

Le programme de déconstruction des réacteurs UNGG d'EDF

Commencée dans les années 1990, la déconstruction des 6 réacteurs EDF de première génération, à uranium naturel graphite gaz, se poursuit de manière anticipée pour les bâtiments entourant le réacteur.

EDF engage également les travaux préparatoires au démantèlement du premier réacteur graphite, Chinon A2. Le démantèlement de ce réacteur sera une première mondiale à cette échelle.

La filière graphite en France

Les premiers réacteurs nucléaires de production d'électricité ont été construits dans les années 1960 selon la technologie Uranium Naturel Graphite Gaz (UNGG).

Le parc EDF comporte 6 réacteurs UNGG localisés sur les sites de Chinon (3), Saint Laurent des Eaux (2) et Bugey (1).



■ Uranium naturel graphite gaz

Chinon A1 (70 MW) : 1963-1973
Chinon A2 (210 MW) : 1965-1985
Chinon A3 (365 MW) : 1966-1990
Saint-Laurent A1 (480 MW) : 1969-1990
Saint-Laurent A2 (515 MW) : 1971-1992
Bugey 1 (540 MW) : 1972 -1994

Ces réacteurs UNGG ont été arrêtés dans les années 1990 et **plus de 99,9% de la radioactivité a été évacuée avec le retrait du combustible.**

Les opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement ont consisté à vidanger et isoler les circuits, démanteler les circuits non radioactifs (salle des machines, station de pompage), certains circuits actifs et assainir différents locaux.

En termes de **déchets déjà évacués**, cela représente de l'ordre de **20 000 tonnes de déchets radioactifs** et **64 000 tonnes de déchets conventionnels.**

La technologie UNGG présente les caractéristiques suivantes :

- l'uranium naturel* métallique, gainé d'un alliage de magnésium et de zirconium, comme combustible.
- le graphite comme modérateur de neutrons.
- un gaz comme fluide caloporteur, le dioxyde de carbone (CO₂) gazeux sous pression

Par rapport à une technologie REP (uranium enrichi et eau), l'utilisation de l'uranium naturel et d'un fluide caloporteur moins efficace que l'eau conduit à des dimensions du cœur et des surfaces d'échange beaucoup plus importantes pour les UNGG.

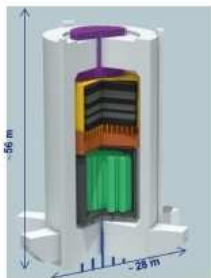
Des réacteurs présentant une conception compacte et complexe

Les réacteurs UNGG sont constitués :

- d'une enveloppe de béton faisant jusqu'à 8 mètres d'épaisseur
- d'un cœur constitué de plusieurs dizaines de milliers de briques de graphite enserrées dans un corset métallique,
- d'une structure support du cœur de plusieurs centaines de tonnes,

Des échangeurs de chaleur (entre 27 et 96 tours) de grandes dimensions (hauteur comprise entre 13 et 25 mètres) selon les réacteurs. Ces échangeurs de chaleur sont localisés à l'intérieur du cœur du réacteur pour les réacteurs les plus puissants (Saint-Laurent et Bugey) alors qu'ils sont localisés à l'extérieur du cœur pour les réacteurs de CHINON.

CAISSONS REACTEURS



De nombreuses tours d'échangeurs:
 - Chinon A2: 96 tours de 25 m de hauteur, 1m de diamètre
 - Bugey 1 : 50 tours de 13m de hauteur

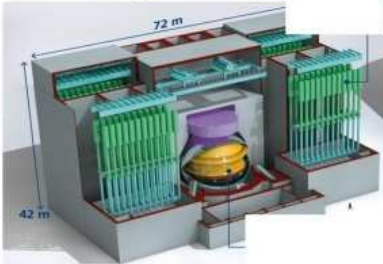
 Dans des conditions difficiles d'accès

Une enveloppe béton de plusieurs mètres d'épaisseur (jusqu'à 8m)

Des briques de graphite dans un corset métallique (jusqu'à 42 000)

Dans des conditions difficiles d'accès

Des structures métalliques inférieures et supérieures



Dans des conditions difficiles d'accès

10 à 30 fois plus de matériaux en masse que dans un REP

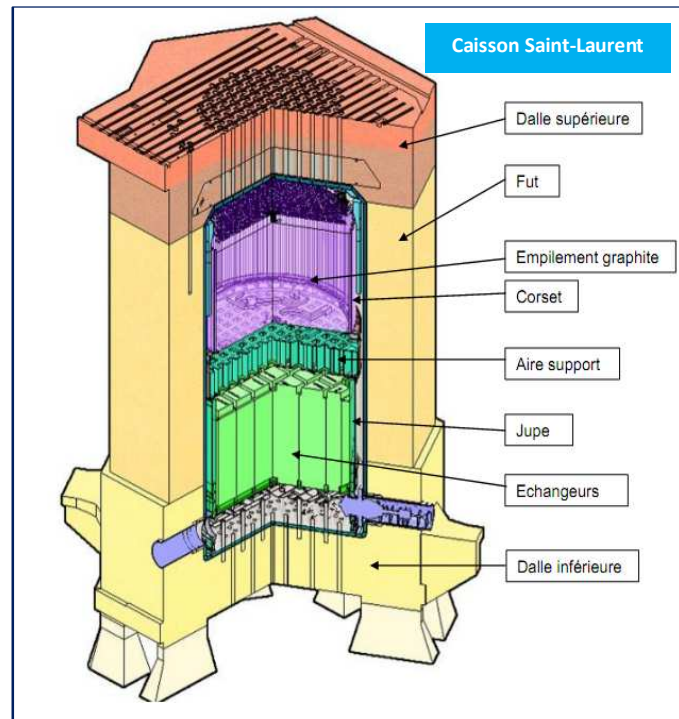
A comparer à 3 - 4 GV de 20 m de haut et de 4 à 5 m de diamètre

La technologie des réacteurs UNGG présente un ratio de 10 à 30 fois plus de matériaux à évacuer et à conditionner lors du démantèlement que pour celui d'un réacteur à eau pressurisée.

