

# Evolutionary Power Reactor 2 - EPR 2

---

L'EPR 2, pour **Evolutionary Power Reactor 2**, aussi initialement appelé EPR-NM (« Nouveau Modèle »), est un projet de réacteur nucléaire à eau pressurisée de génération III+. Ce modèle est une évolution de l'EPR, Evolutionary Power Reactor construit dans les centrales nucléaires de Flamanville (France), de Taïshan (Chine) et d'Olkiluoto (Finlande). Fin 2021, un programme de six réacteurs EPR 2 répartis en trois paires est lancé en France, ainsi que l'étude de la réalisation de huit réacteurs supplémentaires.

## Objectif

---

Ce modèle de réacteur, évolution de l'EPR, est conçu par EDF et Framatome, à travers leur filiale Edvance créée en 2017<sup>1</sup>, avec l'objectif d'améliorer la réalisation industrielle et d'abaisser les coûts de fabrication *via* des modifications de *design*<sup>2</sup>, tout en maintenant le niveau de sûreté de l'EPR en ce qui concerne le fonctionnement, la protection du personnel, la limitation de production de déchets radioactifs, la gestion de perte de confinement (récupérateur de corium), et la résistance aux agressions internes (explosion, rupture de tuyau...) ou externes (causes naturelles ou humaines)<sup>3,4</sup>.

## Histoire du projet

---

### Difficultés de l'EPR : le Rapport Folz

---

Les difficultés rencontrées lors de l'élaboration de l'EPR de Flamanville 3 ont poussé le PDG d'EDF Jean-Bernard Levy à commander en juillet 2019 auprès de Jean-Martin Folz, alors ex-PDG de PSA, un audit en expliquant les raisons. Ce rapport, connu sous le nom du « Rapport Folz<sup>5</sup> », est livré en octobre 2019. Il fait état de neuf causes principales.

1. Une « estimation initiale irréaliste » des coûts et délais. Lors de sa conception, le coût de construction d'un réacteur EPR était estimé à 3,3 milliards<sub>2001</sub> €. Ce prix est une extrapolation faite à partir des coûts de construction d'un réacteur du palier N4, correspondant aux derniers réacteurs nucléaires construits en France. En 2022, EDF estime le coût final à 13,2 milliards<sub>2015</sub> € sans les intérêts intercalaires<sup>6</sup>, tandis que la Cour des comptes reporte elle, en 2020, un coût total de 19,1 milliards €<sup>7</sup>. Le délai de construction initial de l'EPR était estimé à 54 mois au début du projet, soit près de trois fois moins que le réacteur tête de série<sup>a</sup> du palier N4 (142 mois pour Chooz B1), et deux fois moins que le dernier réacteur du palier N4 (98 mois pour Civaux 2)<sup>5</sup>. En conclusion, d'après le Rapport, « EDF a donc grossièrement sous-estimé [...] la différence de taille et surtout de complexité entre le palier N4 et l'EPR ».
2. Un « projet exceptionnel par sa taille et sa complexité ». Les ambitions consacrées à l'EPR étaient d'une envergure nouvelle : division par dix de la probabilité d'un accident majeur, rétention du corium dans l'enceinte de confinement en cas de fusion du cœur, résistance au crash d'un avion, durée de vie de 60 ans... Les mettre en œuvre a impliqué la réalisation de structures inédites, dont la complexité a été sous-évaluée : double enceinte de confinement en béton armé, récupérateur de corium, quatre trains de sauvegarde (au lieu de deux),

double salle de commande... entraînant aussi une augmentation significative de la quantité de matière première<sup>5</sup>.

3. Une « gouvernance de projet inappropriée ». De 2006 à 2015, la direction d'EDF ne dispose pas de chef de projet attiré au développement de l'EPR et les chefs de projet nommés se voient assigner d'autres responsabilités parallèles. Ce n'est qu'en 2015 qu'un véritable directeur de projet à temps plein est désigné<sup>5</sup>.
4. Des « équipes de projets à la peine ». Le rapport fait ici état de plusieurs dysfonctionnements systémiques : « [...] pas de recours aux méthodes de l'ingénierie système, une maquette numérique ne permettant pas une appréciation complète de la constructibilité des montages électro-mécaniques, pas de planning partagé avec les entreprises contractantes et encore moins d'« entreprise étendue », pas de gestion prévisionnelle des coûts à terminaison [...] »<sup>5</sup>.
5. Une « organisation complexe des ressources d'ingénierie ». Les différentes compétences d'ingénierie sont réparties entre plusieurs entreprises et sur plusieurs pays : la chaudière est développée par ArevaNP, le reste de l'îlot nucléaire par SOFINEL (co-entreprise d'EDF et ArevaNP localisée en France et en Allemagne), et l'îlot conventionnel par EDF. Ce découpage complexe induit des interfaces nombreuses, des efforts coûteux de coordination et des incohérences entre les différentes réalisations<sup>5</sup>.
6. Des « études insuffisamment avancées au lancement ». Bien que le *basic design* (conception de base ou conception générale) soit terminé au lancement du projet en 2006, la conception détaillée indispensable pour la mise en œuvre sur le terrain, n'est qu'à peine entamée. La durée de travail est également sous-estimée à cinq millions d'heures, alors que les rapports chiffrés de 2019 indiqueront que les vingt millions d'heures de travail ont été dépassées. Celles-ci comprennent entre autres plus de 4 500 modifications en cours de chantier, et la définition de pas moins de huit configurations globales possibles du réacteur, ce qui consomme des heures d'études, dérouté les sous-traitants et entraîne de nombreuses reprises de montages déjà réalisés<sup>5</sup>.
7. Un « contexte réglementaire en évolution continue ». L'accident de Fukushima en 2011 conduit à un examen de la situation de toutes les centrales nucléaires françaises. Les transformations à effectuer sur le site de Flamanville 3 sont néanmoins mineures, de même que celles induites par la réglementation sur les Installations Nucléaires de Base publiée en 2007 par l'ASN. La réglementation des Équipements Sous Pression Nucléaire (ESPN) en revanche, a été modifiée à de nombreuses reprises entre 2005 et 2018, date de sa codification finale. Ces instabilités réglementaires entraînent tant des difficultés industrielles que des difficultés de certification de conformité par les autorités, dont l'exemple le plus marquant reste les anomalies du couvercle de la cuve du réacteur de Flamanville 3<sup>5</sup>.
8. Des « relations insatisfaisantes avec les entreprises ». Le nombre de contrats entre les intervenants et EDF a été volontairement réduit, menant les entreprises à sous-traiter elles-mêmes des tâches parfois complexes, et hors des compétences de leur sous-traitant. De plus, les modifications régulières du cahier des charges qui interviennent sont sources de réclamations et de nombreuses tensions, auxquelles s'ajoute l'entente difficile entre EDF et ArevaNP jusqu'en 2015, date du début de rachat par EDF d'ArevaNP (redevenant alors Framatome)<sup>5</sup>.
9. Une « perte de compétences généralisée ». Les constructions de la première et de la dernière tranche du palier N4 sont lancées respectivement en 1984 et 1991, soit 24 et 16 ans avant Flamanville 3. Entre-temps, aucune construction de réacteur nucléaire n'est opérée en Europe, jusqu'à l'EPR d'Olkiluoto 3 en 2005. On assiste à ce moment-là à une perte de savoir-faire, tant dans la gestion d'EDF des projets d'envergure, que dans la conception de centrale (avec des bureaux d'études produisant des spécifications industriellement irréalisables, ou excessives, dites *over-engineering*) ; ou encore dans la production industrielle des composants (sous-utilisation de la filière nucléaire, augmentation de la réglementation, désindustrialisation...)<sup>5, 8</sup>, illustrée par la problématique des nombreux défauts de soudure de Flamanville 3<sup>5, 8</sup>.

Le concept d'EPR n'est pas remis en cause<sup>2</sup>, comme en témoignent la mise en service et le fonctionnement nominal des deux EPR de Taishan en Chine, Taishan 2 devenant le réacteur le plus productif au monde à l'année, ayant fourni 12,4 TWh en 2020<sup>9</sup>. Cela n'exclut pas entre-temps la réalisation d'améliorations, mais sans modification majeure, afin de ne pas perdre le bénéfice de l'effet tête-de-série de Flamanville 3, et l'expérience des EPR déjà construits.

