



Nucléaire et Digital

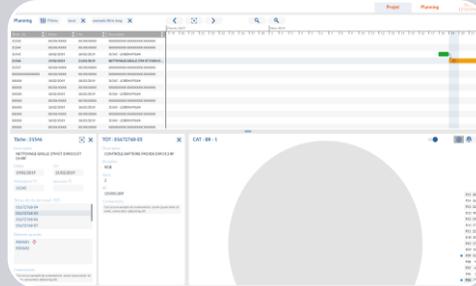
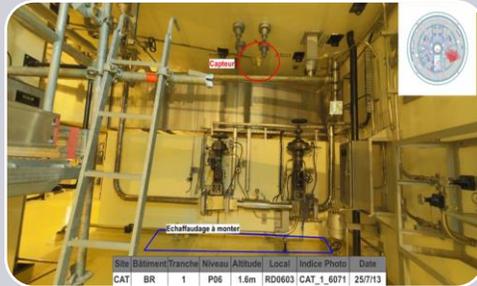
le numérique pour simplifier
l'exploitation et la maintenance

patrick.morilhat@edf.fr, catherine.devic@edf.fr

Sommaire

1. Des briques technologiques pour construire les solutions : numériser, rassembler, identifier, lire, comprendre
2. Des solutions pour la conduite des tranches : donner à voir les phénomènes physiques
3. Des solutions pour la préparation et la réalisation des arrêts de tranche : visualiser les interfaces entre chantier et leurs contraintes
4. La surveillance et la prévision : des jumeaux numériques à différentes échelles

