plusieurs approches de base différentes pour délivrer une autorisation d'exploitation à une centrale nucléaire. Dans certains pays, les autorisations d'exploitation ont une durée limitée, tandis que dans d'autres, leur validité est illimitée, sous réserve de contrôles périodiques. Dans d'autres cas, les centrales sont exploitées dans le cadre d'une série d'autorisations à court terme renouvelées de façon périodique. La démarche réglementaire relative à la prolongation de la durée de vie sera différente dans chacun des cas ci-dessus.

Aux États-unis, par exemple, les centrales nucléaires reçoivent au départ une licence d'exploitation pour une durée de 40 ans. La NRC a établi une procédure claire pour examiner les demandes de prolongation d'exploitation pendant une période pouvant aller jusqu'à 20 ans. Cette procédure s'est déjà révélée un succès : 41 centrales ont bénéficié d'une autorisation de prolongation de leur activité, 10 autres avaient déposé une demande en mai 2006 et de nombreuses autres ont fait part de leur intention de déposer elles aussi une demande. Au final, la majorité des centrales nucléaires américaines demanderont probablement le renouvellement de leur licence d'exploitation. Les critères de sélection les plus couramment utilisés pour apprécier une demande de prolongation de l'autorisation d'exploitation sont décrits dans les réglementations américaines, notamment les suivantes :

- Licence Renewal Rule (10CFR54)¹ ;
- *Maintenance Rule* (10CFR50.65)² ;
- Rapport GALL (*Generic Ageing Lessons Learned*) de la NRC (NUREG-1801)³ ;
- Principes directeurs de l'industrie (NEI 95-10)⁴.

Dans quelques autres pays, les centrales nucléaires n'ont pas de durée de vie utile prédéterminée. Elles peuvent avoir une durée de vie économique supposée, nécessaire pour déterminer leur valeur dans les comptes de la compagnie d'électricité ou de la société exploitante, ou une durée de vie de conception nominale. En matière d'autorisations, une centrale détient une autorisation d'exploitation (ou bénéficie d'une autorisation régulièrement renouvelée) aussi longtemps qu'elle remplit l'ensemble des critères de sûreté requis. Ces critères peuvent en revanche évoluer au fil du temps, d'où la

-
1. US NRC (1995), « Requirements for Renewal of Operating License for Nuclear Power Plants », 10 CFR Part 54, Washington, DC, États-Unis.
 2. US NRC (1996), « Requirements for monitoring the effectiveness of maintenance at nuclear power plants », 10 CFR 50.65, Washington, DC, États-Unis.
 3. US NRC (2001), « Generic Ageing Lessons Learned (GALL) report », NUREG-1801, Office of Nuclear Reactors Regulation, Washington, DC, États-Unis.
 4. NEI (2001), « Industry Guideline for Implementing the Requirements of 10 CFR PART 54 – The License Renewal Rule », NEI 95-10 (REV. 3) (Mars), États-Unis.

nécessité de remettre à niveau les SSC importants pour la sûreté au cours de la vie de la centrale⁵.

Dans une telle situation, la prolongation de la durée de vie relève d'une décision prise par la compagnie d'électricité en fonction de l'évaluation économique et technique de la centrale, et non d'une procédure ponctuelle de délivrance formelle d'une autorisation d'exploitation. C'est le cas en Suède et au Royaume-Uni, par exemple. En fait, une centrale est considérée comme ayant atteint la fin de sa vie lorsqu'il n'est plus réaliste, d'un point de vue technique ou économique, de continuer à la maintenir en conformité avec les exigences réglementaires.

Cependant, les autorités de sûreté sont systématiquement associées aux examens de sûreté périodiques des centrales, qui ont généralement lieu tous les 10 ans, et les exploitants déterminent en étroite consultation avec elles les étapes nécessaires pour que les centrales continuent de respecter les exigences de sûreté au fil des ans. Dans certains pays comme l'Espagne, la Hongrie et la République de Corée, l'examen de sûreté périodique constitue également un contrôle formel de l'autorisation d'exploitation. Certaines autorités de sûreté (par exemple, en Espagne et en République tchèque) élaborent des directives qui spécifient les exigences à respecter pour la prolongation de la durée de vie des centrales. Dans le cas de l'Espagne, ces exigences seront basées sur l'expérience d'exploitation de la centrale Santa Maria de Garoña.

La diversité des régimes d'autorisation en vigueur dans les différents pays peut être un frein à la normalisation des procédures d'autorisation ou de renouvellement de licence applicables à la prolongation de l'exploitation. Cependant, la coopération étroite et les importants échanges d'information entre autorités de sûreté devraient aboutir à une certaine harmonisation des normes pour des centrales de conception similaire. Il semblerait peu justifié d'appliquer des normes très différentes à deux centrales de conception et de fabrication semblables pour la simple raison qu'elles se trouvent dans deux pays différents.

Quand les centrales doivent faire l'objet d'importantes rénovations et/ou modifications, comme le remplacement d'un générateur de vapeur, par exemple, ou d'une augmentation de puissance, les exigences réglementaires sont différentes. Dans certains cas, une autorisation spéciale est requise, tandis que dans d'autres, l'autorisation d'exploitation en vigueur doit être modifiée. Ces activités de gestion des autorisations obéissent généralement à des procédures

5. Agence internationale de l'énergie atomique (2003), « Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants », Safety Guide No. NS-G-2.10, AIEA, Vienne.

établies qui ne sont pas spécifiques aux modifications associées à la gestion de la durée de vie.

Outre les exigences réglementaires et les procédures d'autorisation d'exploitation propres au secteur nucléaire, les centrales nucléaires sont également soumises à d'autres réglementations, notamment dans le domaine de l'environnement. Il se peut que ces réglementations deviennent elles aussi de plus en plus strictes au cours du temps, ce qui pourrait entraîner une augmentation des coûts de mise en conformité.

3.4 Considérations relatives à l'acceptation du public

Lorsqu'il est prévu de modifier profondément certains aspects de l'exploitation d'une centrale, et en particulier lorsque ces aménagements conduisent à modifier l'autorisation d'exploitation, il est généralement nécessaire de lancer une procédure de consultation de la population, sous une forme ou sous une autre. Cette procédure se déroule conformément aux règles juridiques prévues par les procédures de délivrance des autorisations.