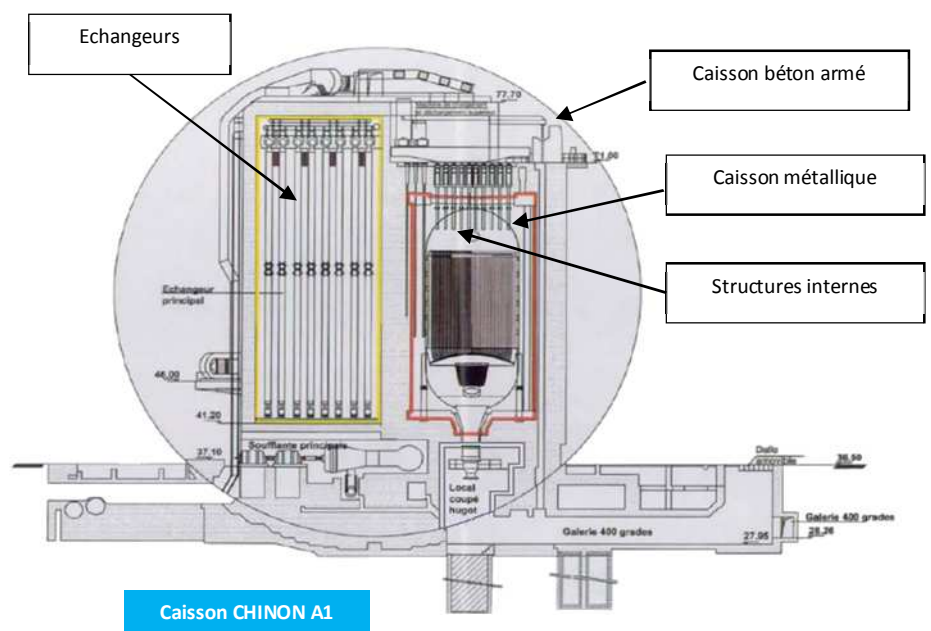
Le cœur d'un réacteur UNGG est formé d'un empilement de briques de graphite percées de canaux dans lesquels sont introduits les cartouches de combustibles et barres de contrôle. L'orientation des canaux de combustible est verticale avec les réacteurs électrogènes.

Dans les réacteurs des centrales de Saint-Laurent-des-Eaux et du Bugey des rondins de graphite logés dans la structure support séparent le cœur des échangeurs de chaleur situés immédiatement en dessous et ont permis de limiter l'activation neutronique de ces derniers.

Le cœur du réacteur est enfermé dans un caisson qui pouvait contenir soit tout le circuit de CO₂ et son échangeur de chaleur (cas des réacteurs de Saint-Laurent-des-Eaux et du Bugey), soit uniquement le cœur du réacteur. Dans ce second cas, le circuit de CO₂ sortait du caisson pour traverser des générateurs de vapeur situés à proximité immédiate du cœur (Chinon). Pour Chinon A1 et A2 le caisson est en métal, pour les autres réacteurs, il est constitué en béton précontraint.



Le fluide caloporteur, circulant entre les cartouches de combustible et le graphite, fonctionnait sous une pression de 25 bars pour Chinon-A1 jusqu'à 43 bars pour Bugey. Le sens d'écoulement du gaz, allait du bas vers le haut dans les réacteurs de Chinon pour profiter de la convection naturelle et du haut vers le bas dans les réacteurs de Saint-Laurent-des-Eaux et Bugey car leurs échangeurs de chaleur sont situés immédiatement en dessous du cœur.



EDF, pionnier du démantèlement des réacteurs UNGG à l'échelle mondiale

Parmi la flotte mondiale des 80 réacteurs de technologie graphite-gaz, une trentaine de réacteurs sont encore en exploitation au Royaume Uni (réacteurs AGR) et en Russie (réacteurs RBMK) et le reste a été arrêté dans les années 90.

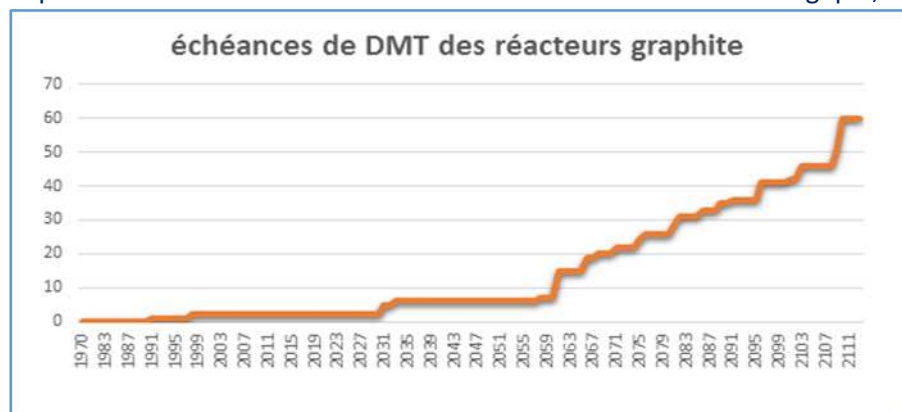
Parmi la cinquantaine de réacteurs arrêtés, seulement deux ont été complètement démantelés : Fort Saint Vrain (USA) et Windscale (Grande-Bretagne).

