



DÉMANTÈLEMENT DES RÉACTEURS UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz)

Estelle Desroches, Directrice déconstruction/gestion des déchets des réacteurs graphite
Réunion ANCCLI – 31 Mai 2018

SOMMAIRE

Les réacteurs UNGG EDF

Les travaux réalisés ou en cours

La stratégie de démantèlement proposée en 2015

- Benchmark international
- Le choix du démantèlement sous air
- Le séquençement des opérations

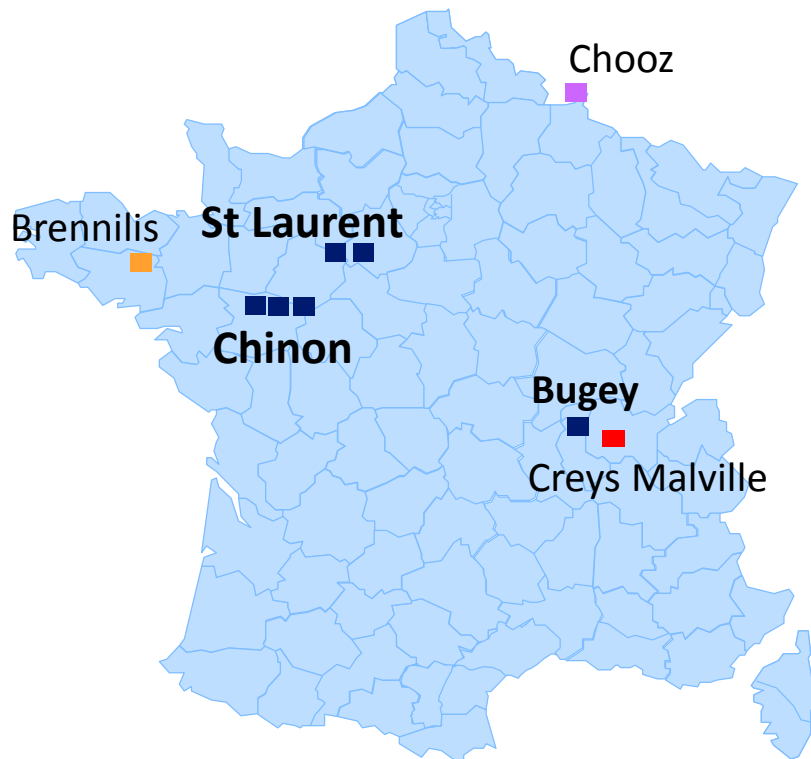
Les échanges avec l'ASN sur la stratégie

- Le processus de discussions
- Les conclusions d'une revue d'experts

Les prochaines étapes

- La préparation du démantèlement de Chinon A2
- La Mise en Configuration Sécurisée des autres réacteurs

6 RÉACTEURS UNGG EDF EN DÉCONSTRUCTION



■ Uranium naturel graphite gaz

■ Réacteur à eau lourde

■ Réacteur à eau pressurisée

■ Réacteur à neutrons rapides

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

Des réacteurs « pionniers » dans la production d'électricité nucléaire en France

Une technologie complexe, très différente de la technologie dominante (REP)

LES INSTALLATIONS UNGG D'EDF

Bâtiment réacteur
dans un bardage métallique

Installations périphériques

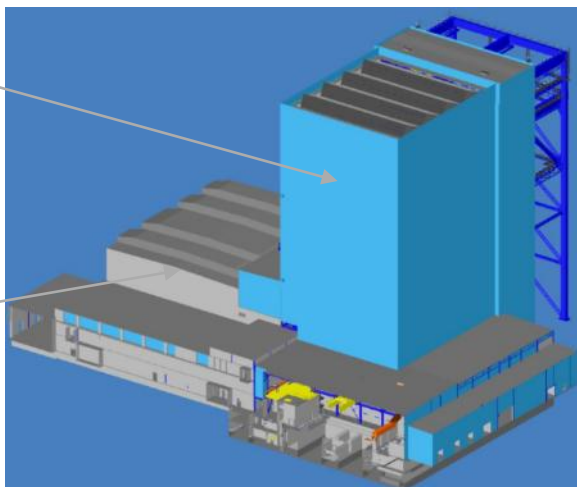
Salle des
Machines

Station de
traitement des
effluents

Bâtiment
électrique

Bâtiment
piscine

Bâtiments
nucléaires
auxiliaires



DES INSTALLATIONS COMPLEXES A DÉMANTELER

Caisson réacteur

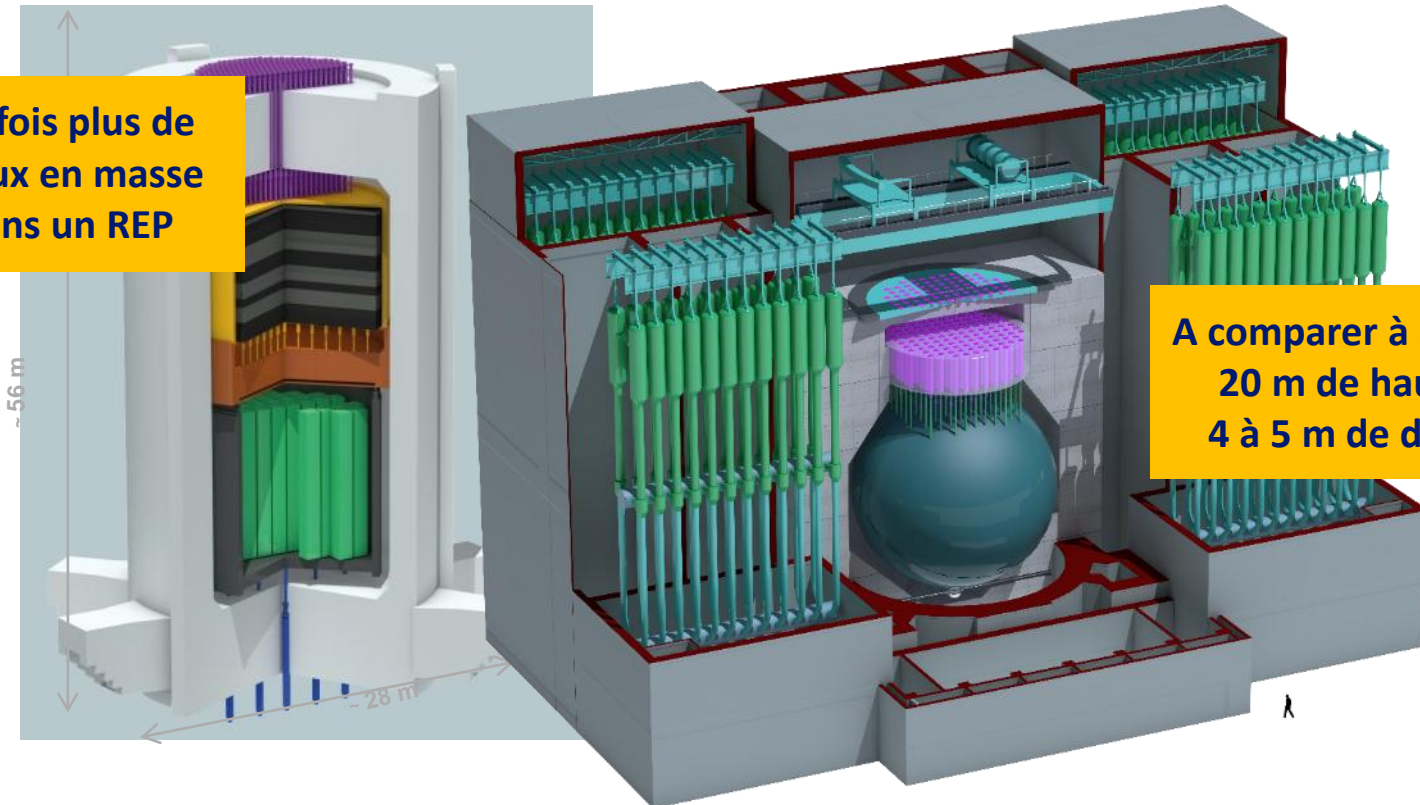
- enveloppe béton jusqu'à 8m d'épaisseur
- jusqu'à 42 000 briques de graphite dans un corset métallique
- structures métalliques supérieures et inférieures