Dans la majorité des cas, les programmes de gestion de la durée de vie en eux-mêmes ne sont soumis à aucune exigence de consultation publique formelle. Cependant, les centrales nucléaires en activité disposent invariablement de plans de communication à destination de la population locale. La communication sur les programmes et les décisions liés à la gestion de la durée de vie des centrales entre dans ce cadre.

Les centrales nucléaires sont généralement bien acceptées par la majorité de la population environnante. Elles sont souvent l'un des principaux employeurs locaux et elles contribuent grandement à l'économie locale. Parfois, elles jouent aussi un rôle plus large à l'échelle de la collectivité, par exemple en parrainant des activités ou des organisations.

L'expérience acquise dans plusieurs pays montre que, la plupart du temps, la population locale est favorable aux projets de prolongation de l'exploitation parce que ces projets perpétuent les avantages que la présence de la centrale lui procurent. À cet égard, il est très important que le public ait été témoin du fonctionnement sûr de la centrale en permanence.

Néanmoins, les décisions majeures sur l'avenir d'une centrale, comme l'augmentation de sa puissance ou la prolongation de son exploitation, peuvent soulever des inquiétudes parmi le public qui peut se demander notamment si la centrale restera toujours aussi sûre en vieillissant. Il faut répondre à ces

inquiétudes en fournissant au public des informations précises sur les activités de gestion de la durée de vie afin de permettre un débat éclairé sur la bonne gestion du vieillissement. Ce débat doit être organisé dans un cadre réglementaire approprié.

Quant à la population nationale et, dans certains cas, à celle des pays voisins, l'expérience montre qu'elle est beaucoup moins sensible à la poursuite de l'exploitation d'une centrale en activité qu'à un projet de construction d'une nouvelle centrale. Si une centrale fonctionne manifestement de façon sûre et efficace, l'opposition du public à la poursuite de son exploitation devrait être limitée.

4. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA GESTION DES RESSOURCES

4.1 Gestion du combustible nucléaire et des déchets

Comme pour tout investissement dans une unité de production électro-nucléaire, la prolongation de la durée de vie d'une centrale nécessite d'analyser les besoins en combustible nucléaire et sa disponibilité probable pendant la période d'exploitation supplémentaire. La rentabilité économique du projet dépend en partie de l'estimation des coûts du combustible nucléaire pendant la durée d'exploitation résiduelle.

La situation est moins problématique lorsqu'il s'agit de prolonger la durée de vie que lorsqu'il s'agit de construire un nouveau réacteur car les échelles de temps sont de 10 à 20 ans au lieu de 40 à 60 ans. Cependant, le coût et la disponibilité du combustible nucléaire n'en sont pas moins des facteurs essentiels.

Alors que la plupart des étapes du cycle du combustible nucléaire sont génériques et que leurs coûts sont similaires quel que soit le type de centrale, la fabrication du combustible donne parfois lieu à des différences. La situation peut être problématique lorsqu'il n'existe qu'un seul fournisseur sur le marché et/ou que le type de combustible alimentant la centrale est unique ou inhabituel. Dans ce cas, il peut s'avérer nécessaire de vérifier que les installations de fabrication du combustible pourront fonctionner pendant toute la durée de la prolongation de l'exploitation envisagée et de calculer les investissements supplémentaires éventuellement requis.

Cependant, en règle générale, les programmes de gestion de la durée de vie visent à améliorer les performances des réacteurs dans l'utilisation du combustible et à réduire la consommation spécifique d'uranium et les services du cycle du combustible, ce qui procure des avantages économiques importants pour l'exploitant et donne un argument supplémentaire en faveur de la prolongation de la durée de vie.

La prolongation de l'exploitation d'une centrale nucléaire entraîne inévitablement une production de déchets radioactifs et de combustible usé plus grande que si la centrale avait été fermée dans les délais initialement prévus. Cependant, à l'échelon national, ces déchets additionnels doivent être comparés à ceux issus d'une production d'électricité équivalente à partir de centrales nouvelles, nucléaires ou non, et de leurs autres impacts sur l'environnement.

Lorsque l'on envisage d'améliorer une centrale dans le cadre d'un programme de gestion de la durée de vie, l'un des facteurs importants à prendre en compte est la réduction de la production spécifique (par kWh) de déchets et de combustible usé. Cet objectif peut être atteint en améliorant les systèmes de traitement du combustible usé ainsi que la conception et l'utilisation du combustible.

Par ailleurs, le processus de démantèlement d'une centrale déclassée produit inévitablement d'importants volumes de déchets de faible et moyenne activité. En prolongeant l'exploitation de la centrale, on diffère la production des déchets de déclassement, ce qui accroît le délai pendant lequel il est possible de réserver des fonds pour couvrir les coûts de démantèlement. Les années d'exploitation supplémentaires permettent également de réduire les coûts de gestion des déchets et de déclassement par unité d'électricité produite.

Au Royaume-Uni par exemple, pour que la prolongation de la durée de vie d'une centrale nucléaire puisse être approuvée, l'exploitant doit démontrer à la *Nuclear Decommissioning Authority* (NDA) que les années d'exploitation supplémentaires diminueront le coût unitaire de la gestion des déchets et des opérations de démantèlement. Cette démonstration est indépendante de celle que doit réaliser l'exploitant pour lui-même dans le but de vérifier la viabilité économique de son projet de prolongation d'exploitation.

Les plans de prolongation de l'exploitation d'une centrale doivent pleinement tenir compte de leur incidence sur la gestion des déchets et le stockage du combustible usé. Le cas échéant, il faudra agrandir certaines installations ou en construire de nouvelles. Les coûts correspondants devront être pris en compte dans le calcul de la rentabilité économique de la prolongation de l'exploitation.

4.2 Infrastructure industrielle

Lorsque les propriétaires/exploitants d'une centrale nucléaire mettent en place un programme de gestion de sa durée de vie en vue de la prolongation de son exploitation, ils se doivent d'agir en étroite collaboration avec les fournis-

seurs des réacteurs et les autres sociétés d'ingénierie nucléaire. Ces entreprises sont souvent celles qui participent par ailleurs aux opérations de réparation et de maintenance régulièrement effectuées tout au long de la vie de la centrale.

