



LA GRANDE MARCHÉ

DU 27 JUILLET AU 27 AOÛT 2018

Massification des EPR ?

Jean-Luc Fossard

CAN-Ouest



Sommaire

Problématique : L'EPR2 est-il un produit industrialisable compte tenu des déboires des têtes de série?

- Introduction :
 - la filière à un tournant, EDF dans l'impasse
 - Il faut sauver les soldat EDF
- Génèse de l'EPR, caractéristiques techniques, commandes et construction, rappels
- Notions de sûreté nucléaire et éléments de sûreté de l'EPR
 - la défense en profondeur
 - un réacteur présenté comme « plus sûr »
- Critiques, défauts et dérives du projet EPR : « On vous l'avez bien dit !» *Par les antinucléaires*
 - Critiques globales
 - Sûreté à la lumière Fukushima : l'EPR déjà obsolète
 - La critique techno-scientifique et défauts de l'EPR dès l'origine du projet
 - Défauts, anomalies, dérives du chantier (Cuve, Coûts, délais, pertes de compétences)
- De l'EPR NM à l'EPR2 : construire + vite et - cher que l'EPR
- Perspectives de l'industrialisation de l'EPR2 (Conception, construction, délais, coûts, sûreté)
- Conclusions

Introduction : la filière nucléaire française à un tournant

- Etat de la filière

- dans le monde

- Retrait de l'activité de Siemens, Westing House(faillite-rachat)
 - Principaux concurrents (chine, corée, russie, japon)
 - Sortie du nucléaire (Allemagne, Suisse, Belgique, Italie, Japon, Espagne)
 - Part du nucléaire dans le monde(consommation, production)
 - Nombre de réacteurs en chantier ou projet, marché en Asie, qq pays émergents(EAU, Turquie)
 - Coûts (1ère crise économique de la filière fin année 70's USA)
 - UE contexte de surcapacité de production (prix négatifs)

- en France

- Fin de la rivalité AREVA/EDF après la faillite d'Areva(déficit de 4,8 milliards d'euros en 2014). Areva sera découpée et réduite
 - Autorité de sûreté nucléaire mise en cause (affaire de la cuve =>remise en cause doctrine de défense en profondeur)
 - Perte de partenaires industriels nationaux, européens (CGE alsthom-turbine-alternateur, Siemens-conception,Canberra-instruments de mesure de la radioactivité)
 - Pertes de savoir faire (béton-Bouygue, métallurgie-Affaire Creusot Loire, soudures-Five-Nordon)
 - Loi TECV et PPE 2019 avec objectif 50 % nucléaire report à 2035/2025. Fermeture de Fessenheim. 14 réacteurs, 6 2028
 - Soutient super et technostructure encore vivace (Etat,médias,politiques,industriels, recherche) → Plan de relance 470 m€ pour le nucléaire dont 170m€ pour les SMR

Introduction : il faut sauver le soldat EDF

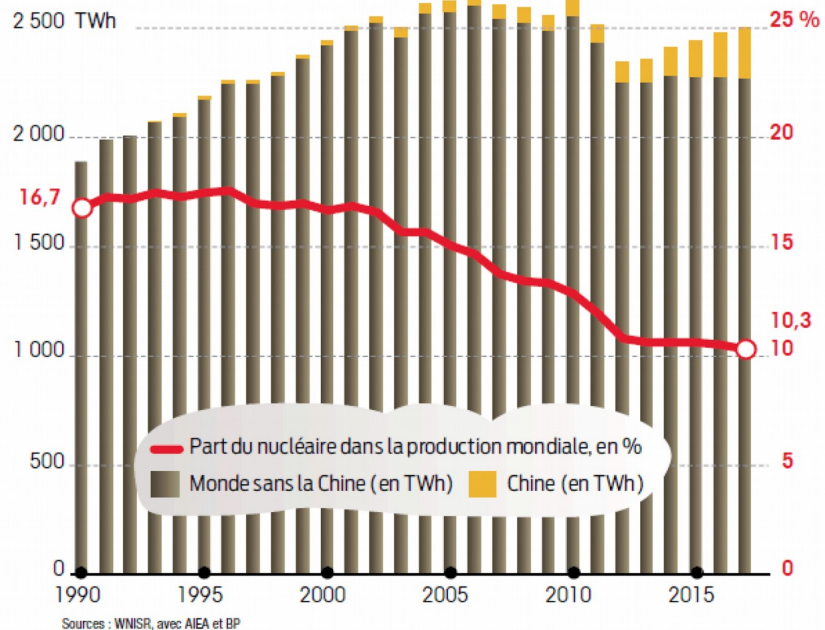
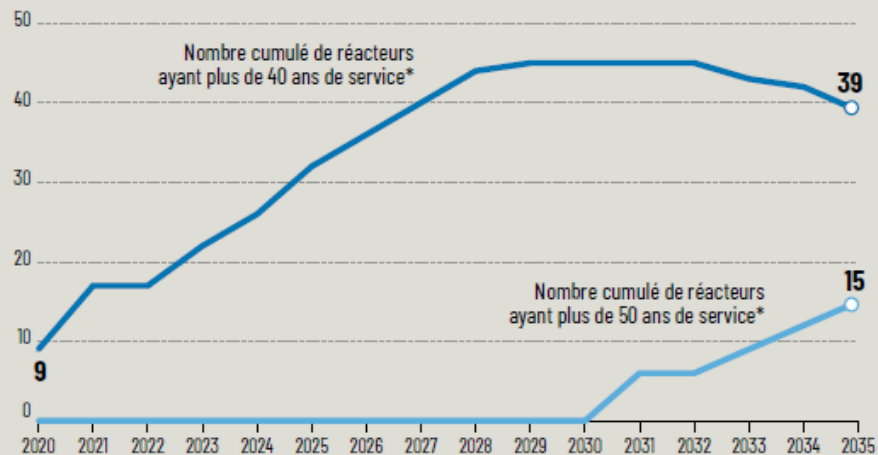
- Etat de l'entreprise EDF

- Dette (43Mds € en 2017)
- Mur d'investissement
- Importation de l'électricité en hiver (gestion de la pointe)
- Vieillissement du parc/renouvellement du parc
 - 80 % parc >40 ans 2030 mais autorisation prolongation réac. 900MW 40 à 50 ans
- Plan de restructuration reporté à 2023
- Taxonomie qui exclut le nucléaire le privant de subventions européennes malgré un lobbying important auprès UE
- Echech politique commerciale à l'export (années 2000)
 - cpp ENR sur le marché de gros
 - Bouleversement du marché de l'électricité (priorité aux ENR en EU)
 - EPR comme seul produit d'appel->échec industriel EPR FA3 (rapport Folz 2019)
 - EDF contraint de faire évoluer son modèle EPR NM, EPR2

DE PLUS EN PLUS DE RÉACTEURS TRÈS ÂGÉS

Nombre de réacteurs ayant 40 ans de mise en service ou plus sur la période 2020-2035*