La machine, la physique et les opérateurs



Contraintes fonctionnelles

Règles générales d'exploitation
Régimes

Contraintes spatiales

Equipements
Locaux

Contraintes temporelles

Planning
Pluriannuel/Arrêt

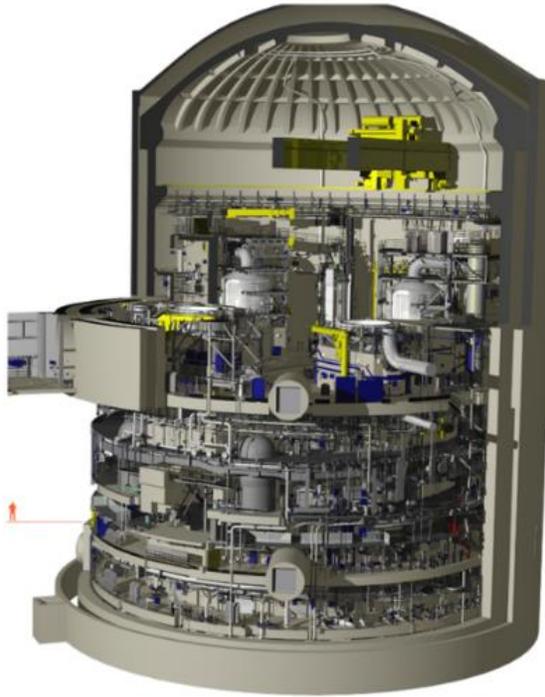
Contraintes de ressources

Logistique
RH/Habilitations
Contrats/achats

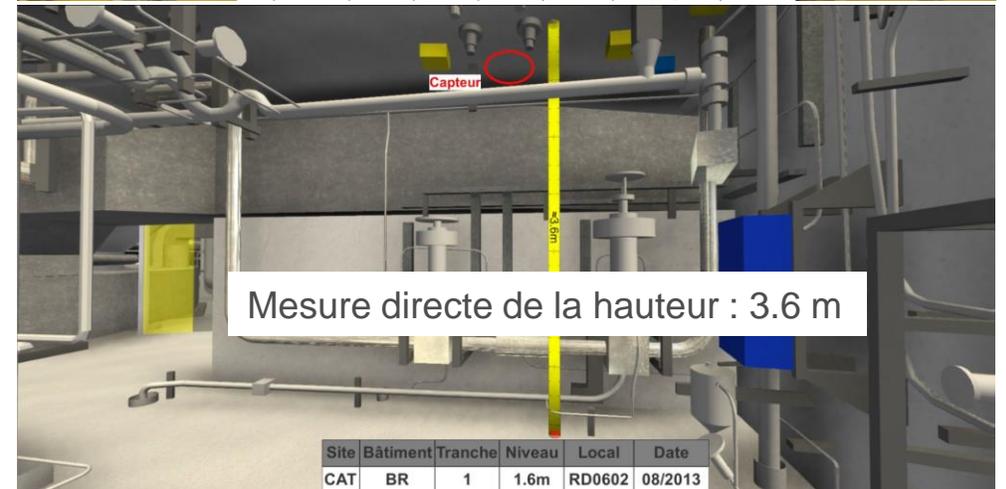
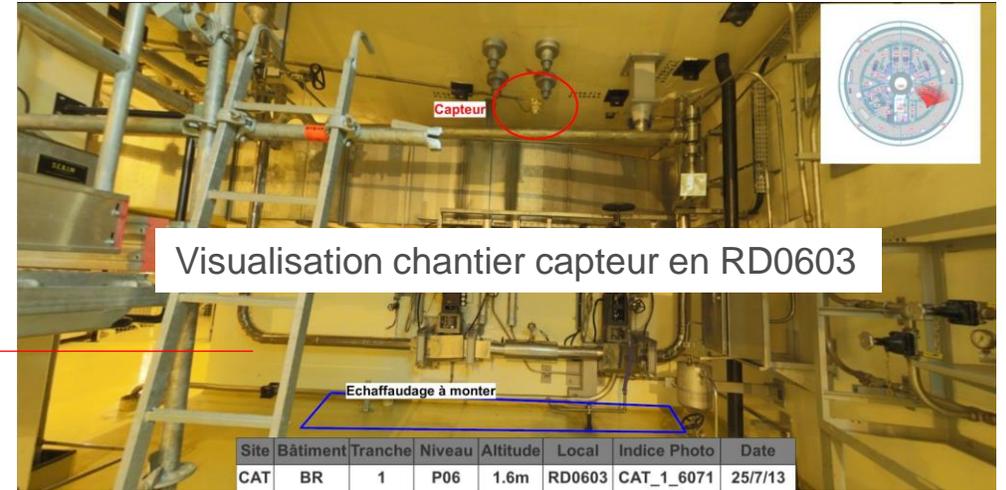
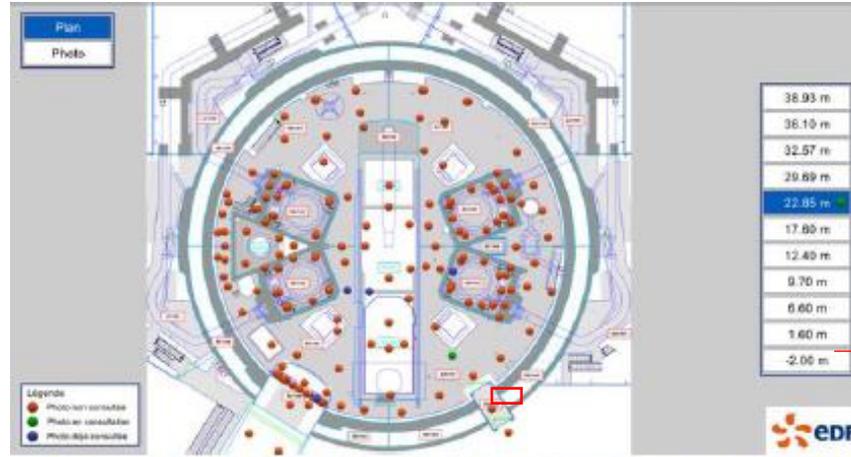
Partager une représentation fidèle de l'état physique de **l'INSTALLATION**
sur la base d'un référentiel documentaire complet, à jour et de qualité

1. Les briques technologiques

Maquette numérique 3D des installations « Telles que construites »



