

16 FÉVRIER 2022

SFEN Rhône Ain Loire

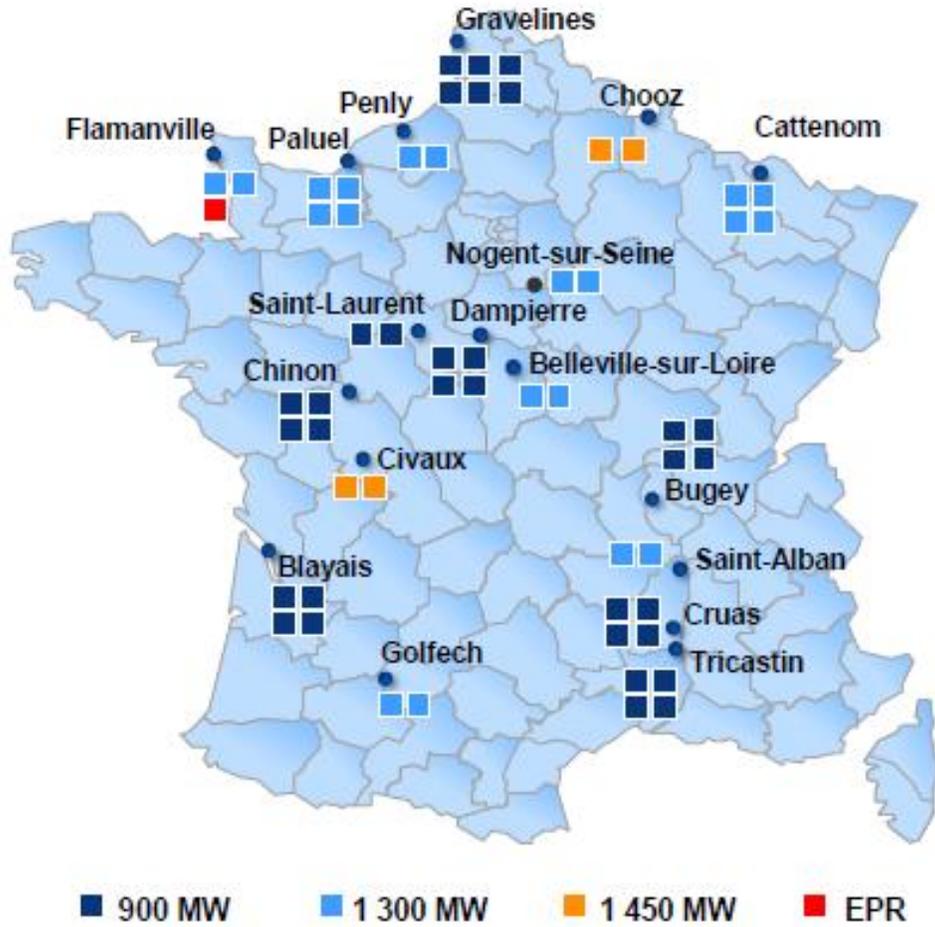
Grand Carénage
et
4^{ème} réexamen
périodique



LE PARC NUCLEAIRE FRANCAIS EN 2022



56 réacteurs



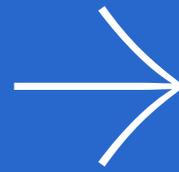
Le Parc de production le plus important d'Europe, standardisé et homogène

- 56 réacteurs en exploitation
- Répartis sur 18 sites
- Une seule technologie : les Réacteurs à Eau Pressurisée (REP)
- 3 paliers, correspondant à 3 niveaux de puissance électrique

900 MWe : 32 réacteurs soit 29 GW – Age moyen : 39 ans
1 300 MWe : 20 réacteurs soit 26 GW – Age moyen : 33 ans
1 450 MWe : 4 réacteurs soit 6 GW – Age moyen : 21 ans

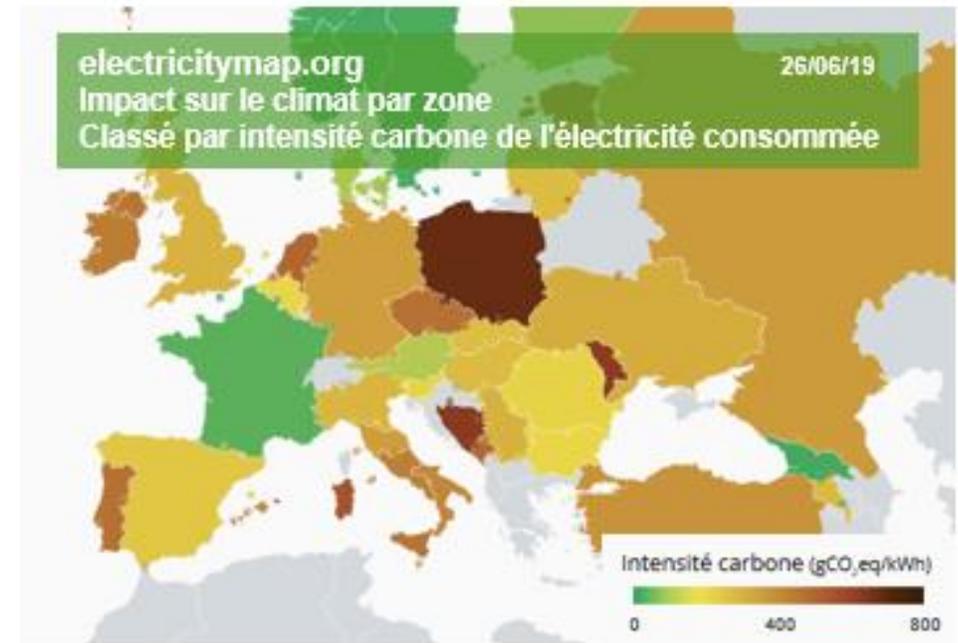
- Un EPR en construction sur le site de Flamanville

EDF - LE CHOIX D'UN MIX ENERGETIQUE BAS CARBONE



Perspectives

- Le décret de **programmation pluriannuelle de l'énergie** (2019-2023 et 2024-2028) fixe le cadre pour EDF et son parc nucléaire : 50% d'électricité d'origine nucléaire à l'horizon 2035.
- EDF, un des 1^{ers} fournisseurs d'électricité d'origine renouvelable et champion du bas carbone avec le choix d'un mix énergétique basé sur un socle de production nucléaire.



- Le Parc nucléaire d'EDF est un atout pour **atteindre les objectifs climatiques**. C'est un outil industriel **sûr, flexible et performant économiquement**,
 - 56 réacteurs mis en service entre 1970 et 1999, avec deux perspectives :
 - La **poursuite d'exploitation des réacteurs existants**,
 - L'**implantation de réacteurs de nouvelle génération (EPR2)**.