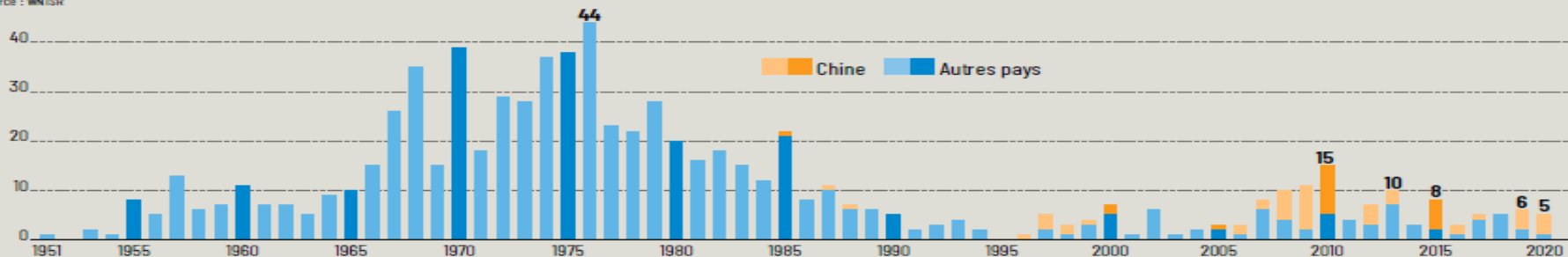
Source : Alternatives Économiques



HORMIS LA CHINE, LE MONDE NE CONSTRUIT PRATIQUEMENT PLUS DE RÉACTEURS

Nombre de mises en chantier de nouveaux réacteurs chaque année dans le monde entre 1951 et 2020

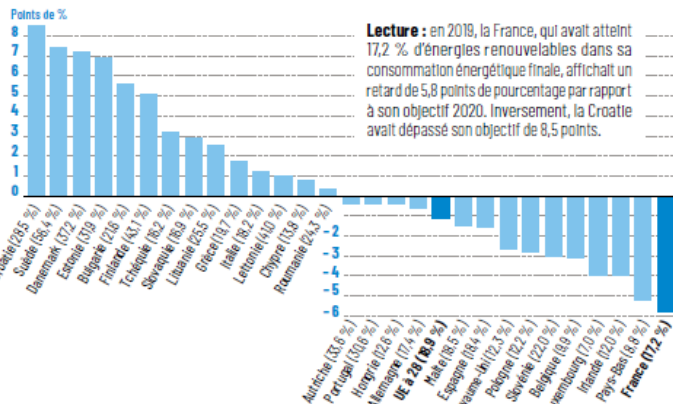
Source : WNISR



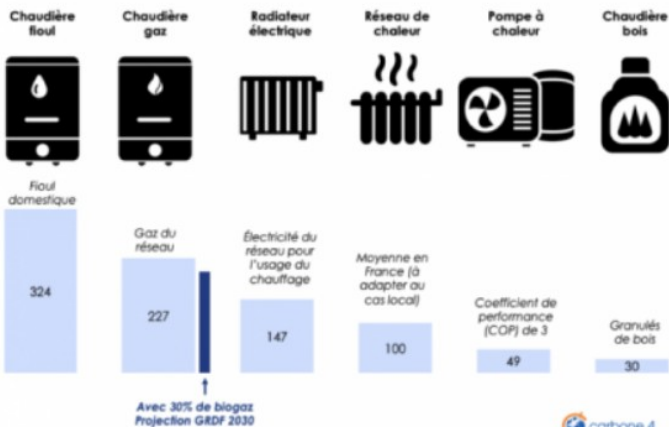
RENOUVELABLES : LA FRANCE MAUVAISE ÉLÈVE

Ecart en 2019 (en points de %) par rapport à l'objectif à atteindre en 2020 d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale (entre parenthèses, en %)

Source : Eurostat

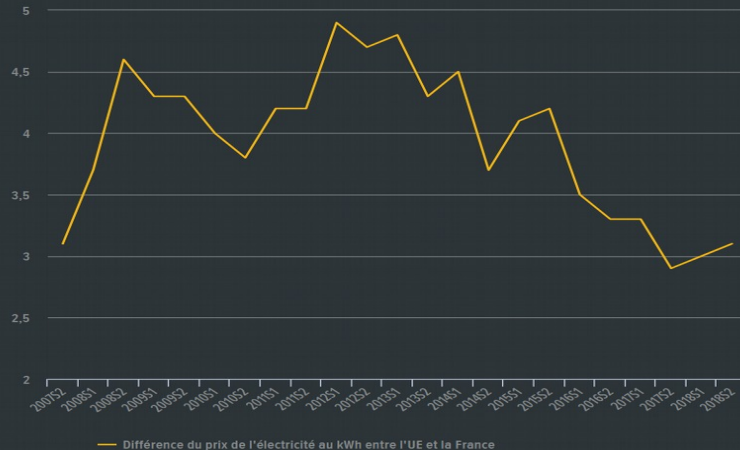


Émissions de gaz à effet de serre (gCO₂e) pour la consommation d'un kWh de chauffage en 2018



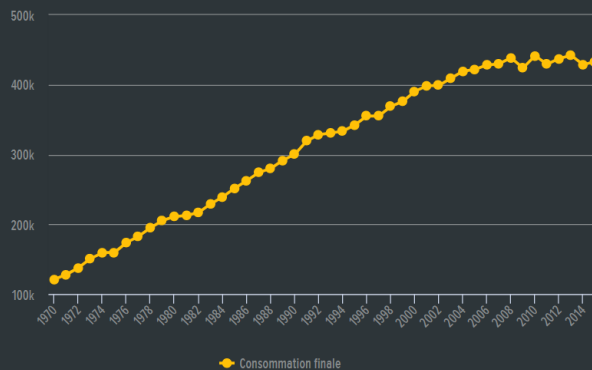
Prix de l'électricité : l'avantage français se réduit

Ecart de prix au kWh entre l'UE et la France sur la base d'un consommateur moyen (entre 2500 et 5000 kWh par an), en centimes d'euros



Une stagnation récente

Consommation finale d'électricité, en Gigawatt heures



Source : S0eS



Genèse de l'EPR, caractéristiques techniques (comparé à palier N4), commandes et constructions

- Coopération , Framatome (Areva en 2001)- Siemens (KWU): 1989 , Concept : Palier N4 – Konvoi, Design final 1998-1999
- 1997 1ère tentative de relance nucléaire en France bloquée par majorité Socialiste-Ecologiste au pouvoir
- 1998 : sortie du nucléaire décidée en Allemagne – Siemens quitte en 2009
- 2004 - 2007 : Décision de construction en France – Début travaux
- Durée prévue de construction : 57 mois* (4,8 ans)
- Coût de l'investissement: 2 Md€ (2003), 3,3 Md€ (EDF 2005)
- Coût du MWh : 43 € 2004/MWh (EDF 2005)

- Puissance électrique nette: 1650 MW (1500) – estimation production annuelle 14TWH
- Rendement: 36% (34%)
- Taux de combustion: 60 GWj/t (45)
- Durée de fonctionnement : 60 ans (40)

- Finlande (2005/2009/2021), France(2007/2012/2022), Chine(2009+2010/2014/2018+2019), Hinkley Point(2012(2018)/2025/2026)

Eléments de sûreté du projet EPR : un réacteur présenté comme « plus sûr »

