

Extension de la Durée de Vie des Centrales Nucléaires – Panorama International

Réunion Plénière du 24 mars 2016

HCTISN – Haut Comité pour la transparence et l’information sur la sécurité nucléaire

Dr. Henri PAILLÈRE

Analyste Principal

Agence pour l’Energie Nucléaire (AEN) de l’OCDE

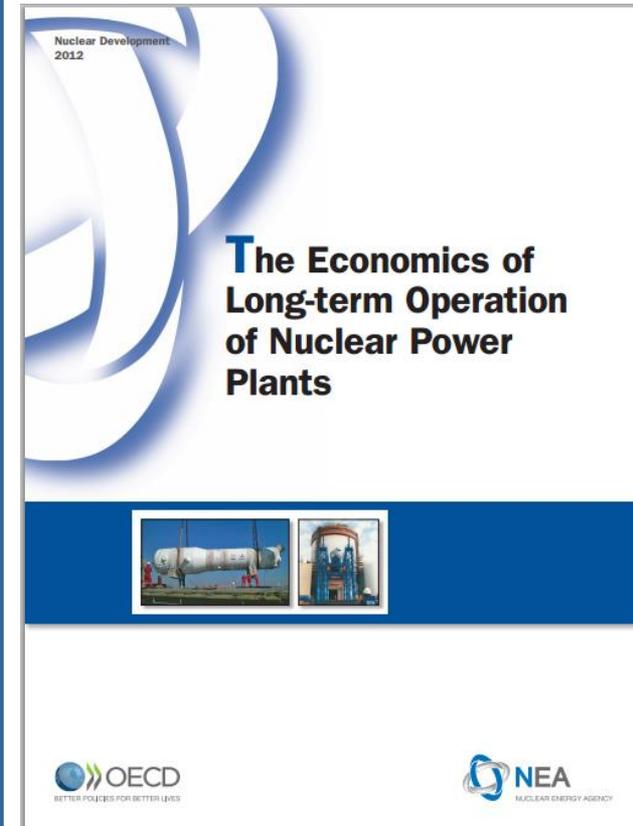
henri.paillere@oecd.org

Le rapport de l'AEN sur les **aspects économiques de l'exploitation à long terme des centrales nucléaires** a été publié en décembre 2012 et est disponible (en anglais):

<http://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2012/7054-long-term-operation-npps.pdf>

Les objectifs principaux de l'étude:

- ✓ Collecter et analyser les données techniques et économiques relatives à l'extension de la durée de vie des centrales nucléaires dans les pays membres de l'AEN.
- ✓ Comprendre les contraintes réglementaires, y compris les améliorations de sûreté suite à l'accident de Fukushima Daiichi, et les impacts économiques de ces contraintes.
- ✓ Identifier les autres facteurs qui jouent un rôle dans la prise de décision d'allonger la durée d'exploitation des centrales.
- ✓ Conclure sur les aspects économiques des investissements nécessaires à l'exploitation à long terme des centrales nucléaires.



Le contexte économique s'est dégradé pour les électriciens dans de nombreux pays de l'OCDE: en Europe et aux Etats Unis notamment.

- Baisse continue des prix de gros de l'électricité, due en partie à l'introduction d'énergies renouvelables subventionnées (éolien, solaire) qui affectent les autres technologies (surtout gaz, charbon mais aussi hydro, nucléaire) (Europe)
 - Surcapacité des moyens de production due à de mauvaises prévisions macroéconomiques
 - Taxes sur la génération électro-nucléaire (par ex. Suède, Finlande, Allemagne)
 - Compétition du gaz de schiste (Etats Unis)
 - Prix du carbone inefficace
- De plus en plus, les électriciens peinent à couvrir leurs coûts, même avec des centrales nucléaires déjà amorties (même chose pour les centrales hydrauliques!)
- Fermetures anticipées de centrales nucléaires pour des raisons économiques (Etats Unis, Suède), même pour celles ayant déjà eu l'autorisation de fonctionner sur 60 ans (EU).

→ **Doit on investir dans l'opération prolongée des CN?**

Oui, pour des raisons de sécurité d'approvisionnement et pour maintenir de la production d'électricité bas C.