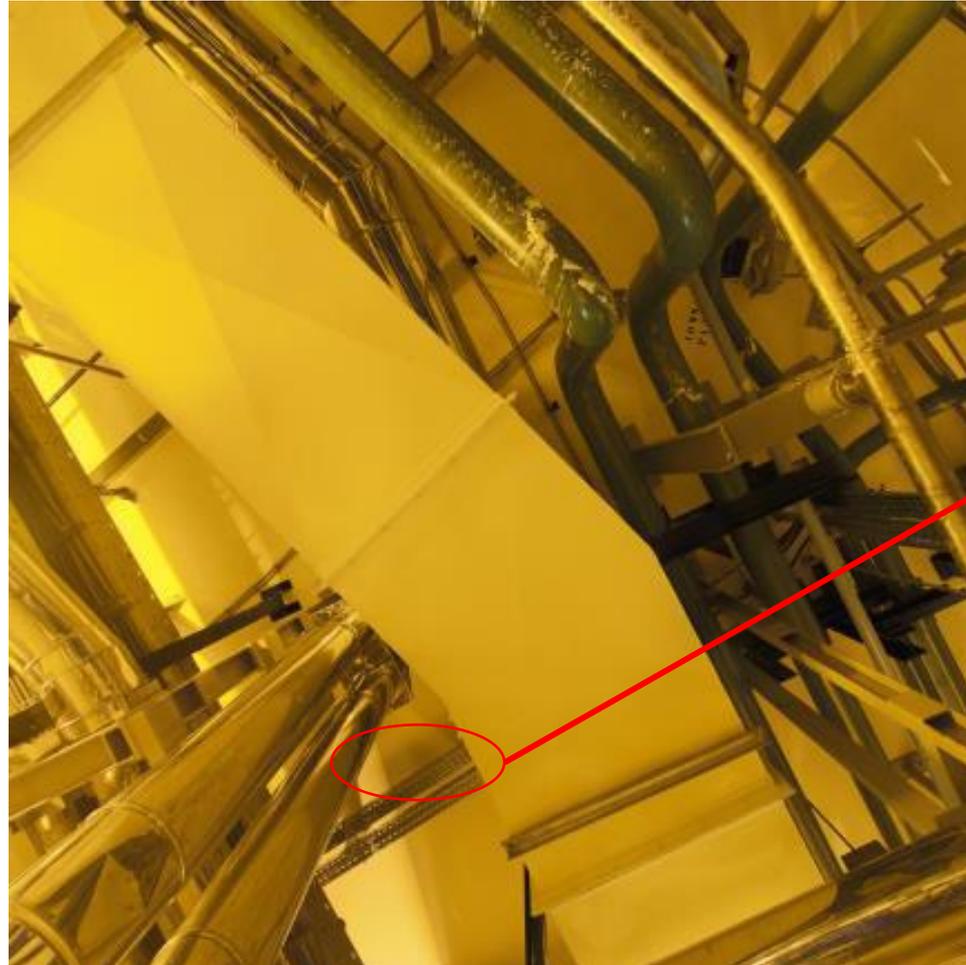
Photos HR 360° photos + scans + CAO



1. Les briques technologiques

De l'IA pour reconnaître les étiquettes, les objets, dans les données numérisées

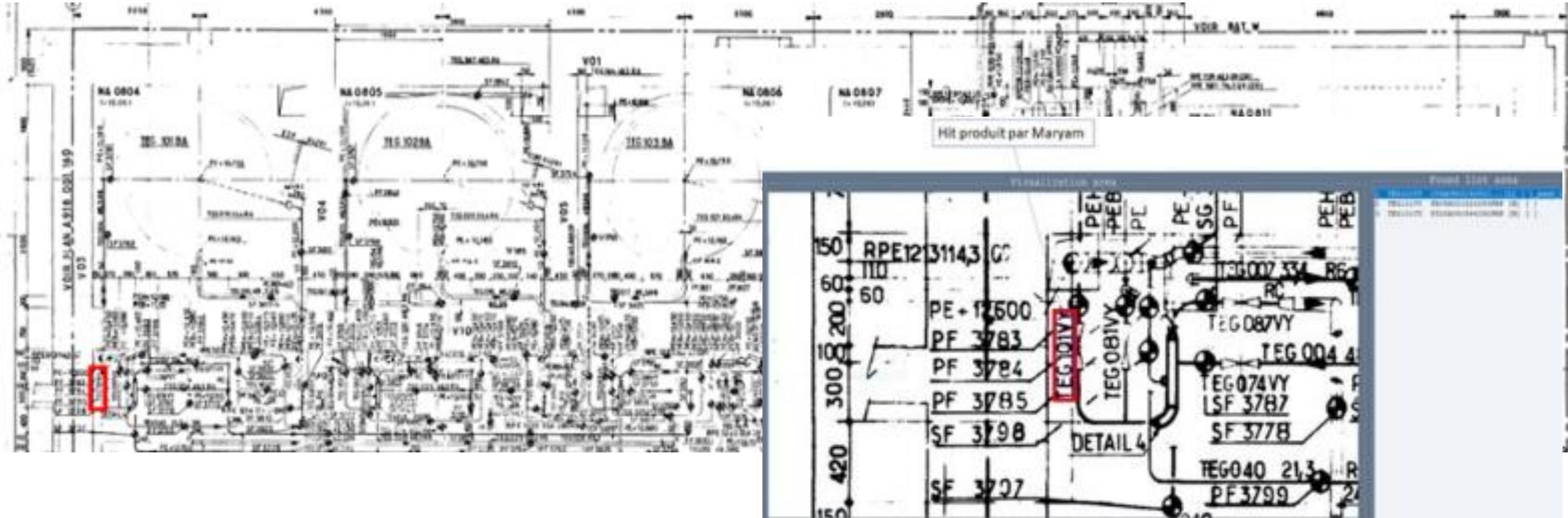
Où est le repère
de l'équipement
1FRACO9 ?