En général, il n'est donc pas utile de développer des capacités d'ingénierie entièrement nouvelles bien qu'il soit clairement nécessaire de développer et d'étendre les procédures de maintenance existantes afin de prendre en compte les programmes de gestion de la durée de vie. Ce processus est déjà en cours dans de nombreux cas.

L'absence de commandes de nouvelles centrales nucléaires au cours des dernières années a eu un effet secondaire : les fournisseurs de réacteurs, les sociétés d'ingénierie nucléaire et les fournisseurs nucléaires spécialisés ont réduit leurs activités, ce qui a pu réduire la palette et l'étendue de leurs compétences. Le secteur a connu d'importantes opérations de concentration depuis la période de développement rapide de l'énergie nucléaire. Il est essentiel pour l'exploitation à long terme des centrales nucléaires que les infrastructures et le savoir-faire industriels requis demeurent disponibles.

Aujourd'hui, la plupart des activités des sociétés restantes concernent les opérations de réparation et de maintenance des centrales en service, et les capacités spécialisées les plus importantes sont disponibles à l'échelle mondiale. Ces sociétés sont ainsi bien placées pour participer aux programmes gestion de la durée de vie. En fait, l'absence de commandes de nouvelles centrales pourrait bien avoir eu pour conséquence d'augmenter l'intérêt de ces sociétés pour les activités liées aux programmes de gestion de la durée de vie dans les années récentes.

Les programmes de gestion de la durée de vie sont, par nature, des projets à moyen ou long terme qui couvrent une gamme d'activités se déroulant sur une ou plusieurs décennies. Cette échelle de temps est suffisante pour que les capacités industrielles adéquates soient développées lorsqu'elles n'existent pas déjà. L'obsolescence des SSC existants et le besoin continu de pièces de rechange sont des problèmes qui doivent être pris en compte.

Pour réaliser la plupart des études et des évaluations des SSC requises en vue d'une prolongation d'exploitation ou d'une augmentation de puissance, il faut aussi disposer de capacités de recherche et développement suffisantes dans le domaine nucléaire. Les centres de recherche nucléaire de plusieurs pays participent à des programmes de gestion de la durée de vie et il est essentiel que ces capacités soient maintenues dès lors que ces programmes sont mis en œuvre.

4.3 Gestion des ressources humaines et des connaissances

La question de l'expertise et des connaissances humaines est un des enjeux majeurs de la réalisation des programmes de gestion de la durée de vie. Les centrales nucléaires ont une vie utile d'au moins plusieurs décennies, susceptible d'être prolongée jusqu'à 60 ans dans certains cas. Cette échelle de temps dépasse largement la durée de la carrière d'un ingénieur qui travaille à la conception, à la construction ou à l'exploitation d'une centrale. Bon nombre d'ingénieurs qui ont participé aux phases de conception et de construction des centrales existantes sont aujourd'hui à la retraite ou le seront bientôt.

Ces considérations s'appliquent pareillement aux personnels chargés des activités de recherche et développement requises pour maintenir les centrales en bon état, ainsi qu'aux responsables des contrôles réglementaires. En ce sens, les centrales nucléaires peuvent être considérées comme des projets multigénérationnels, c'est-à-dire qu'elles sont placées sous la responsabilité de plusieurs générations de spécialistes au cours de leur vie utile. Une centrale est susceptible de vivre plus longtemps que beaucoup des personnes qui y travaillent.

La question de la gestion et de la préservation des connaissances revêt donc une importance capitale. Bien sûr, les centrales disposent d'une documentation exhaustive constamment mise à jour. Ce processus de mise à jour et de révision de la documentation et d'amélioration des systèmes de gestion et de récupération des données est d'autant plus essentiel lorsqu'on envisage de prolonger la durée de vie d'une centrale.

Cependant, même la meilleure des documentations ne peut se substituer au personnel expérimenté familier de la centrale. Il est constamment nécessaire d'embaucher et de former des ingénieurs et des techniciens compétents et de faire en sorte qu'ils acquièrent de l'expérience en travaillant aux côtés d'employés expérimentés pendant une période suffisante pour qu'un transfert des connaissances s'opère et que les nouveaux venus aient une bonne connaissance de la centrale.

Le développement rapide de l'énergie nucléaire dans les années 70 a attiré de nombreux jeunes ingénieurs, dont la plupart approchent aujourd'hui de l'âge de la retraite. Si un grand nombre des centrales nucléaires existantes sont maintenues en activité au-delà de la durée prévue, il faudra qu'une nouvelle génération d'ingénieurs remplace l'ancienne. L'adéquation des ressources humaines est un problème que les compagnies d'électricité et les pouvoirs publics doivent prendre en compte lorsqu'ils envisagent des projets nucléaires à long terme.

En Finlande, par exemple, il a fallu démontrer que les ressources humaines étaient disponibles pour obtenir l'autorisation de construire la nouvelle tranche EPR à Olkiluoto. L'un des outils clés dans ce domaine est le programme de recherche national pour la sûreté opérationnelle et structurelle des centrales nucléaires, appelé SAFIR. SAFIR a pour principal objectif de former de nouveaux experts nucléaires afin de répondre aux besoins supplémentaires en ressources humaines du projet Olkiluoto 3 et de remplacer les nombreux experts qui atteindront l'âge de la retraite dans les 5 à 10 prochaines années. Les cours de sûreté nucléaire organisés entre 2003 et 2006 avec le concours de tous les organismes nationaux du secteur nucléaire ont déjà permis de former quelque 150 jeunes experts et nouveaux venus dans l'industrie nucléaire, et d'autres cours devraient être organisés dans les années à venir. Du matériel pédagogique pour les programmes de formation internes a également été développé.

Tout comme la construction d'une nouvelle centrale, la prolongation de l'exploitation des centrales existantes donne l'occasion d'attirer un nouveau personnel très qualifié dans le secteur nucléaire. S'il peut être difficile de recruter suffisamment de talents quand beaucoup de centrales nucléaires sont appelées à fermer à court terme, la perspective réelle d'une poursuite de l'exploitation de ces centrales pendant de longues années accroîtra l'intérêt des jeunes chercheurs et ingénieurs pour l'industrie nucléaire. Cependant, pour que cette évolution soit possible, les décideurs politiques doivent veiller à ce que les installations et les places d'étudiant soient disponibles en nombre suffisant dans les universités et les autres établissements d'enseignement supérieur, afin de créer le réservoir nécessaire de personnes compétentes et formées dans le domaine nucléaire. Par exemple, la Belgique a lancé un programme (BNEN) proposant une formation interuniversitaire qui débouche sur un master en génie nucléaire et qui est dispensée par le centre de recherche national. Cette initiative a donné naissance à un programme similaire à l'échelle de l'Union européenne (ENEN).