- Même filière REP, doctrine « évolutionnaire ». Accident grave non pris en compte dans la conception, rupture de la cuve exclue au stade de la conception, équipements lourds (générateurs de vapeur, pressuriseur) et tuyauteries primaires (CPP) et secondaires (CSP) en exclusion de rupture*.
- Renforcement de l'enceinte de confinement (liner + double enc.) pour réduire le risque de rejets de radioactivité à l'extérieur de la centrale même en cas de fusion du cœur
 - Meilleure protection contre les risques sismiques
 - Récupérateur de corium supposé récupérer le cœur en fusion en cas d'accident et le submerger d'eau
 - Réservoir d'eau pour refroidissement passif (réduire la probabilité d'une situation aboutissant à une fusion du cœur)
 - Accroissement des redondances et des niveaux de protection des systèmes d'urgences
 - Système de contrôle-commande numérisé

* *La rupture de l'équipement concerné peut conduire à des situations pour lesquelles le rapport de sûreté ne prévoit pas de mesure permettant de ramener l'installation dans un état sûr.*

Sûreté nucléaire: la défense en profondeur

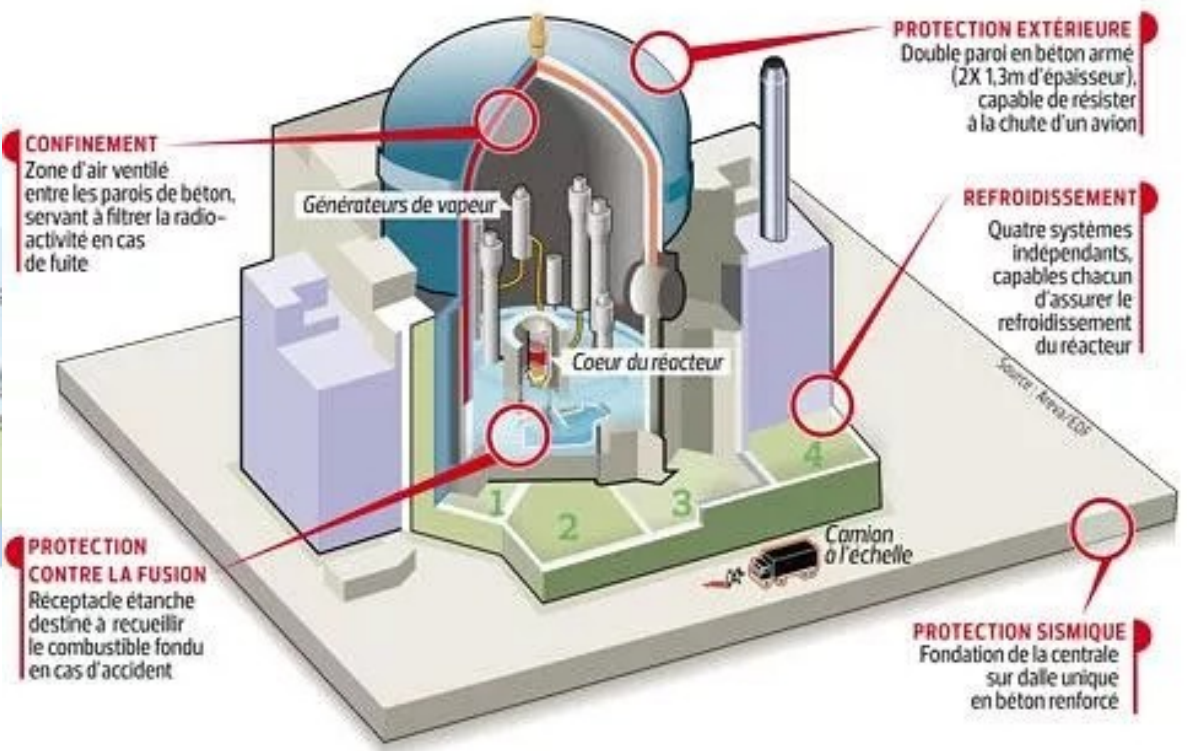
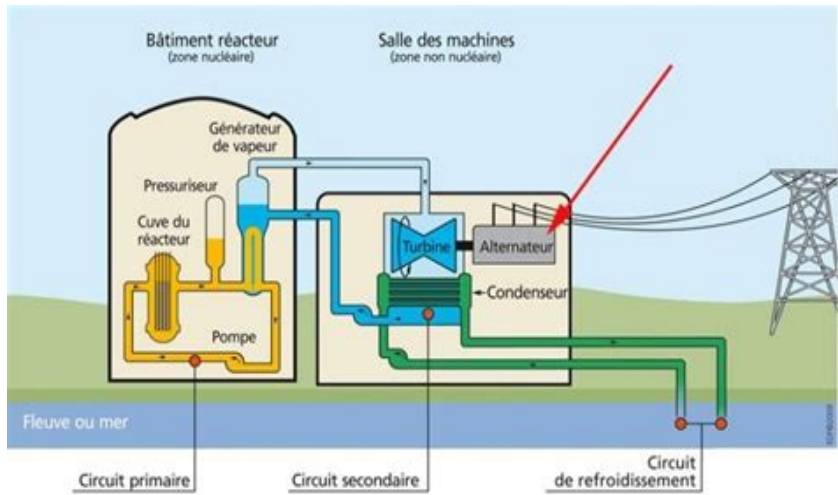
Pour garantir la sûreté du réacteur, l'exploitant doit mettre en œuvre trois niveaux de défense principaux* :