Echangeurs de chaleur

Nombreuses tours d'échangeurs :

- Chinon A2: 96 tours de 25 m de hauteur
 - Bugey 1 : 50 tours de 13 m de hauteur
- Difficiles conditions d'accès

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



SOMMAIRE

Les réacteurs UNGG EDF

Les travaux réalisés ou en cours

La stratégie de démantèlement proposée en 2015

- Benchmark international
- Le choix du démantèlement sous air
- Le séquençement des opérations

Les échanges avec l'ASN sur la stratégie

- Le processus de discussions
- Les conclusions d'une revue d'experts

Les prochaines étapes

- La préparation du démantèlement de Chinon A2
- La Mise en Configuration Sécurisée des autres réacteurs

LES TRAVAUX RÉALISÉS

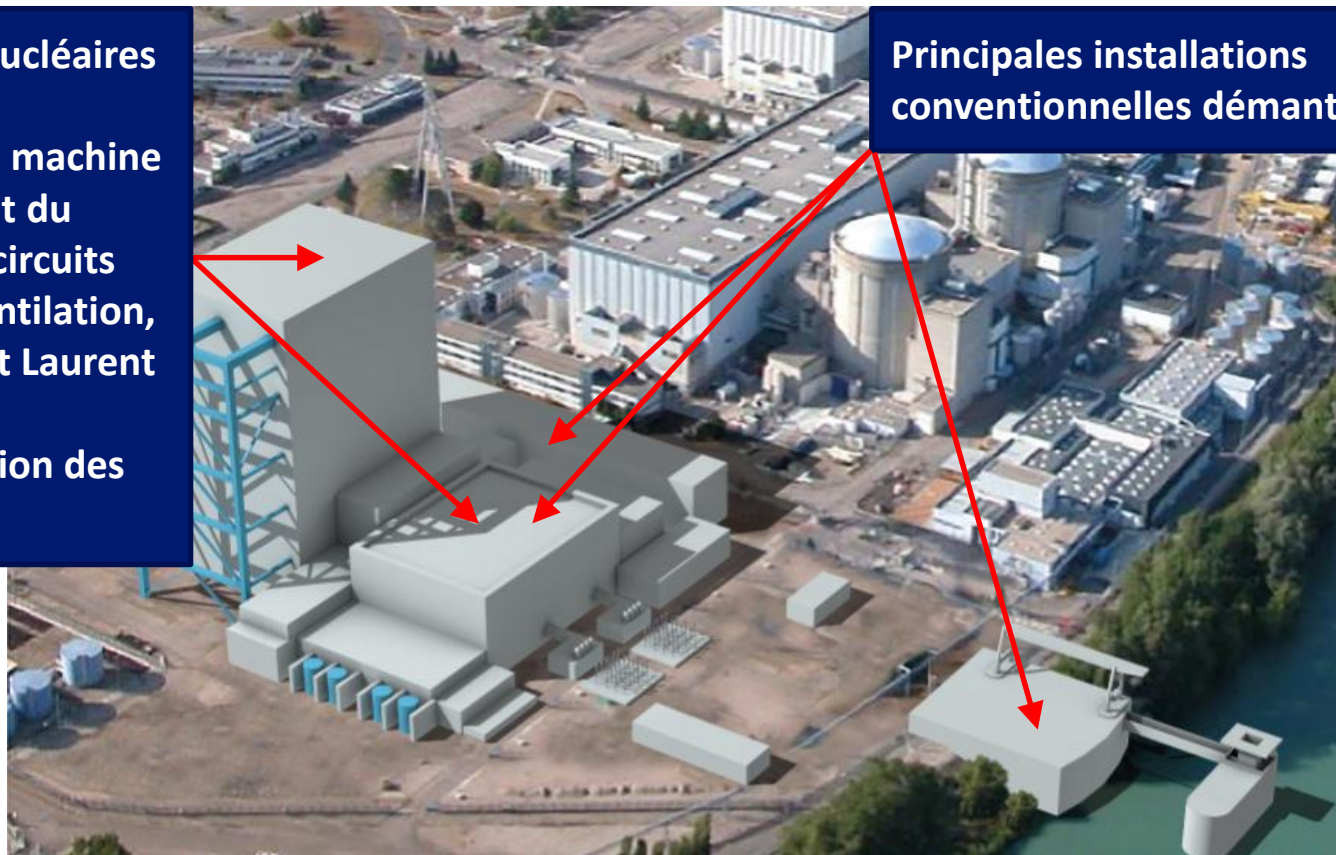
Radioactivité

Evacuation de plus de 99,9% de la radioactivité présente en fin d'exploitation (combustible, circuits, bâches...)

Environ 16 000 t de déchets radioactifs et 64 000 t de déchets conventionnels évacués

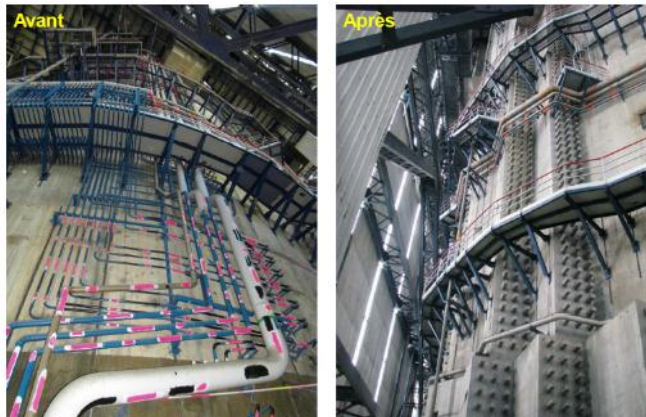
Installations nucléaires partiellement démantelées : machine de chargement du combustible, circuits auxiliaires (ventilation, air,...) - sauf St Laurent Vidange et decontamination des piscines