Les caractéristiques géométriques des réacteurs EDF présentent **un facteur d'échelle supérieur à 10** par rapport aux réacteurs déjà démantelés.

BUG 1 540 MWe	CHA2 210 MWe	FSV 320 MWe	WAGR 33 MWe
24000m ³ de béton	14600m ³ de béton	5000m ³ de béton	1300 m ³ de béton
15 780 briques graphite Volume intérieur caisson: 9000m ³	25000 briques graphite Volume intérieur caisson: 9000m ³	1500 briques graphite Volume intérieur caisson: 1250m ³	3444 briques graphite Volume intérieur caisson: 255 m ³
54 échangeurs de chaleur	96 échangeurs de chaleur	12 échangeurs de chaleur	4 échangeurs de chaleur

(1) FSV – Fort Saint Vrain (USA)
(2) Windscale AGR (UK)

La stratégie internationale majoritairement retenue pour les opérations de démantèlement des caissons réacteurs consiste à reporter la déconstruction dans l'attente de la décroissance radiologique, sur une longue durée (> 80 ans) afin de faciliter les opérations de démantèlement (Grande Bretagne) ou dans l'attente de la disponibilité d'une filière pour les déchets graphite (Japon, Italie, Espagne).



☛ En démarrant le premier démantèlement à l'horizon 2030, EDF sera donc le premier opérateur à démanteler ses réacteurs UNGG à l'échelle industrielle.

Un scénario de démantèlement sur 25 ans

Le scénario de démantèlement des caissons réacteurs UNGG a été modifié en 2015 après plusieurs années d'études approfondies. Si le scénario en eau a été privilégié à l'origine pour ses gains attendus en matière de durée de démantèlement et de dosimétrie, les récentes études et le benchmark international réactualisé ont montré que le choix d'un scénario à sec faisait l'unanimité :

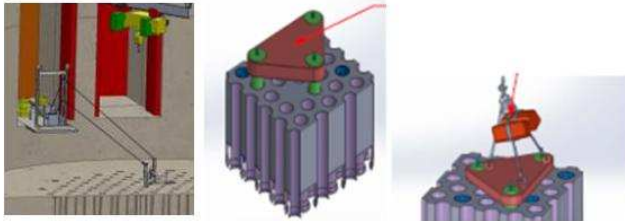
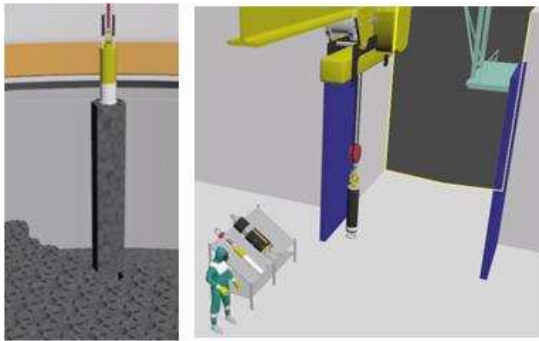
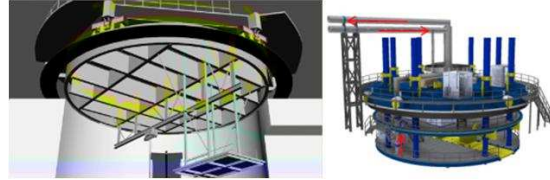
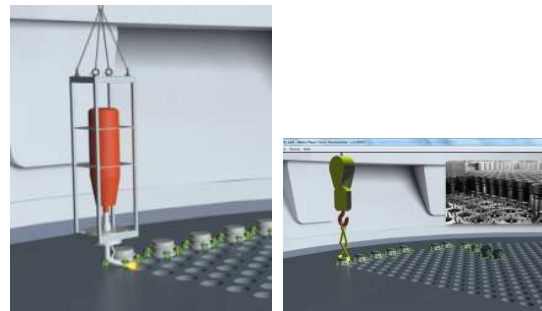
- La durée de démantèlement et la dosimétrie sont du même ordre de grandeur entre un scénario en air et un scénario sous eau,
- La maîtrise des risques liés à la présence d'eau dans le caisson est difficilement démontrable pour une durée supérieure à 15 ans (risque de fuite, corrosion sous eau importante des structures internes, visibilité dans l'eau en présence de poussières de découpe...)
- L'utilisation de l'eau génère un volume d'effluents radioactifs, par les systèmes de filtration et l'unité de purification, très important (de l'ordre de 2500 tonnes de déchets induits pour un réacteur UNGG).

☞ **Pour l'ensemble des réacteurs UNGG d'EDF, un scénario générique de démantèlement sous air est retenu. Il s'appuie sur l'utilisation de procédés télé-opérés déployés depuis une plateforme de démantèlement disposée sur la partie supérieure du réacteur.**

Une durée moyenne de démantèlement de l'ordre de 25 ans.