Le voilà !

1. Les briques technologiques

Des fonctions d'automatisation de recherche et de traitement des données

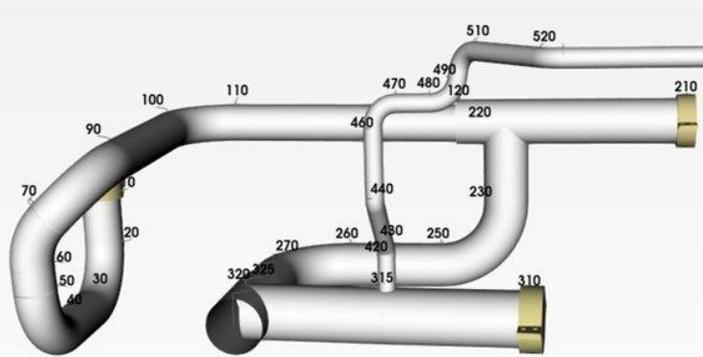
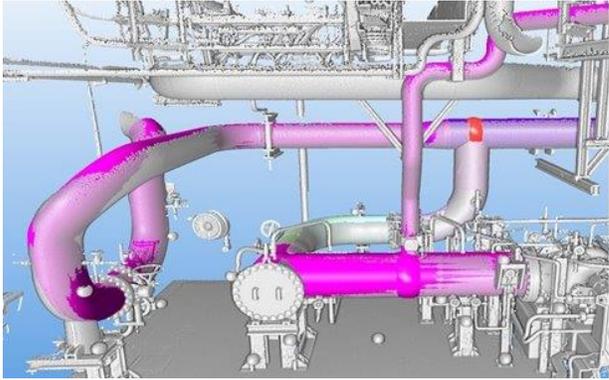


Fouille documentaire dans des documents pdf scannés

Adaptation des données aux besoins des Métiers

1. Les briques technologiques

Automatiser la construction de modèles CAO et de calcul de lignes des tuyauteries à partir de relevés scans laser



1. Les briques technologiques

Des modèles de simulations multi-physiques, multi-échelles

Modèles temps réel

Modélisation du fonctionnement d'ensemble

Formation, Aide à la conduite, Etudes de fonctionnement

Modèles intermédiaires

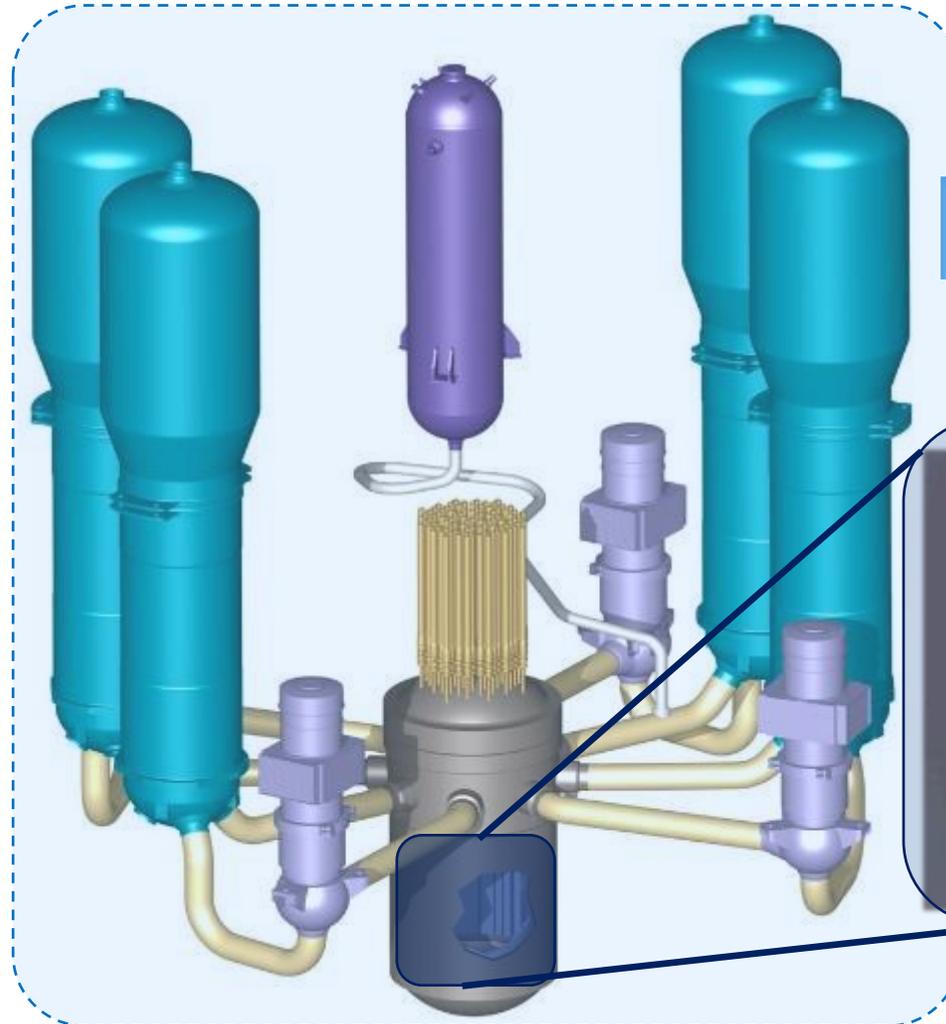
Périmètre de modélisation moins important, mais détail physique du modèle plus poussé