Après la remise du Rapport Folz en octobre 2019, le ministre de l'Économie Bruno Le Maire commande auprès d'EDF la mise en place d'un plan d'actions. Ce dernier est livré en décembre 2019, sous le nom de « Plan Excell »<sup>10</sup>.

## Application des leçons de l'EPR

---

Ainsi publiés, les différents points soulevés dans le Rapport Folz ont mis en lumière la nécessité de repenser le projet EPR à tous les niveaux : gouvernance, conception, et réalisation.

### Gouvernance

---

L'État français souhaite un rapprochement d'EDF et d'ArevaNP, initié en juillet 2015<sup>11</sup> et finalisé par le rachat d'ArevaNP (redevenant alors Framatome) par EDF en juillet 2018<sup>12</sup>.

Parallèlement, l'abandon du nucléaire civil allemand est voté en 2001 par la coalition SPD/Les Verts du gouvernement Gerhard Schröder, et accéléré en 2011 à la suite de l'accident de Fukushima par la Chancelière allemande Angela Merkel. En 2011, Areva (depuis devenu Orano) rachète les parts de Siemens dans la société ArevaNP pour 1,62 milliard €<sup>13</sup>.

Ces restructurations font de l'EPR, et *a fortiori* de l'EPR 2, des projets à gouvernance exclusivement française (EDF, Framatome, Orano). Les différentes activités (ingénierie, sous-traitance...) restent cependant internationalisées, principalement en Europe.

### Conception et réalisation

---

EDF et Framatome (ex Areva NP) fondent en mai 2017 la société d'ingénierie Edvance, une EPCC chargée de la conception et de la réalisation de l'entièreté de l'îlot nucléaire (chaudière nucléaire incluse) et du contrôle-commande<sup>14</sup>. Les objectifs visés par cette co-entreprise, sont une meilleure coopération, une meilleure cohérence et une meilleure intégration des nombreuses équipes chargées de la réalisation des différents composants de l'îlot nucléaire.

Le Plan Excell est une réponse d'EDF, élaborée sous la supervision d'Alain Tranzer (délégué général à la qualité industrielle et aux compétences nucléaires) en collaboration avec le GIFEN, aux dysfonctionnements mis en évidence par le Rapport Folz<sup>10, 15, 16</sup>. Il est construit autour de trois grands thèmes principaux :

1. *Le renforcement de la qualité industrielle* : mise en place de nouveaux contrats entre EDF et leurs partenaires plus simples et plus équilibrés, nouvelles qualifications des fournisseurs et de leurs sous-traitants, meilleure qualification des procédés industriels, fonctionnement en « entreprise étendue »<sup>10</sup>... Ainsi qu'un large appui du numérique : utilisation de maquettes 4D (maquettes 3D couplées au planning de construction) permettant un suivi en temps réel des séquences de construction et des dates clés<sup>17</sup>. Le projet dispose depuis 2020, d'un « jumeau numérique 4D »<sup>18, 19</sup> ;
2. *Le renforcement des compétences techniques* : recrutement de 21 000 cadres, employés et ouvriers en 3 ans<sup>20</sup>, stimulation de la formation à travers des partenariats avec des

TPE/PME et des écoles, ainsi que la création d'une « Université des métiers du nucléaire » à Paris. Un plan spécifique est dédié au recrutement, à la formation et à la valorisation de soudeurs qualifiés<sup>10</sup> ;

3. *Le renforcement de la gouvernance de grands projets* : établissement d'un chef de projet dédié, organisation de la hiérarchie au sein des projets, simulation d'un « client interne » ayant pour rôle de valider les différents choix du projet<sup>10</sup>...

Afin d'atteindre ces objectifs, le Plan Excell détaille 25 engagements pris par EDF au printemps 2020, à réaliser en trois étapes-paliers<sup>21</sup>. La première est atteinte à l'automne 2021<sup>21</sup>, la seconde en novembre 2021 avec 22 des 25 engagements « atteints voire dépassés » selon EDF<sup>22</sup>. En novembre 2022, 26 objectifs sur 30 sont remplis voire dépassés et les quatre derniers, partiellement atteints, le seront pleinement courant 2023<sup>23</sup>.

Enfin, au sein de Framatome, une profonde transformation organisationnelle et des méthodes de travail au travers de stratégies de standardisation sont également initiées à travers les « plan Roméo » et « plan Juliette »<sup>24,25</sup>. Le plan Roméo vise à anticiper les différents besoins des futurs projets (notamment en qui concerne la chaudière nucléaire) afin de développer un *design* standard modulaire, suivant une approche descendante dite *top-down*. Le plan Juliette vise lui à définir un standard industriel d'organisation, de procédés et de gammes de fabrication chez Framatome, pouvant ensuite s'appliquer aux spécificités de chacun des futurs projets potentiels, suivant une approche ascendante dite *bottom-up*<sup>24</sup>.

Ces différentes améliorations sont ainsi mises en place progressivement, ce qui profite à la finalisation des EPR en construction, ainsi qu'aux projets d'EPR ultérieurs, comme à Hinkley Point C et Sizewell C au Royaume-Uni<sup>5,26</sup>.

## Développement d'une version améliorée : l'EPR-NM « Nouveau Modèle » puis l'EPR 2

---

Les difficultés de réalisation des EPR de Flamanville et Olkiluoto, les dysfonctionnements pointés par le Rapport Folz, mais aussi les nombreuses améliorations d'EDF et Framatome, ont entraîné le développement d'un EPR-NM, pour « Nouveau Modèle ». Celui-ci conserve les caractéristiques principales de l'EPR, mais contenues dans une version à la réalisation industrielle optimisée et moins coûteuse. Ainsi, EDF dépose en mars 2017 un dossier d'options de sûreté à l'ASN pour un EPR-NM<sup>27</sup>.

La puissance thermique nominale de cet EPR-NM est initialement légèrement supérieure à celle de l'EPR de Flamanville (4 850 MWth pour 1 750 MWe au lieu de 4 590 MWth pour 1 660 MWe). L'ASN considère cette augmentation de nature à réduire les marges de sûreté et n'y est donc pas favorable<sup>28</sup>. Le projet d'EPR-NM est ainsi renommé « EPR 2 » après quelques modifications supplémentaires, consistant essentiellement en un retour à la puissance de l'EPR initial, et l'utilisation des mêmes assemblages combustibles<sup>29</sup>.

Ainsi, le 16 juillet 2019, après étude du dossier, consultation du public, consultation de l'IRSN et appui du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs (GPR), l'ASN rend son avis<sup>30</sup> : « L'ASN considère que les objectifs généraux de sûreté, le référentiel de sûreté et les principales options de conception sont globalement satisfaisants ».

Le 10 février 2022, le Président de la République Emmanuel Macron annonce le rachat à General Electric par EDF de l'activité GE Steam Power, spécialisée dans les turbines nucléaires et dont les usines se trouvent à Belfort<sup>31,32</sup>, pour 175 millions €<sup>33</sup>. En 2015, cette branche d'Alstom avait été vendue à General Electric avec l'aval d'Emmanuel Macron, alors ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique. Contestée à l'époque<sup>31</sup>, cette transition avait été perçue comme une perte de souveraineté nationale<sup>34</sup> ; en effet, cette activité inclut la fabrication et la maintenance des turbines nucléaires *Arabelle* équipant le parc nucléaire

français, mais aussi celle des turbines des sous-marins nucléaires français et du porte-avions Charles de Gaulle. Le rachat de 2022 permet de reprendre le contrôle sur tous les maillons de la chaîne nucléaire, et de renforcer la filière française<sup>34</sup>. Cette opération est accueillie de manière plus mitigée par EDF, qui n'a pas de logique industrielle dans cette acquisition, n'étant pas un fabricant de composant, et se voit tenu de se fournir en turbine auprès de cette nouvelle filiale et non chez un concurrent pour ses futurs EPR 2<sup>32</sup>.

