



Retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs EPR à l'étranger

61^{ème} réunion ordinaire du HCTISN

7 juin 2022



AVERTISSEMENT

Cette présentation est basée sur les informations et données mises à la disposition d'EDF à date.

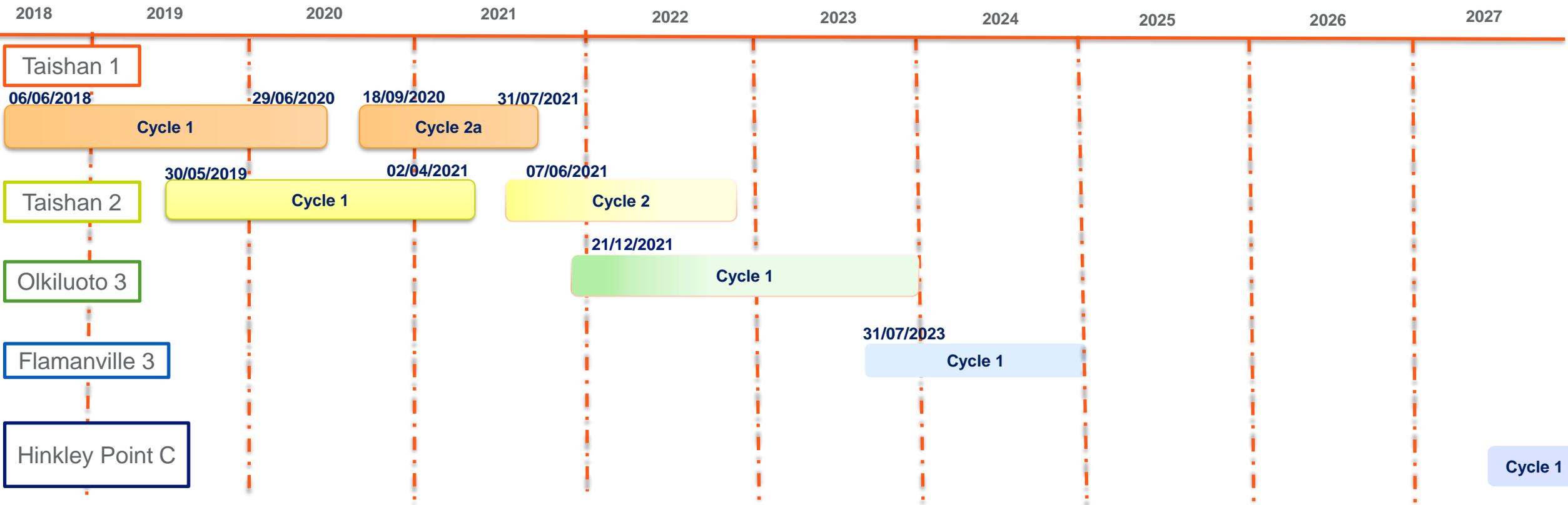
Toute communication relative aux situations actuelles des réacteurs n°1 et 2 de Taishan revient exclusivement à leur exploitant (TNPJVC).

Toute communication relative à la situation actuelle du réacteur n°3 de Olkiluoto revient exclusivement à leur exploitant (TVO).

SOMMAIRE

- **Chronologie des mises en service des réacteurs EPR**
- **Retour d'expérience des réacteurs EPR en exploitation**
 - Arrêt de Taishan 1 durant le 2^{ème} cycle : que s'est-il passé ? Pourquoi ?
 - Autre observation issue des inspections : usure inhabituelle de grilles
 - Observations liées à l'instrumentation nucléaire
 - Taishan 2 et Olkiluoto 3
- **Stratégie d'optimisation de Flamanville 3 à EPR2**
- **Organisation des échanges entre pays pour le partage d'expérience EPR**