Etudes de conception réacteur, Etudes d'accidents

Modèles haute précision

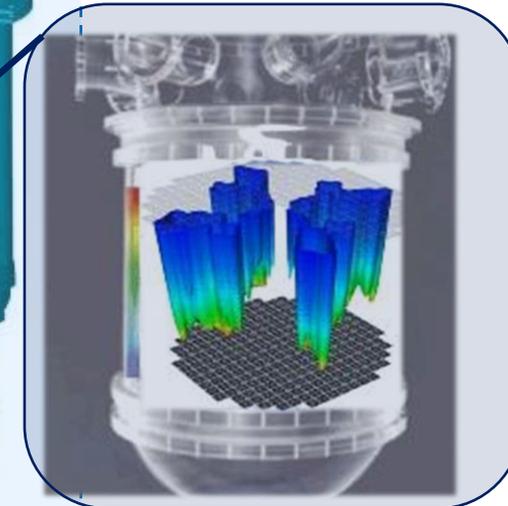
Thermo hydraulique 3D

Expertise aux limites des connaissances physiques



**Thermo-hydraulique
échelle système**

**Thermohydraulique
échelle locale**



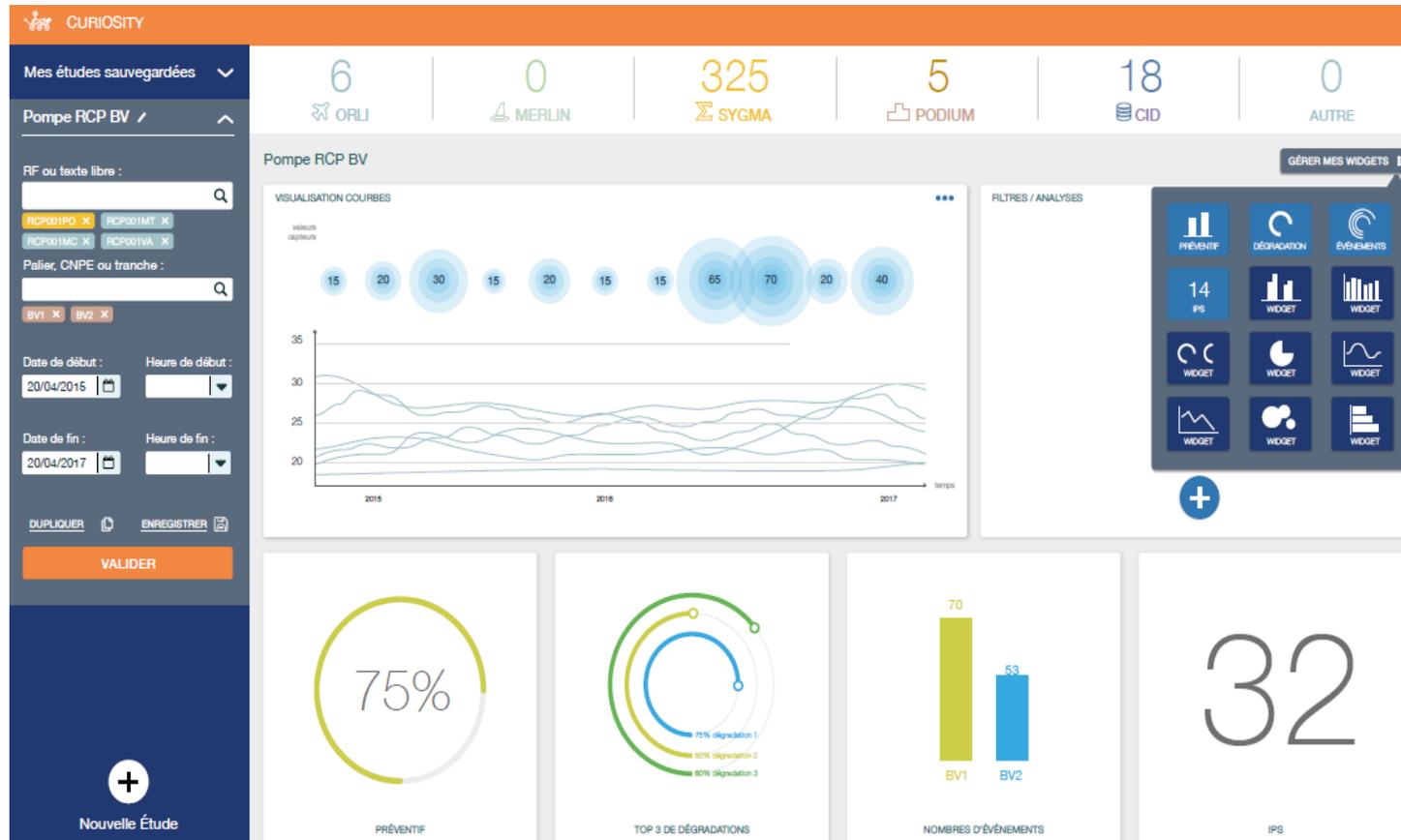
**Thermo-hydraulique
échelle composant**