La préparation de la construction des 6 projets d'EPR 2 annoncés par le Gouvernement est confiée à la Direction ingénierie et projets nouveau nucléaire, reconfigurée mi-2022, avec la création d'un nouveau poste de directeur chargé de piloter « la maîtrise d'ouvrage du programme de construction de nouveaux réacteurs EPR 2 en France » aux côtés de Gabriel Oblin, directeur chargé du projet EPR 2 (précédemment projet EPR-NM) depuis 2014<sup>35</sup>.

## Caractéristiques techniques

---

Les caractéristiques techniques de l'EPR 2 sont similaires à celles de l'EPR, qui partage le même cœur de réacteur et la même instrumentation.

Caractéristiques principales<sup>36, 37, 38, 39</sup>

Durée de fonctionnement de conception	60 ans
Puissance thermique	4590 MWth
Puissance électrique brute	1750 MWe
Puissance électrique finale nette	<b>1670 MWe</b>
Rendement	36,3 %
Taux de disponibilité les 20 premières années	> 90 %
Combustible	241 <u>assemblages</u>
	<u>Uranium enrichi</u> à 5 %
	<u>Combustible MOX</u> en proportion variable, jusqu'à 30 %
Gestion fusion du cœur (corium)	Récupérateur externe, refroidissement actif
Durée du cycle	18 mois (renouvellement d'un tiers du combustible)

La puissance thermique est la puissance totale développée par la chaudière nucléaire. La puissance électrique brute correspond à la puissance électrique produite à la sortie du groupe turboalternateur. La puissance électrique brute moins la consommation de tous les équipements électriques de la centrale donne la puissance électrique nette disponible pour le réseau électrique.

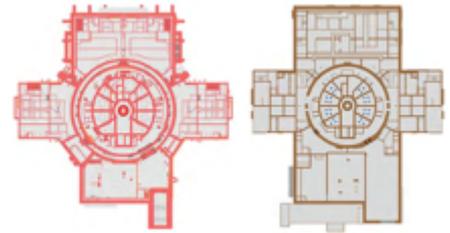
## Amélioration par rapport à l'EPR

---

L'accent est fortement porté sur une amélioration de la constructibilité, ainsi qu'une rationalisation et une réduction des catalogues de pièces (valves, pompes, câbles, tuyaux...) <sup>26</sup>.

À titre d'exemple, l'EPR recense 13 300 références de robinetterie, réduites à 571 pour l'EPR 2<sup>40</sup> ; également, les EPR d'Hinkley Point comportent 400 références de tuyaux, diminuées à 250 pour l'EPR 2<sup>39</sup> ; ou encore 1 700 modèles de portes (pour la plupart uniques) dans l'EPR de Flamanville, chiffre abaissé à 100 pour l'EPR 2<sup>39,41</sup>. Des efforts de standardisation sont également engagés, comme l'utilisation de références de tuyauterie déjà utilisées dans l'industrie pétrolière ou gazière.

Du point de vue du génie civil, diverses pièces sont agrandies afin de faciliter leur aménagement ; un recours accru est fait à la préfabrication de composants, voire de bâtiments complets de l'îlot conventionnel (partie non nucléaire du réacteur), comme les bâtiments électriques. Le moindre compartimentage du bâtiment réacteur et la simple enceinte au lieu de la double enceinte de l'EPR permettent aussi une simplification du génie civil<sup>39,41</sup>.



Comparaison des bâtiments réacteurs de l'EPR à gauche contre l'EPR 2 à droite. On note l'enceinte de confinement unique dans l'EPR2 (contre double pour l'EPR), et des pièces plus grandes de forme plus simple dans l'EPR 2.

La non-participation allemande au projet d'EPR 2 permet le retrait d'exigences imposées par les électriciens allemands. Contrairement à ces derniers, EDF ne réalise pas de maintenance sur ses réacteurs en fonctionnement, mais uniquement lors de leur arrêt. Les composants nécessaires à la maintenance en fonctionnement du réacteur sont supprimés, tels que le quatrième train de sauvegarde<sup>39</sup>. Parallèlement, l'EPR 2 abandonne la soupape de sûreté du pressuriseur *Sempell* (présente sur les réacteurs de conception allemande *KWU*<sup>42</sup>) au profit d'un retour à la soupape commune au reste du parc de réacteurs français.

Principales améliorations de l'EPR 2 comparées à l'EPR<sup>37,43</sup>

	EPR	EPR 2
<b>Îlot nucléaire</b>	Équipement de la chaudière	Conservé
	6 groupes électrogènes <u>diesels</u> d'ultime de secours (DUS) <sup>b</sup>	Conservé
	Récupérateur de corium	Conservé, avec modifications <sup>27</sup>
	Maintenance possible du réacteur en fonctionnement	Abandonné
	Soupape du pressuriseur de modèle identique à celui des réacteurs allemands KWU	Soupape du pressuriseur commune au reste du parc français.
	4 trains de sauvegarde <sup>c</sup>	3 trains de sauvegarde
	Enceinte du bâtiment réacteur à double-parois de 1,3 m chacune, avec <i>liner</i> métallique sur la paroi interne <sup>44,45</sup>	Enceinte du bâtiment réacteur à simple-paroi épaisse en béton précontraint, avec <i>liner</i> métallique <sup>39</sup>
	Bâtiment des auxiliaires nucléaires (BAN)	Abandonné, fonctions transférées dans d'autres bâtiments
<b>Îlot conventionnel</b> (partie non nucléaire)	Groupe turbo-alternateur	Conservé
	Bâtiment électrique non modulaire	Bâtiment électrique modulaire
	Pompage de la source d'eau froide non diversifiée	Pompage de la source d'eau froide diversifiée

L'EPR de Flamanville a un bâtiment unique « bunkerisé » (renforcé contre les agressions externes) de pompage de l'eau de mer qui constitue la source froide du réacteur. Pour les futurs EPR 2 en bord de mer (comme ceux prévus à Penly et Gravelines), la solution retenue répondant aux mêmes exigences de sûreté que l'EPR repose sur trois bâtiments « non bunkerisé », séparés entre eux et répartis sur deux emplacements distincts. Deux stations de pompes assurent l'alimentation en eau de mer au circuit de refroidissement et aux systèmes de sûreté (refroidissement par l'eau) ; et un bâtiment doté d'aéroréfrigérants permet le

refroidissement des circuits et l'appoint d'eau en cas d'accident (refroidissement par l'air). Cette organisation permet un refroidissement diversifié par l'eau en fonctionnement normal, et par l'air ou l'eau en situation accidentelle. La suppression de la « bunkérisation » facilite également la construction<sup>39</sup>.

## Sûreté

---

Les mêmes exigences de sécurité sont retenues pour l'EPR 2 et pour l'EPR<sup>28</sup>, avec quelques améliorations supplémentaires, comme la mise en place d'une source d'eau froide diversifiée (cf supra)<sup>37</sup>.

Il s'agit du premier réacteur à intégrer dès sa conception les leçons de l'accident de Fukushima. Ainsi, le site est conçu pour être plus résistant à une agression extérieure, et ses systèmes de secours sont dotés d'une autonomie de 100 heures en cas de perte d'alimentation externe<sup>27</sup>.

## Démarche d'exclusion de rupture

---

En septembre 2019, l'ASN accepte le principe d'exclusion de rupture des tuyaux principaux du circuit primaire et des lignes de vapeurs du circuit secondaire, principe déjà appliqué à l'EPR de Flamanville<sup>46</sup>. L'exclusion de rupture consiste à ne pas étudier intégralement les conséquences d'une rupture de ces conduites, car jugée extrêmement improbable. Cela permet, outre la diminution d'heures d'ingénierie, l'amélioration de l'accessibilité des équipements pour leur maintenance et leur inspection en service, et donc de la diminution de la dosimétrie reçue lors de ces interventions. Le tracé de lignes auxiliaires est aussi plus simple, ce qui diminue les contraintes mécaniques et *in fine* améliore la sécurité<sup>46,47</sup>.