Principales installations conventionnelles démantelées



LES TRAVAUX FINIS OU EN COURS

Démantèlement des circuits électromécaniques de Bugey 1



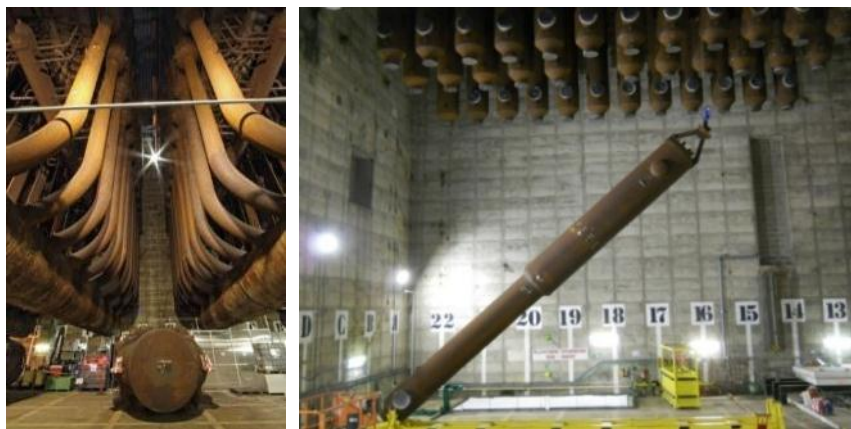
1 500 tonnes de matériels – 20 km de tuyaux – 6 ans de travaux

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

Mise en propreté radiologique de St-Laurent

Extraction de tous les déchets fond de piscine (2015-2017)



SOMMAIRE

Les réacteurs UNGG EDF

Les travaux réalisés ou en cours

La stratégie de démantèlement proposée en 2015

- **Benchmark international**
- **Le choix du démantèlement sous air**
- **Le séquençement des opérations**

Les échanges avec l'ASN sur la stratégie

- Le processus de discussions
- Les conclusions d'une revue d'experts

Les prochaines étapes

- La préparation du démantèlement de Chinon A2
- La Mise en Configuration Sécurisée des autres réacteurs

UNE PREMIÈRE MONDIALE A CETTE ÉCHELLE

Une soixantaine de réacteurs de technologie Graphite Gaz au niveau mondial

- 14 réacteurs AGR (UK) en exploitation au moins jusqu'en 2022.
- 50 réacteurs arrêtés dont 2 complètement démantelés (FSV⁽¹⁾ et WAGR⁽²⁾)

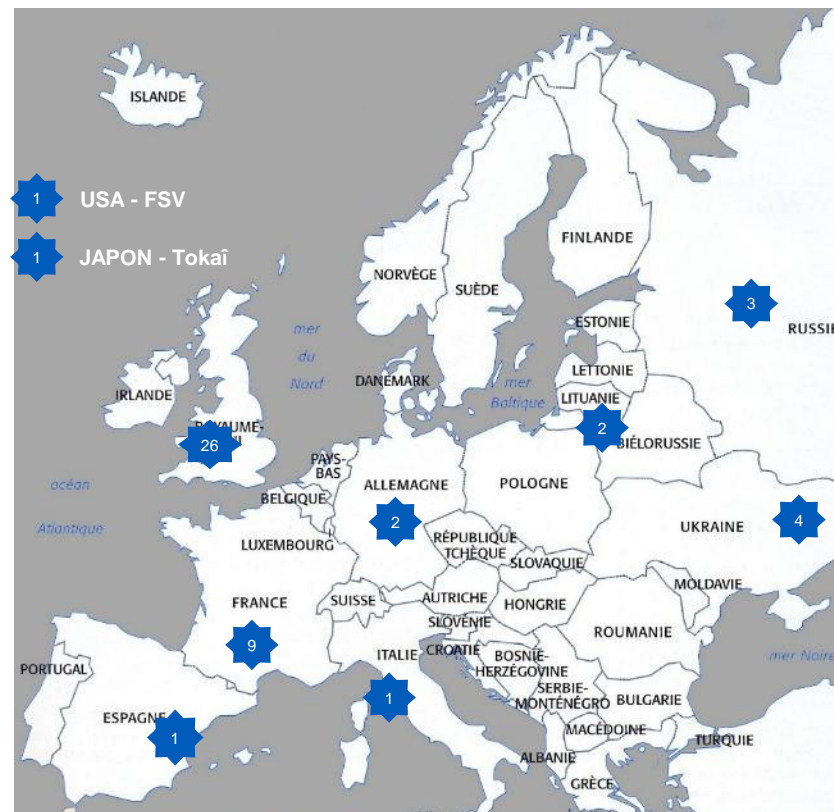


Absence de filière pour le graphite

Retour d'expérience de démantèlement de caisson réacteur limité à 2 réacteurs de petite taille



BUG 1 540 MWe	CHA2 210 MWe	Fort St Vrain 320 MWe	Windscale 33 MWe
24 000 m3 de béton	14 600 m3 de béton	5 000 m3 de béton	1 300 m3 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



Le démantèlement des UNGG EDF : des facteurs d'échelle > 10 par rapport aux 2 seules opérations réalisées dans le monde

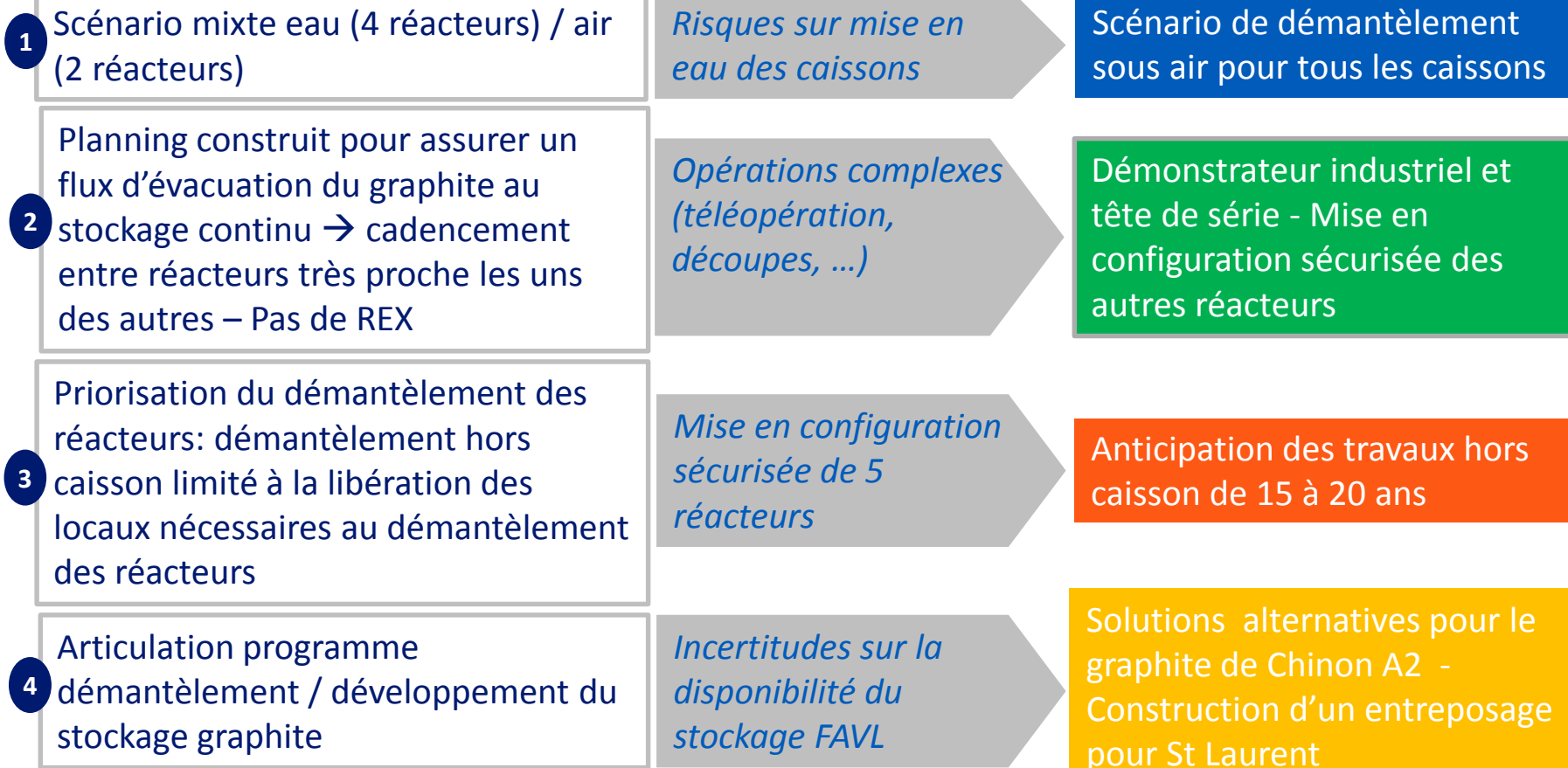
- Challenge technique
- Première mondiale