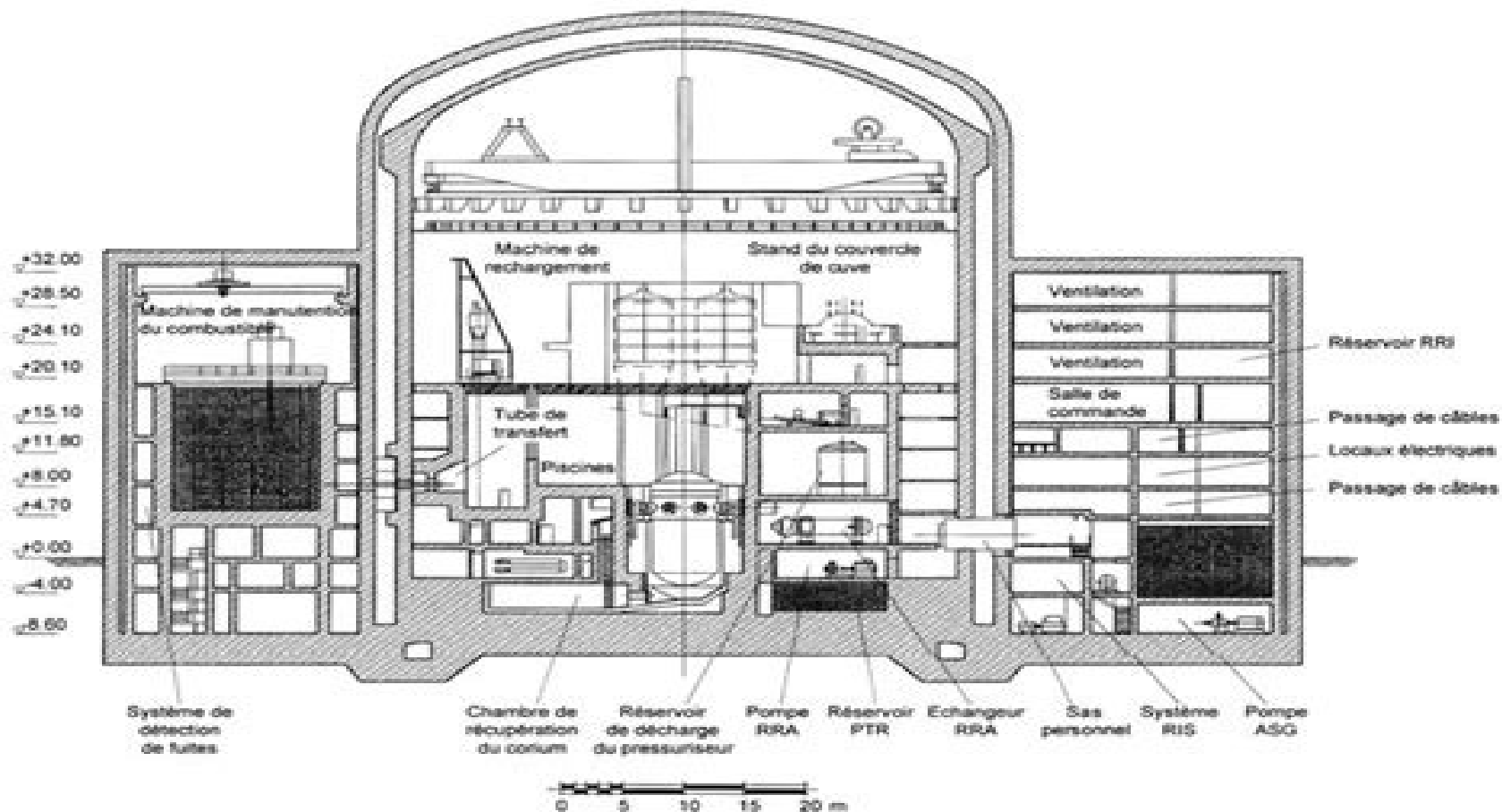
- **Premier niveau:** haut niveau de qualité de la conception et de la réalisation des équipements et haut niveau de garantie de cette qualité. Choix pour l'installation d'une conception robuste et prudente, intégrant des marges de sûreté, résistante à l'égard de ses propres défaillances ou des agressions externes
- **Deuxième niveau:** systèmes de régulation et de contrôle à même de détecter les anomalies et de maintenir le réacteur dans un domaine de fonctionnement sûr. Vérification de la qualité des équipements dans l'exploitation et la maintenance
- **Troisième niveau :** regroupe les systèmes de sauvegarde qui interviendront en cas de défaillance sur les deux premiers niveaux, pour maintenir et circonscrire l'accident.

* La défense en profondeur compte cinq niveaux mais les deux derniers sont dédiés à la gestion de l'accident

Les atouts **sécurité** de l'EPR «3^e génération»

Dispositifs n'existant ni sur les réacteurs à eau bouillante japonais, ni sur les réacteurs français actuels, dits de «2^e génération»





Coupe de l'ilot nucléaire du réacteur EPR

Les critiques globales du projet EPR

- 1. En 1995, ASN: « Au-delà des 4 tranches de Chooz et de Civaux, le standard N4 n'est pas acceptable en termes de sûreté pour constituer le réacteur de remplacement du parc électronucléaire français ».
- 2. En 2003, l'ASN*: «les exigences de sûreté pour l'EPR seront à revoir si un premier réacteur n'est pas rapidement lancé ».
- 3. En 2017, l'IRSN** : « Il s'agit d'un réacteur novateur mais complexe, passé trop vite d'une longue phase de conception à la construction, alors que le projet industriel n'était pas suffisamment finalisé. Plus d'un millier de modifications ont dû être apportées en cours de réalisation, dans tous les domaines.
- 4. Expertise critique : GSIEN (La Gazette nucléaire), Global Chance (Cahiers 18,25, 29), Wise-Paris, ACRO, CRIIRAD, Sortir du Nucléaire, Greenpeace, CAN-Ouest...

* A.C. Lacoste (DG de la sûreté, futur président de l'ASN, 3 avril 2003, audition OPEST.

** Thierry Charles, directeur général adjoint de l'IRSN, Le Monde de l'Economie, 27/7/32017

Sûreté à la lumière Fukushima : l'EPR déjà obsolète (Greenpeace)

- Implantation et protection des générateurs diesel de secours (coupure d'électricité-> système électrique-refroidissement du combustible dans le cœur du réacteur ou des piscines de stockage). FA3 diesels déplacés en haut de la falaise
- Implantation et protection de la piscine de stockage des combustibles usés (refroidissement permanent). FA3 risque d'explosion du bâtiment jugé impossible.
- Vulnérabilité de la salle de commande du réacteur. FA3 SDC proche du réacteur.
- EDF n'a pas étudié les conséquences de la perte de source froide ultime sur la sûreté du réacteur (ECS 2011).
- ASN constate (ECS 2011) qu'EDF n'a pas démontré l'autonomie du site pour une durée de quinze jours en toutes circonstances, notamment après un séisme ou une inondation engendrant un isolement du site.

La critique techno-scientifique et défauts de l'EPR dès l'origine du projet

- La chute (accident ou terrorisme): « confidentiel défense » - Ne résiste pas à choc gros porteur
- Risque d'explosions de vapeur induits par le système de récupération de corium en cas de fusion accidentelle
- Risque de colmatage des filtres des puisards du circuit de recirculation dans certaines situations accidentelles
- Un système numérique de contrôle-commande sujet à caution et objet de controverses (ex : 10-05-2000 centrale nucléaire allemande Neckarwestheim-1. descente des barres de commande d'arrêt d'urgence du réacteur était bloquée → attribution complexité du système)
- Absence d'enceinte de confinement résistant à la fusion du cœur " supercontainment " qui résiste à toutes les charges concevables
- Le design de l'EPR va l'encontre de la doctrine de conception des nouveaux réacteurs :
 - Réduction de puissance et de la concentration de puissance (sûreté)
 - Utilisation renforcée de fonctions de sûreté " passives " (non dépendance à des énergie étrangères-électricité)
 - Complexité accrue (Des ordinateurs doivent coordonner 17 000 conduits de tuyauterie, longueur totale 150 000 m, 30 000 points de fixation, 20 000 armatures, 1 000 appareils et agrégats de procédés techniques et 5 000 appareils électriques dans un volume de 850 000 m³)

Défauts, anomalies, dérives du chantier

- Bétons (fissures du radier, nids de cailloux cavités dans la piscine)
- Système de contrôle-commande ; l'ASN exige l'indépendance entre les systèmes de contrôle et de sûreté(2009). Le système de sûreté doit pallier une défaillance éventuelle du système de contrôle. Modifications en 2012.
- 2013: essai en charge du chariot 320t du pont polaire du BR. Chute accidentelle, dégradation du chariot, projection de pièces
- 2014 détection de défauts sur le couvercle et le fond de la cuve de l'EPR, ASN demande l'examen de tous les composants forgés par Creusot Forge. Découverte de falsifications (dossiers barrés), notamment sur les générateurs de vapeur.
- 2018, sur 26 732 dossiers vérifiés, EDF fait état de 1063 « anomalies » et 233 « non conformités » sur les équipements de 23 de ses réacteurs nucléaires en fonctionnement. A cela s'ajoutent 95 anomalies et 16 non-conformités sur les équipements de l'EPR révélées en septembre 2017 (viroles des générateurs de vapeur,calottes du pressuriseur).
- Pbms de soudures (barres de contrôle du couvercle de cuve, consoles du pont polaire, tuyauteries d'évacuation de la vapeur des générateurs de vapeur vers la turbine avec traversée du BR – 8 soudures (VVP)<= « des écarts de conception et de réalisation »

* *Génie civil principal: 300 000 m3 de béton, 500 000 m2 de coffrages,40 000 t d'acier de béton armé, 2000 t d'acier de précontrainte.*

Défauts de la cuve

La cuve fait partie des équipements dits « en exclusion de rupture ». Cela signifie que sa défaillance et sa rupture ne sont pas postulées dans la démonstration de sûreté. En conséquence, sa conception, sa fabrication et son suivi en service font l'objet de dispositions de contrôle particulièrement exigeantes afin d'écartier le risque de rupture.