En contrepartie, ce principe ne peut être appliqué que pour des circuits se trouvant dans l'enceinte de confinement du réacteur. Sa mise en œuvre implique des normes particulièrement exigeantes de conception, de fabrication, de soudure et de suivi en service de ces tuyauteries ; normes permises entre autres par la mise en place du plan Excell. Enfin, malgré cette mesure, EDF renforce les mesures de protection si une

telle rupture devait se produire : étude de la résistance de l'enceinte de confinement à l'élévation de pression et de température induite, réalisation de séparations en béton entre certaines tuyauteries, dispositifs anti-fouettement et événements d'évacuation de la vapeur<sup>46,47</sup>.

## Comparaison aux concurrents de génération III/III+

Caractéristiques des principaux concurrents<sup>48, 49</sup>

	<u>AP 1000</u> <sup>50, 51</sup>	<u>VVER 1200</u> <sup>52, 53</sup>	<u>VVER TOI</u> <sup>54</sup>	<u>APR 1400</u> <sup>55, 56</sup>	<u>Hualong 1</u> <sup>57</sup>
Société / pays	Westinghouse / USA	Atomenergoprom / Russie	Atomenergoprom / Russie	KEPCO / Corée du Sud	CGN et CNNC / Chine
Type de réacteur	REP (ou PWR)	REP (ou PWR)	REP (ou PWR)	REP (ou PWR)	REP (ou PWR)
Durée de vie de conception	60 ans	60 ans	60 à 80 ans	60 ans	60 ans
Puissance thermique	3400 MWth	3200 MWth	3300 MWth	4000 MWth	3050 MWth <sup>d</sup>
Puissance électrique nette	~1160 MWe	~1100 MWe	1175 MWe	1400 MWe	1080 MWe
Gestion fusion du cœur (corium)	Rétention interne, refroidissement passif	Récupérateur externe, refroidissement passif et actif	Récupérateur externe, refroidissement passif et actif	Rétention interne, refroidissement actif	Rétention interne, refroidissement actif et passif
Durée du cycle	18 mois	12-18 mois	12-18 mois	18 mois	18 mois

La fusion accidentelle du cœur d'un réacteur nucléaire produit du corium à plus de 3 000 °C, pouvant percer le fond de la cuve. Afin de gérer cette éventualité, les réacteurs sont équipés d'un récupérateur de corium. Deux grandes conceptions sont appliquées : un récupérateur externe, situé sous la cuve permettant un étalement et un refroidissement confiné du corium ; ou une rétention du corium dans le fond de la cuve, ce qui nécessite alors qu'elle soit refroidie par un refroidissement actif (au moyen de pompes) et/ou un refroidissement passif (par simple gravité du fluide réfrigérant).

Il existe d'autres projets de réacteurs nucléaires de génération III/III+, mais dont les stades de développement sont moins avancés (APR+, SRZ-1200<sup>58</sup>...) voire à l'arrêt (ATMEA1).

## Coût

### Coût de construction

Le coût total de réalisation des six EPR 2 estimé par le gouvernement, incluant la construction, le financement, la maintenance, la gestion des déchets, le démantèlement, et une provision pour différents aléas, est estimé à 51,7 milliards €<sup>59</sup>. La première paire est évaluée à 17 milliards €<sup>60</sup>, soit une seule tranche à 8,5 milliards €<sup>61</sup>.

Plusieurs réacteurs sont construits en série, pour bénéficier de l'effet de série, et par paire, afin de bénéficier d'économie d'échelle par la mutualisation des moyens sur un même site (permettant un gain de l'ordre de -15 % pour la deuxième tranche<sup>62</sup>), comme décidé pour les EPR de Taishan, Hinkley point C ou Sizewell

C. La construction par paire permet aussi une optimisation des délais de construction : un retard ou une anomalie de conception d'un composant du premier réacteur peuvent être compensés par l'utilisation du composant initialement prévu pour le deuxième. *A contrario*, la deuxième tranche bénéficie du retour d'expérience de la première, permettant une optimisation de la construction. À titre d'exemple, la construction du radier d'Hinkley Point C2 a été 30 % plus rapide que celle du radier d'Hinkley Point C1<sup>63</sup>.

## Coût du mégawattheure

---

Le principal déterminant du coût de production du mégawattheure est le coût du capital nécessaire à la construction du réacteur<sup>2</sup>. L'électricité d'origine nucléaire voit son prix de production essentiellement lié au coût de fabrication du réacteur, les coûts fixes (combustible, personnel, loyers, consommable...) comptant pour une part mineure du coût total de production. Le capital initial nécessaire à la construction d'un réacteur s'élevant à plusieurs milliards d'euros engagés sur plusieurs années, le constructeur et exploitant (ici EDF) ne peut uniquement s'autofinancer sur ses capitaux propres ou ses recettes ; il se voit tenu de se financer par un mécanisme de prêt.

La Cour des comptes estime en 2022 qu'un taux d'intérêt du capital initial à 5 % compte pour 50 % du prix de production final de l'électricité. Pour un taux d'intérêt à 10 % ce coût s'élève jusqu'à 70 % du prix de production final<sup>2</sup>. Ainsi, pour un taux d'intérêt à 4 % le coût de production final est estimé à 60 €/MWh, augmente à 100 €/MWh pour un taux à 7 %, mais baisse à 40 €/MWh pour un taux à 1 %<sup>64</sup>.

Il apparaît alors primordial pour la compétitivité de l'EPR 2 d'être financé à un taux d'intérêt le plus bas possible. En ce sens, l'inclusion du nucléaire à la taxonomie verte européenne<sup>65</sup>, en juillet 2022, et le rachat à 100 % d'EDF par l'État français<sup>66</sup>, en septembre 2022, apparaissent comme des facteurs favorisant l'obtention d'un financement à faible taux d'intérêt.



Pour des raisons techniques, il est temporairement impossible d'afficher le graphique qui aurait dû être présenté ici.

## Les EPR 2 en projet

---

En 2023 seule la France a des projets de construction d'EPR 2.

Le 9 novembre 2021, le président de la République Emmanuel Macron annonce publiquement la relance du programme nucléaire français<sup>67,68</sup>. Ce programme comporte la réalisation de six EPR 2 en trois paires, ainsi que l'étude de la réalisation de huit EPR 2 supplémentaires. Cette orientation doit néanmoins être confirmée par une loi au premier semestre 2023, avant d'être intégrée et détaillée dans la prochaine Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE)<sup>69</sup>. À la mi-mai 2023, est adoptée la « loi relative à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes ». Cette loi facilite temporairement, pendant 20 ans, les procédures administratives pour la constructions à proximité des réacteurs déjà existants, de nouveaux réacteurs, tels que l'EPR 2 ou des SMR. Elle supprime par ailleurs le plafonnement de la capacité de production nucléaire à 63,2 GW, ainsi que la baisse de la part du nucléaire à 50% dans le mix électrique français qui avaient été introduits en 2015 dans la première PPE<sup>70</sup>.

L'objectif pour la première paire de réacteurs est de pouvoir lancer les travaux préparatoires dès 2024, une coulée du premier béton en 2028, et une mise en service entre 2035 et 2037<sup>71</sup>. Le délai de construction entre deux tranches d'une même paire serait de 18 mois, et de trois à quatre ans entre les trois premières paires<sup>37</sup>. Les huit potentiels autres réacteurs seraient mis en route entre 2045 et 2065, au rythme d'une paire tous les cinq ans<sup>72</sup>.

## Penly 3 et 4

---

La centrale nucléaire de Penly était initialement dimensionnée pour accueillir quatre réacteurs. Seuls deux réacteurs appartenant au palier P'4 ont été construits, Penly 1 et 2, et les travaux des deux derniers se sont limités aux terrassements.

Après un premier projet avorté d'un seul EPR à Penly, discuté de 2008 à 2012, un second projet est relancé par EDF en 2019 pour une paire d'EPR 2. Le site est présenté et retenu en première intention par EDF<sup>73,74</sup>. Le lendemain de l'annonce d'Emmanuel Macron du 9 novembre 2021, le PDG d'EDF Jean-Bernard Levy confirme la sélection de Penly pour la première paire<sup>75</sup>.