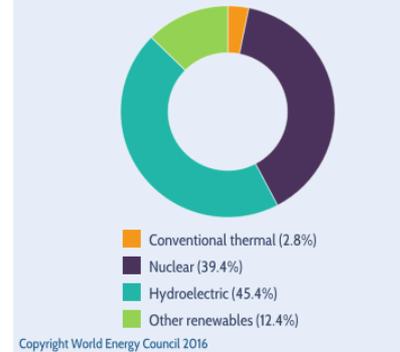
→ **L'AEN va mettre à jour son étude 2012 dans le contexte post COP21 (2017-2018)**

Current Plans for Forsmark and Ringhals

- Ringhals 1 and 2
 - Currently planned for 50 years of operation, hence 2024-2025
- Ringhals 3, 4 and Forsmark 1, 2 and 3
 - Planned for 60 years of operation
 - Around half of the operational life remains (until 2040 - 2045)
- Power uprate programme
 - R3, R4 and F2 finished
 - F1 will be uprated approx 2018 (dependant on external grid)
 - Power uprate for F3 post-poned due to poor business case

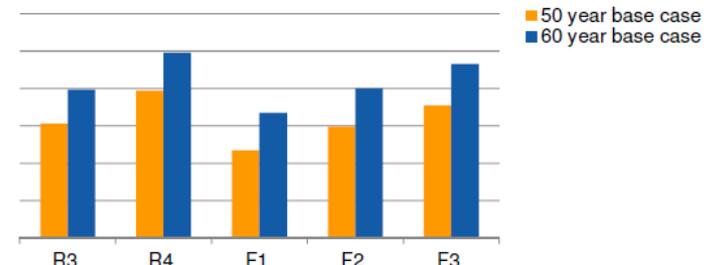


Diversity of electricity generation Sweden



Life time decision - economical aspects

- Major investments already performed at about 30 years life time. Remaining lifetime of major components reaches far beyond 40 years and even 50 years.
- Cash flow analysis showed much stronger NPV for 60 years compared to 50 years for all reactors
- Business case still valid with sensitivity analysis
- Business case for 60 years is poorer today, due to lower price of electricity, but still significantly positive



- **Avril 2015:** Ringhals 1 & 2 fermeront entre 2018-20 au lieu de 2025
- **Oct 2015:** Ringhals 2 sera fermée en 2019, Ringhals 1 en 2020
- **(Feb 2016:** Oskarshamn 1 (OKG/E.ON) fermera en 2017, Oskarshamn 2 ne redémarrera pas)

Centrale de Kewaunee, fermée en 2013



Dominion closed its Kewaunee plant on Tuesday because it was no longer profitable.
Dominion Resources, via Reuters

Centrale de San Onofre, fermée en 2013
(pbs liés à des nouveaux GV)



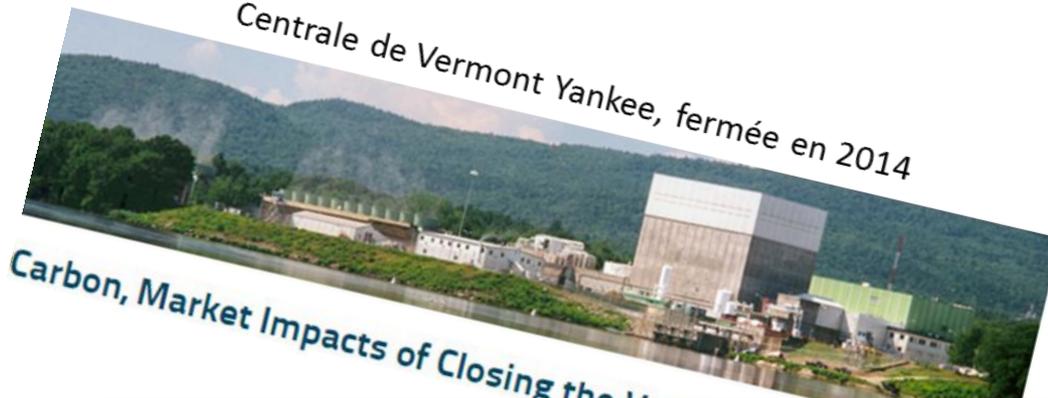
Entergy to Close Pilgrim Nuclear Power Station in Massachusetts No Later than June 1, 2019

October 13, 2015

Decision driven by low energy prices, little expectation of near-term market structure improvements and increased operational costs

Centrale de Pilgrim fermera en 2019
(licence jusqu'en 2032)

Centrale de Vermont Yankee, fermée en 2014



Carbon, Market Impacts of Closing the V

NRC drafts guidance for 80-year lives

21 December 2015

The US Nuclear Regulatory Commission (NRC) is preparing guidance documents on licence renewal applications to extend reactor operating lives beyond 60 years. The regulator has also approved its sixth licence renewal for a dry cask storage facility for used fuel, at the Prairie Island plant.