Neutronique

Combustible/chimie

1. Les briques technologiques

Analyse et visualisation de données de nature, d'origine et de qualité différentes



► Croisement des données d'exploitation, des données de surveillance en ligne, des données d'inspection et le retour d'expérience en maintenance (2000 années réacteurs)

► Analyse avancée de données de nature et d'origine différentes, algorithmes de classification du comportements de matériels, rapprochement de signatures de défaut.

► Visualisation agrégée de toutes les corrélations de données à l'échelle du Parc français.

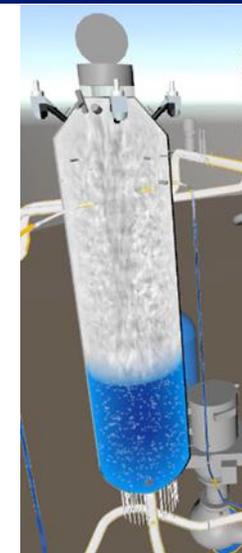
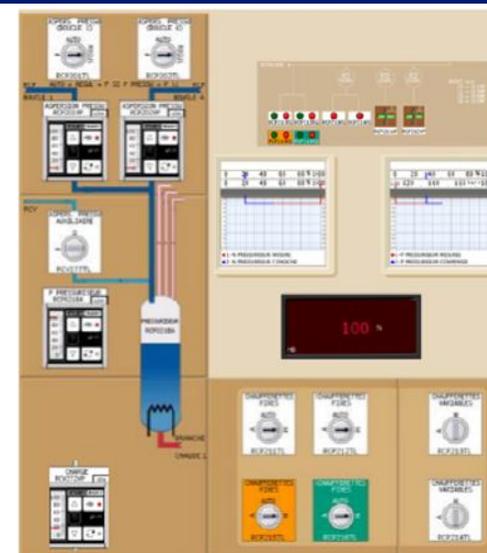
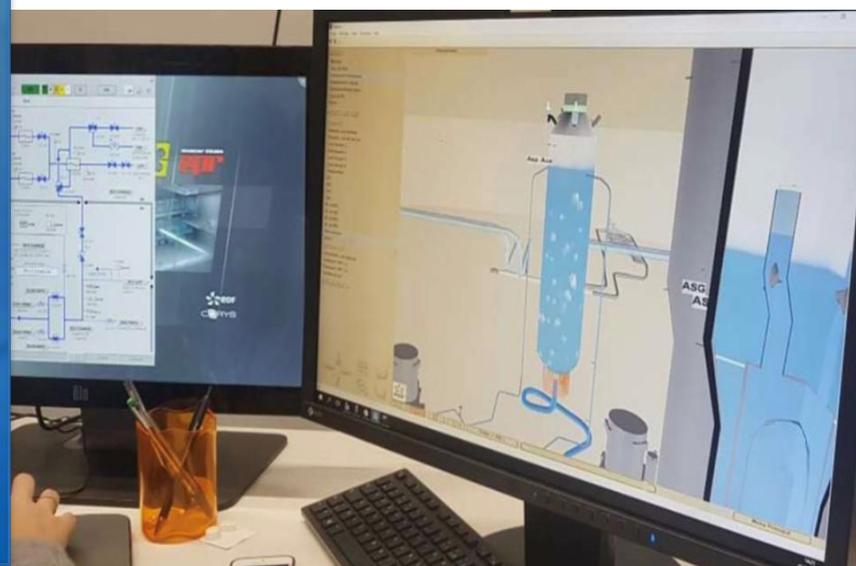
► Définition de critères de qualité de la donnée en fonction des profils utilisateurs