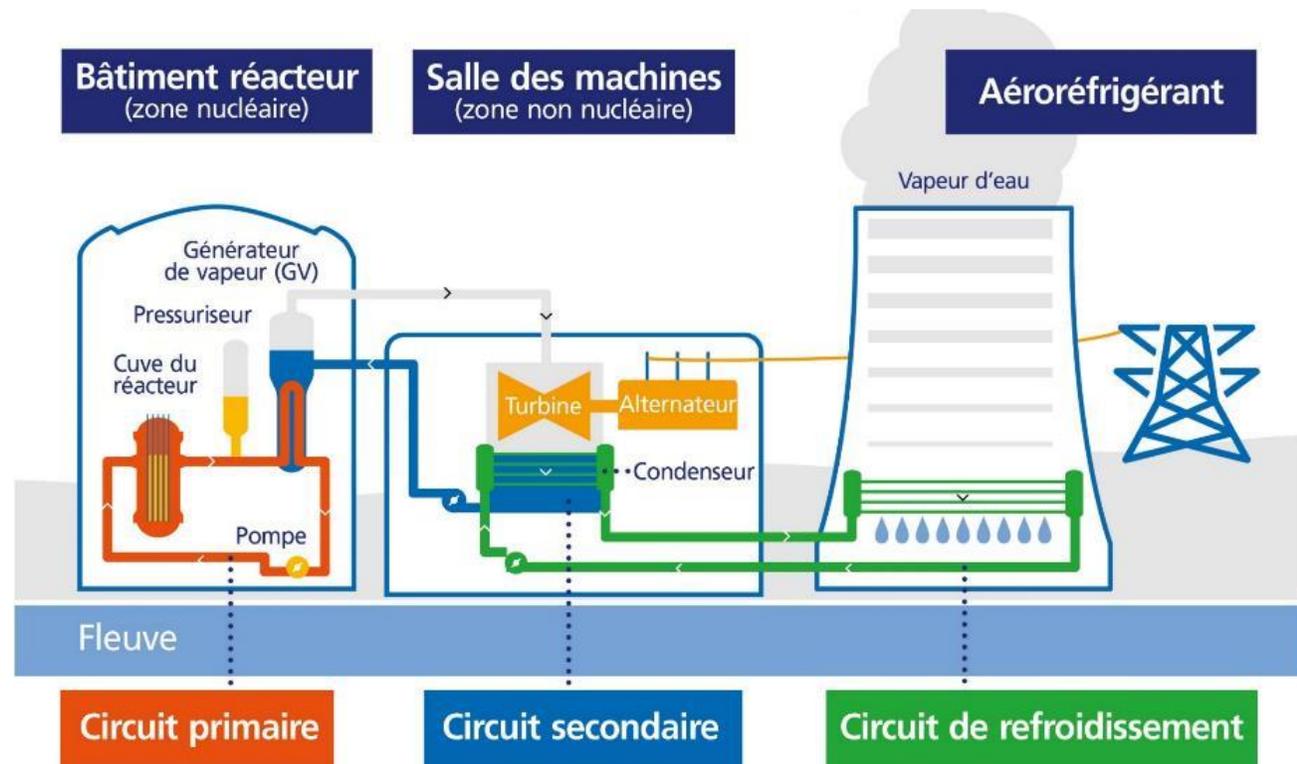
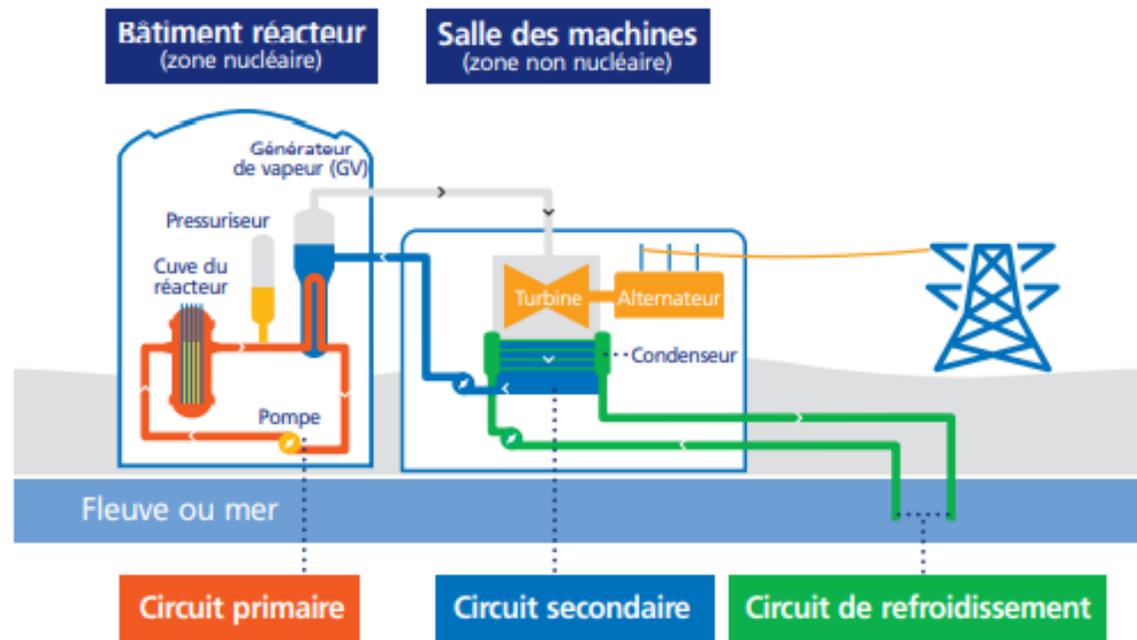
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN REACTEUR A EAU SOUS PRESSION

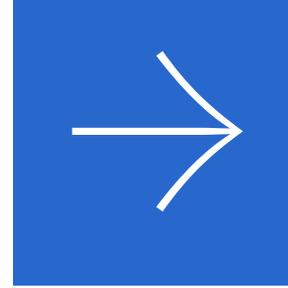


Trois circuits indépendants, qui opèrent des échanges thermiques en **évitant toute dispersion de substance radioactive** vers l'extérieur de la centrale

LA CENTRALE NUCLÉAIRE

Principe de fonctionnement, sans aéroréfrigérant





En France, le décret qui autorise la création et l'exploitation d'un réacteur nucléaire ne précise pas de limite prédéterminée dans le temps.

En revanche, le code de l'environnement, notamment les articles L. 593-18 et L. 593-19, impose que l'exploitant d'un réacteur nucléaire réalise **tous les dix ans un Réexamen Périodique (RP)** de son installation, à l'issue duquel l'ASN prend position sur la poursuite de fonctionnement de l'installation.

Le réexamen périodique comprend **deux volets** :

- **La vérification de la conformité** : examiner la situation de l'installation afin de vérifier qu'elle respecte bien l'ensemble des règles qui lui sont applicables
 - Avec un complément en RP4 900 : **La démonstration de la maîtrise du vieillissement et du maintien de la qualification** : vérifier que les différents phénomènes de vieillissement des installations seront maîtrisés au cours des 10 prochaines années
- **La réévaluation de sûreté** : améliorer son niveau de sûreté au regard des exigences applicables à des installations présentant des objectifs et des pratiques de sûreté plus récents, en prenant en compte l'évolution des connaissances ainsi que le retour d'expérience national et international.

En 2022 sont en cours le 4^{ème} RP du palier 900 MWe, le 3^{ème} RP du palier 1300 MWe et le 2^{ème} RP du palier N4.

REEXAMEN PERIODIQUE ET VISITE DECENNALE



Une étape majeure

VISITE COMPLÈTE DE L'INSTALLATION

- Requalification complète du circuit primaire principal
 - Examen non destructif du circuit primaire ((MIS en cuve)
 - Épreuve hydraulique du circuit primaire
- Epreuve de l'enceinte de confinement

RÉ-EXAMEN PÉRIODIQUE

VERIFICATION DE LA CONFORMITÉ

- Examen de conformité
- Programme d'investigation complémentaire
- Maîtrise du vieillissement et maintien de la qualification

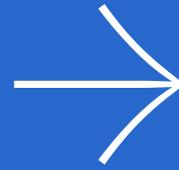
RÉ-ÉVALUATION DE SÛRETÉ

- Analyse du retour d'expérience
- Actualisation des études de sûreté
- Intégration de nouvelles technologies

Installation conforme

Programme de modifications et amélioration du niveau de sûreté

ENQUETE PUBLIQUE AU-DELA DE 35 ANS



L'article L593-19 du
code de l'environnement

Les dispositions proposées par l'exploitant lors des réexamens périodiques au-delà de la 35^{ème} année de fonctionnement d'un réacteur nucléaire sont soumises, après enquête publique, à la procédure d'autorisation de l'autorité de sûreté nucléaire.

L'enquête publique vise à informer le public et se prononcer sur les conditions de la poursuite du fonctionnement de ce réacteur après 40 années de fonctionnement et son 4^{ème} réexamen périodique.

Le dossier d'enquête publique comprend :

- Une note de présentation de l'enquête publique du 4^{ème} réexamen périodique,
- Le Rapport de conclusion du 4^{ème} réexamen périodique du réacteur concerné,
- La description des dispositions, objet de l'enquête publique, proposées par EDF,
- Les enseignements tirés par EDF de la concertation sur la phase générique du 4^{ème} réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe,
- Les textes régissant l'enquête publique.