The Nuclear Regulatory Commission (NRC) staff has defined subsequent license renewal (SLR) to be the period of extended operation from 60 years to 80 years. The "Generic Aging Lessons Learned for Subsequent License Renewal (GALL-SLR) Report" will provide guidance for SLR applicants, contain the NRC staff's generic evaluation of plant aging management programs, and establish the technical basis for their adequacy.

Entergy to Close FitzPatrick Nuclear Power Plant in New York

by Jim Polansky

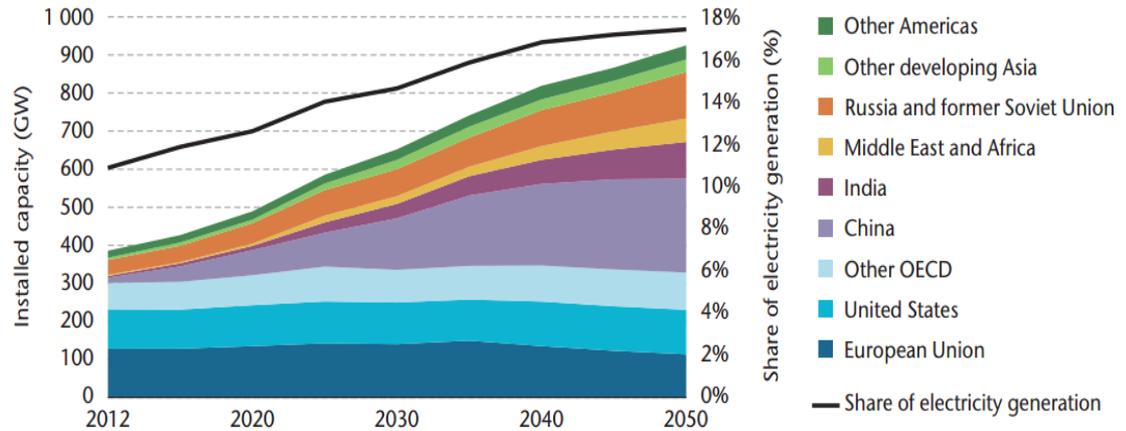
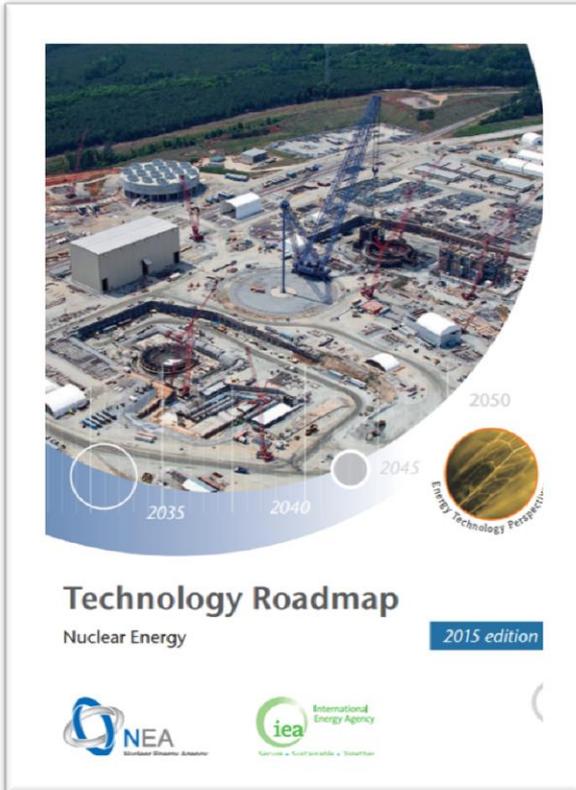
November 2, 2015 - 1:02 PM CET Updated on November 2, 2015 - 1:50 PM CET

Entergy Corp. will close the James A. FitzPatrick Nuclear Power Plant in New York in late 2016 or early 2017, the latest casualty of the shale gas boom that's squeezing profit margins for generators.

That closing follows the shutdown of the New Orleans-based company's Vermont Yankee reactor in December. The generator said last month that its Pilgrim nuclear plant south of Boston will close no later than June 1, 2019.