LA STRATÉGIE DE DÉMANTÈLEMENT DES RÉACTEURS UNGG EDF

Stratégie ante 2015

*Nombreuses études
détaillées + Benchmark
internationale*

Stratégie post 2015



LE CHOIX DU DÉMANTÈLEMENT SOUS AIR

2005 : choix du démantèlement sous eau pour 4 caissons

→ gains planning, bilan dosimétrique sur la base d'un REX unique (Fort St Vrain)

Etudes détaillées + Benchmark international

→ Allongement de la durée du démantèlement

→ Questionnement sur les risques techniques liés au démantèlement sous eau (étanchéité, corrosion, traitement de l'eau)

Analyse multi-critères

- Maîtrise industrielle,
- Maîtrise de la sécurité,
- Maîtrise de la sûreté,
- Optimisation de la radioprotection,
- Environnement,
- Déchets,
- Durée et coûts de démantèlement



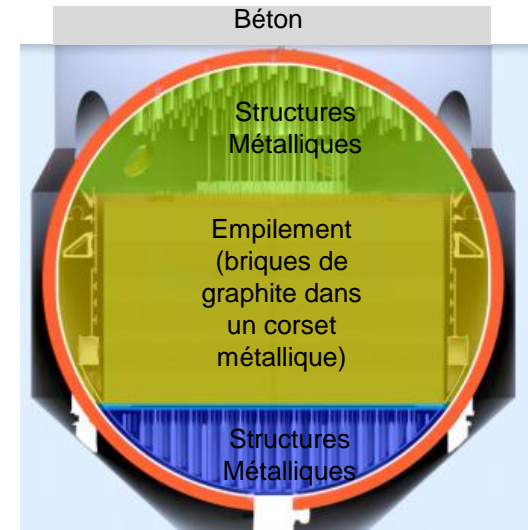
Synthèse Bugey 1	Eau	Air	Avantage
Planning	25 ans	23 ans	=
Radioprotection	2,5 H.Sv	1,3 H. Sv	Air
Déchets	4900 t	3260 t	Air

Bilan dosimétrique, limitation volume de déchets / effluents, maîtrise industrielle, sécurité du personnel en faveur du démantèlement sous air

EN MOYENNE 25 ANS DE TRAVAUX POUR CHAQUE CAISSON

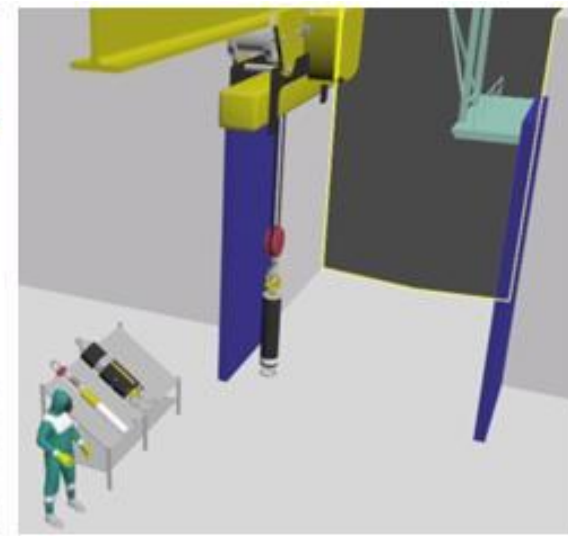
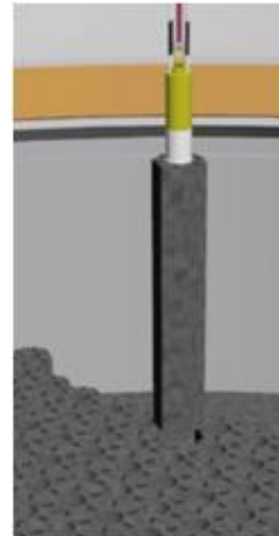
Scénario de démantèlement similaire pour tous les caissons UNGG

- ✓ Travaux préalables (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 de béton (protection biologique) (24 mois)
- ✓ Démantèlement depuis la plateforme :
 - ✓ des structures métalliques supérieures (35 mois)
 - ✓ de l'empilement graphite (85 mois)
 - ✓ des structures métalliques inférieures (aire-support) (27 mois)



Durée de démantèlement sous air d'environ 25 ans

- ✓ Intégrant la mise en place des outillages
- ✓ Établie à partir de cadences « moyennes » des performances des outillages – sans aléa
- ✓ Phase préparatoire en amont des travaux (contractualisation, études d'exécution...) de 5 à 7 ans



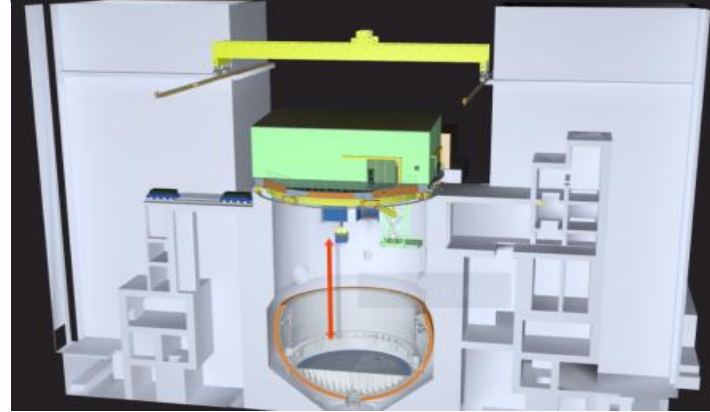
UNE APPROCHE PROGRESSIVE POUR SÉCURISER LES OPÉRATIONS

Afin de garantir une maîtrise optimale des opérations, les 6 chantiers seront menés en 4 grandes étapes :