1

LE PROGRAMME GRAND CARENAGE

CREATION DU PROGRAMME GRAND CARENAGE



Les investissements d'EDF pour le futur

- Janvier 2015, décision du Conseil d'administration d'EDF du principe du « Grand Carénage », destiné à **rénover le parc nucléaire français, à augmenter le niveau de sûreté des réacteurs et, si les conditions sont réunies, à poursuivre leur fonctionnement**, rassemblant tous les investissements, pour le futur, c'est-à-dire :
 - ✓ Les dépenses de maintenance courante du parc en exploitation,
 - ✓ Le programme grand carénage pilotant les évolutions des installations, via des projets dédiés.
- Des **investissements de très grande ampleur, couvrant la période 2014-2025** : montant total des investissements de 49,4 Md€_{courants} (environ 40% pour la maintenance courante et 60% pour le programme Grand Carénage), soit environ 4,2 Md€/an.

CREATION DU PROGRAMME GRAND CARENAGE



Les grands enjeux

3 objectifs indissociables

- ✓ Permettre la prolongation de la durée de fonctionnement après 40 ans
- ✓ Permettre au parc d'atteindre ses objectifs de production en toute sûreté
- ✓ Sécuriser et optimiser la trajectoire financière des investissements

4 grandes familles de projets

- ✓ Réexamens périodiques
- ✓ Réponses aux agressions internes et externes
- ✓ Remplacement / Rénovation des gros composants
- ✓ Projets « portefeuille » : Chimie-Environnement / Performance Parc / VD en réalisation

Un grand nombre d'acteurs mobilisés

EDF : DPN, DIPDE, CNEPE, DI, DT,...

ASN en régulateur
IRSN en appui

Prestataires :

- ✓ 1000 fournisseurs
- ✓ Top 10 > 80% des fournitures
- ✓ 2200 contrats notifiés dont 180 > 10M€

2014-2025 :

- ✓ 30 millions d'heures d'ingénierie EDF
- ✓ 22 milliards d'achats externes

Un impact financier optimisé

Trajectoire financière 2014-2025

- ✓ 49,4 Md€ courants
- ✓ - 18% par rapport au coût chiffré en 2014

Le Top 10 des fournisseurs du Grand Carénage

framatome

Cegelec

EIFFAGE
CLEMESSY



SPIE

EIFFAGE
MÉTAL

MITSUBISHI

Westinghouse

NUVIA

SNEF

PREZIOSO
LINJEBYGG
ALTRAD



CREATION DU PROGRAMME GRAND CARENAGE



Quelques exemples
de réalisation



Remplacement de réchauffeur
(projet CIC)



Centre Local de Crise de FLA
(projet CCL)



Remplacement de générateur
de vapeur (projet GV)



Retubage de
condenseur (projet CIC)



Mise en exploitation des Diesels
d'Ultime Secours (projet DUS)

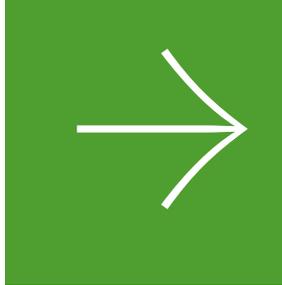


Diesels d'Ultime Secours de GRA en
construction (projet DUS)

2

LES MODIFICATIONS POST-FUKUSHIMA – TOUS PALIERS

MODIFICATIONS POST-FUKUSHIMA



Être en capacité de faire face à des situations extrêmes

A la suite de l'accident de Fukushima, EDF a profondément fait évoluer la sûreté de ses réacteurs pour pouvoir faire face à :

- ✓ une perte totale de la source de refroidissement du site (situation H1)
- ✓ une perte totale des sources électriques externes et internes du site (situation H3),
- ✓ des agressions de type séisme, inondation et tornade, affectant la totalité des installations d'un site et son environnement.

Des dispositions nouvelles ont été mises en place par EDF :

- ✓ **Construction de nouveaux matériels** sur chaque réacteur, dont un **diesel d'ultime secours** et une **source d'eau ultime, robustes à des niveaux d'agressions bien supérieurs à ceux d'avant Fukushima**, capables d'alimenter simultanément toutes les tranches du site.
- ✓ **Renforcement très important des organisations**, avec des exercices réguliers aux situations inattendues, pour faire face à des situations au-delà de celles étudiées jusqu'alors :
 - création dès 2012 de la **Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN)**, mobilisant des compétences (300 personnes) et des matériels,
 - renforcement des équipes de conduite des sites (+ 250 personnes).

MODIFICATIONS POST-FUKUSHIMA



Un déploiement en deux phases

Phase « réactive » (2012-2015)

- Création de la FARN (300 personnes)
- Matériels FARN + piquages standardisés
- Nouveaux matériels locaux fixes et mobiles
- Un plan d'urgence capable de faire face à une situation affectant plusieurs réacteurs en même temps

Phase « dispositions pérennes » (2015-2021)

- Renforcement équipes de conduite (+250 personnes)
- Préparation et entraînements spécifiques à l'inattendu
- Renforcement de la capacité d'adaptation de l'Organisation Nationale de Crise
- Moyens supplémentaires lourds, robustes à des niveaux d'agression plus élevés dont :
 - ✓ 1 DUS par réacteur
 - ✓ 1 Source d'Eau Ultime par réacteur

2011

2012

2015

800 modifications matérielles
pour 56 tranches

2021

MODIFICATIONS POST-FUKUSHIMA



La FARN

Objectif : accéder à tous les sites en moins de 12 h (à partir de 4 bases en France) et être complètement opérationnel en 24 h

- **Autonomie : pendant 72 h (hébergement, carburant, et nourriture) pour s'insérer dans une région en difficulté**
- **Moyens variés (engins tous terrains, barges, hélicoptères) permettant d'atteindre le site en difficulté malgré des destructions ou obstacles importants**
- **Des moyens de réalimentation en air, eau et électricité pour assurer un moyen ultime de refroidissement des réacteurs (points d'injection standardisés).**

Un Etat-Major et 4 Services Régionaux



Ce document est propriété d'EDF. Toute utilisation à titre de présent document ou des informations qu'il contient est interdite.



Barge de transport



Piquage FARN

MODIFICATIONS POST-FUKUSHIMA



Les DUS et les Sources d'Eau Ultime

Objectif : renforcer les moyens d'alimentation en eau et en électricité pour augmenter l'autonomie du site à 3 jours

- un **Diesel d'Ultime Secours (DUS)** par réacteur – 56 DUS sur le Parc à fin 2021
- une **Source d'Eau Ultime (SEU)**, alimentée par le DUS (forages en nappe, stockages existants, nouveaux stockages) – 56 sources d'eau ultime sur le Parc à fin 2021

DUS et SEU robustes au séisme au-delà du niveau de dimensionnement



Sources d'eau ultimes (forages en nappe, stockages existants ou nouveaux et liaisons vers les utilisateurs : Générateurs de Vapeur et piscine combustible)

MODIFICATIONS POST-FUKUSHIMA



Les DUS



MODIFICATIONS POST-FUKUSHIMA



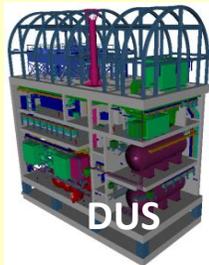
Des améliorations qui se poursuivent dans le cadre de la prolongation de la durée de fonctionnement

Réponse aux enseignements de Fukushima

Phase « réactive » / « dispositions pérennes »

Amélioration des capacités à faire face, sur l'ensemble d'un site, à des situations de :

- perte totale de la source froide (H1)
- perte totale des alimentations électriques (H3)



Tendre vers les objectifs de sûreté des réacteurs de type GEN3 (EPR-FLA3), dans le cadre de la poursuite du fonctionnement

Au rythme des réexamens périodiques

Robustesse aux agressions extrêmes

Renforcement de la prévention de la fusion du cœur

Eviter les effets durables dans l'environnement (même en cas de fusion du cœur)

2012

2019 : VD4 900

2021

Fukushima+10 ans

2025 : TTS VD4 1300

2029 : TTS VD3 N4

REEXAMEN PERIODIQUE ET VISITE DECENNALE



Une étape majeure

VISITE COMPLÈTE DE L'INSTALLATION

- Requalification complète du circuit primaire principal
 - Examen non destructif du circuit primaire (MIS en cuve)
 - Épreuve hydraulique du circuit primaire
- Epreuve de l'enceinte de confinement

RÉ-EXAMEN PÉRIODIQUE

VERIFICATION DE LA CONFORMITÉ

- Examen de conformité
- Programme d'investigation complémentaire
- Maîtrise du vieillissement et maintien de la qualification

RÉ-ÉVALUATION DE SÛRETÉ

- Analyse du retour d'expérience
- Actualisation des études de sûreté
- Intégration de nouvelles technologies

Installation conforme

Programme de modifications et amélioration du niveau de sûreté

LES OBJECTIFS DE SÛRETÉ

- Diminuer les conséquences radiologiques des accidents sans fusion du cœur
- Améliorer la résistance de l'installation aux agressions
- Éviter les rejets et les effets durables dans l'environnement des accidents avec fusion du cœur
- Diminuer le risque de fusion des assemblages combustible usés stockés dans le bâtiment combustible

VISITE COMPLETE



Le contrôle de la cuve

L'inspection de la cuve

L'intégrité et la résistance de la cuve du réacteur sont contrôlées millimètre par millimètre avec la machine d'inspection en service (MIS), qui est télécommandée. Trois techniques de contrôle sont utilisées : les ultrasons, la gammagraphie et les examens télévisuels.