The latest decision is based on the continued deteriorating economics of FitzPatrick, Entergy said Monday in a statement. It cited reduced plant revenue due to low natural gas prices as well as high operational costs.





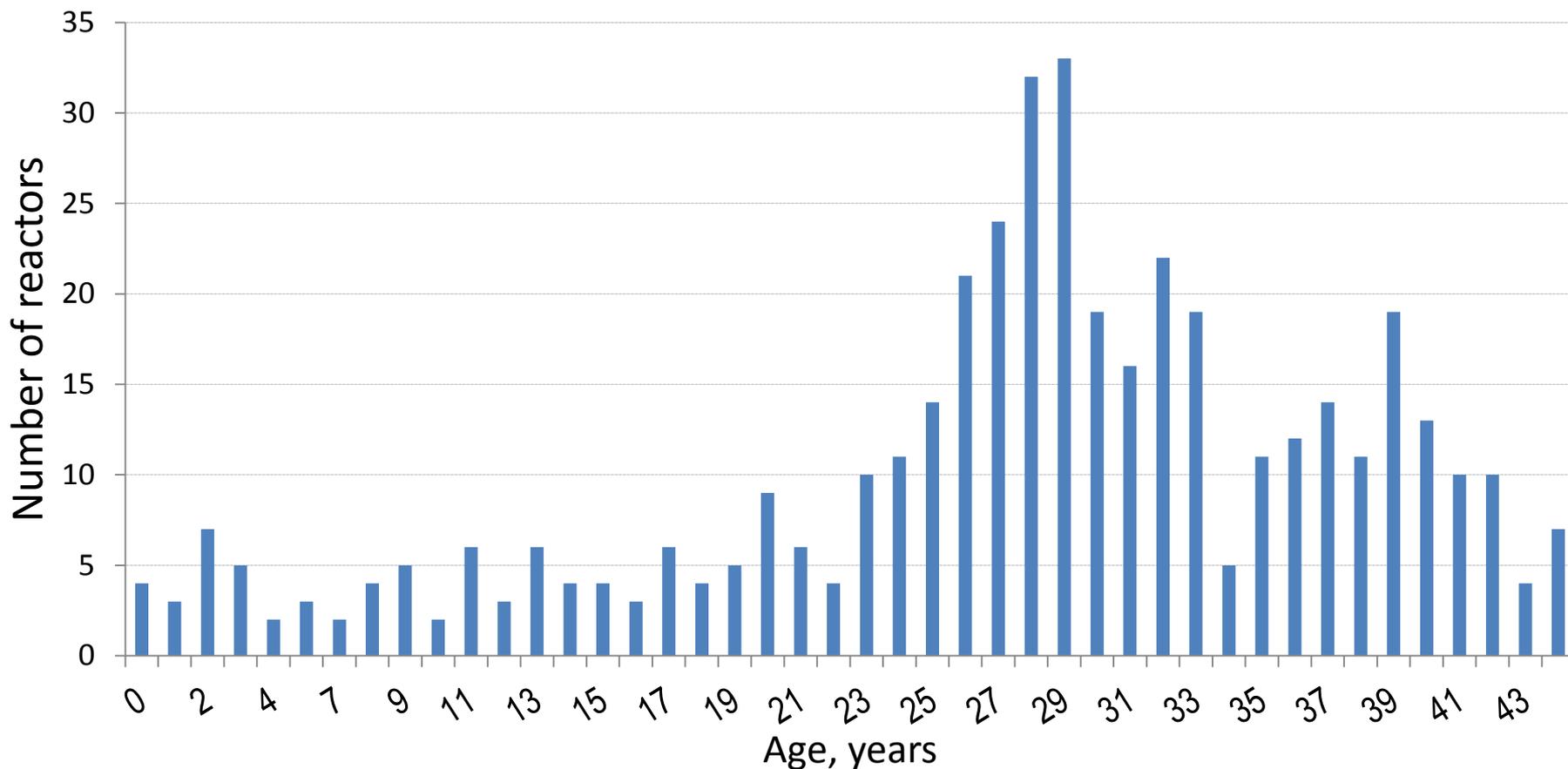
Si les conditions de sûreté sont satisfaites, l'opération prolongée des centrales nucléaires est nécessaire pour maintenir des capacités de génération d'électricité bas carbone, et c'est également une des sources d'électricité bas carbone les moins chères. La R&D sur le vieillissement et l'amélioration de la sûreté sont nécessaires pour soutenir cet objectif.