Le 14 février 2022, la Commission nationale du débat public, sous la présidence de Michel Badré, est saisie en vue d'organiser le débat public pour cette paire d'EPR 2<sup>60</sup>. Ce dernier s'est tenu du 27 octobre 2022 au 27 février 2023<sup>76</sup> sur l'ensemble du territoire français<sup>77</sup>. Le 29 juin 2023, EDF engage les procédures d'autorisations nécessaires au lancement des travaux de construction de cette première paire d'EPR 2 (la Demande d'autorisation de création, ou DAC), ainsi que les autres procédures administratives nécessaires à sa réalisation et à son raccordement au réseau de transport d'électricité. L'objectif est de lancer les travaux préparatoires vers mi-2024<sup>78</sup>.

## Gravelines 7 et 8

---

La centrale nucléaire de Gravelines, également envisagée pour accueillir une paire d'EPR 2, est confirmée par Jean Bernard Levy le 10 novembre 2021<sup>75</sup>.

## Bugey 6 et 7

---

La troisième paire d'EPR 2 était envisagée en région Auvergne-Rhône-Alpes sur un site non défini entre la centrale du Tricastin ou celle du Bugey<sup>75</sup>. Lors du Conseil de politique nucléaire du 19 juillet 2023, c'est finalement le site du Bugey qui est retenu<sup>79</sup>.

Afin de fortement diminuer les prélèvements en eau et de limiter l'échauffement du Rhône en aval, les nouveaux réacteurs de Bugey 6 et 7 devraient être équipés de tours aéroréfrigérantes, réalisant alors un circuit dit « fermé »<sup>80,81</sup>. En effet, à cause du réchauffement climatique, l'été est marqué par une plus forte diminution du débit du Rhône et une température moyenne plus élevée ; cela peut entraîner des limitations ponctuelles de production électrique afin de respecter les limites réglementaires lors des épisodes caniculaires, notamment pour les réacteurs de Bugey 2 et 3 dont la source froide est en circuit dit « ouvert » (sans tours de refroidissement)<sup>82,83</sup>.

## Autres emplacements

---

En juin 2023, Emmanuel Macron évoque la possibilité d'implantation d'une paire d'EPR 2 dans le bassin de Marseille-Fos, afin de répondre au besoin à venir en énergie décarbonée du Grand port maritime de Marseille (GPMM). Selon lui, malgré une augmentation de la part d'énergie renouvelable, cette dernière

serait insuffisante pour couvrir les besoins du GPMM : « on fera en effet plus de renouvelable [...] Je pense qu'il y en aura, mais je ne pense pas à hauteur de 4-5 giga »<sup>84</sup>.

## Notes et Références

---

### Notes

---

- a. Un réacteur "tête de série" désigne le premier réacteur construit de tout nouveau modèle. Il est attendu que, dans une certaine mesure, les délais et coûts de construction soient supérieurs à ceux annoncés initialement, du fait de la survenue d'événements imprévus lors du chantier et/ou de la mise en service. Les réacteurs suivant d'un même modèle bénéficient de "l'effet de série" avec, à l'inverse, une baisse des coûts et des délais permise pas le retour d'expérience du réacteur tête de série.
- b. Les groupes Diesels d'Ultime Secours sont un ensemble de 6 groupes diesels électrogènes répartis en 2 bâtiments distincts, permettant une alimentation électrique de dernier recours en cas de perte d'alimentation interne (donc du groupe turbo-alternateur) et des alimentations externes de la centrale. Il s'agit d'une disposition mise en œuvre dans toutes les centrales françaises après l'accident de Fukushima.
- c. Un train de sauvegarde est un système de sécurité permettant l'injection de réfrigérant en cas de perte de refroidissement du cœur du réacteur. L'organisation est dite "4 fois 100 %" c'est-à-dire qu'un seul train de sauvegarde peut assurer la totalité du refroidissement du cœur. En juillet 2019 l'ASN accepte la proposition d'EDF de diminuer le nombre de trains de 4 à 3 afin de simplifier la fabrication de l'EPR 2, jugeant le niveau de sécurité de 3 trains de sauvegarde suffisant.
- d. Les chiffres donnés correspondent à la version de CGN, la version de CNNC est légèrement plus puissante à 3 150 MWth et 1 120 MWe, a 2 trains de sûreté actif (contre 3 pour la version CGN), l'addition d'un refroidissement passif de l'enceinte, et des cycles de recharge plus long de 18 à 24 mois.

### Liens externes

---

- [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18\\_Rapport\\_nucleaire.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18_Rapport_nucleaire.pdf)
- <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/271429.pdf>
- <https://www.world-nuclear.org/>
- <https://www.edvance.fr/>
- <https://www.edf.fr/groupe-edf/edf-en-bref/plan-excell>
- [https://www.sfen.org/wp-content/uploads/2020/04/Les\\_couts\\_de\\_production\\_du\\_nouveau\\_nucleaire\\_francais.pdf](https://www.sfen.org/wp-content/uploads/2020/04/Les_couts_de_production_du_nouveau_nucleaire_francais.pdf)
- <https://www.edf.fr/la-centrale-nucleaire-de-penly/les-actualites-de-la-centrale-nucleaire-de-penly/lepr2-est-une-version-optimisee-et-industrialisee-de-lepr>

### Références

---

1. L'Usine Nouvelle, « EDF créé Edvance, une nouvelle filiale d'ingénierie nucléaire », *L'Usine Nouvelle*, 18 mai 2017 (lire en ligne (<https://www.usinenouvelle.com/article/edf-cree-edvance-une-nouvelle-filiale-d-ingenierie-nucleaire.N542034>), consulté le 26 août 2022)