5. CONTEXTE INTERNATIONAL

5.1 Échange d'expérience

Comme pour les autres aspects de l'exploitation des centrales nucléaires, l'échange international d'expérience sur les programmes de gestion de la durée de vie est très enrichissant, en particulier lorsque la conception des centrales est similaire. Les exploitants peuvent échanger des informations sur les problèmes techniques rencontrés et les solutions mises en œuvre. De plus, la coopération internationale relative aux programmes de recherche sur la gestion du vieillissement et sur d'autres questions connexes est souvent la manière la plus efficace et efficace de relever les défis techniques de la gestion de la durée de vie des centrales.

Il s'agit d'un domaine où les organisations internationales comme l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), la Commission européenne (CE), l'Association mondiale des exploitants de centrales nucléaires (WANO) et d'autres jouent un rôle essentiel. Les compagnies d'électricité, les organismes de recherche et les pouvoirs publics qui envisagent ou mettent en place des activités de gestion de la durée de vie participent à de nombreux programmes internationaux coordonnés par ces organisations. Il existe également une coopération bilatérale étroite entre pays, en particulier entre pays européens.

L'échange d'expérience au niveau international peut même avoir une dimension supplémentaire. En démontrant leurs avantages économiques et leur intérêt pour la sécurité de l'approvisionnement et en démontrant comment il est possible de les concrétiser, les programmes de gestion de la durée de vie mis en œuvre dans un pays peuvent encourager d'autres pays à adopter des programmes similaires. En franchissant avec succès les étapes nécessaires à la prolongation de l'exploitation de sa centrale, l'exploitant prépare le terrain pour d'autres exploitants désireux de suivre la même voie. Cette observation peut aussi être vraie pour les décisions politiques et les défis techniques.

Il est tout aussi nécessaire d'échanger de l'expérience à l'échelon international à propos des questions réglementaires liées aux programmes de gestion de la durée de vie. Les réglementations et les normes développées dans

un pays peuvent servir de modèle à d'autres pays qui n'en sont encore qu'à un stade précoce de leurs programmes de gestion de la durée de vie, en particulier lorsque les centrales sont de conception similaire. À titre d'exemple, plusieurs pays qui exploitent des centrales de type américain s'intéressent de très près aux réglementations mises en place par la NRC américaine et au groupe d'utilisateurs des fournisseurs en question.

La coopération et l'échange complet d'informations avec les agences des pays voisins permettent également de vérifier la conformité des activités de gestion de la durée de vie vis-à-vis des normes internationales de sûreté. Le processus peut inclure des consultations avec des pays voisins qui n'ont pas de parc nucléaire, en particulier lorsque des centrales se trouvent dans des régions frontalières.

L'Autriche a exprimé des inquiétudes à propos de la sûreté des centrales nucléaires qui bénéficieraient d'une autorisation de prolongation de leur exploitation. C'est pourquoi elle a engagé des consultations avec l'Allemagne, la France, la Hongrie, la République slovaque, la République tchèque, la Slovénie, et la Suisse, et a lancé une série d'études indépendantes visant à évaluer les risques potentiels encourus par son territoire, son environnement et sa population dans le cas où des pays voisins décideraient de prolonger la durée d'exploitation de leurs centrales. Tout en acceptant la responsabilité finale des différentes autorités chargées de la délivrance des autorisations, l'Autriche est obligée, de par sa situation géographique, de surveiller le niveau de sûreté de plusieurs modèles de réacteurs nucléaires de diverses époques par rapport aux cadres juridique et réglementaire établis par chacun des pays concernés.

L'Autriche souhaiterait ne pas voir augmenter les risques transfrontières et elle doit par conséquent surveiller l'évolution possible de ces risques. Pour évaluer les risques transfrontières au sens le plus large et leurs variations au fil du temps, le vieillissement est un paramètre important, en particulier lorsque la durée de vie d'une centrale est prolongée. Les risques changent inévitablement au cours de l'exploitation de toute installation technologique, en partie à cause de l'évolution physique de l'installation elle-même, mais aussi à cause de l'évolution rapide de l'environnement politique, économique et technologique. La culture de sûreté constitue l'élément fondamental de la sûreté. Par conséquent, elle doit être appréciée dans toutes ses dimensions, indépendamment des gains économiques immédiats. Pour pouvoir apprécier le niveau de sûreté, il faut évidemment obtenir des informations de la part des exploitants, des fabricants et des organisations internationales comme l'AEN pour être toujours au fait des développements dans tous les domaines essentiels. Dans ce contexte, le transfert d'information facilité par l'AEN est très important pour entretenir les connaissances et les tenir constamment à jour.

5.2 Harmonisation des normes

Lorsque des centrales nucléaires sont construites selon des standards communs ou semblables ou lorsque des SSC similaires sont utilisés, les problèmes techniques liés à la gestion de la durée de vie sont généralement les mêmes ou du même ordre. Il y a donc beaucoup de points communs entre les solutions adoptées. Il est probable que les exploitants opteront pour une solution éprouvée plutôt que de consacrer du temps et de l'argent à la recherche d'autres options. Les quelques entreprises internationales spécialisées dans la conception, la construction et l'ingénierie nucléaire sont susceptibles de proposer des solutions techniques similaires aux centrales en service dans différents pays.

En revanche, les systèmes de délivrance d'autorisations et de réglementation de l'exploitation des centrales diffèrent quelque peu selon les pays, ce qui engendre des exigences et des démarches différentes pour les programmes de gestion de la durée de vie, notamment concernant les augmentations de puissance et la prolongation de l'exploitation. Néanmoins, beaucoup de problèmes techniques communs peuvent être abordés dans le cadre de normes internationales.