- 2005 - ASN constate de nombreux écarts de fabrication concernant Creusot Forge
 - 2007 (confirmé en 2013) - Valeurs élevées de la concentration de carbone sur copeaux des flancs forgés du couvercle et du fond de la cuve de l'EPR (forgés en 2006).
 - 2014 – Malgré ces avertissements, EDF installe la cuve dans le réacteur en janvier 2014 (le « vrai couvercle » défectueux ne sera livré qu'en février 2016).
 - 2015 - Areva a mené des essais sur un couvercle similaire à celui de FA3 : les résultats ont montré fin 2014 la présence d'une zone présentant une concentration importante en carbone conduisant à des valeurs de la résilience métallique plus faibles qu'attendues (puis confirmation pour le fond de cuve). Areva informe ASN en décembre 2014.
 - 2015, 7 avril – ASN rend publique la non conformité du couvercle et du fond de la cuve.
 - Décembre 2015, Pdt ASN : « Je considère donc que l'exigence de qualification technique n'est pas respectée (pour le couvercle et le fond de la cuve) et que vous n'avez pas fait le choix de la meilleure technique ». La sanction est tombée. Dans ces conditions, la mise en service de la cuve de l'EPR ne peut pas être autorisée.
 - 2018, l'ASN autorise la mise en service et l'utilisation de la cuve du réacteur EPR de Flamanville, sous réserve de la réalisation d'un programme d'essais de suivi du vieillissement thermique sur l'acier de la ségrégation majeure positive résiduelle du carbone et de contrôles spécifiques lors de l'exploitation de l'installation. La faisabilité de ces contrôles n'étant pas acquise pour le couvercle en l'état des connaissances, l'ASN a limité à fin 2024 l'utilisation du couvercle de cuve (pourquoi 2024 : temps pour en fabriquer un autre...)

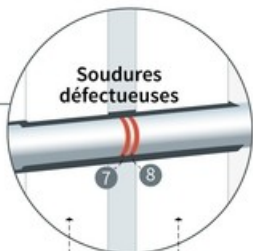
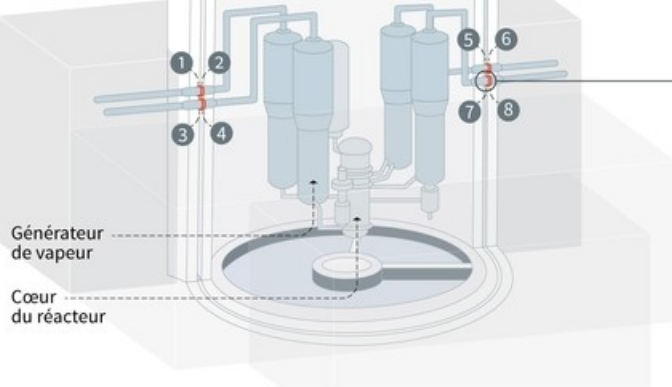
Décision ASN=> une remise en cause de la défense en profondeur de 1^{er} niveau

EPR de Flamanville

Le coût total de sa construction désormais estimé à 12,4 milliards d'euros



Enceinte de confinement du réacteur



Soudures défectueuses

Enveloppe intérieure en béton avec paroi métallique

Enveloppe extérieure en béton armé

Sources : AREVA, IRNS © AFP

EPR Flamanville : réunion d'experts sur l'état de la cuve

Areva avait détecté, en 2014, une concentration excessive en carbone dans l'acier du fond et du couvercle de la cuve, pouvant potentiellement la rendre moins résistante alors qu'elle est une pièce essentielle

Cuve

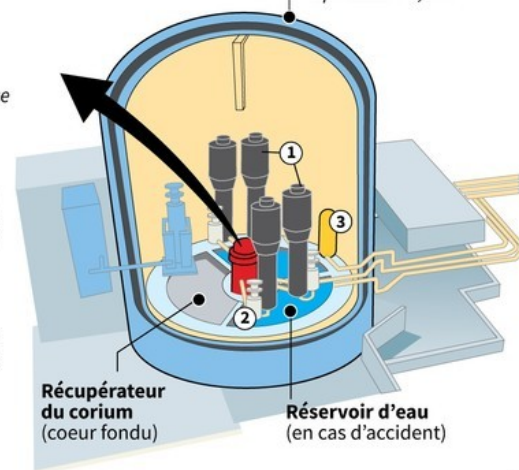
- Contient le cœur du réacteur
- Sert de 2^e barrière de confinement aux éléments radioactifs
- Hauteur : 11 m
- Poids : 425 t
- Fabricant : Japan Steel Works



Couvercle
Diamètre : 4,72 m
Épaisseur : 23,2 cm
Fabricant : Creusot Forge

Fond
Diamètre : 4,675 m
Épaisseur : 14,7 cm
Fabricant : Creusot Forge

Double paroi en béton avec peau métallique intérieure
Épaisseur : 2,6 m



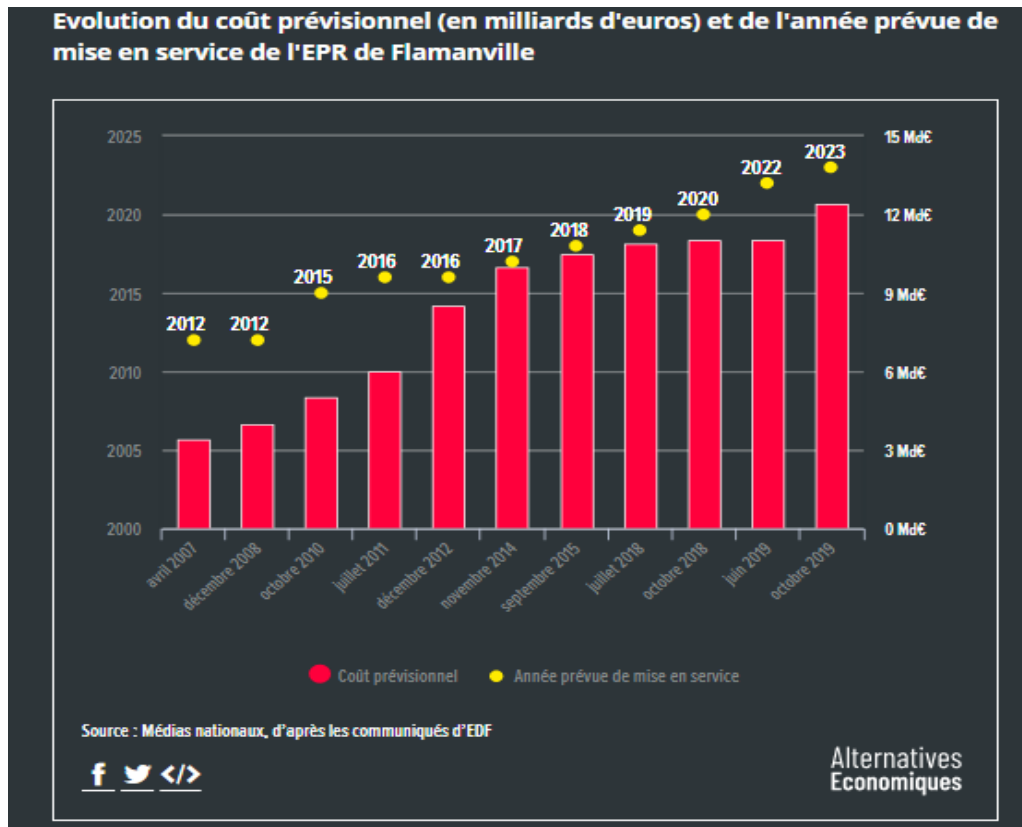
Récupérateur du corium (cœur fondu)