Les ultrasons, proche de l'échographie médicale, contrôlent l'épaisseur du métal.



Les caméras vidéo inspectent l'état de la surface interne de la cuve.



La gammagraphie, comparable à une radiographie médicale permet d'examiner le volume des parois de la cuve.



2 min
Temps entre deux contrôles



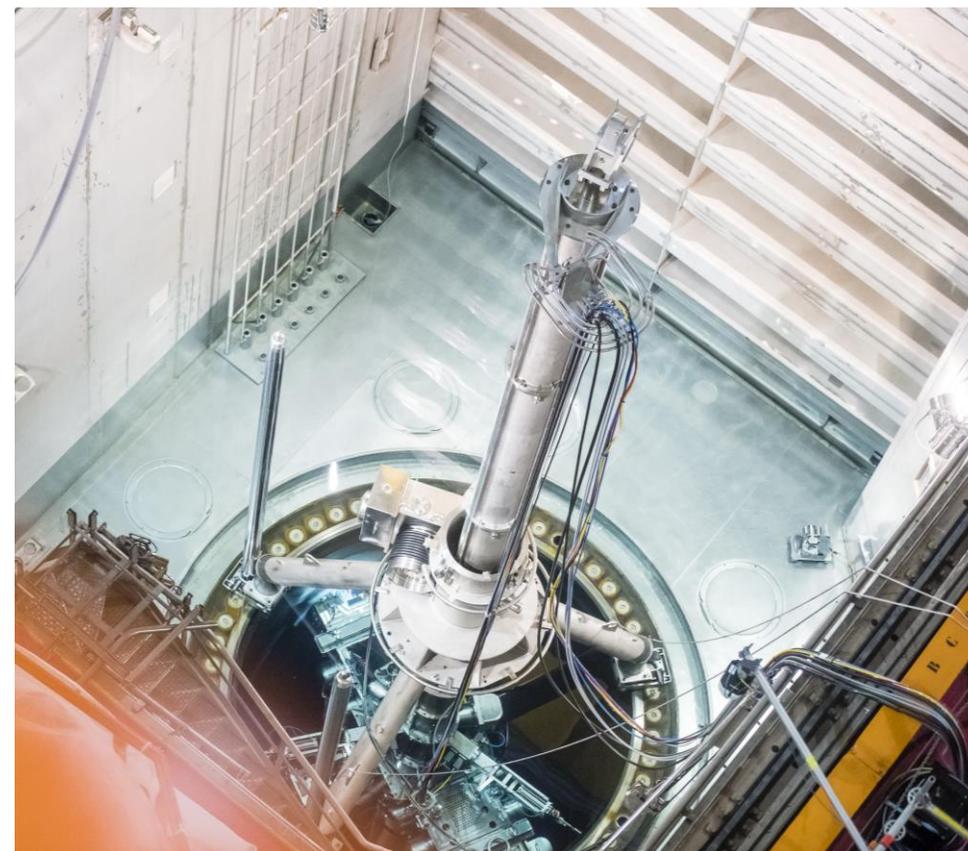
15 jours
Durée de l'épreuve



12 mètres
Hauteur de la machine d'inspection en service

CARACTÉRISTIQUES DE LA CUVE

Poids avec couvercle : 300 t
Diamètre intérieur : 4 m env.
Hauteur avec couvercle : 13 m
Épaisseur minimale : 20 cm



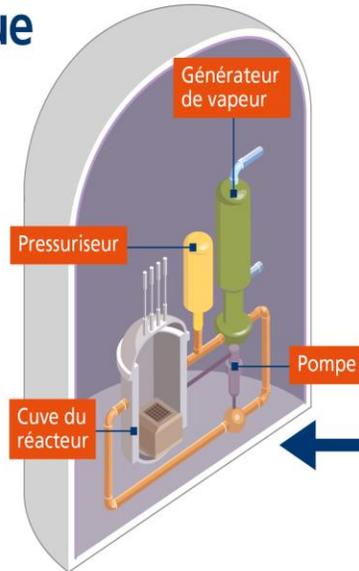
VISITE COMPLETE



L'épreuve hydraulique du circuit primaire

L'épreuve hydraulique du circuit primaire

Pour contrôler la résistance du circuit primaire, sa pression est élevée de 155 bars à 206 bars. Cette épreuve est réalisée sous le contrôle de l'Autorité de sûreté nucléaire.



 + de 1 000 soudures examinées

 3 jours Durée de l'épreuve

 300 mètres Longueur du circuit primaire

Le circuit primaire comprend la cuve du réacteur, trois boucles primaires comportant chacune un générateur de vapeur et une pompe de circulation. En fonctionnement, sa pression est de 155 bars.