Chronologie des mises en service des réacteurs EPR



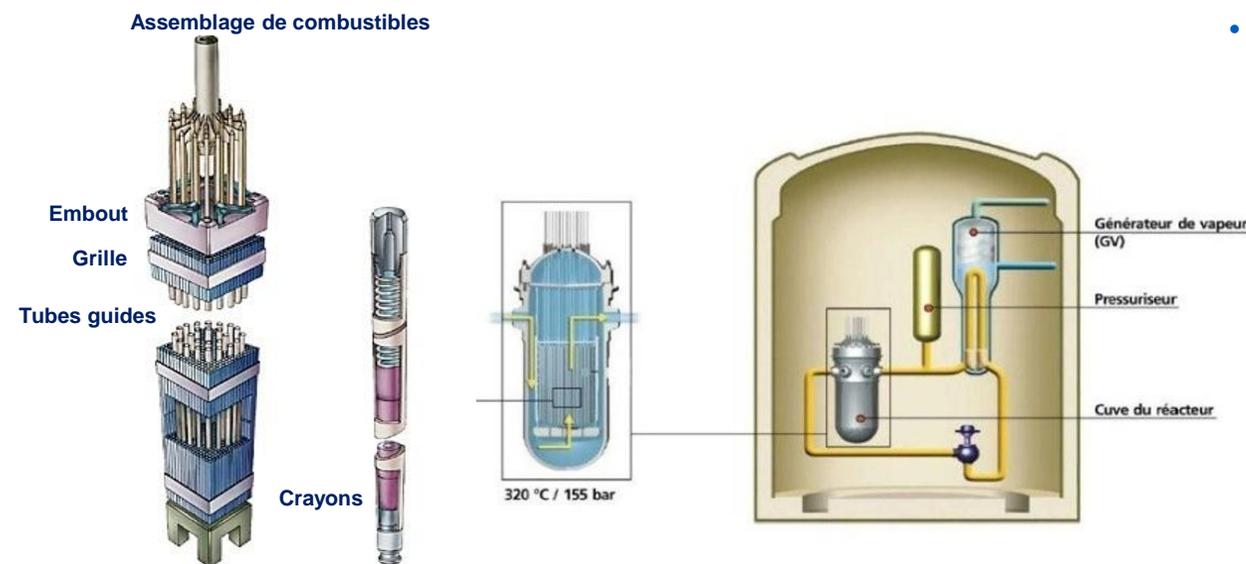
Nota : Les dates de début de cycle correspondent aux dates d'atteinte de la première criticité. Les dates de fin de cycle correspondent aux dates de découplage.

La date de démarrage visée pour le premier EPR2 est 2035.

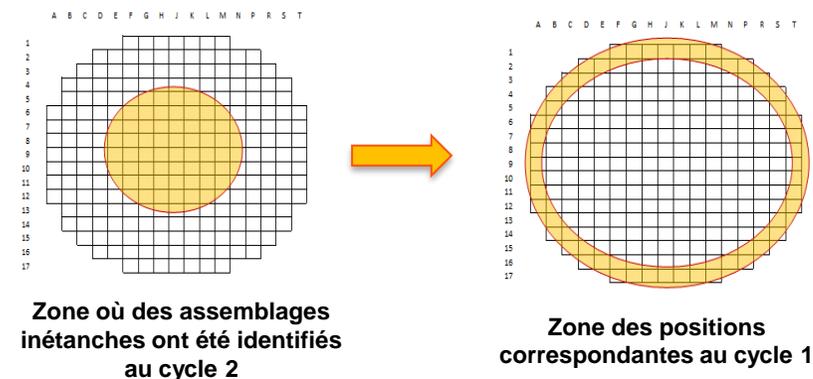
Retour d'expérience des réacteurs EPR en exploitation

Arrêt de Taishan 1 durant le 2^{ème} cycle d'exploitation : que s'est-il passé ?

- Le réacteur EPR comporte **241 assemblages combustibles**. Chaque assemblage comporte 265 crayons **combustibles** dont la gaine constitue la première barrière de confinement. **Lorsque la première barrière de confinement n'est plus intègre, des gaz issus de fission sont détectés dans le circuit primaire**. L'activité dans le circuit primaire est surveillée et encadrée par les spécifications radiochimiques d'exploitation.



- Après environ 1 mois d'exploitation du cycle 2, l'activité du circuit primaire de la tranche 1 a augmenté. Celle-ci est restée dans les spécifications radiochimiques d'exploitation, permettant ainsi de garantir la sûreté. Le 31/07/2021, l'exploitant chinois TNPJVC a mené les opérations d'arrêt du réacteur et conduit un large programme d'inspections du combustible et de la cuve.