Les étapes du scénario générique de démantèlement sont les suivantes :

- **Préparation des installations et fonctions nécessaires au démantèlement (électricité, ventilation...) : 35 mois**
- **Ouverture par le haut du caisson en béton : 43 mois**
- **Mise en place d'une plateforme de démantèlement : 37 mois**
- **Ouverture du reste du béton : 24 mois**
- **Démantèlement depuis la plateforme**
 - **des structures métalliques (internes supérieurs) : 35 mois**
 - **de l'empilement graphite : 85 mois**
 - **des structures métalliques inférieures (aire-support) : 27 mois**
- **Démantèlement de la plate-forme, assainissement du caisson de béton, démolition des installations auxiliaires : 32 mois.**

Découpe de la dalle béton supérieure

Montage de la plate-forme en haut du réacteur

Extraction des briques de graphite

Démantèlement des structures métalliques dans le bas du réacteur

La mise en œuvre de ce scénario et la tenue d'un tel planning reposent sur **la capacité et les performances des outillages télé-opérés** et sur la démonstration de la faisabilité d'un déploiement depuis la **plate-forme** via un porteur sur des grandes hauteurs (plusieurs dizaines de mètres).

Afin de tester, de valider et d'optimiser l'ensemble des procédés et outils envisagés pour démanteler ces réacteurs, EDF a proposé de mettre en place **un démonstrateur industriel**, centre d'essais qui lui permettrait de réaliser sur des maquettes à l'échelle 1 des tests relatifs aux opérations de coupes du béton, d'extraction des briques de l'empilement graphite et de découpe des structures métalliques internes.

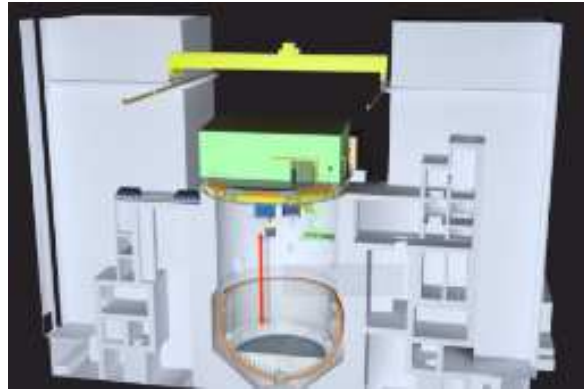
Même si un montage à blanc de la plate-forme dans le centre d'essai est prévu, ses performances notamment la capacité à gérer la coactivité des coupes, la gestion des déchets et la fiabilité de la plateforme dans la durée, ne pourront être vérifiées que lors des opérations en environnement réel, sur le premier réacteur.

Une approche progressive

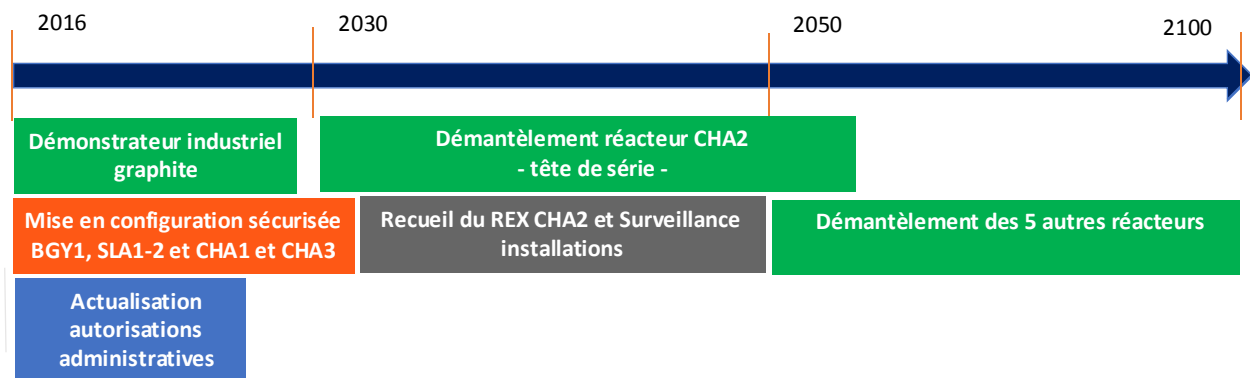
Pour sécuriser les opérations de déconstruction

Le planning général de déconstruction des réacteurs UNGG proposé par EDF s'appuie sur une démarche de maîtrise progressive des risques au travers des séquences suivantes :

- Construction d'un **démonstrateur industriel graphite** (2019-2030)
- Déconstruction d'un **premier réacteur tête de série Chinon A2** (2030-2060)
- **Capitalisation** des connaissances acquises sur le réacteur tête de série
- **Déconstruction des 5 autres réacteurs** en parallèle (2060-2100)



Pour les 5 autres réacteurs, des travaux de démantèlement électro-mécanique, d'assainissement et de démolition seront réalisés afin d'atteindre un état dit de « mise en configuration sécurisée » dont **l'objectif est de réduire les installations au caisson seul et de limiter ainsi l'impact environnemental et la sensibilité aux agressions externes et internes.**



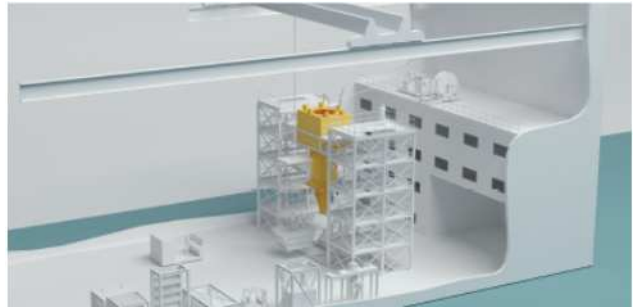
Ce séquençage permet de limiter les risques d'un aléa générique sur les 6 réacteurs et d'optimiser la durée des opérations sur les 5 autres caissons à partir du retour d'expérience de CHA2.