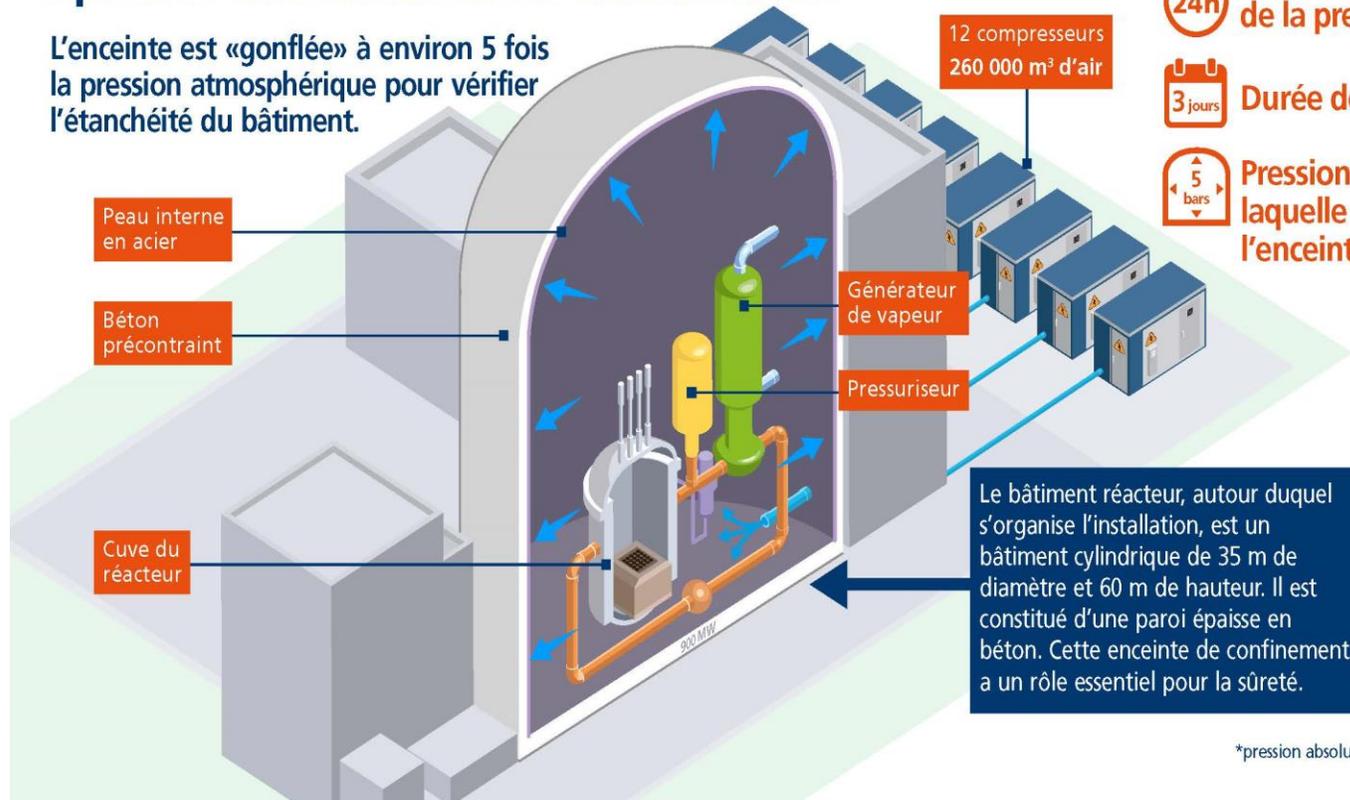
VISITE COMPLETE



L'épreuve enceinte

Epreuve de l'enceinte de confinement

L'enceinte est «gonflée» à environ 5 fois la pression atmosphérique pour vérifier l'étanchéité du bâtiment.



 Temps de surveillance de la pression

 Durée de l'épreuve

 Pression totale* à laquelle est gonflée l'enceinte

Le bâtiment réacteur, autour duquel s'organise l'installation, est un bâtiment cylindrique de 35 m de diamètre et 60 m de hauteur. Il est constitué d'une paroi épaisse en béton. Cette enceinte de confinement a un rôle essentiel pour la sûreté.

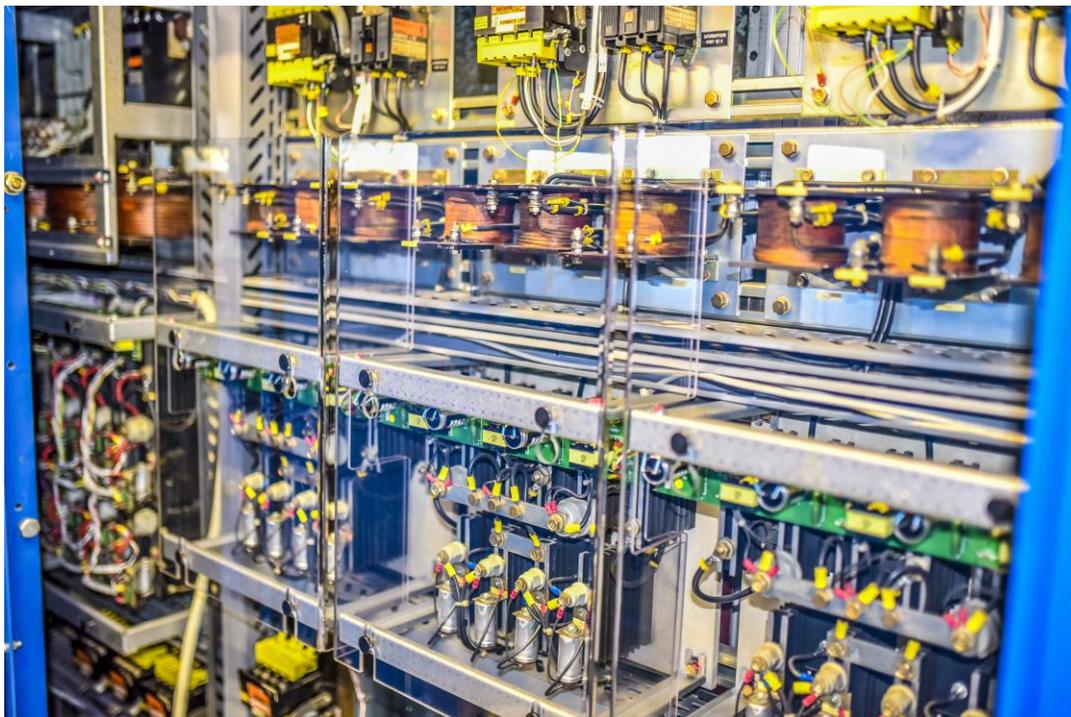
*pression absolue



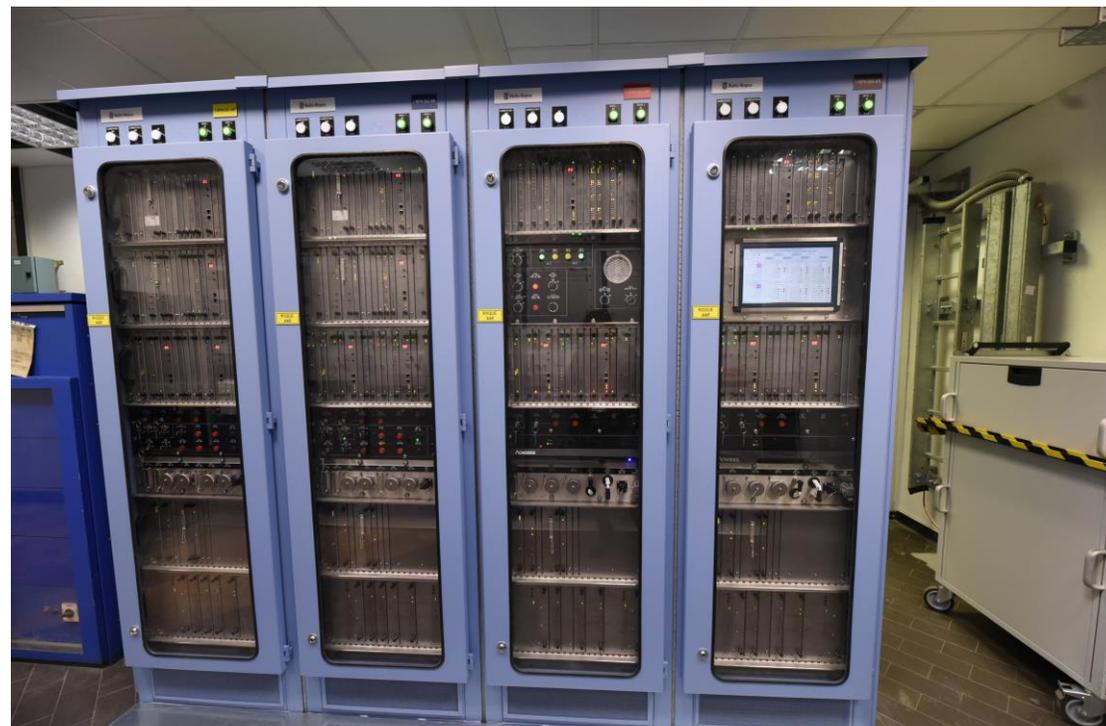
MAITRISE DU VIEILLISSEMENT



Aptitude des matériels qualifiés aux conditions accidentelles à assurer leur fonction après 40 ans

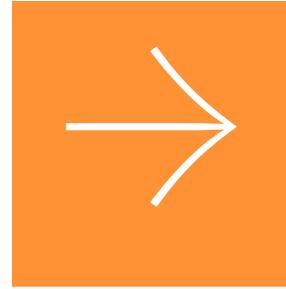


Remplacement de certains matériels liés au système de commande des grappes de contrôle



Modernisation du système de mesure de la puissance nucléaire

REEVALUATION DE SURETE RP4 900



Un step de sûreté majeur

Objectif de tout réexamen : Réévaluer le niveau de sûreté au regard de :

- L'état des connaissances
- Du retour d'expérience
- Des recommandations internationales
- Des standards de sûreté des nouveaux réacteurs

→ **Objectif RP4 900 : tendre vers les objectifs de sûreté des réacteurs de 3ème génération (EPR FLA3), dans le cadre de la poursuite du fonctionnement**

ACCIDENTS SANS FUSION DU CŒUR

Objectifs

Respecter les critères de sûreté des études d'accidents en intégrant les évolutions des connaissances.

Tendre vers des niveaux de conséquences radiologiques ne nécessitant pas la mise en œuvre de mesures de protection de la population.