Recommandations:

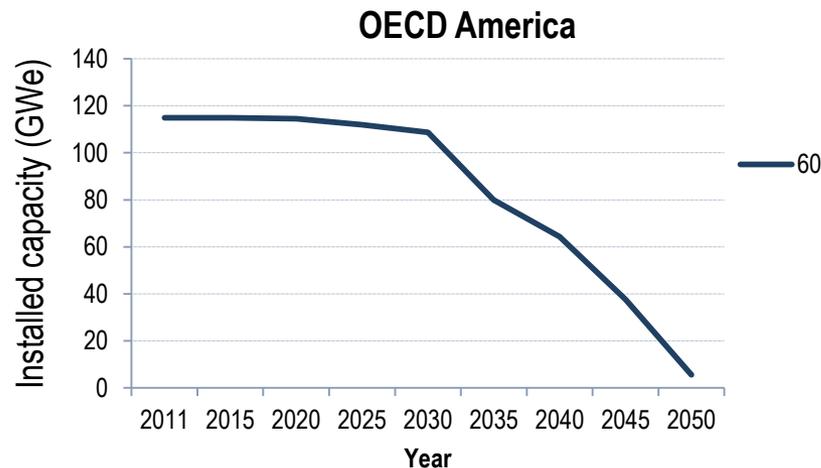
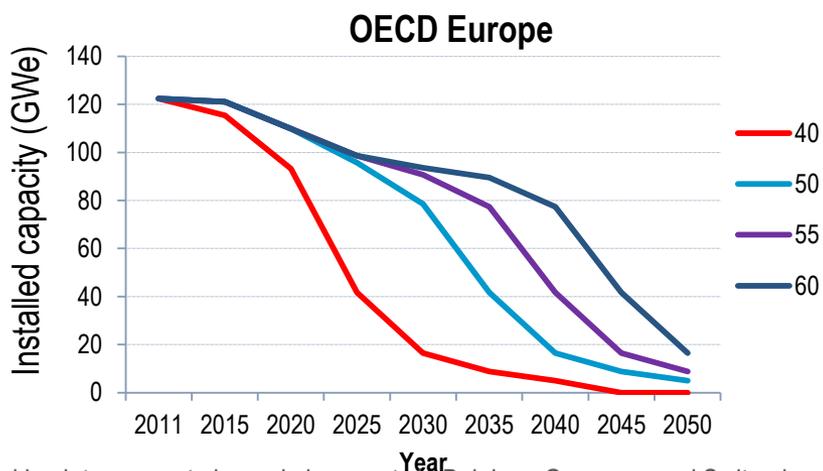
Governments to recognise the value of long-term operation to maintain low-carbon generation capacity and security of energy supply, provided safety requirements are met. Clearer policies are needed to encourage operators to invest in both long-term operation and new build so as to replace retiring units.

R&D in ageing of systems and materials is needed to support safe, long-term operation of existing nuclear power plants (NPPs) for 60 years operation or more.

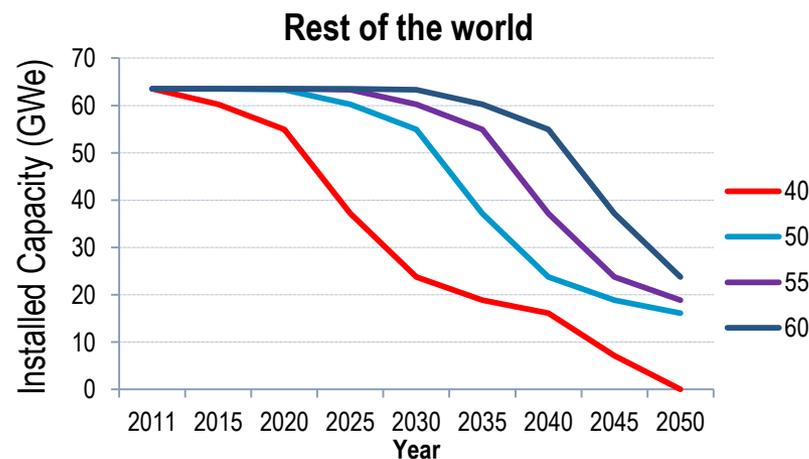
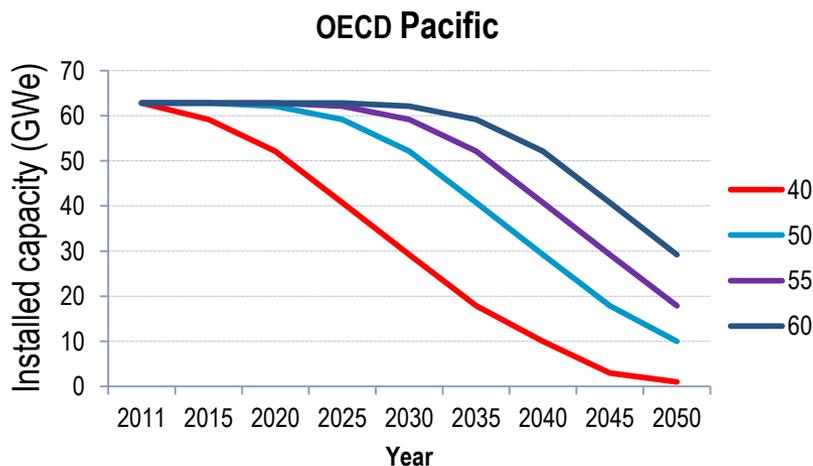
Distribution des réacteurs mondiaux par âge en 2013



