



R&D SUR LA DUREE DE FONCTIONNEMENT DES CENTRALES

C. Varé

Délégué Programme EDF R&D

30 novembre 2017



PLAN DE LA PRÉSENTATION

- **R&D Durée d'exploitation**
 - Comprendre et modéliser le vieillissement des matériaux
 - Maîtriser le vieillissement des composants non remplaçables
 - Maîtriser le vieillissement et l'obsolescence des composants remplaçables
 - Faire évoluer les moyens de contrôle et de surveillance des matériels
- **Durée d'exploitation des câbles**



R&D - DUREE D'EXPLOITATION

Programme associant R&D appliquée et innovations technologiques pour préparer l'avenir du parc nucléaire

Organisation autour de 4 axes :

- Comprendre et modéliser le vieillissement des matériaux
- Maîtriser le vieillissement des composants non remplaçables
- Maîtriser le vieillissement et l'obsolescence des composants remplaçables
- Faire évoluer les moyens de contrôle et de surveillance des matériels

Budget annuel de 60 M€



R&D - DUREE D'EXPLOITATION

Programme associant R&D appliquée et innovations technologiques pour préparer l'avenir du parc nucléaire

Notre contribution :

- Fourniture de connaissance (connaissance des mécanismes de vieillissement, FAV,...)
- Fourniture de résultats (formule de fragilisation sous irradiation,...)
- Fourniture de méthodes d'études
- Fourniture d'outils
- Evaluation d'innovations



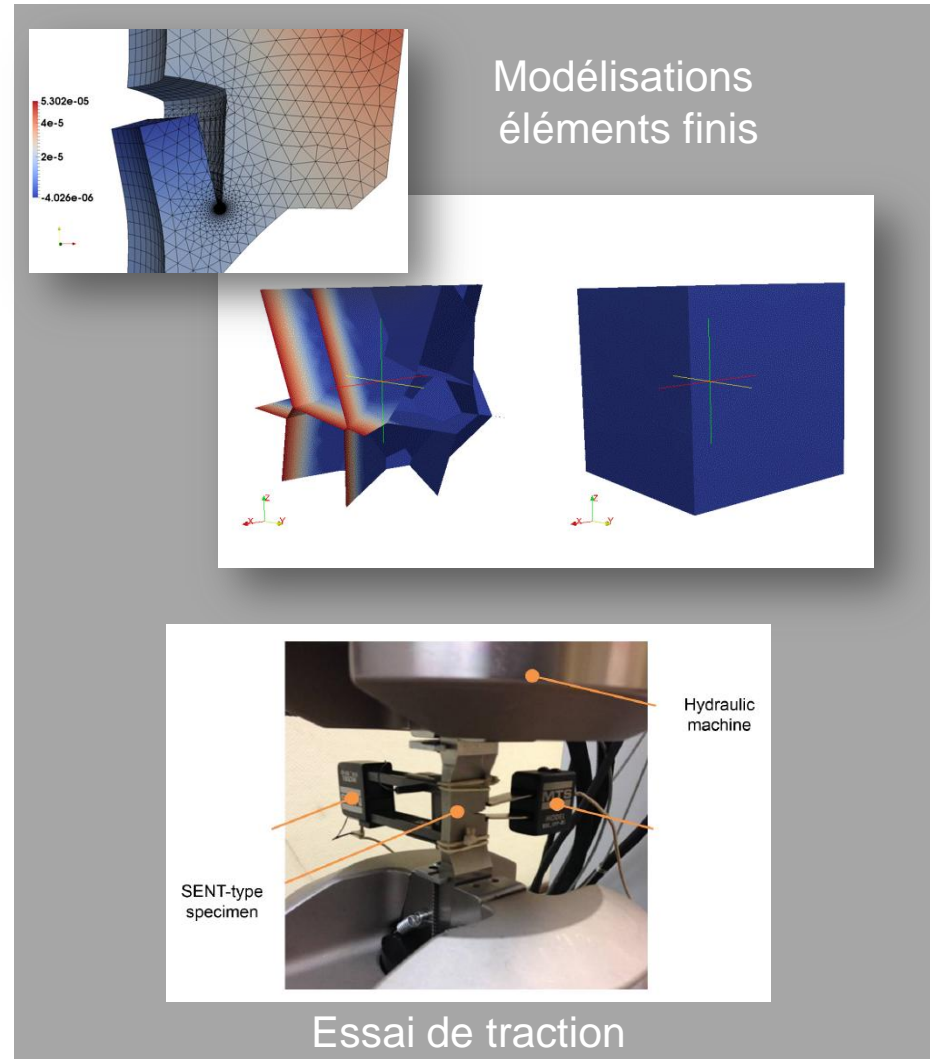
COMPRENDRE ET MODÉLISER LE VIEILLISSEMENT DES MATÉRIAUX

■ Phénomènes étudiés :