2. « La compétitivité, au cœur de l'avenir du nucléaire », *Revue Générale Nucléaire*, n° 1, 2022, p. 42–45 (ISSN 0335-5004 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0335-5004>), DOI 10.1051/rgn/20221042 (<https://dx.doi.org/10.1051/rgn/20221042>), lire en ligne (<https://rgn.publications.sfen.org/articles/rgn/abs/2022/01/rgn20221p42/rgn20221p42.html>), consulté le 25 août 2022)
3. *Prise de position de l'ASN.*, p2
4. « L'EPR2, est une version optimisée et industrialisée de l'EPR » (<https://www.edf.fr/la-centrale-nucleaire-de-penly/les-actualites-de-la-centrale-nucleaire-de-penly/lepr2-est-une-version-optimisee-et-industrialisee-de-lepr>), sur *EDF*
5. « La construction de l'EPR de Flamanville - Rapport au président directeur général d'EDF » (<https://www.vie-publique.fr/rapport/271429-la-construction-de-lepr-de-flamanville>), sur *Vie-publique.fr* (consulté le 26 août 2022)
6. « Point d'actualité sur l'EPR de Flamanville » (<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiques-de-presse/point-dactualite-sur-lepr-de-flamanville>), sur *EDF*, 16 décembre 2022 (consulté le 29 janvier 2023).
7. « Nucléaire : l'avertissement de la Cour des comptes sur les nouveaux EPR » (<https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/nucleaire-la-cour-des-comptes-pose-des-conditions-a-la-construction-de-nouveaux-epr-en-france-1222587>), sur *Les Échos*, 9 juillet 2020 (consulté le 27 août 2022).
8. « EPR: les soudeurs sont aussi les gardiens de notre souveraineté » (<https://www.lopinion.fr/politique/epr-les-soudeurs-sont-aussi-les-gardiens-de-notre-souverainete>), sur *L'Opinion*, 20 juin 2019 (consulté le 26 août 2022).
9. « world-nuclear.org - TAISHAN 2 » (<https://www.world-nuclear.org/reactor/default.aspx/TAISHAN-2>), sur *Association nucléaire mondiale* (consulté le 27 août 2022).
10. « Après la publication du rapport Folz en octobre, EDF présente excell » (<https://www.sfen.org/rgn/publication-rapport-folz-octobre-edf-presente-excell/>), sur *Sfen* (consulté le 27 août 2022).
11. L'Usine Nouvelle, « L'Etat a tranché : EDF reprendra les réacteurs d'Areva », *Usine nouvelle*, 3 juin 2015 (lire en ligne (<https://www.usinenouvelle.com/article/l-etat-a-tranche-edf-reprendra-les-reacteurs-d-areva.N333429>), consulté le 27 août 2022).
12. « Nucléaire : EDF ressuscite la marque Framatome » (<https://www.lesechos.fr/2018/01/nucleaire-edf-ressuscite-la-marque-framatome-981164>), sur *Les Échos*, 4 janvier 2018 (consulté le 27 août 2022).
13. « Areva verse 1,62 milliard à Siemens pour le rachat de la filière réacteurs », *Le Monde*, 11 avril 2011 (lire en ligne ([https://www.lemonde.fr/economie/article/2011/04/11/areva-verse-1-62-milliard-a-siemens-pour-le-rachat-de-la-filiere-reacteurs\\_1505877\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2011/04/11/areva-verse-1-62-milliard-a-siemens-pour-le-rachat-de-la-filiere-reacteurs_1505877_3234.html)), consulté le 27 août 2022).
14. « Connaître Edvance » (<https://www.edvance.fr/connaitre-edvance>), sur *edvance.fr*, 26 juillet 2022 (consulté le 27 août 2022).
15. « Plan Excell » (<https://www.edf.fr/groupe-edf/edf-en-bref/plan-excell>), sur *EDF*.
16. « Plan excell : nomination d'Alain Tranzer au poste de Délégué général à la qualité industrielle et aux compétences nucléaires » (<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiques-de-presse/plan-excell-nomination-d-alain-tranzer-au-poste-de-delegue-general-a-la-qualite-industrielle-et-aux-competences-nucleaires>), sur *EDF*, 28 avril 2020 (consulté le 27 août 2022).
17. « 5/11 - La planification 4D, cheville ouvrière de l'EPR2 » (<https://www.sfen.org/rgn/5-10-la-planification-4d-cheville-ouvriere-de-lepr2/>), sur *Sfen* (consulté le 30 août 2022)
18. « Nucléaire : la filière veut faire sa mue numérique » (<https://www.lesechos.fr/2018/06/nucleaire-la-filiere-veut-faire-sa-mue-numerique-997568>), sur *Les Echos*, 27 juin 2018 (consulté le 3 septembre 2022).

19. Edf, « PITCH INNO - EPR2 : le réacteur full digital », *Site web*, 2021 (lire en ligne (<https://www.electricdays.fr/fr/programme/epr2-le-reacteur-full-digital>)).
20. « Plan excell EDF, point d'avancement au 15 octobre 2020 » (<https://www.sfen.org/rgn/plan-excell-edf-point-avancement-15-octobre-2020/>), sur *Sfen* (consulté le 27 août 2022)
21. « EDF présente un premier point d'étape du plan excell, le plan d'excellence de la filière nucléaire » (<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiqués-de-presse/edf-presente-un-premier-point-detape-du-plan-excell-le-plan-dexcellence-de-la-filiere-nucleaire>), sur *EDF*, 15 octobre 2020 (consulté le 27 août 2022).
22. « À mi-parcours du plan excell, EDF et la filière nucléaire présentent des résultats concrets et de nouveaux engagements pour 2022 » (<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiqués-de-presse/a-mi-parcours-du-plan-excell-edf-et-la-filiere-nucleaire-presentent-des-resultats-concrets-et-de-nouveaux-engagements-pour-2022>), sur *EDF*, 9 novembre 2021 (consulté le 27 août 2022).
23. « Le plan excell présente ses résultats annuels et ses perspectives pour la pérennisation de ses standards » (<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiqués-de-presse/le-plan-excell-presente-ses-resultats-annuels-et-ses-perspectives-pour-la-pereennisation-de-ses-standards>), sur *EDF*, 15 novembre 2022 (consulté le 19 novembre 2022).
24. « 6/11 - Framatome met le numérique au service de la standardisation » (<https://www.sfen.org/rgn/6-11-framatome-met-le-numerique-au-service-de-la-standardisation/>), sur *Sfen* (consulté le 27 août 2022)
25. « Juliette, le va-tout de Framatome pour remettre d'aplomb sa filière EPR - 06/11/2019 » ([https://www.lalettrea.fr/entreprises\\_energie-et-environnement/2019/11/06/juliette-le-va-tout-de-framatome-pour-remettre-d-aplomb-sa-filiere-epr,108380427-gra](https://www.lalettrea.fr/entreprises_energie-et-environnement/2019/11/06/juliette-le-va-tout-de-framatome-pour-remettre-d-aplomb-sa-filiere-epr,108380427-gra)), sur *La Lettre A*, 6 novembre 2019 (consulté le 27 août 2022)
26. « Plan Excell : un préalable incontournable à tout nouveau programme nucléaire », *Revue Générale Nucléaire*, n° 1, 2022, p. 32–35 (ISSN 0335-5004 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0335-5004>), DOI 10.1051/rgn/20221032 (<https://dx.doi.org/10.1051/rgn/20221032>), lire en ligne (<https://rgn.publications.sfen.org/articles/rgn/abs/2022/01/rgn20221p32/rgn20221p32.html>), consulté le 26 août 2022).
27. *Lettre de saisine ASN* (lire en ligne ([https://www.asn.fr/content/download/164741/file\\_1/Saisine%20au%20GPR%20DOS%20EPRNM.pdf](https://www.asn.fr/content/download/164741/file_1/Saisine%20au%20GPR%20DOS%20EPRNM.pdf)))
28. « Avis n° 2019-AV-0329 de l'ASN du 16 juillet 2019 » (<https://www.asn.fr/l-asn-reglemente/bulletin-officiel-de-l-asn/installations-nucleaires/avis/avis-n-2019-av-0329-de-l-asn-du-16-juillet-2019>), sur *Autorité de sûreté nucléaire* (consulté le 29 août 2022), Annexe 1 / p. 6.
29. *Avis n° 2019-AV-0329 de l'ASN du 16 juillet 2019* (lire en ligne (<https://www.asn.fr/content/download/166010/file/2019-AV-0329.pdf>) [PDF]), Annexe 2 / p. 15.
30. Autorité de sûreté nucléaire, « Projet de réacteur EPR Nouveau Modèle et de son évolution EPR 2 » (<https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/projet-de-reacteur-epr-nouveau-modele-et-de-son-evolution-epr-2>), sur *ASN* (consulté le 26 août 2022).
31. « Rachat des turbines de GE par EDF : "La faute avouée ne sera pas totalement pardonnée", dénonce le député LR Olivier Marleix » ([https://www.francetvinfo.fr/economie/entreprises/rachat-d-alstom/rachat-des-turbines-de-ge-par-edf-la-faute-avouee-ne-sera-pas-totalement-pardonnee-denonce-le-depute-lr-olivier-marleix\\_4948065.html](https://www.francetvinfo.fr/economie/entreprises/rachat-d-alstom/rachat-des-turbines-de-ge-par-edf-la-faute-avouee-ne-sera-pas-totalement-pardonnee-denonce-le-depute-lr-olivier-marleix_4948065.html)), sur *Franceinfo*, 7 février 2022 (consulté le 26 août 2022)
32. « General Electric : EDF va racheter les turbines nucléaires, après des mois de négociations » ([https://actu.fr/economie/general-electric-edf-va-racheter-les-turbines-nucleaires-apres-des-mois-de-negociations\\_48502761.html](https://actu.fr/economie/general-electric-edf-va-racheter-les-turbines-nucleaires-apres-des-mois-de-negociations_48502761.html)), sur *actu.fr* (consulté le 28 août 2022)
33. « EDF confirme son projet de rachat d'une partie de l'activité nucléaire de GE Steam Power », *Le Monde*, 10 février 2022 (lire en ligne ([https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/02/10/edf-annonce-son-projet-de-rachat-d-une-partie-de-l-activite-nucleaire-de-ge-steam-power\\_6113115\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/02/10/edf-annonce-son-projet-de-rachat-d-une-partie-de-l-activite-nucleaire-de-ge-steam-power_6113115_3234.html)), consulté le 28 août 2022)