Source: IAEA Power Reactor Information System (PRIS),
<http://www.iaea.org/pris/Home.aspx>

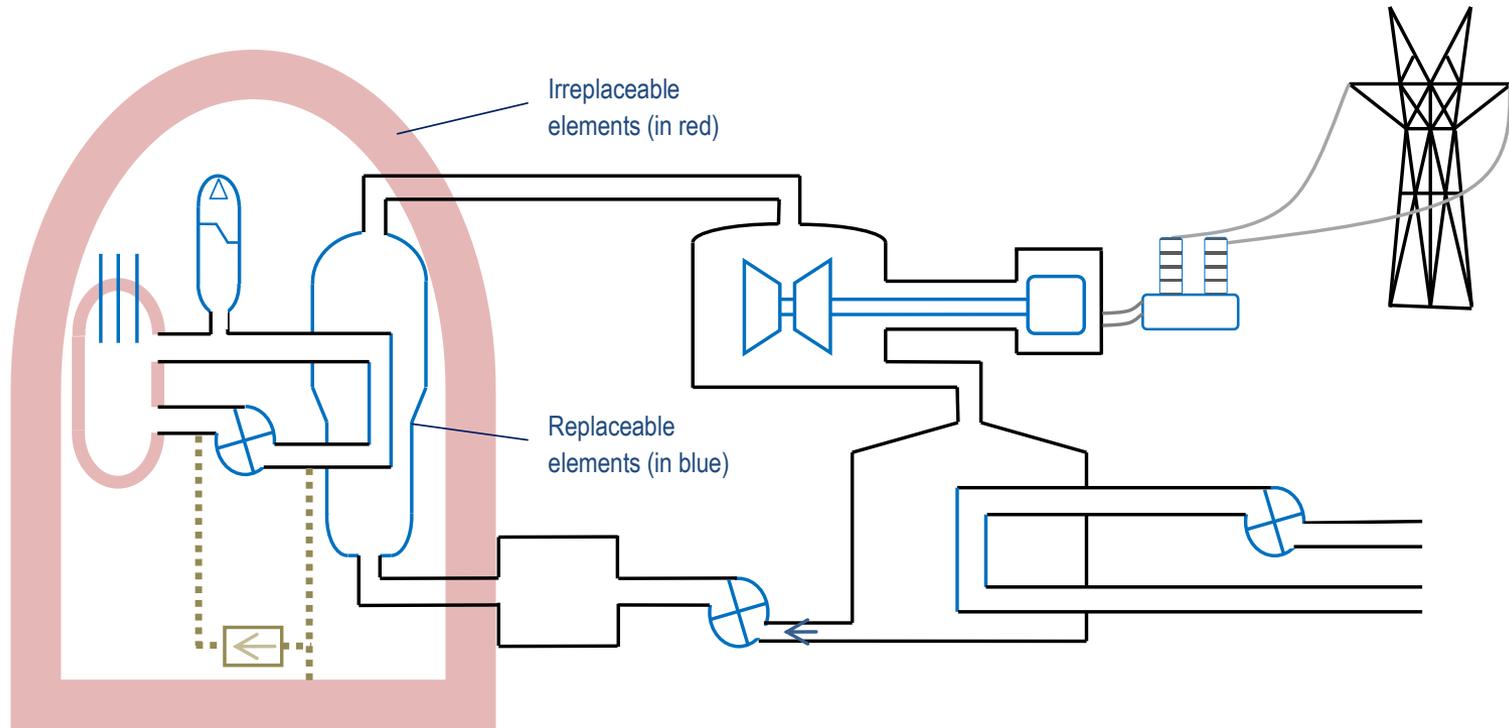


Taking into account planned phase outs in Belgium, Germany, and Switzerland as well as planned shut downs (e.g. the United Kingdom's AGRs)



En 2013, **316 des 434 réacteurs nucléaires en opération (73%)** avaient plus de 25 ans.

Sans extension de durée de vie, les capacités chuteront très rapidement (surtout en Europe)⁸



- Des efforts considérables de R&D ont été menés sur la dégradation des matériaux de composants comme la cuve, le circuit primaire, les internes, les autres circuits, les soudures, les structures en béton, les cables, etc...
- Les composants non-remplaçables sont ceux qui limitent la durée de vie: notamment **la cuve et l'enceinte de confinement.**

Canada: Travaux de rénovation passés & en cours: Darlington, Bruce

Suède: changements récents – voir transparent No. 4

Finlande: extension de licence de 20 ans pour les 4 unités

Russie: Extension de licence de 15-25 ans. RPS tous les 10 ans

RU: Extension de plusieurs années, RPS tous les 10 ans.

Suisse: Pas de limite à l'exploitation. Mühleberg fermera en 2019

Corée: Pas de limite à l'exploitation, RPS.

EU: Extension de 20 ans approuvée pour 81 réacteurs, 11 en cours

Ukraine: Durée de vie initiale des VVER 30 ans – extension de 20 ans accordée à qq unités.

France: RPS tous les dix ans.

Hongrie: Programme d'extension de durée de vie (VVER Paks 1-4) de 20 ans

Japon: Durée de vie limitée à 40 ans (défaut), possibilité d'extension 20 ans (???)

Deux approches réglementaires pour le prolongement de la durée de vie: le renouvellement des licences d'exploitation (licence renewal) et les réexamens périodiques de sûreté (RPS, periodic safety reviews)

	Renouvellement licence	RPS	Comment
BE		Oui	Durée de vie de 40 ans selon la loi. Chaque unité soumise à un RPS tous les 10 ans, et l'opérateur soumet son rapport à l'autorité de sûreté pour revue et approbation.