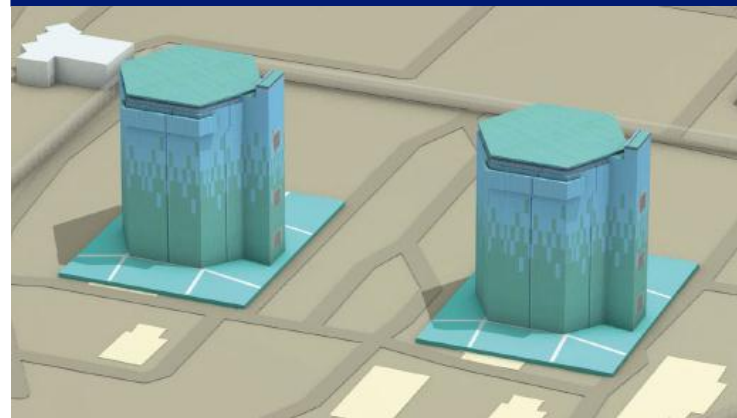
1. Construction d'un **démonstrateur industriel** pour tester les outillages et le scénario (2019- 2030)
2. Déconstruction d'un premier **réacteur « tête de série »** : Chinon A2 (2030-2055)
3. En attendant le retour d'expérience du démantèlement de la tête de série, **mise en configuration sécurisée des 5 autres réacteurs**
4. **Démantèlement des 5 caissons réacteurs** (après 2060)

Scénario en discussion avec l'ASN selon un processus d'échanges défini à la suite de l'audition de Mars 2017

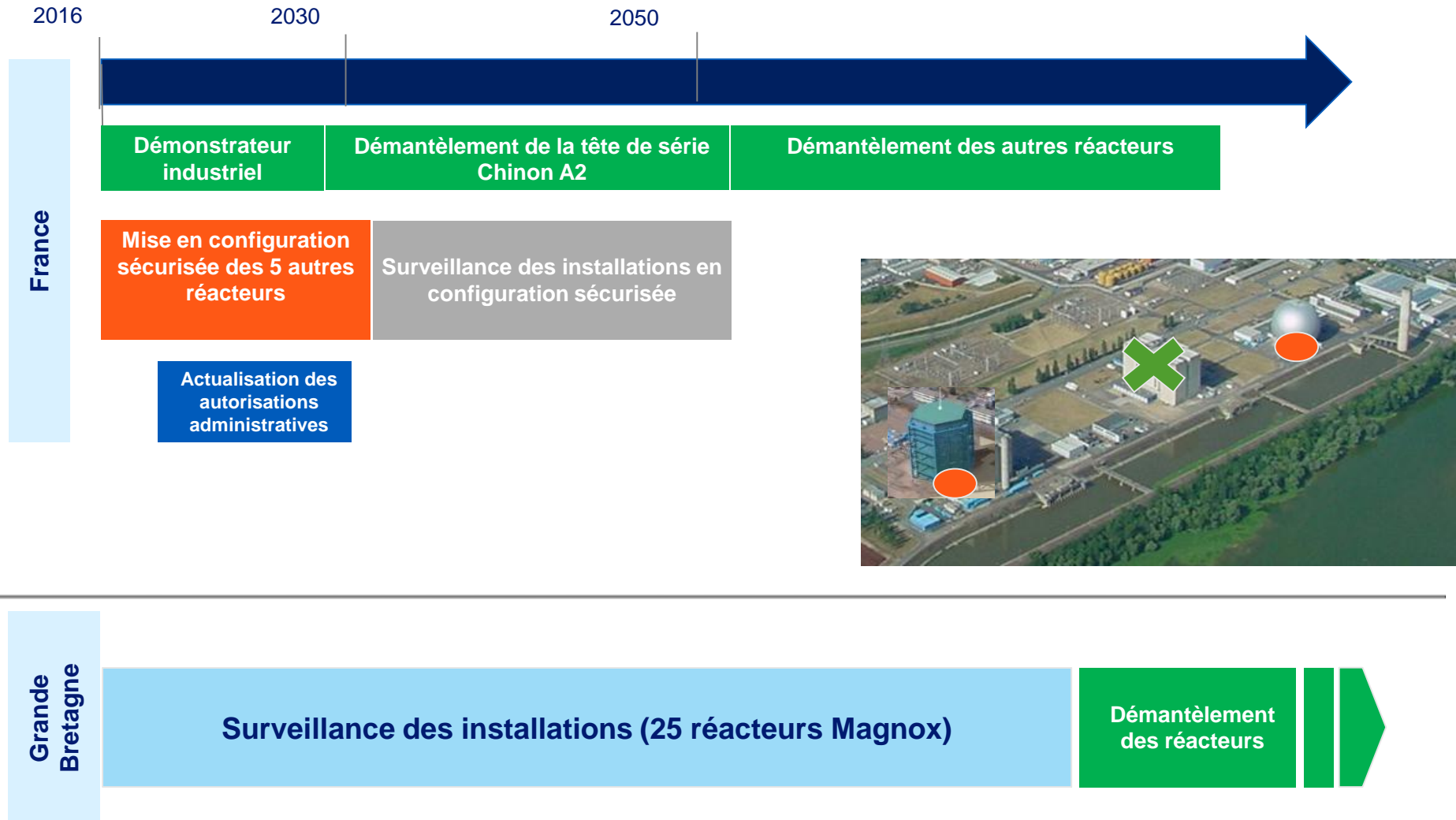
2. Déconstruction d'une tête de série



3. Mise en configuration sécurisée



LE SÉQUENCEMENT DES TRAVAUX DE DÉMANTÈLEMENT DE LA FILIÈRE UNGG



STRATÉGIE DE GESTION DES DÉCHETS GRAPHITE PROPOSÉE PAR EDF

Orientation des empilements de graphite de Chinon A2 vers le CSA en 2045

- En lien avec les progrès significatifs sur la connaissance de l'inventaire radiologique du graphite EDF
- En cas d'échec de l'acceptation au CSA, construction d'une installation d'entreposage

Création d'une installation d'entreposage sur le site de Saint-Laurent pour les chemises actuellement entreposées dans les silos, afin d'engager le désilage sans attendre

- Dossiers déposés fin 2019, autorisations (décret) vers 2023
- Construction entreposage à partir de 2024 pour un début du retrait du graphite à partir de 2028

Orientation vers le stockage FAVL au-delà de 2070 du graphite des 5 autres caissons et des chemises de Saint-Laurent A

Achèvement d'ici 2019 du programme de caractérisation et d'amélioration de l'inventaire radiologique du graphite

SOMMAIRE

Les réacteurs UNGG EDF

Les travaux réalisés ou en cours

La stratégie de démantèlement proposée en 2015

- Benchmark international
- Le choix du démantèlement sous air
- Le séquençement des opérations

Les échanges avec l'ASN sur la stratégie

- **Le processus de discussions**
- **Les conclusions d'une revue d'experts**

Les prochaines étapes

- La préparation du démantèlement de Chinon A2
- La Mise en Configuration Sécurisée des autres réacteurs

LE PROCESSUS D'INSTRUCTION DE LA STRATÉGIE UNGG



DES CHOIX SOUMIS A UNE REVUE D'EXPERTS INDÉPENDANTS

12 Experts français et internationaux, 3 thèmes d'analyse

- ✓ Avis sur les résultats des études détaillées / éléments de benchmark concernant le démantèlement des réacteurs graphite et sur les choix techniques finalement retenus par EDF
- ✓ Analyse du programme de mise en configuration sécurisée des 5 réacteurs qui seront démantelés après le retour d'expérience de la « tête de série »
- ✓ Analyser du niveau de maîtrise du pilotage des projets par EDF