2. LA CONDUITE

**ASSURER UN PILOTAGE
DES MARGES
D'EXPLOITATION
EN TOUTE SÛRETÉ
dans un contexte de
manœuvrabilité accrue**

**REACTEUR NUMERIQUE :
entraîner les opérateurs
sur un jumeau numérique
représentatif de l'état
physique de la tranche,
couplé aux données
process**

- une simulation du fonctionnement du réacteur de haute qualité et qui est représentative de la réalité physique d'un réacteur donné et non plus d'un palier.
- disposant de visualisations avancées pour faciliter la compréhension des phénomènes physiques complexes,
- simulant différentes stratégies de conduite en toute situation de fonctionnement à partir des données temps réel,
- accessible via un ordinateur de bureau pour tous les exploitants.



PSPC REACTEUR NUMERIQUE

2. LA CONDUITE

**S'ENTRAÎNER AU PLUS PRÈS
DES CONDITIONS RÉELLES
D'EXPLOITATION : un
simulateur pour l'agent
de terrain**

**CENTRALE IMMERSIVE
INTERACTIVE :**
**permettre à l'agent de
terrain de répéter les
manœuvres de
configuration de circuits
et les consignations en
interaction avec les
opérateurs de conduite**

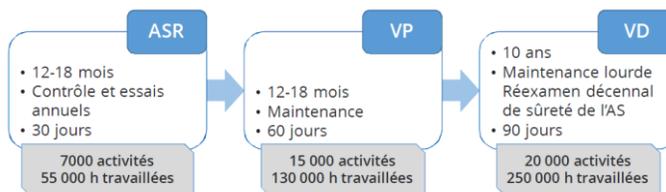
- Une maquette 3D de l'installation couplée à un simulateur du procédé et aux fiches de manœuvre.
- Sécurisation des délais d'intervention et fiabilisation des activités de conduite en local.
- Coordination renforcée avec la salle de commande au moyen de schémas d'exploitation animés.
- Meilleure sensibilisation aux risques.



3. LA PRÉPARATION DES ARRÊTS DE TRANCHE

FIABILISER LES PLANNINGS D'ARRÊT et limiter les interfaces chantiers bloquantes

TANGRAM : visualiser spatialement les activités du planning et identifier les interfaces entre chantiers



- Visualisation la plus raffinée possible de l'emplacement des activités planifiées à une date donnée et des objets associés (Position du matériel, identification des borniers, placement échafaudages...)
- Aide à la détection des zones de congestion et interfaces bloquantes (cheminement, incompatibilités de nature de chantier...)
- Visualisation dynamique des emprises topofonctionnelle tout le long de l'AT
- Analyse d'impact d'une re-planification

VD CAT1 BR *

Propriétés de la tâche sélectionnée
Tâche 189091FRT du 17/06/2016 au 20/01/2016

Description
Remplacement des filtres de xxxx.

Éléments associés à la tâche

Élément	Capitalisé
Echafaudage	<input type="checkbox"/>
RF - RIS020VP	<input type="checkbox"/>
RF - RIS035VP	<input type="checkbox"/>
RF - RIS034VP	<input type="checkbox"/>
Zone	<input type="checkbox"/>
Servante	<input type="checkbox"/>
Annotation	<input type="checkbox"/>

Commentaires

Planning

Tâche(id)	Début	Fin	Temps
188895FRS	15/06/2016	21/01/2016	
189091FRT	17/06/2016	20/01/2016	
189100GSM	15/06/2016	21/01/2016	





3. LA PRÉPARATION DES ARRÊTS DE TRANCHE

RESPECTER LE PLANNING
DES CHANTIERS et
améliorer la qualité des
gestes techniques

CHANTIER NUMERIQUE ET ASSISTANT VOCAL AUX PROCEDURES D'EXPLOITATION

L'assistant vocal d'exploitation met à disposition de l'exploitant une nouvelle interface d'appui pour dérouler un lignage, un EP, une consignation...

- Libère les mains sur le terrain,
- Guidage plutôt que téléguidage,
- Facilite le suivi qualité,
- Réduit le risque d'erreur par « saut de ligne »,.