Un démonstrateur industriel Pour maîtriser les procédés

Le Démonstrateur permettra d'articuler les complémentarités entre les essais physiques et les simulations numériques, l'objectif final étant de concevoir un scénario et une plateforme de démantèlement télé-opérée.

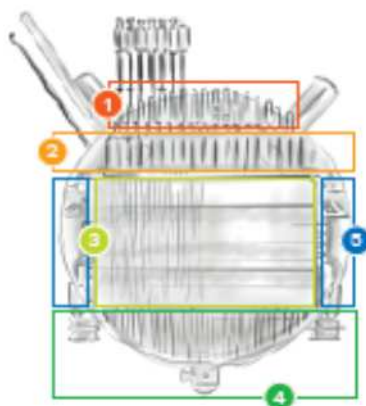
Le démonstrateur industriel graphite sera implanté en 2020 à proximité du site de Chinon et sera constitué :

- d'un hall destiné à accueillir des bancs d'essais physiques pour les outils à tester, avec des maquettes à l'échelle 1 de différentes parties représentatives du caisson réacteur.
- d'une salle de simulation numérique qui servira à la conception des scénarios de démantèlement et des outils mais aussi à la formation des opérateurs. EDF dispose aujourd'hui de jumeaux numériques de ses réacteurs qui seront utilisés pour ces développements.



Le bâtiment s'étendra sur 2 500 m² et ses dimensions (longueur : 70 m / hauteur : 20 m / largeur : 35 m) permettront de mettre au point la plateforme de démantèlement des caissons.

De conception modulaire, il pourra être agrandi, notamment pour intégrer d'éventuelles autres collaborations dans le domaine du démantèlement des réacteurs graphite (France et étranger).



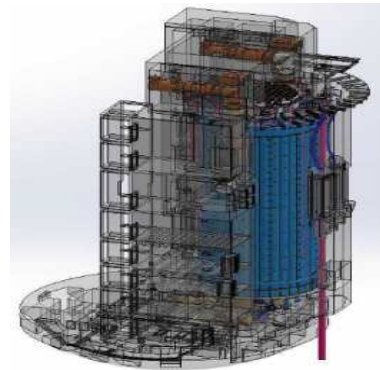
Maquettes pour sécuriser les étapes les plus critiques

- 1 Reconstitution de la **calotte supérieure du caisson**
- 2 Reconstitution des **structures internes supérieures**
- 3 Reconstitution d'un **empilement graphite**
- 4 Reconstitution des **structures internes inférieures**
- 5 Reconstitution des **structures internes périphériques**



Ce démonstrateur constituera un centre d'expertise avec :

- **Des robots, des outils et des maquettes** de test à taille réelle pour réaliser des essais de découpe et de manutention, le montage à blanc de la plateforme, des tests de faisabilité du scénario en modes normal et dégradé. L'acquisition de données permettra d'enrichir et de valider les outils de simulation numériques utilisés en compléments des maquettes physiques
- **Des outils numériques** de pointe pour calculer les contraintes dans le génie civil, optimiser le plan de découpe de la dalle béton, simuler numériquement le scénario, la cinématique ou l'approche de l'outil...
- **Un centre de formation** pour les intervenants, qui pourra aussi servir à l'avenir à d'autres opérateurs voulant préparer leurs interventions



La plateforme de démantèlement

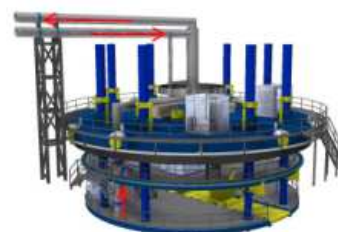
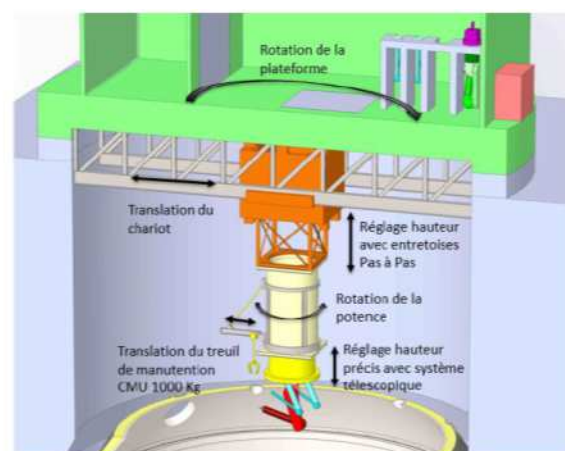
Un prototype facteur clé de la réussite du démantèlement

La plateforme aura pour fonction d'assurer :

- Le déploiement des outils de travail ou de secours utilisés pour les opérations de démantèlement du caisson et de ses internes
- Le déploiement des équipements nécessaires à la manutention des déchets (grappins, bennes preneuses, treuils, etc.)
- La mise à disposition des systèmes d'éclairage et de visualisation dans le caisson afin de faciliter les opérations de démantèlement,
- Le rôle de barrière de confinement d'ensemble

Une plateforme rotative de:

- 500 tonnes
- 18 m de diamètre
- D'une durée d'exploitation d'environ 15 ans a minima



🔑 **Le dérisquage de la plateforme ne pourra être réalisé que sur la tête de série. La mise en place de la plateforme est une opération irréversible une fois le caisson ouvert**

Le retour d'expérience des opérations sur Chinon A2

L'expérience (démantèlement de WAGR, prélèvements à distance dans les caissons UNGG) montre que les essais réalisés sur maquette, même s'ils paraissent exhaustifs, ne suffisent pas à éviter l'apparition d'aléas lors des travaux de démantèlement.