34. « Nucléaire français : comment Emmanuel Macron veut renforcer le secteur » ([https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/le-decryptage-eco/nucleaire-francais-comment-emmanuel-macron-veut-renforcer-le-secteur\\_4927749.html](https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/le-decryptage-eco/nucleaire-francais-comment-emmanuel-macron-veut-renforcer-le-secteur_4927749.html)), sur *Franceinfo*, 7 février 2022 (consulté le 28 août 2022).
35. « Le groupe EDF renforce son organisation pour mener à bien la construction de nouveaux réacteurs nucléaires en France » (<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/ous-les-communiqués-de-presse/le-groupe-edf-renforce-son-organisation-pour-mener-a-bien-la-construction-de-nouveaux-reacteurs-nucleaires-en-france>), sur *EDF*, 9 juin 2022 (consulté le 3 décembre 2022).
36. « EPR : réacteur nucléaire de 3e génération » (<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/reacteur-nucleaire-epr>), sur *connaissancedesenergies.org* (consulté le 29 août 2022)
37. « Penly : vers les premiers EPR 2 », *Revue Générale Nucléaire*, n° 1, 2022, p. 28–29 (ISSN 0335-5004 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0335-5004>), DOI 10.1051/rgn/20221028 (<https://dx.doi.org/10.1051/rgn/20221028>), lire en ligne (<https://rgn.publications.sfen.org/articles/rgn/abs/2022/01/rgn20221p28/rgn20221p28.html>), consulté le 25 août 2022)
38. « convert » ([https://archive.wikiwix.com/cache/index2.php?url=http%3A%2F%2Fwww.sfen.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpublic%2Fatoms%2Ffiles%2Fles\\_couts\\_de\\_production\\_du\\_nouveau\\_nucleaire\\_francais.pdf%2Findex.html](https://archive.wikiwix.com/cache/index2.php?url=http%3A%2F%2Fwww.sfen.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpublic%2Fatoms%2Ffiles%2Fles_couts_de_production_du_nouveau_nucleaire_francais.pdf%2Findex.html)), sur *archive.wikiwix.com* (consulté le 26 août 2022), p50
39. EDF RTE, « DMO EPR Penly EDF-RTE » (<https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2022-10/PenlyEPR-DMO-EDF-RTE.pdf>), p79 à 93
40. « Excell : le plan d'excellence de la filière porte ses fruits » (<https://www.sfen.org/rgn/excell-le-plan-dexcellence-de-la-filiere-porte-ses-fruits/>), sur *Sfen* (consulté le 19 novembre 2022).
41. « EDF a un plan pour construire (au moins) six nouveaux EPR en France... », *L'Usine nouvelle*, 12 avril 2019 (lire en ligne (<https://www.usinenouvelle.com/article/edf-a-un-plan-pour-construire-de-nouveaux-epr-2-en-france-et-il-passe-par-un-appel-d-offres.N828460>), consulté le 29 août 2022).
42. Sempell nuclear valves - PSRV Pressurizer safety relief valves (<https://www.emerson.com/documents/automation/sempell-nuclear-valves-nl-be-4265424.pdf>) [PDF], Emerson, 36 pages (consulté le 31 août 2022), page 16.
43. « Le contrôle de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaires » (<https://www.senat.fr/rap/o97-4841/o97-484121.html>), sur *senat.fr* (consulté le 30 août 2022).
44. L'Usine Nouvelle, « EDF a achevé la moitié du chantier de l'EPR de Flamanville », *L'usine nouvelle*, 10 novembre 2011 (lire en ligne (<https://www.usinenouvelle.com/article/edf-a-acheve-la-moitie-du-chantier-de-l-epr-de-flamanville.N162699>), consulté le 18 janvier 2023).
45. « Centrale nucléaire de Flamanville (réacteur pressurisé européen) » (<https://www.setec.fr/realisations/centrale-nucleaire-de-flamanville>), sur *SETEC*, 17 juillet 2017 (consulté le 18 janvier 2023).
46. Autorité de sûreté nucléaire, « EPR 2 : démarche d'exclusion de rupture acceptable » (<https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/epr-2-demarche-d-exclusion-de-rupture-acceptable>), sur *ASN* (consulté le 4 septembre 2022).
47. « Décryptage : EPR2, le principe d'exclusion de rupture validé par l'ASN » (<https://www.sfen.org/rgn/decryptage-epr2-principe-exclusion-rupture-valide-asn/>), sur *Sfen* (consulté le 4 septembre 2022).
48. « Quels sont les réacteurs nucléaires de 3e génération ? » (<https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/quels-sont-les-reacteurs-nucleaires-de-3e-generation>), sur *connaissancedesenergies.org* (consulté le 29 août 2022)
49. « 7/9 - Gen-III : les différentes technos au banc d'essai » (<https://www.sfen.org/rgn/7-9-gen-iii-les-differentes-technos-au-banc-dessai/>), sur *Sfen* (consulté le 27 août 2022).

50. Central Office, NucNet a s b l , Brussels Belgium, « First AP1000 Nuclear Plant At Sanmen Reaches Full Power » (<https://www.nucnet.org/news/first-ap1000-nuclear-plant-at-sanmen-reaches-full-power>), sur *NucNet* (consulté le 30 août 2022).
51. « PRIS - Reactor Details » (<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=908>), sur *pris.iaea.org*, IAEA (consulté le 30 août 2022).
52. « PRIS - Reactor Details » (<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=900>), sur *pris.iaea.org* (consulté le 30 août 2022)
53. « PRIS - Reactor Details » (<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=898>), sur *pris.iaea.org* (consulté le 30 août 2022).
54. « PRIS - Reactor Details » (<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=903>), sur *pris.iaea.org* (consulté le 30 août 2022).
55. « PRIS - Reactor Details » (<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=887>), sur *pris.iaea.org* (consulté le 30 août 2022)
56. « PRIS - Reactor Details » (<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=885>), sur *pris.iaea.org* (consulté le 30 août 2022).
57. « PRIS - Reactor Details » (<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=937>), sur *pris.iaea.org* (consulté le 30 août 2022).
58. « Le japonais Mitsubishi Heavy Industries présente un nouveau réacteur nucléaire » (<https://www.sfen.org/rgn/le-japonais-mitsubishi-heavy-industries-presente-un-nouveau-reacteur-nucleaire/>), sur *Sfen* (consulté le 22 octobre 2022).
59. *Travaux relatif au nouveau nucléaire*, février 2022, p19.
60. « Programme nouveaux réacteurs nucléaires et projet de deux réacteurs EPR2 à Penly » (<https://www.debatpublic.fr/programme-nouveaux-reacteurs-nucleaires-et-projet-de-deux-reacteurs-epr2-penly-2981>), sur *CNDP* (consulté le 26 août 2022).
61. « EPR 2, sommes-nous prêts ? En six lettres », *Revue Générale Nucléaire*, n° 1, 2022, p. 20–21 (ISSN 0335-5004 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0335-5004>), DOI 10.1051/rgn/20221020 (<https://dx.doi.org/10.1051/rgn/20221020>), lire en ligne (<https://rgn.publications.sfen.org/articles/rgn/abs/2022/01/rgn20221p20/rgn20221p20.html>), consulté le 25 août 2022).
62. « convert » ([https://archive.wikiwix.com/cache/index2.php?url=http%3A%2F%2Fwww.sfen.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpublic%2Fatoms%2Ffiles%2Ffiles\\_couts\\_de\\_production\\_du\\_nouveau\\_nucleaire\\_francais.pdf%2Findex.html](https://archive.wikiwix.com/cache/index2.php?url=http%3A%2F%2Fwww.sfen.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpublic%2Fatoms%2Ffiles%2Ffiles_couts_de_production_du_nouveau_nucleaire_francais.pdf%2Findex.html)), sur *archive.wikiwix.com* (consulté le 26 août 2022), p54
63. « HPC efficiencias - brochure final » ([https://www.edfenergy.com/sites/default/files/hpc\\_efficiencias\\_brochure\\_final.pdf](https://www.edfenergy.com/sites/default/files/hpc_efficiencias_brochure_final.pdf)) [PDF], EDF.
64. *Travaux relatif au nouveau nucléaire* (lire en ligne ([https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18\\_Rapport\\_nucleaire.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2022.02.18_Rapport_nucleaire.pdf))), p9
65. L'Usine Nouvelle, « Le nucléaire conserve son passeport dans la taxonomie verte européenne », *Usine nouvelle*, 6 juillet 2022 (lire en ligne (<https://www.usinenouvelle.com/article/le-nucleaire-conserve-son-passeport-dans-la-taxonomie-verte-europeenne.N2023747>), consulté le 25 août 2022).
66. « EDF : l'Etat annonce une renationalisation à 9,7 milliards d'euros », *Le Monde*, 19 juillet 2022 (lire en ligne ([https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/07/19/l-etat-annonce-une-renationalisation-d-edf-a-9-7-milliards-d-euros\\_6135322\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2022/07/19/l-etat-annonce-une-renationalisation-d-edf-a-9-7-milliards-d-euros_6135322_3234.html)), consulté le 25 août 2022).
67. « Emmanuel Macron annonce la construction de nouveaux réacteurs nucléaires de type EPR » (<https://www.lefigaro.fr/economie/emmanuel-macron-annonce-la-construction-de-nouveaux-reacteurs-nucleaires-de-type-epr-20211109>), *Le Figaro*, 9 novembre 2021 (consulté le 25 août 2022).