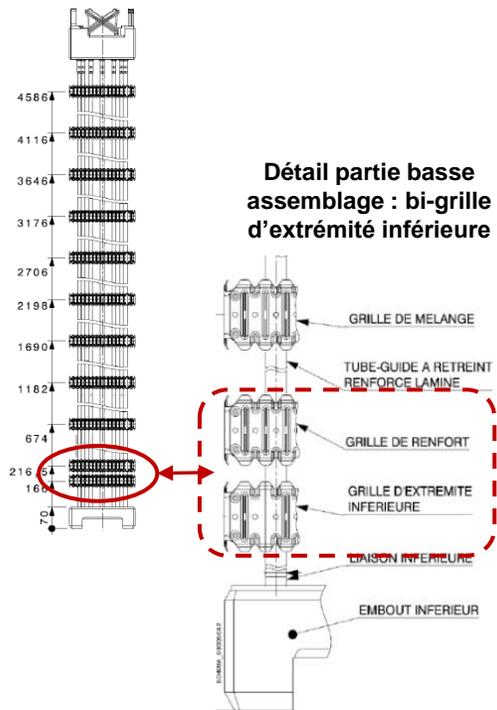
- Les observations réalisées suite au déchargement :
 - Tous les assemblages inétanches durant le cycle 2 étaient localisés en **positions périphériques au cycle 1** ;
 - Des morceaux de ressorts ont été récupérés** lors de l'inspection télévisuelle des internes de cuve ;
 - Les défauts primaires des crayons inétanches sont localisés **en bas de crayon au niveau de la bi-grille**. Le faciès de défaut correspond à de l'usure par fretting sur ressorts rompus.

Retour d'expérience des réacteurs EPR en exploitation

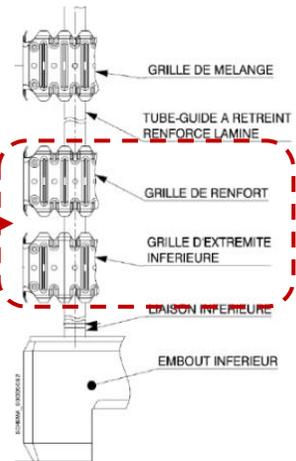
Arrêt de Taishan 1 durant le 2^{ème} cycle d'exploitation : pourquoi ?

- Le maintien des crayons dans la partie inférieure de l'assemblage est assurée par une grille d'extrémité inférieure et une grille de renfort formant la **bi-grille**. Elles sont constituées de plaquettes en alliage de zirconium sur lesquelles sont rapportés des **ressorts épingles en alliage 718**.

Squelette assemblage



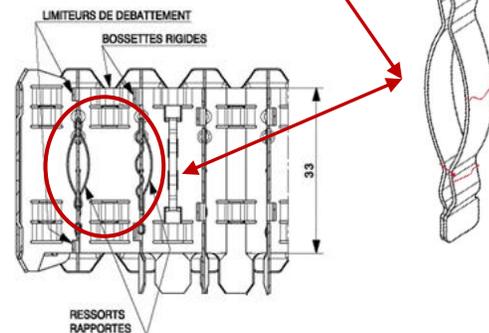
Détail partie basse assemblage : bi-grille d'extrémité inférieure



Détail ressorts rapportés sur plaquette de grille



Détail ressort



Analyse des causes

- Rupture par corrosion sous contrainte des ressorts des grilles d'extrémité, lorsqu'ils n'ont pas encore bénéficié de l'effet de relaxation de la contrainte lié à une irradiation suffisante
- Percement par usure des gaines frottant sur des brins de ressorts cassés

Stratégie de prise en compte pour Flamanville 3 (réintroduction de marges)

- Pour diminuer fortement la sensibilité à la corrosion sous contrainte des ressorts des grilles AFA3G : **traitement thermique RFBT** de ces ressorts (solution engagée et déployée sur le parc EDF depuis 2019)
- Pour supprimer intrinsèquement le risque : **remplacement progressif des grilles AFA3G d'extrémité par des grilles de conception HMP**