La mise en place de la plateforme étant une opération irréversible une fois le caisson ouvert, on ne peut pas envisager de modifications majeures in-situ.

A ce titre les opérations de démantèlement réalisées depuis la plateforme doivent être fiabilisées afin d'éviter un aléa majeur générique aux 6 réacteurs.,

Le chantier sur Chinon A2 apportera des réponses sur :

- La performance du scénario de démantèlement
- Les choix de Conception de l'ensemble plate-forme / cinématique déchets
- Le dimensionnement des systèmes de ventilation/confinement/sûreté
- L'optimisation des rejets durant le démantèlement
- L'adéquation des chaînes de conditionnement déchets selon les filières

☞ **Le chantier de démantèlement de la Tête de série Chinon A2 permettra de mettre en œuvre les méthodes et outillages retenus en configuration réelle et d'apporter du retour d'expérience pour les autres plateformes de démantèlement. Cela permettra ainsi l'optimisation de la durée, la dosimétrie des opérations et l'impact sur l'environnement (rejets).**

15 ans de travaux pour atteindre l'état de mise en configuration sécurisée des 5 réacteurs

Des travaux conséquents sont actuellement en cours sur les circuits électromécaniques situés autour des caissons réacteurs sur l'ensemble des installations (échangeurs de chinon A3, circuit primaire de Saint Laurent A2...).

Démantèlement des circuits électromécaniques de St Laurent A2 (2018-2021)

1 600 t de déchets - 98 locaux (73 avec risque alpha)
Composants lourds à déconnecter : machine de chargement du combustible 480 t



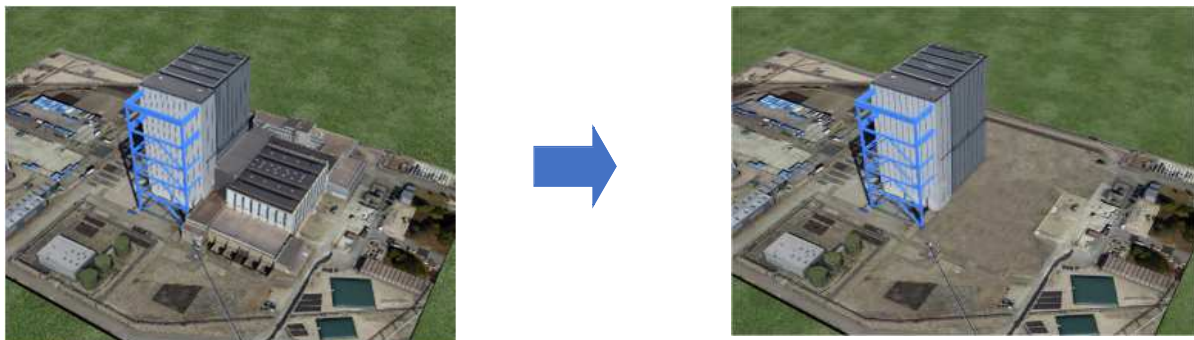
Démantèlement des échangeurs de chaleur de Chinon A3



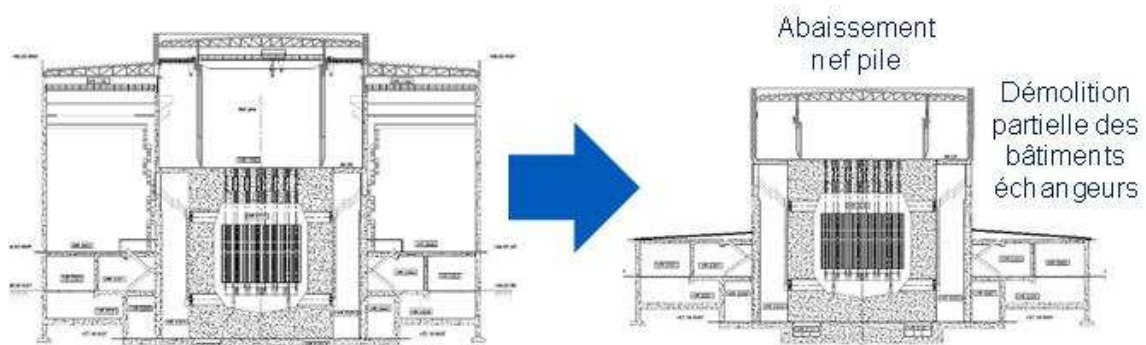
5 200 tonnes de matériaux – 192 cylindres - 6 ans de travaux

La mise en configuration sécurisée des 5 réacteurs de Bugey 1, Chinon A1 et A3, Saint-Laurent A1 et A2 consiste à intensifier, sur la période 2018-2030, ce type de travaux (démantèlements des circuits nucléaires autour des caissons) et à entreprendre l'assainissement et la démolition d'une grande partie des bâtiments. Des travaux de rénovation des structures métalliques abritant les caissons réacteurs sont également planifiés.

Cet état de mise en configuration sécurisée de 5 caissons permettra la réduction du terme source au caisson, la surveillance/maintenance des structures et une anticipation des travaux de démolition.



Mise en configuration sécurisée de Bugey 1



Mise en configuration sécurisée de Chinon A3

En 15 ans :

- Réduction de la surface des installations de 50 à 80%
- Environ 50% des déchets radioactifs et conventionnels évacués
- entre 150-200 intervenants par site sur les chantiers, issus pour les $\frac{3}{4}$ des bassins d'emploi locaux.