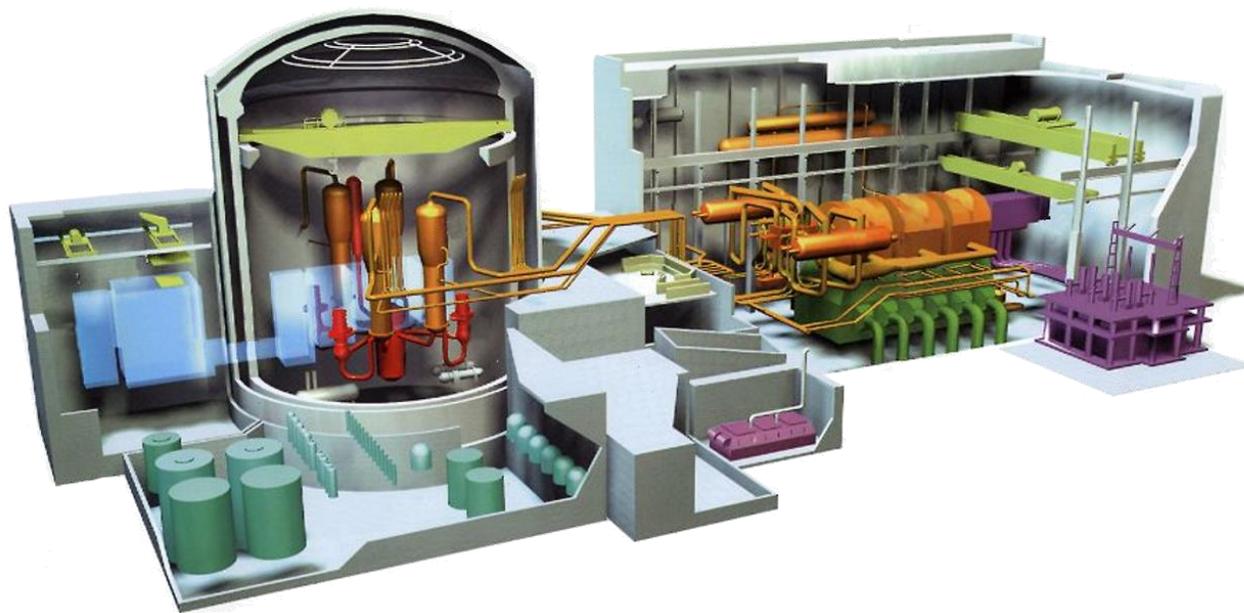
4. LES JUMEAUX NUMÉRIQUES DU NUCLÉAIRE

Un jumeau numérique est une représentation d'une partie de l'installation

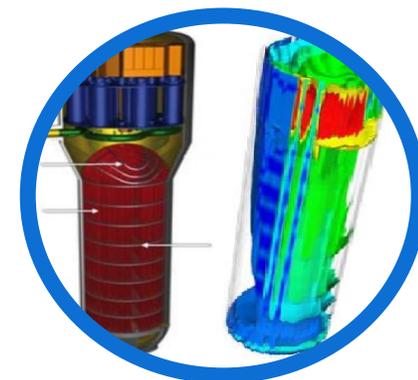
- composée de modélisations numériques 3D des phénomènes physiques et d'algorithmes d'Intelligence Artificielle
- alimentée par des informations issues du système réel

Ce double numérique permet :

- de simuler différents scénarios d'exploitation ou d'incidents
- d'accélérer le temps pour prédire l'état futur du système réel
- de concevoir des modifications et de les tester



Echelle d'un composant
Jumeau Numérique du
Générateur de Vapeur



Echelle du réacteur et du process
Réacteur Numérique



Echelle des activités et d'un local
Centrale immersive interactive



Echelle d'un bâtiment
Jumeau Numérique VERCORS



En guise de conclusion

Les solutions

Les verrous techniques

Modèles physiques haute fidélité :
3D, multi physiques, multi échelles

IA et Machine Learning:
Collecte de données, qualité des données, apprentissage

Couplage model driven/data driven:
Simulation numérique haute performance, réduction de modèles, Machine Learning, Natural Language Processing

Passage à l'échelle et performance:
Data lakes, calcul haute performance, calcul quantique

Maintien en configuration :
Cohérence modèle numérique/état courant de l'installation, intégration dans le système d'information, mise à jour et MCO

Entreprise étendue :
Inter-opérabilité des plateformes et logiciels, codes et standards, gouvernance et propriété des données, Propriété Intellectuelle

Réglementation :
Boîte noire, déterminisme pour les applications classées, IA de confiance, cybersécurité

Evaluation coût-bénéfice :
Gains, impact organisationnel, formation, acceptabilité