Retour d'expérience des réacteurs EPR en exploitation

Autre observation issue des inspections : usure inhabituelle de grilles

■ Constat lors du déchargement de Taishan 1 en cours de cycle 2

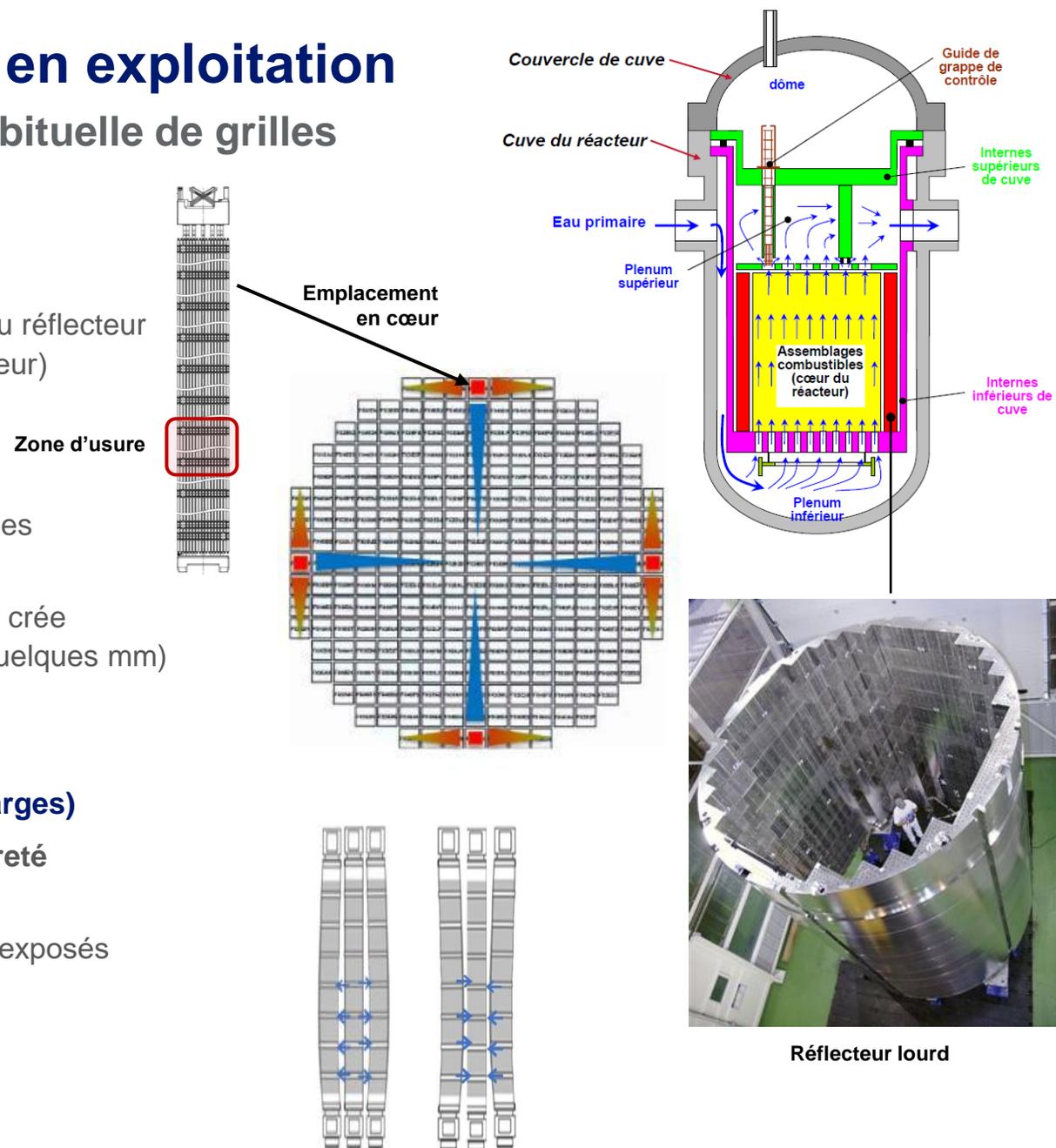
- Usure marquée des grilles de quelques assemblages au contact du réflecteur lourd (aux extrémités des médianes du cœur et environ 1/3 de la hauteur)

■ Analyse des causes

- Les débits (valeurs moyennes et variations temporelles) entrant dans les assemblages sont comparables à ceux des réacteurs du parc actuel
- Une structuration particulière de l'hydraulique dans le *plenum* inférieur crée des variations temporelles des espaces entre assemblages, faibles (quelques mm) mais suffisantes pour générer les usures