Le planning de déconstruction de ces réacteurs tout en garantissant la sûreté

Au regard des exigences de sûreté, l'activité radiologique résiduelle (briques graphite) reste désormais pour l'essentiel à l'intérieur des caissons réacteurs, confinée par les parois de plusieurs mètres de béton. Les travaux de mise en configuration sécurisée des installations permettront de renforcer dans la durée leur robustesse vis-à-vis de tout type d'événement (inondation, séisme, incendie...).

Le risque d'une entrée d'eau dans les caissons réacteurs suite à une inondation est exclu compte tenu de l'étanchéité des obturations et de la hauteur des caissons par rapport au niveau de crue maximale.

En ce qui concerne le vieillissement des structures et la tenue au séisme, les inspections réalisées dans les caissons réacteurs ont permis de s'assurer du bon état des structures internes et de l'effet protecteur des couches d'oxydes formées lors de la période d'exploitation sous CO₂.



Bugey

Prélèvements massifs de la sole en Zone Haute Echangeurs
Pas de corrosion sur les coupons prélevés et éprouvette témoin + effet protecteur de la couche de corrosion sous CO₂

Prise de vues 3 D



Saint Laurent

Boulonnerie de jupe :
Pas de corrosion atmosphérique visible sur écrou ou plaquette frein.

Par ailleurs, les études de sûreté en situation normale et sous séisme, ont permis de montrer la tenue des structures du génie civil et structures internes des caissons y compris dans le cas d'une situation dégradée.

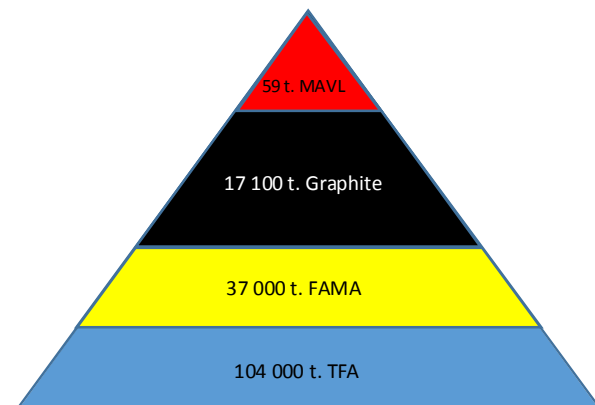
Enfin, des activités de surveillance des caissons réacteurs (éprouvettes de corrosion, hygrométrie, ITV...) sont réalisées depuis l'arrêt des réacteurs et seront maintenues dans la durée. Elles permettent d'anticiper les éventuels phénomènes de vieillissement jusqu'à la fin des opérations. En cas de dégradation plus rapide que prévue, des travaux de renfort pourront être engagés afin de garantir la sûreté du caisson.

👉 La robustesse des caissons réacteurs permet de garantir la sûreté des installations dans la durée.

Une stratégie qui intègre la gestion des déchets

Le volume total de déchets générés par les activités de démantèlement à venir sur la filière UNGG représente environ 160 000 tonnes radioactifs.

A l'exception du graphite, l'ensemble des déchets produits par la déconstruction de ces installations disposent de solutions opérationnelles de traitement, de stockage ou d'entreposage.



La stratégie de gestion du graphite

Pour les empilements de graphite de Chinon A2 qui présentent un inventaire radiologique total en Chlore 36 (15 GBq) particulièrement faible au regard de la capacité radiologique du CSA (Centre de Stockage de l'Aube)*, leur stockage au CSA apparaît comme une solution réaliste sur le plan technique, sous réserve de réviser l'inventaire radiologique déjà stocké.

Pour les empilements de graphite issus des autres caissons, EDF retient la solution de référence inscrite dans la loi : un stockage dédié pour ces déchets "Faible Activité à Vie Longue".

La mise en service de cette installation de stockage interviendra, selon l'ANDRA, au plus tôt en 2035 – 2040. La réalisation du démantèlement des réacteurs graphite avant la mise en service de ce stockage, pourrait donc conduire à la construction d'entrepôts temporaires sur chacun des sites. La multiplication des installations de gestion des déchets (qui devront être à leur tour déconstruites) et des opérations de manipulations des déchets (transport, reconditionnement) induit des risques supplémentaires, notamment en matière de radioprotection.

Pour les déchets FAVL, un centre de stockage est en cours d'étude dans la région de Soulaines.

Le tableau ci-contre synthétise les destinations ultimes (centres de stockage) opérationnelles ou en cours de développement pour les différents types de déchets.

Activité	Période		
	Vie courte (VC) < 31 ans	Vie longue (VL) > 31 ans	
Très faible activité (TFA)	TFA Centre Cires de l'Andra		90 % des déchets
Faible activité (FA)	FMAVC Centre CSA de l'Andra	FAVL Recherche de site pour le centre de stockage	
Moyenne activité (MA)		MAVL Stockage profond à l'étude (Cigéo)	10 % des déchets
Haute activité (HA)	HA Stockage profond à l'étude (Cigéo)		

ICEDA dans l'attente de Cigéo

*La capacité autorisée du CSA est de 400 GBq et la capacité restante théorique de plus de 300 GBq avec l'hypothèse d'une révision de l'inventaire Chlore 36 suite aux études réalisées ces dernières années pour fiabiliser l'inventaire des chemises graphites déjà stockées.

Un dossier EDF challengé et ayant fait l'objet de nombreux échanges

Le programme de démantèlement des réacteurs UNGG a fait l'objet d'un dossier EDF de plus de 600 pages remis à l'ASN en décembre 2017.