Le développement de telles normes se poursuit. L'AIEA a produit des directives sur les caractéristiques techniques et la sûreté de composants spécifiques et elle élabore régulièrement des normes techniques s'appliquant spécifiquement aux programmes de gestion de la durée de vie. En Europe, les pays s'efforcent de renforcer l'harmonisation des directives pour la sûreté et ces efforts pourraient retentir sur la démarche retenue pour les programmes de gestion de la durée de vie. L'Autriche notamment plaide vigoureusement en faveur d'une harmonisation juridiquement contraignante des exigences de sûreté au niveau européen pour tous les types d'activités et d'installations nucléaires civiles, afin de garantir le niveau de sûreté nucléaire le plus élevé possible pour les citoyens et l'environnement de l'Europe.

Cependant, l'harmonisation des normes ne signifie pas que les différences d'approche entre les pays doivent être éliminées. Chaque pays peut adopter des réglementations nationales qui répondent à sa situation particulière, par exemple le nombre et le type de centrales nucléaires en service, tout en respectant les normes internationales.

L'Association des responsables des autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest (WENRA) a été créée en 1999 dans le but de remplir trois objectifs : développer une approche commune de la sûreté nucléaire ; fournir une ressource indépendante chargée d'étudier la sûreté nucléaire dans les pays candidats à l'entrée dans l'Union européenne ; et constituer un réseau des

principales autorités de sûreté nucléaire de l'Union européenne pour échanger de l'expérience et débattre des questions de sûreté importantes. Plus récemment, WENRA a commencé à travailler à l'harmonisation des normes de sûreté en Europe. Pour faciliter ce travail, les autorités de sûreté de Bulgarie, de Roumanie et de Suisse ont été invitées à rejoindre l'organisation, ce qui a porté le nombre de ses membres à 17 pays.

Au début de 2006, WENRA a publié trois rapports définissant les « niveaux de référence » à utiliser pour harmoniser les normes de sûreté dans les domaines de la sûreté des réacteurs, de la sûreté de la gestion des déchets et de la sûreté du déclassé. D'ici la fin 2006, les autorités de sûreté nationales doivent avoir développé des plans d'action pour mettre en œuvre ces niveaux de référence dans leurs réglementations d'ici 2010. Les niveaux de référence sont en train d'être examinés par les acteurs du secteur nucléaire et des consultations avec WENRA devraient avoir lieu.

Dans le cadre de son sixième programme cadre, l'Union européenne a établi un réseau d'excellence appelé NULIFE. Ce programme a également pour objectif d'harmoniser les normes et les procédures de travail dans le secteur nucléaire.

6. BILAN ET CONCLUSIONS

6.1 Bilan

La poursuite de l'exploitation des centrales nucléaires au-delà de leur durée de vie initialement prévue, autrement dit la prolongation de leur exploitation, est devenue une option importante pour les pays qui disposent d'un parc nucléaire. Dans la plupart des pays membres de l'OCDE, la prolongation de l'exploitation des centrales nucléaires est déjà considérée comme un objectif stratégique en vue de garantir un approvisionnement en électricité suffisant au cours des prochaines décennies. Dans d'autres pays, elle est sérieusement envisagée.

Au cours de la vie utile d'une centrale qui s'étend sur plusieurs décennies, il est souvent possible d'en améliorer la sûreté en rénovant les SSC. Certaines de ces rénovations sont requises par les autorités de sûreté, tandis que d'autres sont réalisées par l'exploitant de la centrale dans le cadre d'opérations de maintenance régulières ou pour améliorer les performances d'exploitation. Ainsi, une centrale en activité depuis 30 ou 40 ans peut très bien être équipée de nombreux SSC bien plus récents. La prolongation de l'exploitation concourt à justifier les investissements dans ce type de rénovation, ce qui signifie qu'elle contribue également à augmenter les niveaux de sûreté.

Les SSC des centrales sont classés en deux catégories : critiques et non critiques. Les composants critiques sont ceux dont la défaillance aurait des répercussions sur la sûreté et la fiabilité de la centrale et qu'il faut donc réparer ou remplacer avant qu'une défaillance ne survienne. Des programmes de maintenance préventive sont conçus à cet effet.

Bien que la grande majorité des SSC critiques d'une centrale puissent être remplacés si nécessaire, il existe quelques composants majeurs (notamment la cuve du réacteur de la plupart des centrales) qui sont considérés comme non remplaçables, que ce soit pour des raisons économiques ou techniques. Dans le cas de ces composants, il est nécessaire de mettre en œuvre des programmes de gestion du vieillissement.

Le processus d'optimisation de la rénovation et de la gestion du vieillissement d'une centrale est vital dans la perspective d'une prolongation de

l'exploitation. Il comprend des efforts de recherche et développement continus destinés à comprendre et atténuer l'impact des mécanismes de vieillissement, en particulier ceux affectant les composants non remplaçables, et implique une coopération étroite des exploitants avec les fournisseurs de réacteurs et les autres sociétés d'ingénierie nucléaire.

Un des objectifs importants de la gestion de la durée de vie d'une centrale destinée à sa prolongation consiste à en améliorer les performances d'exploitation. À cet effet, il faut entreprendre des rénovations pour augmenter la fiabilité et améliorer les facteurs de charge. Dans de nombreux cas, on peut accroître la production d'électricité d'une centrale en augmentant la puissance de son réacteur et/ou de son groupe turboalternateur tout en continuant à respecter les exigences réglementaires et les conditions d'attribution de l'autorisation d'exploitation.

Les programmes de gestion de la durée de vie ont déjà permis d'importantes améliorations des performances opérationnelles de nombreuses centrales nucléaires dans les pays de l'OCDE, ce qui a fortement augmenté la valeur des actifs nucléaires. L'optimisation de la gestion du combustible, par exemple en augmentant son taux d'enrichissement et son taux de combustion, a procuré des gains de performance supplémentaires et réduit dans le même temps la production spécifique (par kWh) de déchets radioactifs et de combustible utilisé.

Le système décisionnel conduisant à la prolongation de la durée de vie des centrales correspond la plupart du temps à un processus par étapes, mais il inclut souvent des paliers importants pour les investissements et les autorisations.