- Mécanique de la rupture (fragile, ductile...)
- Fatigue (mécanique, thermique...)
- Vieillessement thermique
- Usure
- Corrosion dont corrosion sous contrainte (en environnements primaire et secondaire)

■ Démarche associant essais expérimentaux et développements numériques

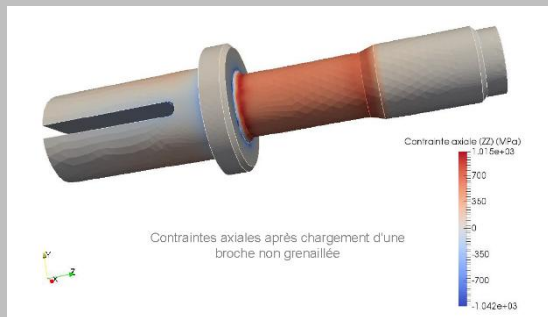
- Développement de Code_Aster
- Moyens d'essais matériau du site des Renardières...



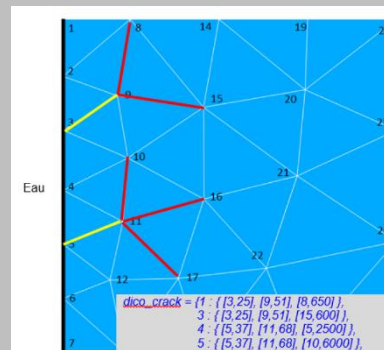
COMPRENDRE ET MODÉLISER LE VIEILLISSEMENT DES MATÉRIAUX - EXEMPLE

Simulation physique de la corrosion sous contrainte

Données d'entrée

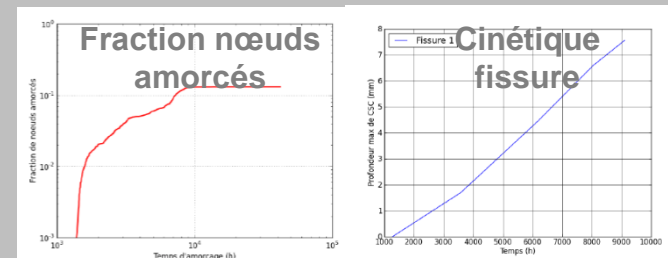


Post-traitement d'un calcul par éléments finis (Code_ASTER)