Ce dossier est constitué de plusieurs pièces traitant de :

- La stratégie de démantèlement des réacteurs UNGG intégrant l'analyse de risque du programme et la stratégie de gestion des déchets graphite et la justification de l'abandon du scénario en eau,
- Une analyse d'impact d'un planning alternatif consistant à commencer les opérations sur les autres caissons sans attendre le retour d'expérience des opérations sur CHA2
- Un compte rendu d'une revue d'experts indépendants,
- Les options de sûreté des caissons réacteurs dans la durée,
- Les plannings prévisionnels des travaux sur les 15 prochaines années sur les 6 installations UNGG

Une revue d'experts indépendants conforte la stratégie EDF.

« En synthèse, les experts n'émettent pas d'objections et ne remettent pas en cause les choix de stratégie d'EDF pour la déconstruction de ses 6 réacteurs UNGG, que ce soit pour le choix du démantèlement sous air, de la nécessité d'une phase de dérisquage, ou le choix de CHINON A2 comme tête de série ».

Les éléments clés de la stratégie ont été partagés avec de nombreuses parties prenantes (ASN, ANDRA, IRSN) :

- **Ensemble des caissons UNGG démantelés sous air**
- **Démantèlement d'un premier caisson, dit « Tête de Série » avant de commencer les 5 autres caissons - Chinon A2**
- **Avant l'ouverture du premier caisson, mise en place d'un démonstrateur industriel pour qualifier les outillages et les porteurs robotisés**
- **Attente de disposer d'un REX suffisant sur la TTS pour engager les travaux caisson sur les 5 autres réacteurs.**

Une stratégie qui répond aux exigences du code de l'environnement

La loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (ci-après « LTECV ») a créé un nouvel article (L593-25) dans le code de l'environnement:

« Lorsque le fonctionnement d'une installation nucléaire de base ou d'une partie d'une telle installation est arrêté définitivement, son exploitant procède à son démantèlement dans un délai aussi court que possible, dans des conditions économiquement acceptables et dans le respect des principes énoncés à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique [principe « ALARP » notamment] et au II de l'article L. 110-1 du code de l'environnement [principe de précaution notamment]. . »

En pratique, l'art. L593-25 CE requiert donc un « démantèlement dans un délai (1) aussi court que possible, (2) dans des conditions économiquement acceptables et (3) dans le respect des principes énoncés à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique et (4) au II de l'article L. 110-1 du présent code ».

1 - Dans un délai « aussi court que possible » :

Le démantèlement « **aussi court que possible** » traduit la nécessité de maintenir le savoir et les compétences sur l'installation à démanteler et ainsi à procéder de manière aussi courte que possible au démantèlement de l'installation après son arrêt.

Dans le cas présent, la situation des réacteurs UNGG est particulière dans la mesure où ces installations sont à l'arrêt depuis déjà plusieurs années et font depuis l'objet de travaux de démantèlement.

Le programme proposé permet :

- de démarrer un premier démantèlement dans des délais courts au regard des développements technologiques qui doivent encore être réalisés,
- de ne jamais interrompre les opérations à l'échelle de la filière graphite,
- de capitaliser les connaissances acquises sur le réacteur tête de série pour entreprendre un programme d'envergure sur les 5 autres réacteurs afin de maîtriser la durée globale du programme via l'apprentissage de la tête de série et les opportunités qui se dégageront du retour d'expérience,
- d'anticiper les opérations de démantèlement hors caisson,
- tout en maîtrisant les risques industriels liés à ces opérations.

Par ailleurs, doit être pris en compte, comme élément de la stratégie, l'absence d'exutoire pour stocker les déchets issus du démantèlement des réacteurs de type UNGG.

2 - Dans des conditions économiquement acceptables :

Les conditions économiques acceptables s'entendent comme un coût qui n'est pas disproportionné par rapport aux bénéfices attendus, soit pour la sécurité globale de l'installation, soit pour la protection des intérêts protégés.

Dans le cas présent, EDF propose la solution d'un confinement temporaire de 5 installations UNGG le temps de disposer d'un retour d'expérience suffisant sur une TTS plutôt que de procéder au démantèlement de tous les caissons UNGG de manière simultanée et qui risquerait de devoir faire face à des difficultés techniques en même temps sur toute la filière UNGG.

Par ailleurs, **le lissage du programme positionne la sortie du graphite des 5 caissons hors TTS à des jalons désormais compatibles avec la mise en service par l'Andra d'une filière pour le graphite**, ce qui est de nature à éviter la construction d'entrepôts sur chacun des sites.

3 - Dans le respect des principes énoncés à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique :

Le programme UNGG proposé retient un démantèlement sous air télé-opéré qui **limite l'exposition potentielle aux rayonnements ionisants des travailleurs ainsi que les interventions humaines dans le caisson** (diminution des risques sécurité, pénibilité). Le démantèlement complet du caisson tête de série permettra de tirer un retour d'expérience sur ces champs, utile lors du démantèlement des caissons des autres installations UNGG qui bénéficieront également des effets de décroissance radioactive liée au décalage de leur démantèlement.

4 - Dans le respect des principes énoncés au II de l'article L.110-1 du code de l'environnement :

Il s'agit notamment des principes de précaution, d'action préventive et de correction, et de pollueur-payeur. Le programme proposé y répond notamment au travers du choix de la technologie de démantèlement qui, à date, conduit à la **plus faible production de déchets et d'environnement**.

☞ En engageant sans attendre le démantèlement d'un caisson tête de série, **EDF fait application du principe de précaution en « adoptant de mesures effectives et proportionnées » dans un contexte d'évolutions technologiques possibles dans le domaine du démantèlement notamment des UNGG** (évolution des solutions téléopérées et robotisées, opérations de démantèlement nombreuses à venir).