AGRESSIONS

Objectifs

S'assurer de la robustesse des installations à des niveaux d'agressions réévalués à l'occasion du réexamen ainsi qu'aux préconisations internationales (WENRA).

Viser un risque de fusion du cœur global incluant les agressions de quelques 10^5 /année.réacteur.

ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR

Objectifs

Rendre le risque de rejets précoces et importants extrêmement improbable.

Éviter les effets durables dans l'environnement.

PISCINE COMBUSTIBLE

Objectifs

Rendre le découvrtement des assemblages de combustible lors de vidanges accidentelles et de perte de refroidissement extrêmement improbable.

REEVALUATION DU NIVEAU DE SURETE



Renforcement des ressources en eau secondaire pour l'évacuation de la puissance du réacteur

ACCIDENTS SANS FUSION DU CŒUR

Objectifs

Respecter les critères de sûreté des études d'accidents en intégrant les évolutions des connaissances.

Tendre vers des niveaux de conséquences radiologiques ne nécessitant pas la mise en œuvre de mesures de protection de la population.



Réalimentation du réservoir d'alimentation de secours des générateurs de vapeur par le réseau incendie

REEVALUATION DU NIVEAU DE SURETE



Les centrales nucléaires ont été conçues pour être protégées contre les agressions internes et externes.

AGRESSIONS

Objectifs

S'assurer de la robustesse des installations à des niveaux d'agressions réévalués à l'occasion du réexamen ainsi qu'aux préconisations internationales (WENRA).

Viser un risque de fusion du cœur global incluant les agressions de quelques 10^{-5} /année.réacteur.

La robustesse des installations a été renforcée et des protections mises en place pour :

- L'incendie
- Des conditions météorologiques extrêmes : inondation, canicule, grand froid, grand vent et tornade
- Le séisme



REEVALUATION DU NIVEAU DE SURETE



Mise en place d'un système de refroidissement de la piscine combustible supplémentaire

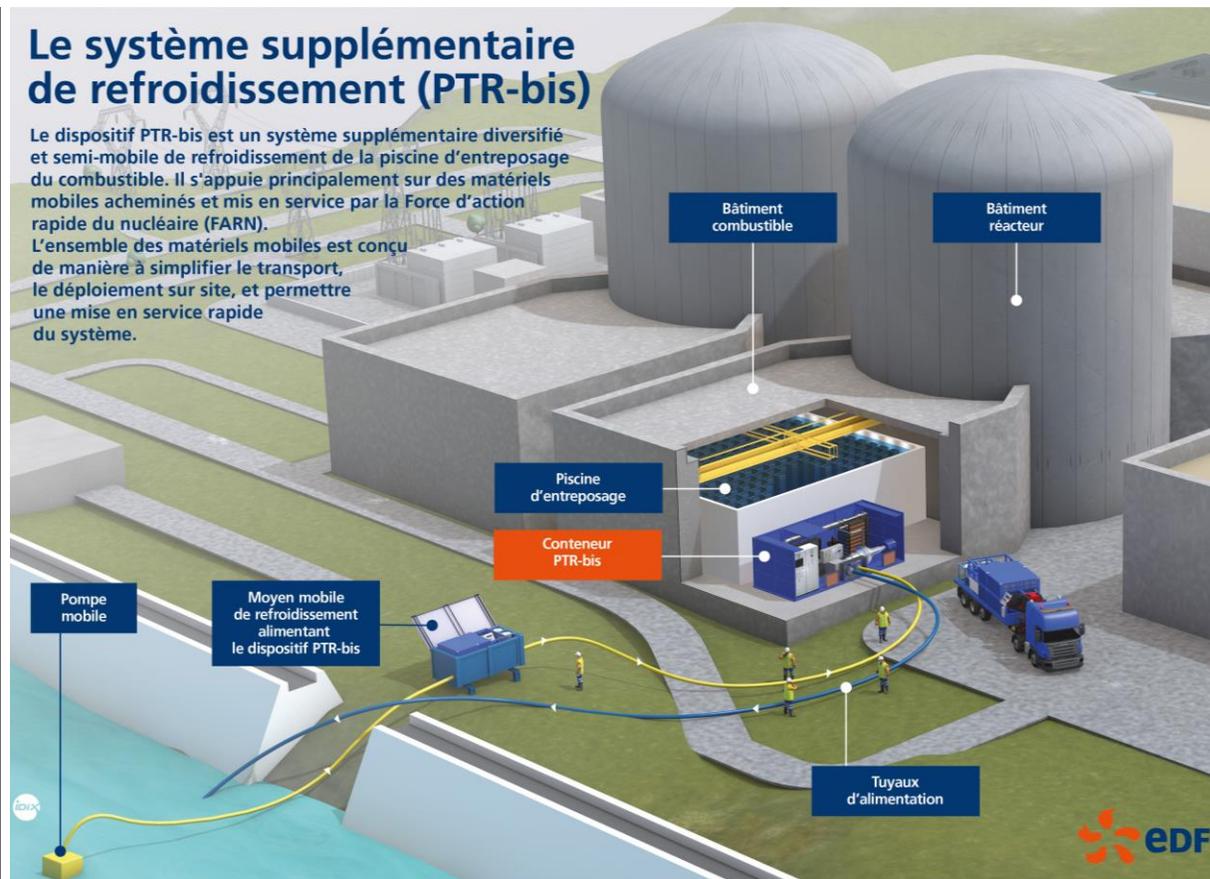
PISCINE COMBUSTIBLE

Objectifs

Rendre le découvrement des assemblages de combustible lors de vidanges accidentelles et de perte de refroidissement extrêmement improbable.

Le système supplémentaire de refroidissement (PTR-bis)

Le dispositif PTR-bis est un système supplémentaire diversifié et semi-mobile de refroidissement de la piscine d'entreposage du combustible. Il s'appuie principalement sur des matériels mobiles acheminés et mis en service par la Force d'action rapide du nucléaire (FARN). L'ensemble des matériels mobiles est conçu de manière à simplifier le transport, le déploiement sur site, et permettre une mise en service rapide du système.



REEVALUATION DU NIVEAU DE SURETE



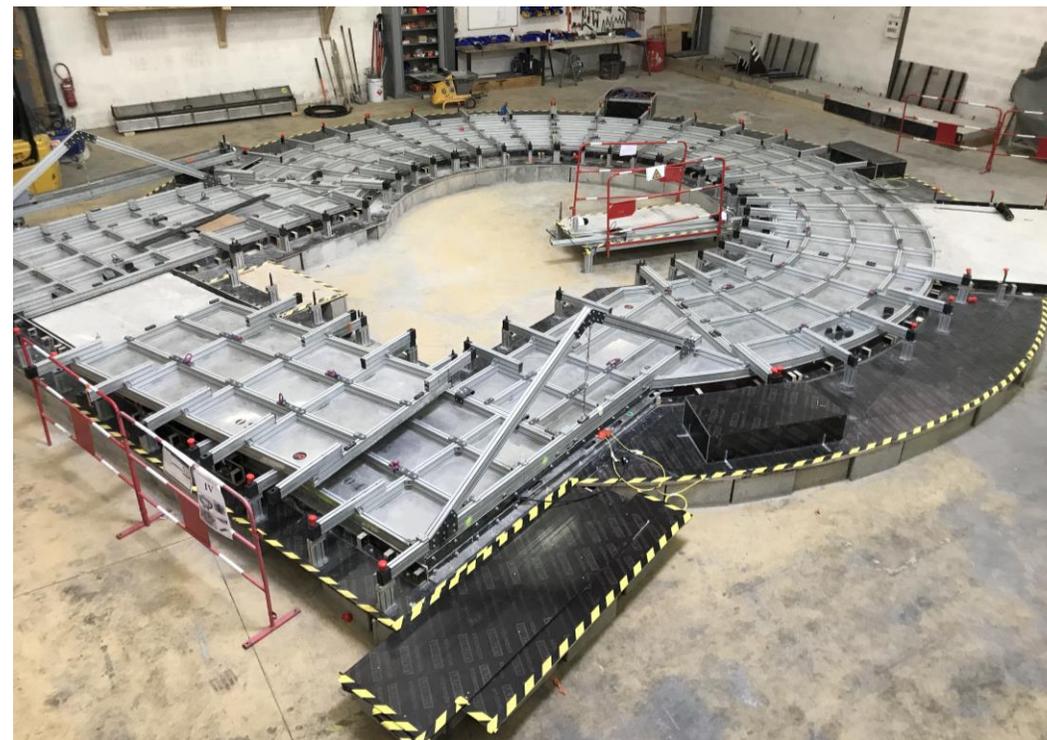
Dispositions matérielles et organisationnelles visant à limiter les conséquences d'une fusion du cœur

ACCIDENTS AVEC FUSION DU CŒUR

Objectifs

Rendre le risque de rejets précoces et importants extrêmement improbable.