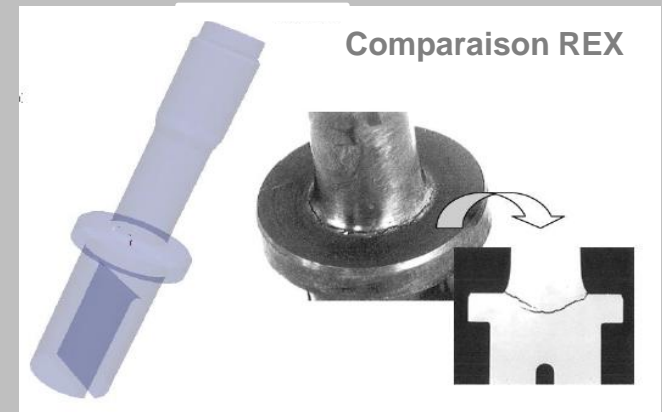


Propagation le long des joints de grain

Données de sortie



Visualisation fissure 3D



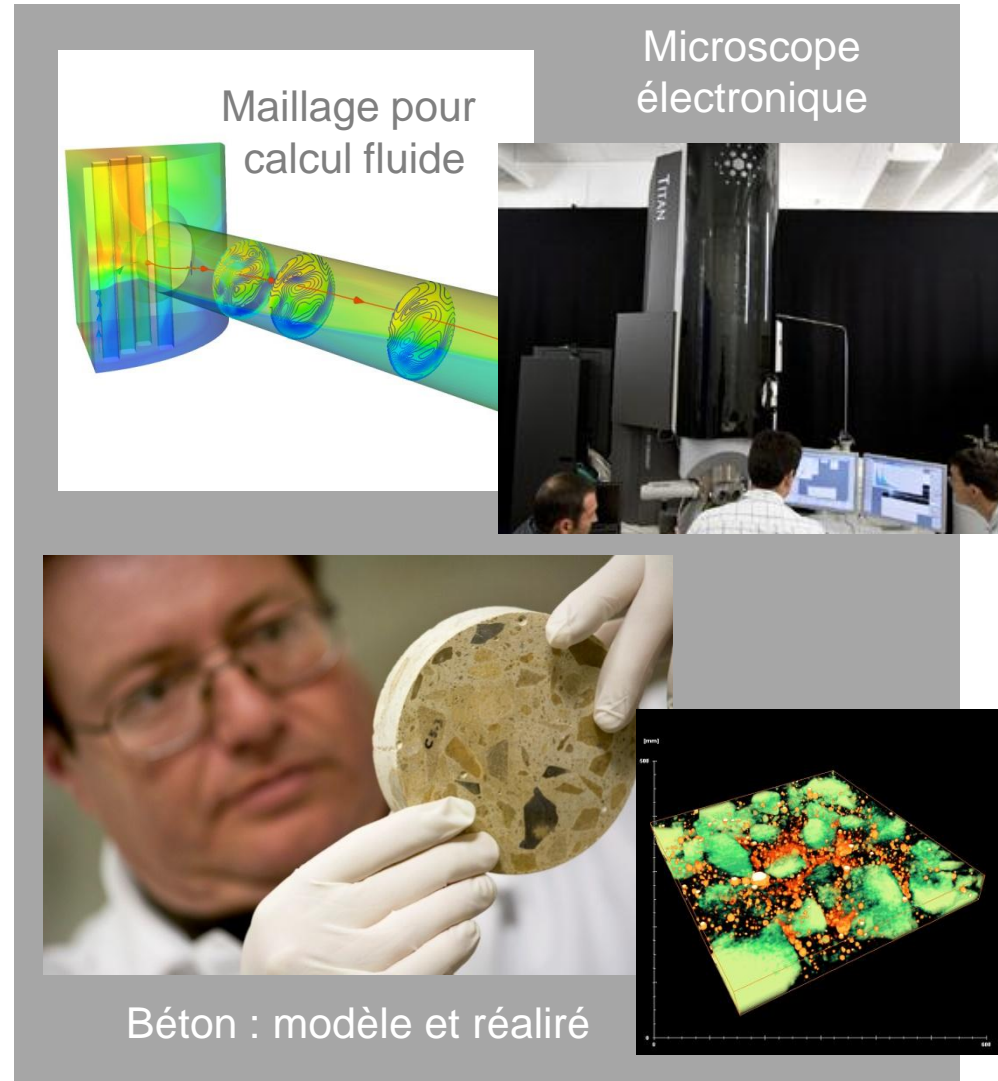
MAÎTRISER LE VIEILLISSEMENT DES COMPOSANTS NON REMPLAÇABLES

■ Etude du vieillissement de la cuve en acier

- Calcul des chargements thermo-hydrauliques (Code_Saturne, Code_Neptune)
- Analyses métallurgiques et mécaniques
- Effets thermique et d'irradiation
- Contrôles non destructifs...

■ Enceinte

- Modélisation du béton (jeune âge, vieillissement...)
- Modélisation de l'enceinte
- Modélisation des débits de fuite
- Contrôles non destructifs...



MAÎTRISER LE VIEILLISSEMENT DES COMPOSANTS NON REMPLAÇABLES - EXEMPLE

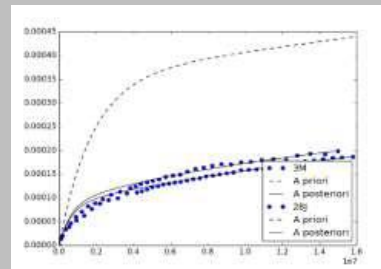
- Jumeau numérique maquette d'enceinte VERCORS