68. « Emmanuel Macron veut faire renaître le nucléaire français » (<https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/nucleaire-macron-annonce-la-construction-de-six-nouveaux-epr-1386101>), sur *Les Echos*, 10 février 2022 (consulté le 25 août 2022).
69. « « La politique énergétique doit faire l'objet d'un débat ouvert » », *Le Monde*, 22 février 2022 (lire en ligne ([https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/02/22/la-politique-energetique-doit-faire-l-objet-d-un-debat-ouvert\\_6114708\\_3232.html](https://www.lemonde.fr/idees/article/2022/02/22/la-politique-energetique-doit-faire-l-objet-d-un-debat-ouvert_6114708_3232.html)), consulté le 26 août 2022).
70. « Projet de loi relatif à l'accélération des procédures liées à la construction de nouvelles installations nucléaires à proximité de sites nucléaires existants et au fonctionnement des installations existantes » (<https://www.vie-publique.fr/loi/286979-relance-du-nucleaire-projet-de-loi-construction-nouveaux-reacteurs>), sur *Vie-publique.fr* (consulté le 18 mai 2023).
71. « Ce qui nous attend jusqu'au premier béton », *Revue générale nucléaire*, n° 1, 2022, p. 36–39 (ISSN 0335-5004 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0335-5004>), DOI 10.1051/rgn/20221036 (<https://dx.doi.org/10.1051/rgn/20221036>), lire en ligne (<https://rgn.publications.sfen.org/articles/rgn/abs/2022/01/rgn20221p36/rgn20221p36.html>), consulté le 25 août 2022).
72. « Ce que l'on sait des futurs réacteurs nucléaires EPR2 annoncés par Emmanuel Macron » ([https://www.bfmtv.com/economie/ce-que-l-on-sait-des-futurs-reacteurs-nucleaires-epr2-annonces-par-emmanuel-macron\\_AV-202202100361.html](https://www.bfmtv.com/economie/ce-que-l-on-sait-des-futurs-reacteurs-nucleaires-epr2-annonces-par-emmanuel-macron_AV-202202100361.html)), sur *BFM Business* (consulté le 25 août 2022).
73. « Nucléaire : EDF choisit le site de Penly pour construire deux EPR », *Le Monde*, 18 décembre 2020 (lire en ligne ([https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/12/18/nucleaire-edf-choisit-le-site-de-penly-pour-construire-deux-epr\\_6063808\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2020/12/18/nucleaire-edf-choisit-le-site-de-penly-pour-construire-deux-epr_6063808_3234.html)), consulté le 25 août 2022).
74. « Réacteurs nucléaires nouvelle génération : Tricastin ou Bugey ? » (<https://www.francebleu.fr/infos/economie-social/reacteurs-nucleaires-nouvelle-generation-tricastin-ou-bugey-1610723765>), sur *ici, par France Bleu et France 3*, 16 janvier 2021 (consulté le 25 août 2022).
75. « Nucléaire. Le site de Penly près de Dieppe choisi pour accueillir le premier des nouveaux EPR français » (<https://france3-regions.francetvinfo.fr/normandie/seine-maritime/dieppe/nucleaire-le-site-de-penly-pres-de-dieppe-choisi-pour-accueillir-le-premier-des-nouveaux-epr-francais-2329726.html>), sur *France 3 Normandie* (consulté le 25 août 2022).
76. « CNDP oct 22 - fev 23 » ([https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2022-09/DECISION\\_2022\\_96\\_PROG\\_EPR2\\_PENLY\\_5.pdf](https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2022-09/DECISION_2022_96_PROG_EPR2_PENLY_5.pdf))
77. « Du nucléaire demain ? On en débat aujourd'hui. » (<https://www.debatpublic.fr/nouveaux-reacteurs-nucleaires-et-projet-penly>), sur *CNDP* (consulté le 18 octobre 2022).
78. EDF, « Le Groupe EDF dépose les demandes d'autorisations pour construire la 1ère paire de réacteurs EPR2 sur le site de Penly » (<https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiqués-de-presse/le-groupe-edf-depose-les-demandes-d-autorisations-pour-construire-la-1ere-paire-de-reacteurs-epr2-sur-le-site-de-penly>), sur *EDF*, 29 juin 2023.
79. « Sécurité nucléaire: l'Elysée relance la fusion contestée de deux institutions » (<https://www.connaissancesdesenergies.org/afp/surete-nucleaire-lelysee-relance-la-fusion-contestee-de-deux-institutions-230719-1>), sur *connaissancesdesenergies.org*, 19 juillet 2023 (consulté le 19 juillet 2023).
80. Thomas, « Combien d'eau consomment les centrales nucléaires ? » (<https://www.sfen.org/documents-references/combien-d'eau-consomment-les-centrales-nucleaires-2023/>), sur *Sfen*, 22 juin 2023 (consulté le 4 août 2023).
81. « Canicule et sécheresse 2022 : pas d'impacts environnementaux liés aux dérogations sur les rejets thermiques, selon l'ASN » (<https://www.sfen.org/rgn/canicule-et-secheresse-2022-pas-dimpacts-environnementaux-lies-aux-derogations-sur-les-rejets-thermiques-selon-lasn/>), sur *Sfen* (consulté le 4 août 2023).

82. Adaptation du parc de réacteurs nucléaires au changement climatique ([https://www.ccomptes.fr/system/files/2023-03/20230321-Adaptation-du-parc-de-reacteurs-nucleaires-au-changement-climatique\\_0.pdf](https://www.ccomptes.fr/system/files/2023-03/20230321-Adaptation-du-parc-de-reacteurs-nucleaires-au-changement-climatique_0.pdf)), Cour des comptes, mars 2023.
83. Nucléaire : pourquoi l'État a choisi Bugey dans l'Ain pour la construction de deux nouveaux EPR2 (<https://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/energie-environnement/nucleaire-l-etat-choisit-la-centrale-de-bugey-dans-l-ain-pour-la-construction-de-deux-nouveaux-epr2-970311.html>), *La Tribune*, 20 juillet 2023.
84. « Port de Marseille-Fos: Macron envisage l'installation de réacteurs nucléaires EPR » (<https://www.varmatin.com/energie/port-de-marseille-fos-macron-envisage-l'installation-de-reacteurs-nucleaires-epr-857740>), sur *varmatin.com*, 28 juin 2023.
- 

---

Ce document provient de « [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Evolutionary\\_Power\\_Reactor\\_2\\_-\\_EPR\\_2&oldid=208678071](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Evolutionary_Power_Reactor_2_-_EPR_2&oldid=208678071) ».

■