■ Stratégie de prise en compte pour Flamanville 3 (réintroduction de marges)

- Analyse sûreté : aucune remise en cause des performances de sûreté des assemblages concernés durant leur 1^{er} cycle en cœur
- Traitement : positionnement d'assemblages neufs aux emplacements exposés + Modifications de conception pour augmenter leur raideur latérale



Retour d'expérience des réacteurs EPR en exploitation

Observations liées à l'instrumentation nucléaire

■ L'EPR est doté de 2 systèmes de suivi en permanence de la distribution de puissance

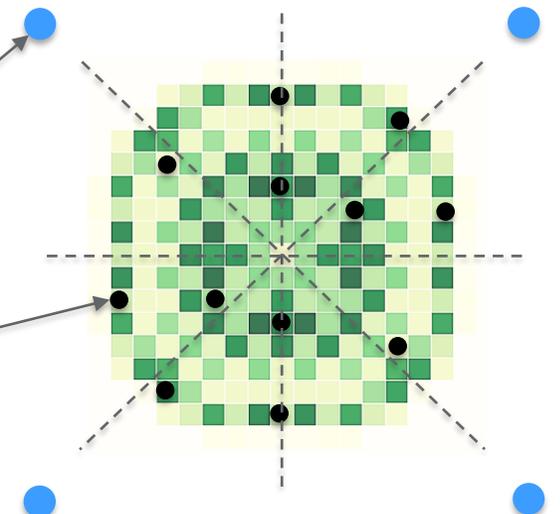
- Des détecteurs de neutrons **externes** au cœur : les chambres CNP (idem parc actuel)
- Des détecteurs de neutrons **internes** au cœur : les collectrons (innovation / parc actuel)

■ Fluctuation des signaux CNP de mesure de la distribution radiale de puissance

- Constat : sur EPR, les variations temporelles des signaux CNP traduisent de légères oscillations radiales et azimutales de la nappe de puissance
- Cause : structuration particulière de l'hydraulique dans le *plenum* inférieur (même origine que les usures de grilles)
- Conséquences : réduction des marges d'exploitation & risque d'arrêts automatiques intempestifs → suivi attentif mis en place par l'exploitant
- Traitement pour Flamanville 3 : modifications I&C et compléments apportés aux études de sûreté

■ Taux de défaut des collectrons

- Constat : taux de défaut lors des cycles 2 supérieur aux 4% attendus
- Conséquences :
 - détection immédiate des défauts → durcissement automatique du système de surveillance → **niveau de sûreté inchangé**
 - réduction des marges d'exploitation → suivi attentif mis en place par l'exploitant
- Origine : perte électrique du détecteur suite à une perte d'étanchéité, chaîne causale en cours d'analyse
- Traitement pour Flamanville 3 : gestion des pièces de rechange et optimisation de la chaîne de fabrication/approvisionnement



Retour d'expérience des réacteurs EPR en exploitation

Taishan 2 et Olkiluoto 3

▪ Taishan 2 – Cycle 1

- Réacteur en puissance de juin 2019 à avril 2021 – Fonctionnement conforme aux spécifications techniques d'exploitation
- A l'instar du réacteur n°1, production conforme aux performances attendues pour le produit EPR
- Les observations sont cohérentes avec celles effectuées durant le cycle 1 du réacteur n°1 :
 - pas d'activité primaire notable relevée sur l'ensemble du cycle
 - mêmes constats sur l'instrumentation nucléaire que ceux faits sur le réacteur n°1 durant son 1^{er} cycle