FR		Oui	L'autorisation d'exploiter une installation nucléaire est délivrée sans limitation de durée, mais la poursuite de son fonctionnement est soumis à l'autorisation de l'ASN après réexamen de sûreté, réalisé tous les 10 ans.
HU		Oui	L'autorisation d'exploitation est soumise à un RPS effectué tous les 10 ans, sous le contrôle de l'autorité de sûreté pendant les 30 premières années de la durée d'exploitation initiale. Au-delà, l'opérateur doit soumettre à l'autorité de sûreté une demande d'autorisation d'exploitation jusqu'à 20 ans au-delà de la durée de vie initiale (30 ans).
RU	Oui	Oui	L'autorisation d'exploitation est limitée initialement à 30 ans (durée de vie des réacteurs existants). L'extension au-delà décidée au cas par cas. Les centrales russes sont soumises à un RPS tous les 10 ans. L'autorité de sûreté peuvent décider d'autres mesures pour garantir la sûreté des installations.
CH		Oui	La durée d'exploitation n'est pas limitée dans le temps, mais l'installation est soumise à un contrôle continu. L'exploitant est tenu de mettre continuellement à niveau les installations en fonction des technologies disponibles.
UK		Oui	Une autorisation unique couvrant la vie du réacteur jusqu'au démantèlement, sans durée de vie prédéterminée. L'exploitant peut continuer à exploiter l'installation tant qu'il peut démontrer que l'exploitation est sûre. Le RPS (tous les 10 ans) doit démontrer que l'installation est sûre, et l'autorité de sûreté ONR peut exiger des modifications pour rendre l'installation compatible aux standards actuels.
US	Oui		La NRC peut attribuer des autorisations d'exploitation jusqu'à 40 ans. Le cadre réglementaire permet le renouvellement de ces licences pour 20 années supplémentaires, si le réacteur satisfait à des critères de sûreté et critères environnementaux. Pas de RPS mais chaque réacteur est soumis à des contrôles et inspections continus.