Réservoir d'eau (en cas d'accident)

- ① Générateurs de vapeur ② Pompes primaires ③ Pressuriseur

AFP Sources : ASN, Areva

Dérives des coûts, du calendrier



EPR de Flamanville réévalué à 19,1 milliards par la Cour des comptes !

09-07-2020 (1,5Mds€ reprise des soudures, 4,2Mds frais financiers)
« un échec opérationnel aux causes multiples »

« La multiplication par 3,3 du coût de construction et par au moins 3,5 du délai de mise en service de l'EPR de Flamanville, par rapport aux prévisions initiales, constituent une dérive considérable, même pour un réacteur tête de série. »

coût de production environ 110 et 120 euros le MWh / 36 euros MWh parc nucléaire actuel

« Perte de compétences généralisée » des acteurs de la filière électro-

nucléaire Rapport J.M. Folz, Rapport CC 2019-2020, Thèse F. Garcias

- France a cessé pendant 20 ans de concevoir de nouvelles centrales
- Forte externalisation des opérations de maintenance . Ex : pbm soudures savoir-faire jadis parfaitement maîtrisé qui a été perdu au fil du temps et cette déperdition a été accentuée par les délégations successives de ces travaux (dès 2014)
- Départs à la retraite d'une proportion importante d'agents expérimentés dans le nucléaire non systématiquement remplacés, ou bien remplacés par des ingénieurs jeunes et inexpérimentés (CC 2019)
- Crise cachée des savoirs de conception : pertes de compétences ne sont rendues visibles que lorsque des défaillances ou des accidents surviennent, c'est-à-dire le plus souvent à la fin du projet. Pendant toute une partie du projet, en effet, la conception est affaire de modèles, de simulations et de plans : rien ne garantit que le concept initial imaginé sera réalisable. Un projet de conception ne se déroule jamais conformément à un plan préétabli : plus le projet est complexe et innovant, plus les choix techniques sont risqués, plus le nombre de concepteurs à coordonner est important... et plus des problèmes inattendus seront susceptibles de survenir chemin faisant.
- Estimations irréalistes : les experts ont été peu entendus / management
 - Rôle est d'évaluer la faisabilité . Une enquête interne menée à l'époque souligne que, dans leur grande majorité, les experts jugeaient les objectifs irréalistes. Mais la pression de l'État, des actionnaires , des dirigeants n'a sans doute pas empêché l'escalade des engagements.
 - Rôle de coordination : activité sociale et organisationnelle qui ne s'apprend pas dans les livres. Elles sont le résultat de l'accumulation collective d'expériences et de projets. C'est dans l'action qu'on apprend le métier
 - Rôle d'alerte

De l'EPR NM à l'EPR2 : construire + vite et - cher que l'EPR

- 2015, EDF et Areva lance un projet « nouveau modèle » (EPR NM), intégrer le retour d'expérience réalisé par EDF sur FA3. Optimisation a 3 objectifs :
 - coût
 - durée de construction dont simplification du design
 - industrialisation du produit et l'amélioration de l'ingénierie.
- Techniquement, plusieurs innovations de l'EPR NM :
 - enceinte de confinement à simple paroi avec liner
 - suppression d'un train de sauvegarde dédié à la maintenance
 - augmentation de la puissance (1 750 MWe net contre 1 670 MWe net pour l'EPR de type Taishan)
 - simplification de la conception du récupérateur de corium et réduction de la surface d'étalement.

Modèle hybride entre l'EPR (pour la chaudière cuve et générateur de vapeur), l'EPR NM (pour les bâtiments, les systèmes de sûreté)

- EPR NM devient EPR2 (10-2017) suite discussion AS+IRSN globalement même projet sauf le niveau de puissance, ramené au niveau de l'EPR actuel (1 650 MW) et entièrement numérisé
- Délai prévu entre 1^{er} béton et MSI 86 mois (FA3 187 mois, T1,T2 110 113 mois).
- EDF entend veiller aux enjeux de construction et d'exploitation, phases amont du projet, en simplifiant la « constructibilité » du réacteur, notamment en associant les principaux constructeurs au design.
- 2019, plusieurs avis de marchés au Journal officiel de l'UE relatifs à la construction d'une paire d'EPR2 aucun site désigné . Site probables : Penly, Graveline, Tricastin, Bugey
- Coût initial 6,9 Mds€ la paire

La réforme d'EDF : impasse industrielle, financière, économique

- Dette brute officielle 49,4 Mds€, (75 Mds€ selon Greenpeace)
- Résultats courants en baisse, incapacité à rembourser ses emprunts=> flux de trésorerie<0 (depuis 11 ans) ; l'argent généré par l'exploitation ne permet pas de financer les investissements et la charge de la dette
- Menacée par les réclamations, contentieux suites au défaillances des chantiers EPR
- Risque financier élevé du projet Hinkley Point C (risques Brexit, taux de change, juridiques)
- Pertes économiques dues à la chute des prix sur le marché européen de l'électricité. Surcapacités de production avec l'essor des ENR(de +en+ compétitives) et économies d'énergie. Marché de l'électricité en mutation
 - Le maintien des capacités de production par le grand carénage avec un parc vieillissant par rapport aux besoins à l'échelle de la plaque européenne fait qu'EDF devra alors faire tourner ses réacteurs à perte.
 - Arhen : dispositif mis en place en 2010 pour permettre à la concurrence sur le marché (revente 25 % production tarif fixe 42MWh)
 - Priorité de tirage donnée aux ENR sur le réseau grâce à un coût marginal très faible (quasiment nul)
- Coûts de production des réacteurs croissants
 - Baisse du taux d'utilisation ; multiplication des arrêts dus à des incidents sur un parc vieillissant
 - Mesures de sûreté plus exigeantes, notamment après Fukushima et Tchernobyl
 - Rattrapage du désinvestissement sur la maintenance des réacteurs (Années 2000, 2010)
 - Prolongation de la durée de vie des réacteurs (grand carénage) évaluée à 51 Mds€, CC(100 Mds€)
- Importation de l'électricité pour résoudre la pointe en hivers. Les EPR étaient à l'origine prévus pour faire du suivi de charge.
- Retard pris dans le développement des ENR mix énergétique EDF très nucléarisé 77 %, solaire et l'éolien 3 %.
 - Réduire le nucléaire, y renoncer=> changement profond de la culture industrielle d'EDF construite autour de cette technologie depuis 50 ans. Changement de stratégie aurait un coût à court terme
- Coût du nucléaire 75€/MWh rapp. Sénatorial 2012 démantèlement, gestion des combustibles usés, des déchets, recherche publique, assurance d'accident,révision du taux d'actualisation des investissements