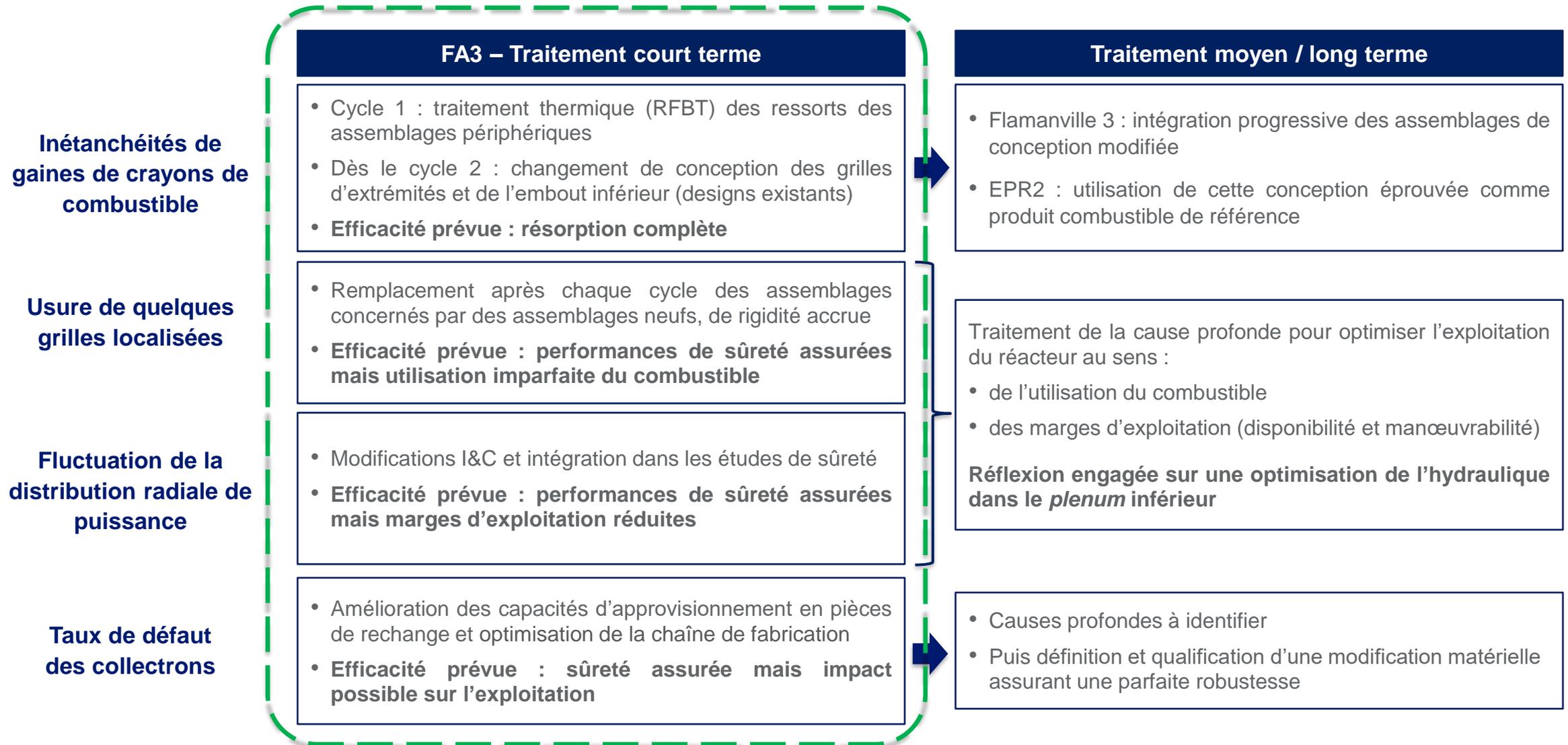
▪ Taishan 2 – Cycle 2

- Réacteur en puissance depuis le 7 juin 2021 – Fonctionnement conforme aux spécifications techniques d'exploitation
- Un suivi quotidien de l'activité du circuit primaire est assuré par l'exploitant TNPJVC bien que le niveau d'activité soit inférieur au seuil de surveillance accrue défini dans les spécifications techniques d'exploitation
- Les observations sont cohérentes avec les conclusions des analyses des causes des différents phénomènes identifiés sur le réacteur n°1

▪ Olkiluoto 3 – Cycle 1

- Première criticité le 21 décembre 2021
- Fonctionnement conforme aux spécifications techniques d'exploitation

Stratégie d'optimisation de Flamanville 3 à EPR2



Ces modifications permettent d'assurer un fonctionnement sur la durée en toute sûreté

Organisation des échanges entre pays pour le partage d'expérience EPR

▪ Partage international du retour d'expérience EPR

- Echanges entre exploitants (EPROOG) et entre autorités de sûreté (MDEP) renforcés par des contacts réguliers
- Des échanges techniques et des analyses partagées