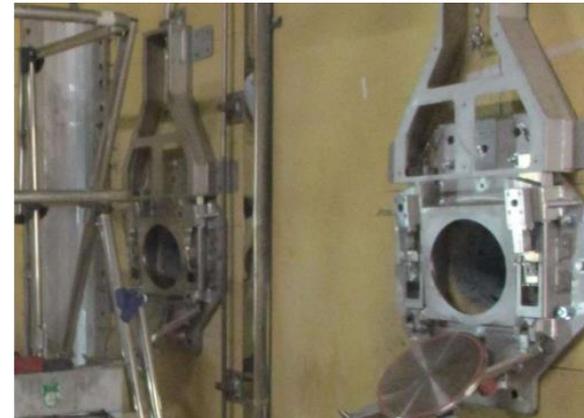
Éviter les effets durables dans l'environnement.



CONTENIR EN CAS D'ACCIDENT LES SUBSTANCES RADIOACTIVES



Un répartiteur de corium est construit sous la cuve du réacteur.



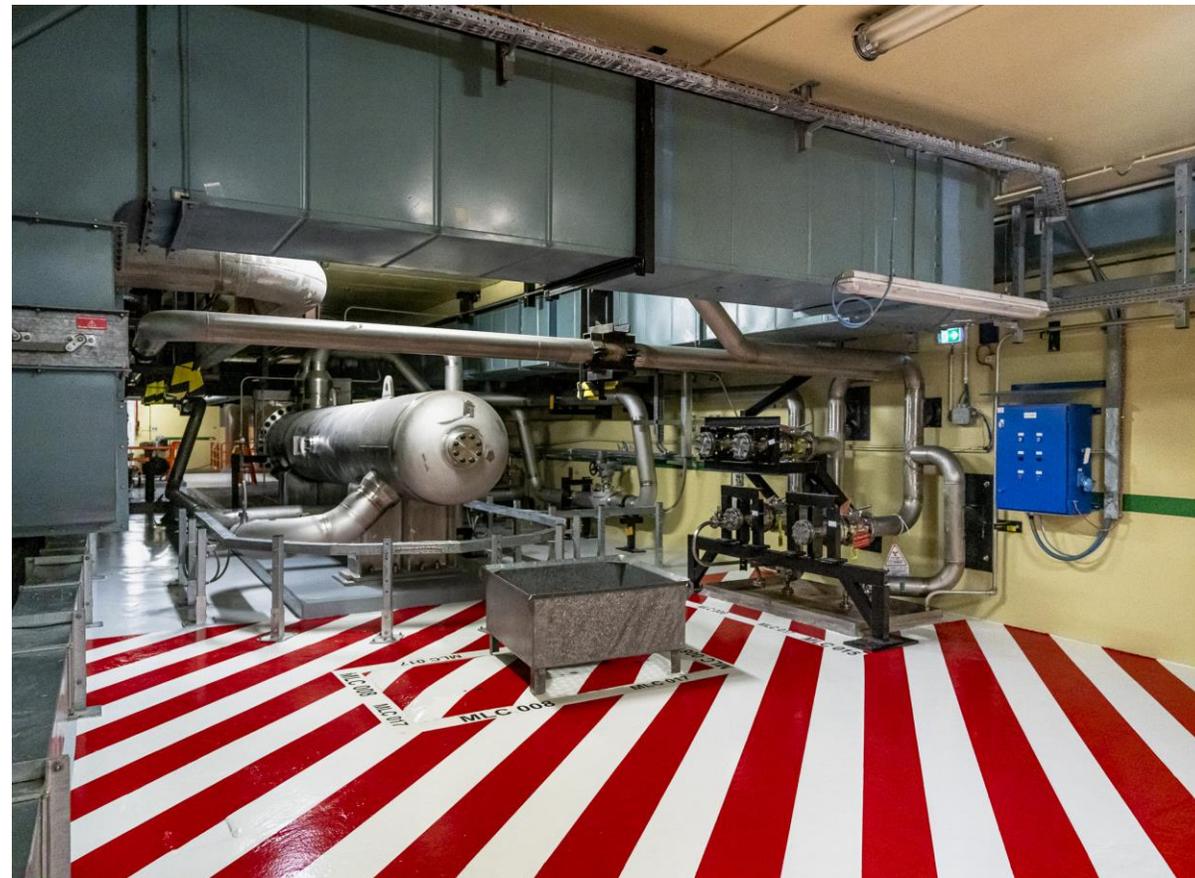
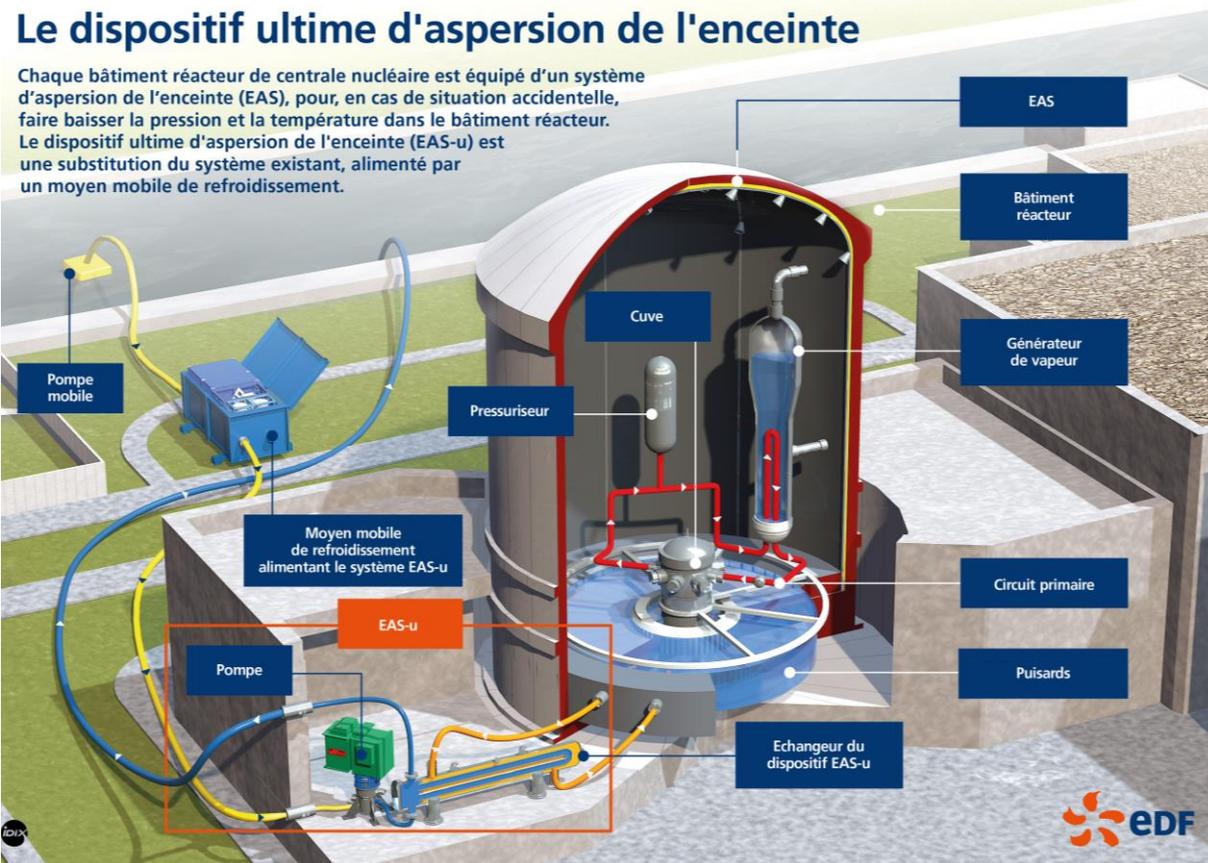
LIMITER PLUS ENCORE LES IMPACTS EXTERNES



Ajout d'un second système d'aspersion autonome de l'enceinte du bâtiment réacteur pour réduire la pression et la température

Le dispositif ultime d'aspersion de l'enceinte

Chaque bâtiment réacteur de centrale nucléaire est équipé d'un système d'aspersion de l'enceinte (EAS), pour, en cas de situation accidentelle, faire baisser la pression et la température dans le bâtiment réacteur. Le dispositif ultime d'aspersion de l'enceinte (EAS-u) est une substitution du système existant, alimenté par un moyen mobile de refroidissement.