« 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 »

« La revue souligne la pertinence de la création de la DP2D, de son organisation matricielle qui autorise un meilleur pilotage des opérations, la synergie entre les projets et en particulier le regroupement démantèlement/déchets indispensable, ainsi que l'intégration de l'exploitant chef d'installation au sein de chaque projet. Elle a également mis en exergue la qualité du pilotage des projets qui doit être maintenue dans la durée »

Deux recommandations :

- Echanger avec l'ASN sur la simplification de l'instruction des dossiers réglementaires pour éviter des décalages du planning
- Etudier l'optimisation du planning, sur la base du résultat des premières opérations

SOMMAIRE

Les réacteurs UNGG EDF

Les travaux réalisés ou en cours

La stratégie de démantèlement proposée en 2015

- Benchmark international
- Le choix du démantèlement sous air
- Le séquençement des opérations

Les échanges avec l'ASN sur la stratégie

- Le processus de discussions
- Les conclusions d'une revue d'experts

Les prochaines étapes

- **La préparation du démantèlement de Chinon A2**
- **La Mise en Configuration Sécurisée des autres réacteurs**

DES TRAVAUX QUI S'INTENSIFIENT DANS LES 20 ANS À VENIR

Préparation du démantèlement de Chinon A2 :

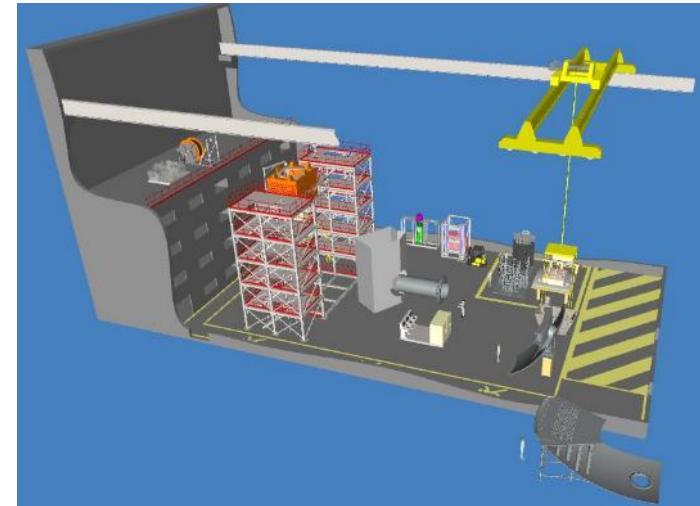
- Construction d'une plate-forme de démonstration industrielle pour tester les outils nécessaires au démantèlement du premier réacteur
- Ouverture du caisson de Chinon A2 prévu en 2032

Mise en configuration sécurisée des autres caissons

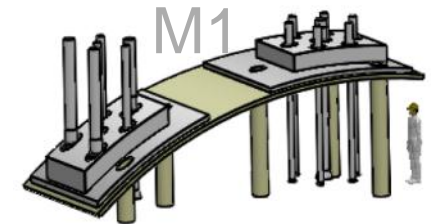
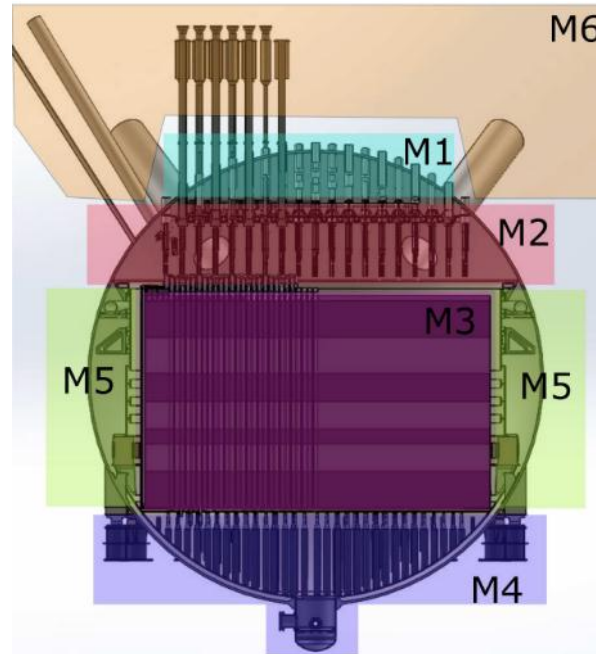
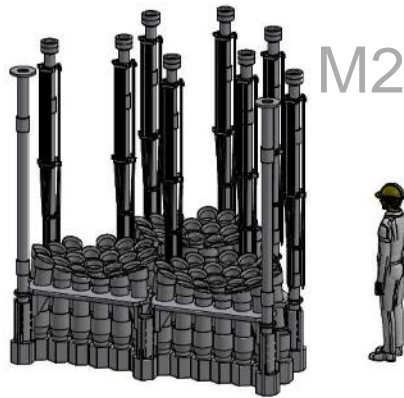
Obtention ou actualisation des décrets de démantèlement

Obtention du dossier d'autorisation de création d'un entreposage à Saint-Laurent

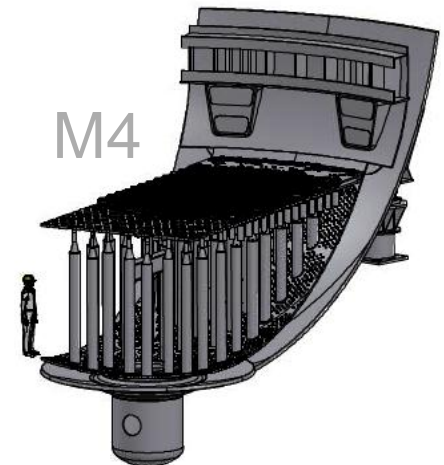
Surface des installations réduite de 50 à 80%
Environ la moitié des déchets radioactifs et conventionnels évacués à la fin de la mise en configuration sécurisée des réacteurs
Augmentation forte des effectifs sur sites : plus de 500 intervenants



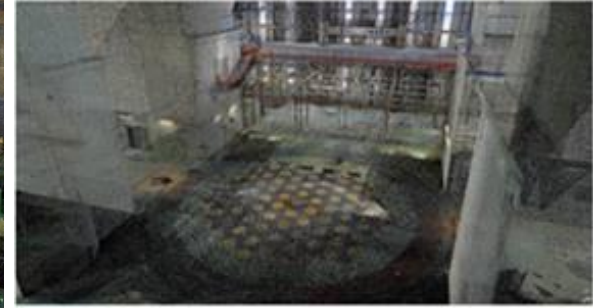
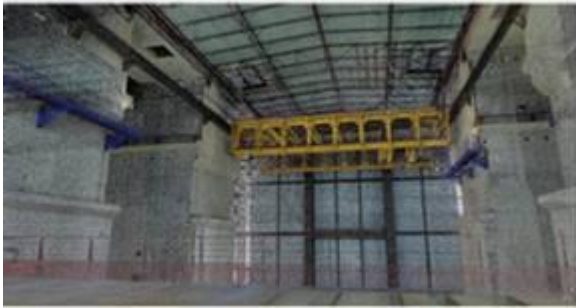
DÉMONSTRATEUR INDUSTRIEL : MAQUETTES PHYSIQUES