Une approche multi-critères a été suivie dans l'étude AEN:

Pour l'aide à la décision sur les investissements, avantages et désavantages de l'opération prolongée des centrales nucléaires d'un opérateur:

- **Son parc de production (toutes technologies confondues)**
- **La prévisibilité des prix futurs de l'électricité**
- **Les besoins de remplacement et de mise aux standards des équipements**
- **l'impact de ces travaux sur les facteurs de disponibilité**
- **Les risques et incertitudes liés à ces investissements** (dépendant du site de la centrale, ou risques politiques, financiers ou réglementaires)
- **La stratégie du pays concernant le prix du CO2 ou des considérations de sécurité d'approvisionnement**
- **Le coût total des investissements**
- **Le coût de production après les investissements** (en prenant en compte les augmentations de puissance éventuelles)

- ✓ Les coûts d'investissements se situent en général dans la tranche **500-1100 USD/kWe**.
- ✓ Les coûts additionnels des mises aux normes de sûreté **post-Fukushima sont de l'ordre de ~10-20%** des coût initiaux
- ✓ Les comparaisons directes sont difficiles (sites et technologies différents, **cadres réglementaires différents**, structure des coûts, etc.)
- ✓ **En général (2012) la prolongation d'au moins 10 ans de l'exploitation est économiquement viable**, même en tenant compte du coût additionnel lié aux améliorations de sûreté post Fukushima

Country	Specific investment in LTE (Order of magnitude)	Comment
Belgium	USD ₂₀₁₀ 650/kWe	Including ~11% increase due to post-Fukushima measures.
France	USD ₂₀₁₀ 1090/kWe	Including all investments from 2011 to 2025: maintenance, refurbishment, safety upgrades, performance improvement; and ~10% increase due to post-Fukushima measures
Hungary	USD ₂₀₁₀ 740-792/kWe	Including 10-17% increase due to post-Fukushima measures
Korea (PWR)	USD ₂₀₁₀ 500/kWe	Including ~10% increase due to post-Fukushima measures.
Switzerland	USD ₂₀₁₀ 490-650/kWe	Specific future investment in NPP refurbishment and maintenance (approximately the double of the specific LTO investment) is USD ₂₀₁₀ 980-1 300/kWe.
United States	About USD ₂₀₁₀ 750/kWe	EPRI survey data and current spending on capital improvement.
<i>Russia</i>	<i>About USD₂₀₁₀ 485/kWe</i>	<i>Data for Novovoronezh 5 unit (first series of VVER-1000: V-187).</i>
<i>Ukraine</i>	<i>About USD 300-500/kWe</i>	<i>Public statements by Energoatom and Ukrainian prime minister.</i>

- ✓ L'approche multi-critères est un outil utile pour évaluer les aspects économiques de la prolongation de la durée de vie des CNs.
- ✓ Des nouvelles contraintes réglementaires suite à l'accident de Fukushima-Daiichi ont conduit à des améliorations de la protection des CNs contre les événements externes exceptionnels, la gestion des accidents, l'évacuation de la puissance résiduelle en cas de perte de source froide, etc...
- ✓ L'évaluation 2012 des programmes d'extension de durée de vie conduit à des coûts de l'ordre de **USD₂₀₁₀ 500-1 100/kWe**. Ces coûts dépendent d'investissements précédents, de changements de contraintes réglementaires, d'augmentation de puissance éventuelle, etc
- ✓ Les évaluations préliminaires du coût des investissements liés aux améliorations de sûreté post-Fukushima étaient en 2012 de l'ordre de **10-20% des investissements initiaux**.
- ✓ Les facteurs qui impactent la viabilité économique de l'extension de durée de vie sont: le coût des équipements à remplacer, l'augmentation de puissance, le coût des améliorations de sûreté, et le vieillissement des composants non-remplaçables.
- ✓ Dans la plupart des cas, **l'allongement de l'exploitation long terme d'au moins 10 ans est économiquement viable**. C'est aussi une des sources d'électricité bas C les moins chères.
- ✓ **Plusieurs risques et incertitudes pèsent sur les décisions**: acceptation par le public, changements de politiques nationales, ou **changements du contexte économique**.
- ✓ **Quel va être l'impact de la COP21? Nouvelle étude AEN prévue 2017-2018**