Pour que la durée de vie d'une centrale puisse être prolongée, il est important que le cadre réglementaire soit clair et prévisible. La rénovation de la centrale et le remplacement des SSC passent par des investissements opportuns qui seront certainement influencés par la perspective d'une prolongation de la durée d'exploitation. Ce processus ne pourra être optimisé que si les exigences à respecter sont connues plusieurs années à l'avance. Il faut donc que le processus de consultation entre les autorités de sûreté et les exploitants de centrales soit entamé suffisamment tôt. Une fois décidées, les procédures aboutissant au renouvellement de la licence ou à la prolongation de l'autorisation d'exploitation doivent être entreprises dans les délais.

La politique énergétique suivie et le contexte politique sont d'autres facteurs importants. Si la politique énergétique nationale considère la prolongation de la durée de vie des centrales comme une option valable et facilite sa réalisation, les exploitants seront à l'évidence encouragés à planifier en

conséquence et à faire les investissements nécessaires bien à l'avance. Cependant, les propriétaires de centrales nucléaires continuent parfois de planifier une éventuelle prolongation de la durée de leur parc, même lorsque le soutien politique est incertain. Il est à noter également que souvent il sera plus facile au plan politique d'autoriser la poursuite de l'exploitation d'une centrale en service que la construction d'une nouvelle.

Il est essentiel de gagner la confiance du public pour les projets de prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires. Même si les habitants de la zone immédiatement voisine d'une centrale y sont généralement favorables, une prolongation de la période d'exploitation suscite le plus souvent des inquiétudes à propos de la sûreté. Le public doit être correctement informé des programmes de prolongation de l'exploitation et des mesures prises pour maintenir le niveau de sûreté. Il est également nécessaire de débattre des avantages d'une prolongation de la durée de vie et des inquiétudes qu'elle suscite.

Pour pouvoir prolonger la durée de vie d'une centrale, il faut aussi que les installations nécessaires à la gestion du cycle du combustible et des déchets soient disponibles. Les coûts de mise en place de ces installations devront naturellement être pris en compte dans l'analyse des coûts et des bénéfices. Néanmoins, un avantage important de la prolongation de la durée de vie est qu'elle réduit le coût spécifique (par kWh) de la gestion des déchets et du démantèlement.

Grâce aux programmes de prolongation de leur durée de vie, les centrales nucléaires pourraient être exploitées pendant une période allant jusqu'à 50 ou 60 ans. Pour cette raison, il est essentiel de gérer et d'entretenir les connaissances. Les centrales peuvent être considérées comme des projets multigénérationnels qui seront placés sous la responsabilité de plusieurs générations successives d'ingénieurs et de spécialistes. Les propriétaires de centrales et les pouvoirs publics doivent prendre des mesures pour soutenir les programmes de formation et offrir des perspectives de carrière convenables aux jeunes chercheurs et ingénieurs de façon que le secteur nucléaire dispose d'une main-d'œuvre suffisamment compétente et nombreuse.

La coopération et la coordination internationales ont un rôle important à jouer pour susciter la confiance dans la prolongation de la durée de vie des centrales. Il faut s'assurer que les normes reconnues sur le plan international s'appliquent à toutes les centrales nucléaires, afin d'apaiser les inquiétudes des pouvoirs publics et du public des pays voisins. Les possibilités d'échange d'expérience et d'information sur les centrales dotées de réacteurs de conception similaire sont considérables dans le domaine de la réglementation et ces

échanges pourraient permettre d'harmoniser à un degré élevé les exigences liées à la prolongation de la durée de vie. Les organisations internationales ont un rôle essentiel à jouer sur ce plan.

Au niveau industriel, la coopération entre les exploitants, les fournisseurs de réacteurs et les organismes d'assistance technique du monde entier dans le domaine de la planification et de la R&D contribuera à ce que les meilleures pratiques soient respectés dans tous les pays lors de la mise en œuvre des programmes de gestion de la durée de vie des centrales nucléaires en vue de la prolonger, tout particulièrement lorsque des centrales implantées dans des pays différents sont de conception similaire. Grâce à ce type de coopération, les bénéfices attendus d'une prolongation de l'exploitation pourront être récoltés à une échelle aussi large que possible.

6.2 Conclusions

Bien que la prolongation de la durée de vie doive être examinée de manière indépendante pour chaque centrale à la lumière de ses caractéristiques et de sa situation économique, les études réalisées dans plusieurs pays membres de l'OCDE/AEN permettent de conclure que pour la plupart des types de réacteurs, il n'existe aucun défi technique majeur connu qui soit susceptible de limiter la durée de vie d'une centrale à moins de 50 ou 60 ans.

La prolongation de la durée de vie d'une centrale présente des avantages potentiels pour ses propriétaires et pour la collectivité dans son ensemble, même si l'option nucléaire suscite des opinions différentes selon les pays.

- Les principaux avantages sont d'ordre économique. Prolonger la durée de vie d'un moyen de production puissant évite de devoir investir immédiatement dans une nouvelle capacité de production. De plus, il est bien moins coûteux d'investir dans un projet de prolongation d'exploitation que dans n'importe quel type de capacité de remplacement, même si la rénovation de la centrale nécessite quelques capitaux supplémentaires. Le prix du combustible nucléaire étant généralement plus faible et plus stable que celui des combustibles fossiles, l'option de la prolongation de la durée de vie devrait permettre de produire une électricité moins chère qu'avec toute autre filière disponible, ce qui est un bénéfice clair pour l'économie nationale.
- En outre, la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires en service contribue à la sécurité et la stabilité de l'approvisionnement énergétique et entretient la diversité des sources d'énergie.

- Enfin, ces avantages sont obtenus sans les impacts environnementaux considérables des autres filières de production d'électricité (en particulier les émissions de CO₂). La plupart des pays qui exploitent des centrales nucléaires considèrent que la filière nucléaire contribue à la durabilité de leur système global d'approvisionnement en énergie, car elle réduit au minimum certains effets irréversibles et à long terme de la production d'énergie sur l'environnement.

La prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires offre la possibilité d'assurer la transition entre la génération actuelle de centrales nucléaires et les futures générations de centrales – qu'elles soient ou non nucléaires. Quatre-vingt-cinq pour cent de la puissance du parc nucléaire de l'OCDE est installée depuis plus de 15 ans. Si l'on veut éviter un recul sensible de cette puissance installée, il est nécessaire de prolonger la durée de vie des centrales existantes, pour assurer la production d'énergie jusqu'à ce que les centrales de la Génération III, de la Génération III+ et ultérieurement de la Génération IV soient en mesure de remplacer à grande échelle la deuxième génération de réacteurs actuellement en service.