EPR2 savoirs faire, retours d'expériences

- En faisant le choix de concevoir l'EPR2, EDF s'est éloigné de la démarche d'optimisation de l'EPR appuyée sur le retour d'expérience. (Olkiluoto et Flamanville montrent que privilégier l'innovation à l'expérience cumulée présente des risques et que le coût de cette innovation ne doit pas être sous-estimé (secteur aviation) CC 2020.
- les mécanismes de « désapprentissage » et de pertes de compétences qui se sont opérés nécessite une temporalité longue dans leur reconstitution. Dans la plupart des métiers, il faut entre cinq et dix ans pour former un expert autonome et compétent. On parle d'un « mur d'apprentissage » pour décrire l'écart entre les capacités d'expertise initiales et celles visées pour atteindre les objectifs attendus.
- EDF souhaite disposer de référentiels stables et **partagés avec les autorités** sur une paire de réacteurs. Les paires EPR2 auront-ils le même design? ce qui limiterait le retour d'expérience des têtes de séries. (EPR bord de mer/fleuve <>)Rôle de l'ASN sera déterminant . Contexte réglementaire en évolution continue (selon EDF 12 % surcoût EPR FA3).

Des questions en termes de coûts, financements

- CC (2020) fait aussi remarquer que les gains financiers entre 1 EPR bien construit et 1 EPR2 sont limités (7,2 Mds€ vs 6,9 Mds€)=> marge faible qt aux dérives potentielles de EPR2, => doute sur la caractère industrialisable EPR2 et sa standardisation
- « Une estimation du coût de construction de l'EPR2 reposant sur des hypothèses à affirmer » CC 2020
 - 1ère paire site en bord de mer dit « non contraint » estimée à 15,27 Md€
 - 2ème paire 15,4 Md€, 3ème paire 15,1Md€

=> pas de gains d'effet de série. Existence de surcoûts liés à une implantation plus complexe 2ème paire plus élevés que celui de la 1ère (problématique réchauffement climatique)

- Estimation avec des données incomplètes qui dépendront des REX partiels.
 - planning n'est pas encore adossé à une analyse capacitaire portant sur les ressources d'ingénierie ou sur les ressources industrielles
 - Calendrier avec horizon 60 ans (quelles disponibilités des acteurs de la maintenance, des déchets, du démantèlement)

=> coût de l'EPR2 repose « sur des hypothèses techniques, de délais, de risques, de politique industrielle et de stratégie d'achats, qui restent à confirmer par des études de conception et de préparation. »

- « La situation d'EDF, entreprise cotée en bourse et déjà endettée, est incompatible avec les besoins massifs d'investissement auxquels l'entreprise devra faire face en cas de déploiement de nouveaux réacteurs. »

« il apparaît improbable qu'investir dans les EPR puisse être suffisamment rentable sans un cadre de régulation portant sur un soutien au financement assurant un partage de risques entre l'investisseur et la puissance publique et une garantie de revenus. »

=> Difficultés de trouver des partenaires de financement qui trouveront avantages (ex : FA3-ENEL,HKC-Centrica)

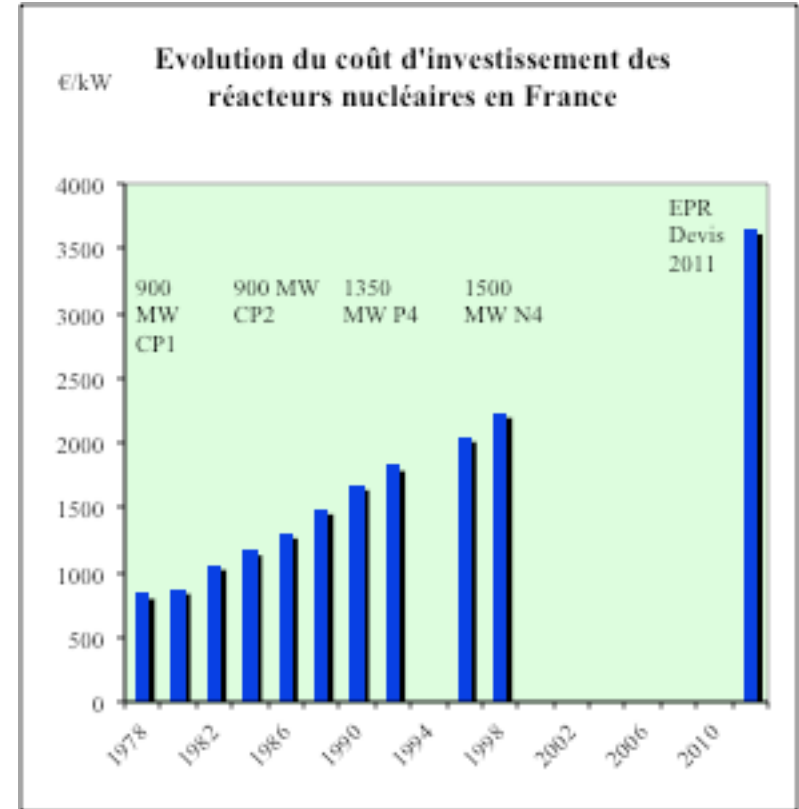
- Horizon 60 ans (finXXIème), évolution importante des techniques de production, de stockage=> quelle comparaison de compétitivité des moyens de production, des systèmes électriques mettant en œuvre les mix électriques ? La CC recommande une planification à long terme (15 ans) du mix. Eviter la précipitation comme pour FA3.

Construction de paires de réacteurs

EPR Taishan	EPR Hinkley point C
<ul style="list-style-type: none">_ T1 : 2009, T2 : 2010_ Retards 4-5 ans_ Surcoûts +60 % /budget départ 8 Mds€_ Causes surcoûts : cuve EPR défectueuse_ Plusieurs équipes de chantier_ Existence programme de plusieurs chantiers de centrales nucléaires depuis 20 ans=> réservoir de compétences disponibles (soudeurs qualifiés)_ Normes techniques de sûreté moins exigeantes_ utilisation des mêmes moyens de chantier, avantages du retour continu d'expérience pour la 2ème tranche	<ul style="list-style-type: none">_ C1 : 2018, C2 : 2019_ Retards 1 an mais chantier en cours_ Surcoûts +7 % 24,5 Mds€/ 23 Mds€_ Causes surcoûts :<ul style="list-style-type: none">• travaux de terrassement plus importants que prévu• gains de productivité escomptés non réalisés• mesures imposées par le régulateur nucléaire britannique (Installation système de commande complémentaire qui ne soit pas numérique).• COVID19

Gains de coûts d'apprentissage industriel faibles : standardisation et de l'effet d'échelle contrariés