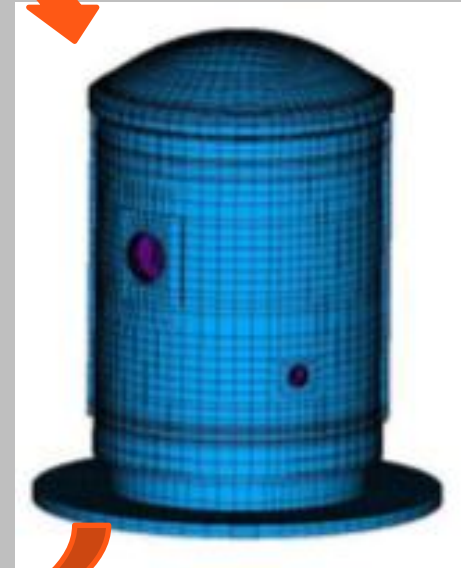
VERCORS

Maquette d'enceinte échelle 1:3
Site EDF R&D des Renardières
Inauguration en 2016

Intégration on line
des mesures réalisées
sur la maquette



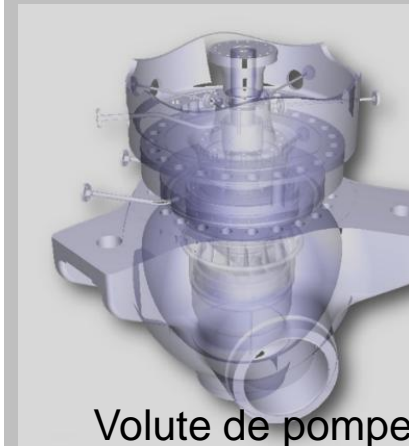
Simulation du
comportement



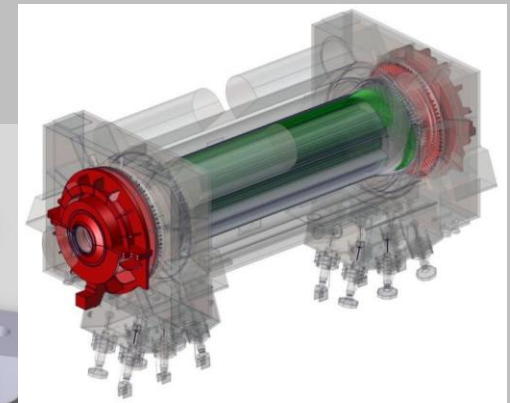
Jumeau
numérique

MAÎTRISER LE VIEILLISSEMENT & L'OBSOLESCENCE DES COMPOSANTS REMPLAÇABLES

- **De nombreux équipements étudiés :**
 - **Tuyauteries primaires :** vieillissement thermique des produits moulés, corrosion...
 - **GV :** encrassement, colmatage, usure, corrosion sous contrainte, ségrégation carbone...
 - **Internes :** corrosion assistée par l'irradiation, usure...
 - **Equipements électriques :** câbles, transformateurs, moteurs...
 - **Machines tournantes :** pompes primaires...
 - **Robinetterie...**