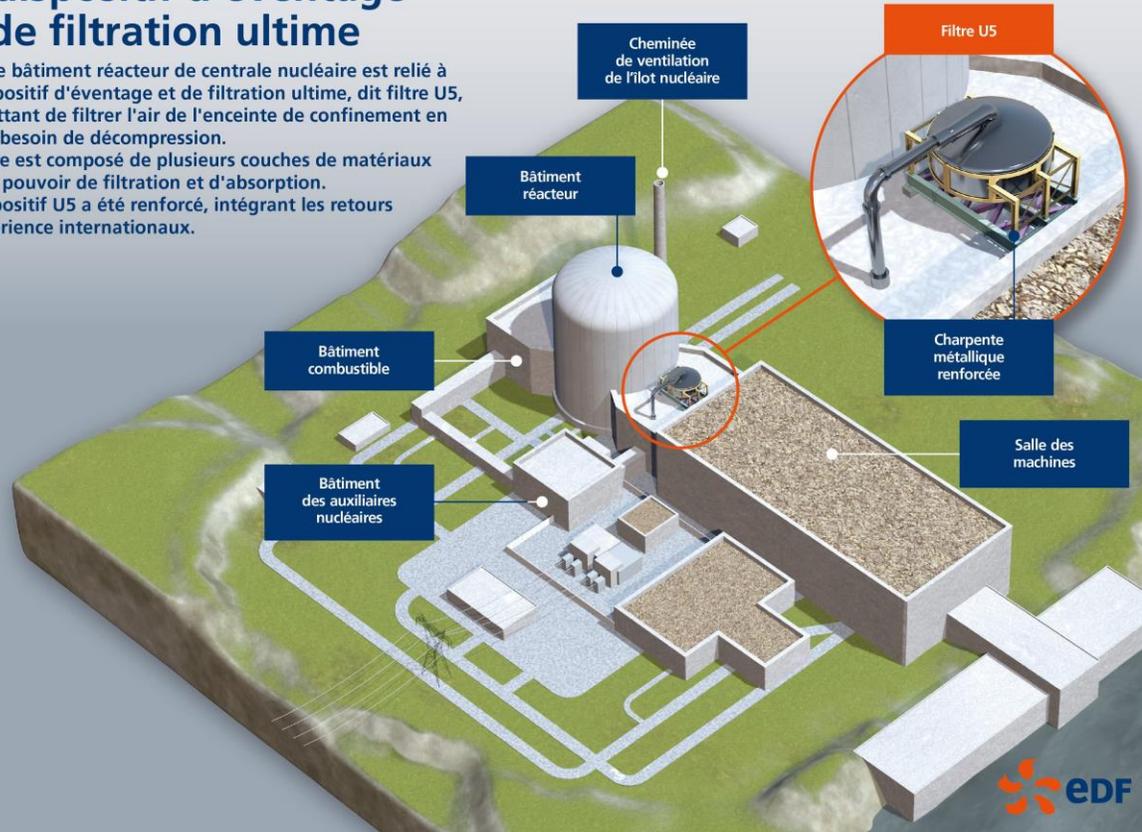
DISPOSITIF D'ÉVENTAGE ET DE FILTRATION ULTIME



La robustesse des installations a été renforcée et des protections mises en place

Le dispositif d'éventage et de filtration ultime

Chaque bâtiment réacteur de centrale nucléaire est relié à un dispositif d'éventage et de filtration ultime, dit filtre U5, permettant de filtrer l'air de l'enceinte de confinement en cas de besoin de décompression. Ce filtre est composé de plusieurs couches de matériaux à haut pouvoir de filtration et d'absorption. Le dispositif U5 a été renforcé, intégrant les retours d'expérience internationaux.



PRINCIPALES DISPOSITIONS RP4 900



Récupérateur de corium

Force d'action rapide du nucléaire (FARN)

Rehaussement des digues et talus de protection contre les inondations extrêmes



Système supplémentaire et diversifié de refroidissement (PTR-bis)

Bâtiment réacteur

Piscine combustible

Centre de crise local (CCL) avec alimentation électrique autonome

Amélioration ventilation des locaux électriques



Dispositif ultime d'aspersion de l'enceinte (EAS-u)

Salle des machines

Bâtiment des auxiliaires nucléaires

Diesel secours de tranche (voie A et B)

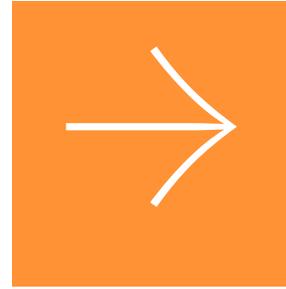
Diesel Ultime Secours (DUS)

Réservoir d'alimentation de secours des générateurs de vapeur

Protection incendie des pompes de refroidissement

Source d'eau ultime (en provenance de nappes souterraines, bassins ou réservoirs de stockage)

4^{ème} REEXAMEN PERIODIQUE 900 MWe



Position de l'ASN

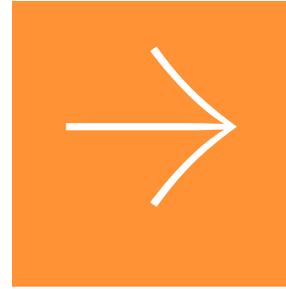
23 février 2021 : Décision de l'ASN sur la phase générique du 4^{ème} réexamen périodique du palier 900 MWe

- L'ASN a souligné l'ampleur des modifications prévues, dont la mise en œuvre apportera des améliorations très significatives à la sûreté.
- Les améliorations de sûreté apportées à l'issue ouvrent la perspective d'une poursuite du fonctionnement des réacteurs de 900 MWe pour les 10 ans suivant leur 4^{ème} réexamen périodique.

La phase générique du réexamen est complétée par une phase spécifique, qui porte sur chaque réacteur individuellement et qui s'échelonne jusqu'en 2031.

Le Rapport de Conclusion de Réexamen rédigé par chaque CNPE pour chaque réacteur réalisant son 4^{ème} réexamen est transmis à l'ASN et au Ministère de la Transition Ecologique. L'ASN prend ensuite position sur l'aptitude du réacteur à fonctionner 10 années supplémentaires.

4^{ème} REEXAMEN PERIODIQUE 900 MWe



Et maintenant

Une charge industrielle en augmentation avec 5 VD4 par an à partir de 2021

- Réacteurs ayant terminé leur VD4 : Tricastin 1 (2019), Bugey 2 (2020), Bugey 4 (2021), Tricastin 2 (2021), Dampierre 1 (2021)
- Réacteurs dont la VD4 est en cours ou aura lieu en 2022 : Bugey 5, Gravelines 1, Gravelines 3, Tricastin 3, Dampierre 2, Blayais 1, Saint Laurent B2.

→ Une mobilisation de toute la filière industrielle pour réaliser ce défi technique et humain

Sur le projet RP4 900, plus de 4,1 Mds€ d'investissement sont d'ores et déjà décidés dont plus de 90 % ont des retombées concrètes sur le territoire national et local :

- 98 % des études stratégiques et constructeurs sont réalisées en France (les 2% autres principalement en Europe),
- 89 % des approvisionnements de rang 1 ou 2 sont fabriqués ou assemblés en France,
- 99 % des contrats de montage est réalisé par des entreprises françaises ou des succursales françaises d'entreprises européennes.



Merci