- M1 « Calotte supérieure »
- M2 « Internes métalliques supérieurs »
- M3 « Briques de graphite »
- M4 « Internes métalliques inférieurs »
- M5 « Structures périphériques »
- M6 « Tuyauteries connectées au réacteur »

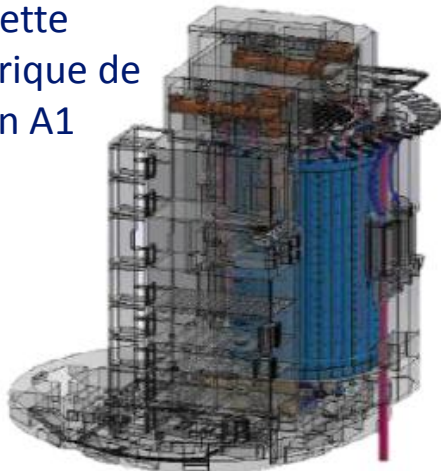


DÉMONSTRATEUR INDUSTRIEL : DÉVELOPPEMENT D'OUTILS NUMÉRIQUES

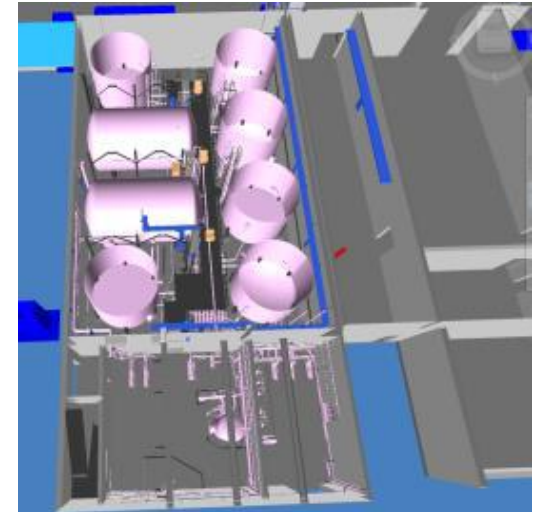


Scans laser de Chinon A2 : 27 millions de points pour construire un jumeau numérique et capitaliser les données de l'installation

Maquette numérique de Chinon A1



Modélisation du scénario de démantèlement de la station de traitement des effluents de Bugey 1 avec DEM+ (optimisation des planning, dosimétrie, coûts)



LES TRAVAUX DE MISE EN CONFIGURATION SÉCURISÉE

Garantir dans la durée la sûreté nucléaire des installations :

- Garantir la tenue dans le temps du caisson et de ses internes, jusqu'à leur démantèlement.
- Rendre les installations moins sensibles aux agressions via leur réduction au plus près du caisson.

Réduire l'impact sur les Intérêts protégés :

- Réduire le terme source, via le démantèlement du solde des installations électromécaniques et l'assainissement ou la décontamination des locaux,
- Maîtriser dans la durée les rejets d'effluents liquides,
- Limiter les rejets gazeux à ceux du caisson.

Optimiser les activités d'exploitation et de maintenance :

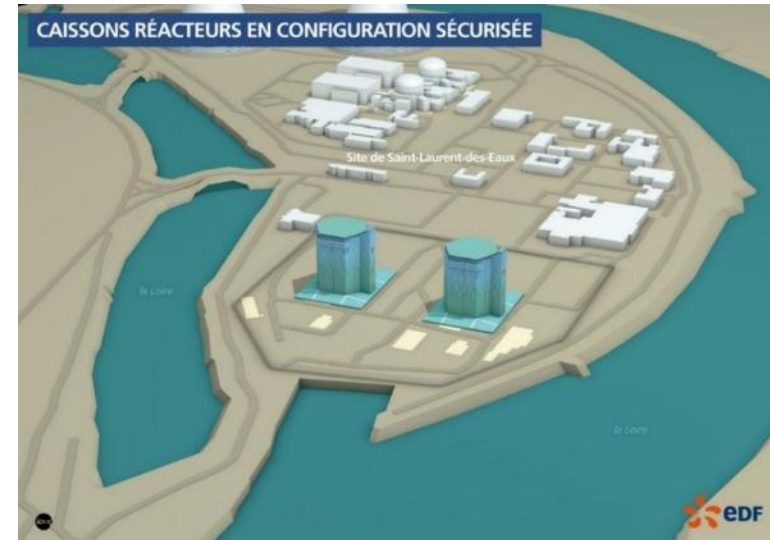
- Optimiser les moyens de surveillance,
- Mettre à niveau et diminuer des fonctions support, afin de limiter les opérations de maintenance.

Réduire l'impact visuel et l'emprise au sol des installations

MISE EN CONFIGURATION SÉCURISÉE : L'EXEMPLE DE ST-LAURENT

Principaux travaux :

- Démantèlement électromécanique des installations (hors caisson et locaux inaccessibles),
- Assainissement et déclassement de tous les locaux de l'îlot nucléaire, démantèlement des locaux accolés et du hall piscine,
- Assainissement, déclassement et démolition des locaux communs de tranche
- Construction d'une nouvelle installation de conditionnement et traitement de déchets
- Modification de la nef pile (démolition de certaines structures métalliques, du bardage existant et création d'un nouveau bardage au plus près des installations),
- Conditionnement et évacuation des déchets historiques avec filières,
- Assainissement et démolition de l'installation de transit et des installations de conditionnement et traitement des déchets

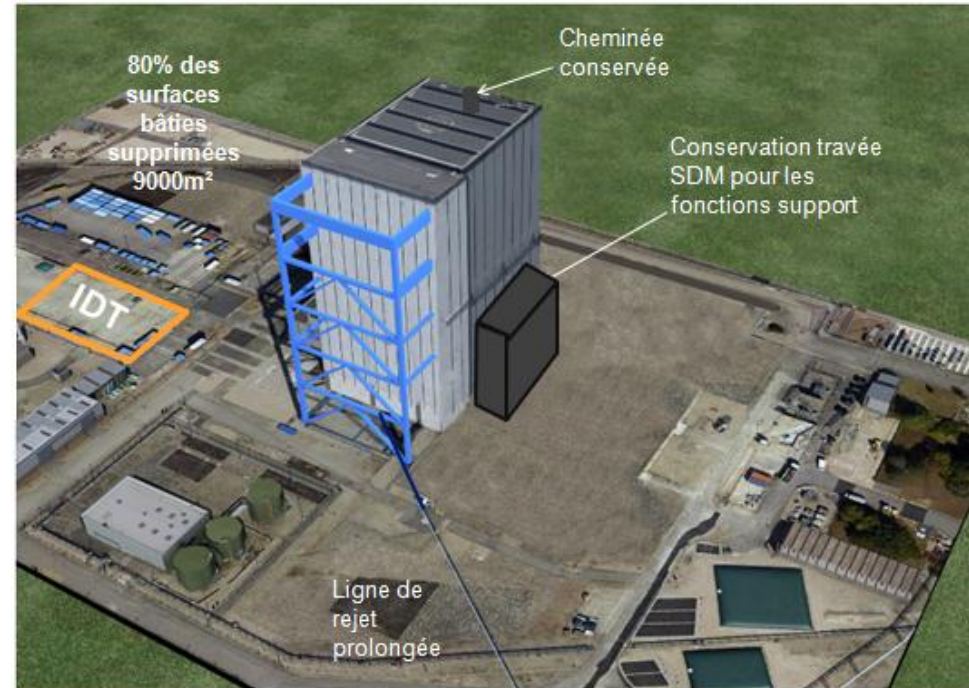


80 % des surfaces retirées
18 000 m² de surface au
sol en moins
46 000 T de déchets
évacués