Volute de pompe

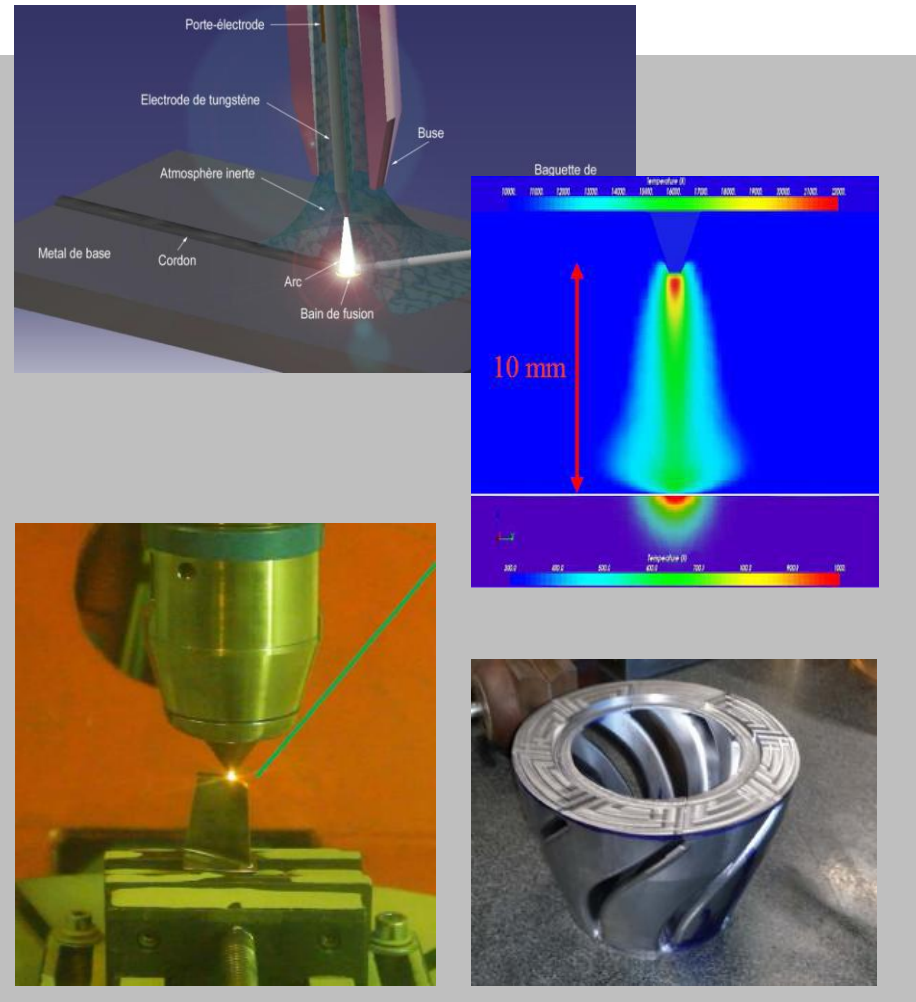


Modèle d'alternateur

MAÎTRISER LE VIEILLISSEMENT & L'OBSOLESCENCE DES COMPOSANTS REMPLAÇABLES - EXEMPLES

■ Simulation du soudage

- Développement de modèles (Code_Aster, Code_Saturne)
- Sensibilité à la fissuration
- Calcul des contraintes résiduelles
- Essais expérimentaux



■ Matériaux et procédés de fabrication innovants

- Compression isostatique à chaud
- Fabrication additive

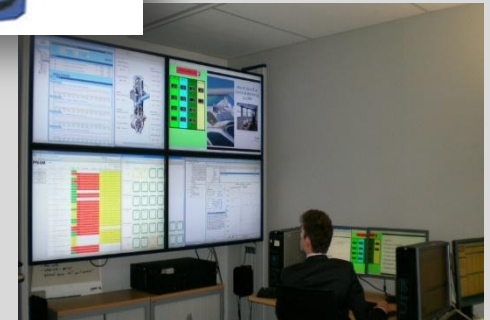
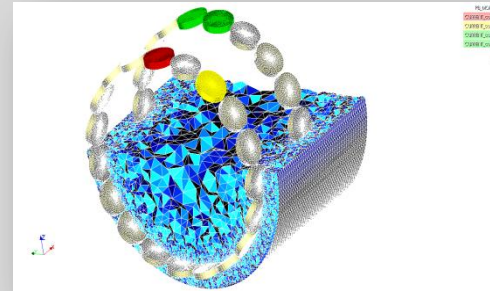
FAIRE ÉVOLUER LES MOYENS DE CONTRÔLE ET DE SURVEILLANCE DES MATÉRIELS

■ Contrôles non destructifs

- Courants de Foucault, ultrason (sondes multi-éléments) et radiographie
- Développement de logiciels dédiés

■ Optimisation de la maintenance

- E-monitoring
- Maintenance conditionnelle
- Management des connaissances
- Développement du pronostic
- Le big data et le data analytics au service de l'optimisation de maintenance



PARTENARIAT :

▪ L'Institut Tripartite (création 2014)

- Alliance collaborative des 3 partenaires historiques
 - EDF + AREVA + CEA



▪ Le Materials Ageing Institute (création 2008)

- Une alliance de R&D collaborative financée par les grands électriciens nucléaires mondiaux et avec le concours des grands partenaires de R&D, sur le vieillissement des matériaux pour satisfaire les besoins de la durée de fonctionnement
 - EDF (FR) janvier 2008 (opérateur)
 - EPRI (USA) janvier 2008
 - KANSAI – INSS (J) janvier 2010
 - EDF Energy (UK) janvier 2011
 - CGN – SNPI (CN) juillet 2011
 - ROSENERGOATOM (RU) janvier 2013
 - + Membres associés
 - TEPCO (J) janvier 2008
 - CRIEPI (J) juillet 2009
 - MHI (J) juillet 2009
 - CEA (F) janvier 2011
 - AREVA (F) janvier 2011