Les programmes de gestion destinés à prolonger la durée de vie des centrales nucléaires nécessitent également le soutien d'unités de R&D adéquates, en particulier pour étudier la dégradation des matériaux et les phénomènes encore inconnus. Cela signifie qu'il faut non seulement disposer de ressources humaines comme des chercheurs et des ingénieurs, mais aussi veiller à entretenir dans plusieurs pays les installations des différents laboratoires et centres de recherche nucléaire qui jouent un rôle essentiel dans des domaines tels que la gestion du vieillissement. Certaines activités de recherche fondamentales qui sont essentielles pour le succès de la prolongation de la durée de vie des centrales pourraient bénéficier du soutien des pouvoirs publics dans les pays désireux de maintenir ou d'accroître leur recours à l'énergie nucléaire.

La sûreté de l'exploitation d'une centrale nucléaire est primordiale. Les centrales existantes ont été conçues et construites dans le respect des critères de délivrance des autorisations et des exigences réglementaires de l'époque, au moyen des technologies et connaissances dont on disposait alors. Ces exigences étaient suffisamment strictes pour que la construction des centrales intègre des marges de sécurité et de conception considérables. L'expérience d'exploitation, l'expérience industrielle, l'amélioration des techniques d'analyse et la formation du personnel permettent de tenir compte de ces marges lorsqu'on étudie la sûreté de la prolongation de la durée de vie, mais il faut bien évaluer le risque de mécanismes de vieillissement inconnus.

Annexe A

LISTE DES MEMBRES DU GROUPE D'EXPERTS

Autriche

Dr. Helmut Hirsch
Austrian Nuclear Advisory Board
Tilsiter Straße 41
D-30657 Hannover

Tél : +49-511-606 30 28
EM : cervus@onlinehome.de

DIng. Geert Weimann
Buchberg Straße
A-1014 Wien

Tél : +43-676 500 8080
EM : geert.weimann@europe.com

Belgique

Eric van Walle
SCK•CEN
Boeretang 200
B-2400 Mol

Tél : +32 14 33 30 00
EM : evwalle@sckcen.be

Paul Havard
S.A. ELECTRABEL
Boulevard du Régent, 8
B-1000 Bruxelles

Tél : +32 2 382 2559
EM : Paul.Havard@electrabel.com

Espagne

Miguel Morales Lobo
TECNATOM S.A.
Intégrité des composants
Avenida Montes de Oca, 1
ES-28709 San Sebastian de los Reyes, Madrid

Tél : +34 91 659 8722
EM : mmorales@tecnatom.es

Javier Alonso Chicote
TECNATOM S.A.
Avenida Montes de Oca, 1
ES-28709 San Sebastian de los Reyes, Madrid

Tél : +34 91 659 8600
Fax : +34 91 659 86 77
EM : jalonso@tecnatom.es

États-Unis

Elizabeth G. Lisann
Délégation des États-Unis près
de l'OCDE à Paris
12 avenue Raphaël
F-75116 Paris

Tél : 33(0)1 45 24 74 24
EM : lisanneg@usoecd.org

Finlande

Liisa Heikinheimo
VTT
P.O.Box 1000
FI-02044 VTT

Tél : +358 0227225354
Fax : +358 07227002
EM : liisa.heikinheimo@vtt.fi

France

Patrick Raymond
Direction de l'Énergie nucléaire
(DEN/DSNI)
CEA – Centre d'étude de Saclay
Bât. 121
F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex

Tél : +33 (0)1 69 08 56 96
EM : patrick.raymond@cea.fr

Hongrie

Tamás J. Katona
Nuclear Power Plant Paks Ltd.
P.O. Box 71
H-7031 Paks

Tél : +36 20 973 8026
EM : katonat@npp.hu

Mihály Lehota
Autorité de l'énergie atomique hongroise
P.O. Box 676
H-1539 Budapest

Tél : +36-1-436-4807
EM : lehota@haea.gov.hu

République slovaque

Ludovit Kupca
NPP Bohunice
SK-91931 Jaslovske Bohunice

Tél : +421 805 555 2410
Fax : +421 805 559 1527
EM : Kupca.ludovit@ebo.seas.sk

République tchèque

Ladislav Dubský
CEZ – Dukovany NPP
CZ-675 50 Dukovany

Tél : +420 56110 4819/2217
EM : Ladislav.Dubsky01@cez.cz

Royaume-Uni

Chris Eley
British Energy
Barnett Way, Barnwood
UK-Gloucester GL4 3RS

Tél : +44 1452 652585
EM : chris.eley@british-energy.com

David Norfolk
British Energy
Barnett Way, Barnwood
UK-Gloucester GL4 3RS

Tél : +44 (0) 1452 654113
Fax : +44 (0) 1452 652900
EM : david.norfolk@british-energy.com

Suède

Karl-Fredrik Ingemarsson
Vattenfall AB Generation
Jämtlandsgatan 99
S-162 87 Stockholm

Tél : +46 8 739 5465
EM : Karl-Fredrik.Ingemarsson@vattenfall.com

INTERNATIONAL ORGANISATIONS

Agence internationale de l'énergie atomique

Ki-Sig Kang
Nuclear Power Engineering Section
Division de l'énergie d'origine nucléaire (AIEA)
P.O. Box 100
A-1011 Vienna

Tél : +43 1 2600 22796
EM : Ki-Sig.KANG@iaea.org

Commission européenne

Claude Rieg
EC – JRC - IE
Postbus 2, 1755 ZG Petten
Pays-Bas

Tél : +31 224 56 5153/5184 (Sec.)
EM : claude-ives.rieg@jrc.nl

Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire

Division du développement nucléaire
Le Seine Saint-Germain
12 boulevard des Iles
F-92130 Issy les Moulineaux

Stan Gordelier
Chef de Division

Tél : +33 (0)1 45 24 10 60
EM : stan.gordelier@oecd.org

Evelyne Bertel
Chef de Division adjoint

Tél : +33 (0)1 45 24 10 65
EM : evelyne.bertel@oecd.org

Martin Taylor
Consultant

Tél : +33 (0) 1 45 24 10 67
EM : martin.taylor@oecd.org

Pál Kovács
Administrateur

Tél : +33 (0)1 45 24 10 68
EM : pal.kovacs@oecd.org

Annexe B

QUESTIONNAIRE

1. Décrivez la politique énergétique nucléaire générale actuelle de votre pays (par exemple : sortie du nucléaire, stagnation, développement) **et fournissez des informations à propos du contexte social entourant l'énergie nucléaire** (par exemple : soutien général, mouvements anti-nucléaires forts, opposition locale aux installations nucléaires, acceptation publique et politique des activités de gestion de la durée de vie des centrales nucléaires).