Palier	Puissance électrique nette (MW)	Coût des deux premiers réacteurs mis en service (1000 € / MW)	Coût moyen des réacteurs suivants (1000 € / MW)
CP0 (6 réacteurs)	880 - 910	836	893 (+7%)
CP1 et CP2 (28 réacteurs)	890 - 915	1 191	1078 (-9%)
P4 (8 réacteurs)	1310 - 1335	1 531	1 190 (-29%)
880-910P'4 (12 réacteurs)	1300 - 1330	1 358	1 191 (-22%)
N4 (4 réacteurs)	1495 - 1500	1 635	1 251 (-24%)



Cour des comptes : « Le coût de production de l'électricité nucléaire – Actualisation 2014 », mai 2014

Coût du MW installé des différents paliers de la filière REP (en euros 2010)

Des questions en termes de sûreté : avis de l'ASN sur le dossier sûreté EPR NM

- ASN considère que « le référentiel de sûreté retenu est globalement satisfaisant ». mais,
 - des justifications complémentaires sont attendues sur la démarche d'exclusion de rupture des tuyauteries primaires et secondaires principales et sur la chute accidentelle d'un avion militaire. => impact sur design, coûts, sûreté

« dans le cas des centrales existantes, les accidents graves n'ont pas été considérés lors de leur conception. Les modifications envisageables de l'installation sont donc restreintes et les recherches menées dans ce cadre ont essentiellement pour objectif de trouver des moyens de limiter les conséquences d'un accident grave »

« Des dispositions de conception spécifiques doivent être prises afin d'aboutir à une élimination pratique des accidents pouvant conduire à des rejets précoces importants et à une limitation des conséquences des accidents avec fusion du cœur à basse pression »

=> l'hypothèse d'exclusion de rupture présente pour l'exploitant l'intérêt de ne pas tenir compte dans ses analyses de la défaillance possible de l'un de ces équipements

- Les agressions d'origine externe : ASN ne traite que la chute accidentelle d'aéronef et le séisme. Or, des bouleversements climatiques ou des instabilités géopolitiques sont annoncés par les climatologues du GIEC et qui vont accroître la vulnérabilité des centrales
- Les agressions d'origine interne (incendies, explosions, émissions de projectiles) manquements, absence de précisions dans le dossiers sont constatés.

Commentaires Global Chance sur les avis de l'ASN sur le dossier sûreté EPR NM

- 1. L'ASN considère que le niveau de sûreté d'un nouveau réacteur doit être, au minimum, équivalent à celui du réacteur EPR de Flamanville (FLA 3).
- 2. Les enseignements du fonctionnement de FLA 3 seront décisifs pour porter un jugement sur EPR NM et EPR 2. Il faudra donc attendre une durée de fonctionnement après le démarrage de celui-ci.
- 3. L'ASN considère que des améliorations supplémentaires en termes de sûreté eussent été souhaitables. Le délai imposé par les retards de FLA 3 devraient à notre avis permettre cette évolution.
- 4. L'augmentation de puissance du projet EPR NM par rapport à l'EPR de Flamanville est jugée par l'ASN défavorable en termes de sûreté : EDF présente dorénavant le projet EPR 2 de puissance comparable à celle de FLA3.
- 5. L'ASN exprime des opinions défavorables, des questionnements et des manques par rapport à un certain nombre de nouvelles dispositions. On est cependant étonné de constater l'approbation du choix d'une seule enceinte alors que celui d'une double enceinte pour FLA 3 avait été considéré comme un progrès de la sûreté.
- 6. La question du récupérateur de corium, innovation considérée comme remarquable dans FLA3, n'est pas traitée dans l'avis sur les nouveaux réacteurs.
- 7. La demande d'exclusion de rupture pour des équipements fondamentaux pour la sûreté est fortement mise en question par l'ASN du fait de l'expérience malheureuse de FLA 3.
- 8. La prise en compte des agressions extérieures dans l'avis de l'ASN nous paraît insuffisante au regard des nouvelles menaces, tant sur le plan des bouleversements climatiques que sur celui des agressions malveillantes.
- 9. Tel que présentés, ni EPR NM ni EPR 2, du fait de leur caractère « évolutionnaire » par rapport à l'exigence de sûreté intrinsèque, ne nous paraît être, du point de vue de la sûreté, acceptable comme « réacteur du XXIème siècle »

Conclusions

- EPR a-t-il tenu ses promesses ?
 - Conception, délais, coûts, qualité=> non, fonctionnement=> EPR T1 corrosion des gaines combustible oblige l'arrêt du réacteur. La tenue du gainage dans un réacteur de cette puissance supérieure n'a pas été testée. => **Sait-on encore construire des centrales nucléaires ?**
- Le nucléaire a-t-il un avenir dans le monde, en Europe, en France?
 - L'électricité dans les pays développés, un marché mature (Pas d'expansion à l'horizon)
 - Les relais de croissance se trouvent désormais à l'extérieur des frontières européennes
 - les nouveaux projets sont aujourd'hui dans leur grande majorité, des développements d'EnR.
 - nucléaire est hautement capitalistique. Sa structure à coûts fixes élevés l'empêche de s'adapter rapidement à un marché en pleine mutation
 - La direction énergie de la Commission européenne, les grands industriels ont tourné la page du nucléaire, et développent massivement les énergies renouvelables (bataille autour taxonomie verte). Pour rappel, depuis 30 ans , l'UE n'a pas construit de centrale nucléaire (hormis la France).
- La relance d'un programme de masse par des EPR2 est-elle faisable ?
 - Pari industriel, pari de la dernière chance ? Ou de sa marginalisation définitive ?
 - 2020, Cour des comptes, "la construction de nouveaux EPR en France ne saurait en tout état de cause être envisagée sans réponses préalables claires sur les modes de financement et la place de la production électronucléaire dans le mix électrique de demain " . Mais l'incertitude est radicale quant au mix électrique ; trop d'inconnues subsistent : sur le coût de production de l'électricité provenant des centrales rénovées, sur celui des technologies renouvelables, sur le niveau de la demande en électricité, qui dépendra de l'activité économique, des améliorations en matière d'efficacité énergétique, du développement (ou pas) du véhicule électrique
 - Une décision politique officiellement pas encore prise mais qui se base sur la parole présidentielle...
 - Design EPR2 n'est pas encore stabilisé , il dépendra du retour d'expérience du fonctionnement de EPR FA3 (CC 2020, ASN 2019)
 - Design EPR2 n'est pas encore stabilisé à l'export dépendra de la réglementation internationale
 - Attitude de ASN sera déterminante ; avec l'affaire de la cuve ASN s'est retrouvée, en lieu et place du politique comptable du sort de la filière nucléaire française. (Taishan, HKC, augmentation capital sauvetage AREVA conditionnés cuve EPR FA3). Or la caractéristique majeur d'EDF est la politique du fait accompli. Confession of a Rogue Nuclear Regulator G. Jaczko Ancien dirigeant NRC USA « en pratique, rares sont les régulateurs à vraiment tenir tête aux industriels »
 - Les régions Hauts-de-France, en juin 2018, et Normandie et Rhône-Alpes-Auvergne, en mars 2019, ont présenté, par l'intermédiaire de leurs présidents, leur candidature pour accueillir des chantiers EPR

=> forte probabilité que les erreurs du passé se reproduisent en partie donnant à voir que l'EPR2 ne peut être produit en masse.