▪ Des orientations claires pour une bonne prise en compte par EDF du retour d'expérience EPR

- Collecter le REX d'exploitation de manière réactive et en alimenter les projets en cours
- Des échanges entre le concepteur Framatome et EDF continus, efficaces et constructifs
- Tendre vers une conception cible standardisée pour l'ensemble des projets EPR

▪ Etat à date des relations nouées dans le cadre du retour d'expérience des réacteurs EPR de Taishan

- Une relation EDF-TNPJVC avec des échanges techniques continus pour bénéficier du REX de part et d'autre, tout en préservant les règles de protection de la propriété industrielle et des informations commercialement sensibles
- Une convergence d'interprétation des investigations et d'analyse des causes, ainsi que des préconisations
- Des informations réactives communiquées à l'ASN et à l'IRSN dès que les événements ont été connus d'EDF, dans le cadre des règles de protection de la propriété industrielle et des informations commercialement sensibles
- Des réunions techniques EDF-ASN-IRSN régulières et tenues dans un climat constructif

▪ Relations relatives au retour d'expérience du réacteur EPR finlandais

- Une position d'EDF naturellement différente, aussi bien vis-à-vis de l'exploitant (TVO) que du concepteur (Framatome / AREVA)
- Mais des échanges ouverts, facilités par le partage de compétences et de personnel



**ENGAGÉS ENSEMBLE
POUR LA SÛRETÉ
ET LA COMPÉTITIVITÉ
DE LA FILIÈRE NUCLÉAIRE**



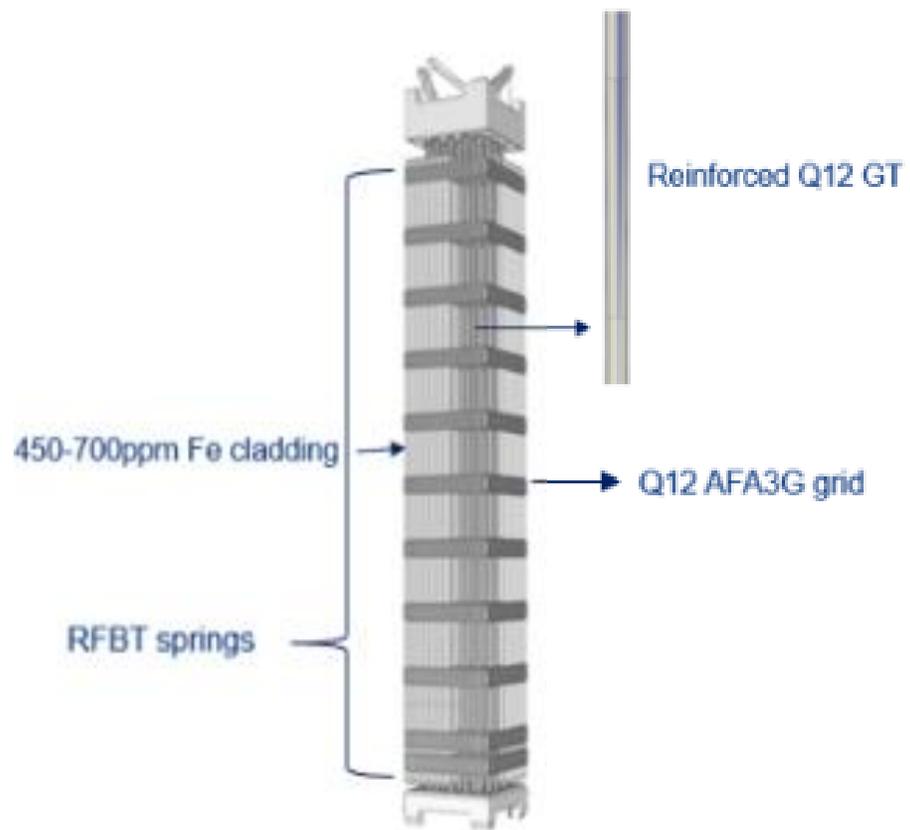
Merci

Des questions ?

ANNEXE

Conception combustible FA3

Modifications combustible envisagées dès le cycle 1



Modifications combustible envisagées cycle 2 et ultérieurs