2. Dressez la liste des centrales nucléaires en service ou en construction et indiquez pour chaque centrale le statut des activités de gestion de la durée de vie.

Nom de la centrale	Type, puissance	Date de mise en service	Date de fermeture programmée	Activités de gestion de la durée de vie*	Date de fermeture prévue après les activités de gestion de la durée de vie

* Mentionnez les activités de gestion/prolongation de la durée de vie de la centrale déjà achevées, en cours et/ou planifiées. Si nécessaire, joignez un texte descriptif et le calendrier des activités achevées, en cours et/ou planifiées.

3. Décrivez les résultats obtenus ou prévus grâce aux activités de gestion de la durée de vie

(par exemple : prolongation de la durée de vie, renforcement de la sûreté, augmentation de puissance, amélioration des capacités de gestion du combustible, réduction des coûts).

4. Processus décisionnel pour les activités de gestion de la durée de vie

4.1 Décrivez les motivations et le processus décisionnel du propriétaire/de l'exploitant de la centrale (par exemple : analyse coûts/bénéfices, évaluation des solutions alternatives, gestion de la main-d'œuvre/du personnel).

- 4.2 Décrivez le cadre réglementaire (exigences sur le plan juridique et en matière de sûreté, approbation du Parlement, intervention politique ou gouvernementale) et le processus décisionnel à respecter pour obtenir une autorisation d'exécution d'opérations de gestion de la durée de vie (par exemple : rapports à préparer, autorités concernées, échéances).
- 4.3 Le cas échéant, décrivez la façon dont le public, au plan local, régional et national, participe au processus décisionnel.

5. Enjeux techniques

Décrivez les problèmes et questions techniques auxquels il a été ou sera répondu lors du processus de mise en œuvre des activités de gestion de la durée de vie, y compris concernant l'acquisition ou l'entretien des connaissances et la formation de la main-d'œuvre.

6. Questions économiques et financières

Décrivez si possible le mode de financement adopté pour couvrir les dépenses de gestion de la durée de vie ; fournissez des informations sur les coûts des activités de gestion de la durée de vie (par exemple : nombre de personnes x mois pour différentes catégories d'employés, équipements requis, études, etc.). Décrivez le processus de gestion des ressources (ressources propres, prévisibilité de l'investissement, etc.)

7. Contexte international

Décrivez s'il y a lieu l'impact du contexte international sur les activités de gestion de la durée de vie des centrales dans votre pays (par exemple : rôle des conventions internationales, recommandations et rapports internationaux émis par des organisations comme l'AIEA, rôle des références internationales, évolutions de la situation internationale, tendances, perspectives, et différences entre les structures décisionnelles des différents pays).

Annexe C

LISTE DES ACRONYMES

AEN/OCDE	Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire
AGR	Réacteur avancé refroidi au gaz (<i>Advanced Gas-cooled Reactor</i>)
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AM	Gestion du vieillissement (<i>Ageing Management</i>)
AMP	Programme de gestion du vieillissement (<i>Ageing Management Programme</i>)
BNEN	Réseau universitaire belge pour l'enseignement des sciences nucléaires <i>Belgian Nuclear Higher Education Network</i>
CANDU	Réacteur canadien à deutérium-uranium (<i>Canadian Deuterium Uranium Reactor</i>)
CE	Commission européenne
ENEN	Réseau européen pour l'enseignement des sciences nucléaires <i>(European Nuclear Education Network Association)</i>
EPR	Réacteur européen à eau sous pression (<i>European Power Reactor</i>)
INPRO	Projet international sur les réacteurs nucléaires et les cycles du combustible nucléaire innovants (<i>International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles</i>)
LTO	Prolongation de la durée de vie (<i>Long Term Operation</i>)
LWR	Réacteur à eau ordinaire (<i>Light Water Reactor</i>)
NDC	Comité chargé des études techniques et économiques sur le développement de l'énergie nucléaire et le cycle du combustible <i>(Committee for Technical and Economic Studies on Nuclear Energy Development and the Fuel Cycle)</i>
NRC	Commission de réglementation nucléaire (<i>Nuclear Regulatory Commission</i>)
PLIM	Gestion de la durée de vie (<i>Plant Life Management</i>)
SAFIR	Programme finlandais de recherche publique sur la sûreté des centrales nucléaires
SALTO	Aspects liés à la sûreté de l'exploitation à long terme (<i>Safety Aspects of Long Term Operation</i>)
SKI	Service national d'inspection de l'énergie nucléaire de Suède
SSC	Systèmes, structures et composants
UE	Union européenne
VVER	Réacteur à eau sous pression de conception soviétique (<i>Water-cooled and water moderated energetic reactor</i>)
WANO	Association mondiale des exploitants de centrales nucléaires (<i>World Association of Nuclear Operators</i>)
WENRA	Association des responsables des autorités de sûreté des pays d'Europe de l'Ouest (<i>Western European Nuclear Regulators Association</i>)

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE
(66 2006 11 2 P) ISBN 92-64-02926-5 – n° 55334 2006



Gestion et prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires

Ce livre, préparé par des experts des pays membres de l'AEN, contient des données et des analyses relatives à la gestion et à la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires. Il couvre les aspects techniques, économiques et environnementaux et donne un aperçu des avantages et des défis associés à la gestion et à la prolongation de la durée de vie de ces centrales.

Il intéressera les décideurs et les cadres supérieurs du secteur électronucléaire et des agences gouvernementales chargées de la conception et de la mise en œuvre des programmes nucléaires. Les données et les informations sur les tendances actuelles relatives à la gestion de la durée de vie des centrales nucléaires seront utiles aux chercheurs et analystes dans le domaine de l'évaluation des systèmes électronucléaires.

(66 2006 11 2 P) € 30.00
ISBN 92-64-02926-5

www.oecd.org