MISE EN CONFIGURATION SÉCURISÉE : L'EXEMPLE DE BUGEY

Principaux travaux :

- Poursuite des travaux de démantèlement électromécanique des équipements nucléaires
- Assainissement et déclassement des ouvrages « génie civil »
- Démolition des ouvrages « génie civil », comblement des corps creux et reconstitution de la plateforme,
- Rénovation du bardage et de la toiture de la nef pile,
- Réalisation de prélèvements et de mesures sur les appuis néoprène.

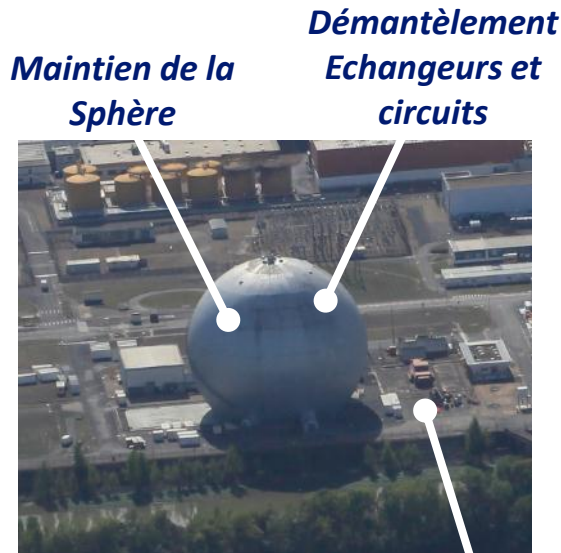


80 % des bâtiments démolis
9 000 m² de surface bâtie supprimée
45 000 t de déchets conventionnels et 5 000 t
de déchets radioactifs évacués

MISE EN CONFIGURATION SÉCURISÉE : LES EXEMPLES DE CHINON A1 ET A3

Chinon A1

Installation déjà très compacte :
Aspect visuel externe inchangé

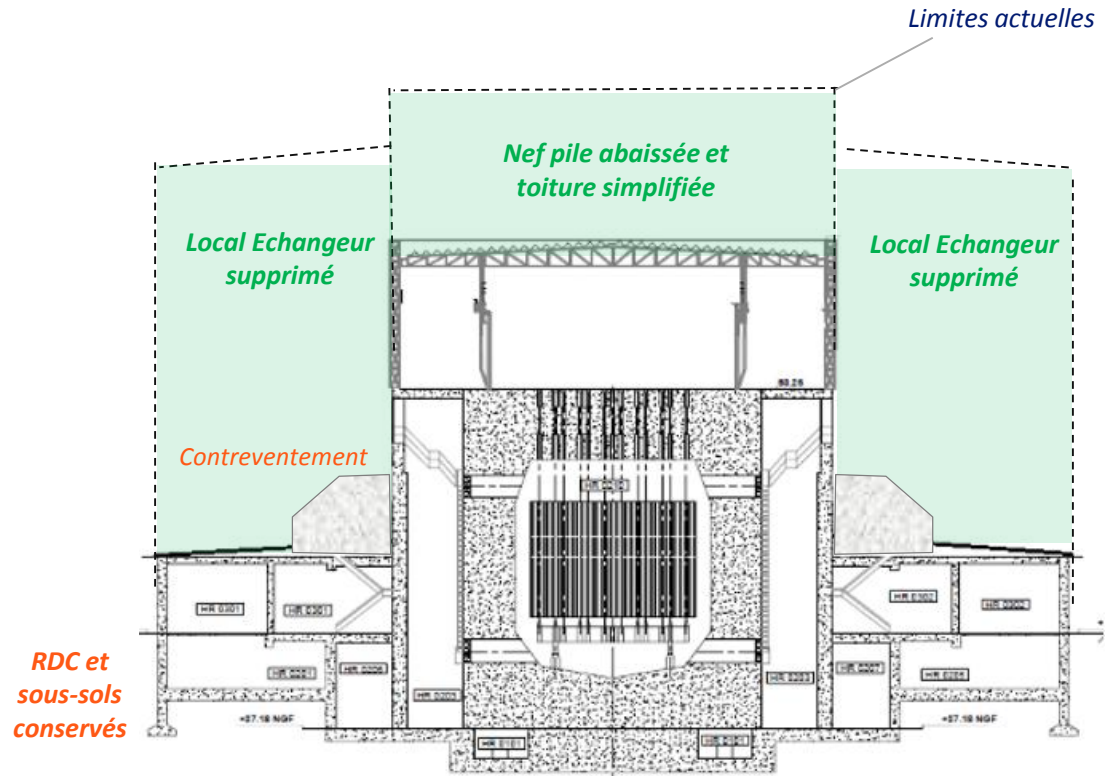


Suppression de locaux périphériques, en études

Combient Salle des machines

Chinon A3

Démolition des bâtiments périphériques inutilisés :
Modification visuelle forte de l'installation



LES TRAVAUX DE MISE EN CONFIGURATION SÉCURISÉE A CHINON A1 ET A3

Chinon A1

- Adaptation des fonctions support (ventilation, vestiaires, distribution électrique,...)
- Démantèlement des échangeurs principaux, auxiliaires et gros composants
- Démantèlement de circuits annexes (ventilation, circuit vapeur, équipements électriques,...)
- Comblement de la salle des machines
- Suppression de locaux périphériques
- Adaptation des fonctions support pour la phase suivante

Chinon A3

- Fin du démantèlement des échangeurs de chaleur sud et nord
- Assainissement et déclassé des locaux échangeurs
- Démolition partielle des bâtiments échangeurs
- Démolition de la partie conventionnelle du bâtiment DRG
- Démolition du bâtiment ISIS
- Modification de la nef-pile,
- Adaptation des fonctions support pour la phase suivante

CONCLUSION

**Les réacteurs UNGG sont complexes et très volumineux à déconstruire.
Le démantèlement du réacteur de Chinon A2 sera une première à cette échelle de taille.**

Le démantèlement sous air fait consensus.

EDF prévoit la construction d'une plate-forme d'essais industriels qui lui permettra de tester les outillages et les scénarios de déconstruction et ainsi maîtriser les risques associés à ce programme.

Des optimisations de planning pourront être identifiées sur la base du REX du démonstrateur industriel et de la « tête de série ».

Le planning sur les 20 ans à venir est ambitieux : travaux conséquents, nombreuses échéances réglementaires

- nécessité de confirmer les choix techniques structurants pour enclencher les études et la construction du démonstrateur industriel**
- nécessité de consolider le planning des instructions à venir.**