



- ▶ Spécificités, principes et technologies
- ▶ Focus sur les HPP
- ▶ L'installation EPURE



DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

Source Radiographique du 3^{ème} axe EPURE un *Linear Induction Accelerator* optimisé

Ch. Vermare

► Radiographie éclair

- Observer un objet en cours d'évolution rapide
- Un objet centimétrique dense,
- avec des contraintes sur l'environnement d'expérience,
- avec des détails submillimétriques

Photons

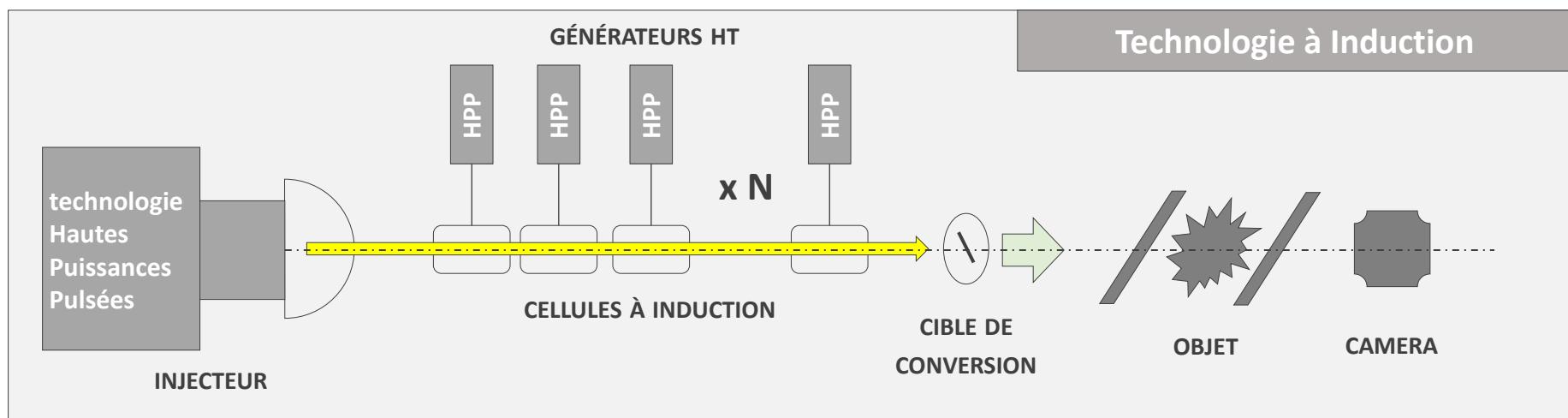
Flash < 100 ns
20MeV > Energie > 10 MeV
Dose > 100 rad (@1m)
Dimensions de la source < quelques mm

► Exigences sur le faisceau d'électrons

- Fonctionnement impulsionnel
- Energie limitée
- très fort courant
- Dynamique maîtrisée (focalisation)

Electrons

Durée d'impulsion < 100 ns
20MeV > Energie > 10 MeV
Courant (moyen durant l'impulsion) > kA
Emittance < 1000 $\pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$



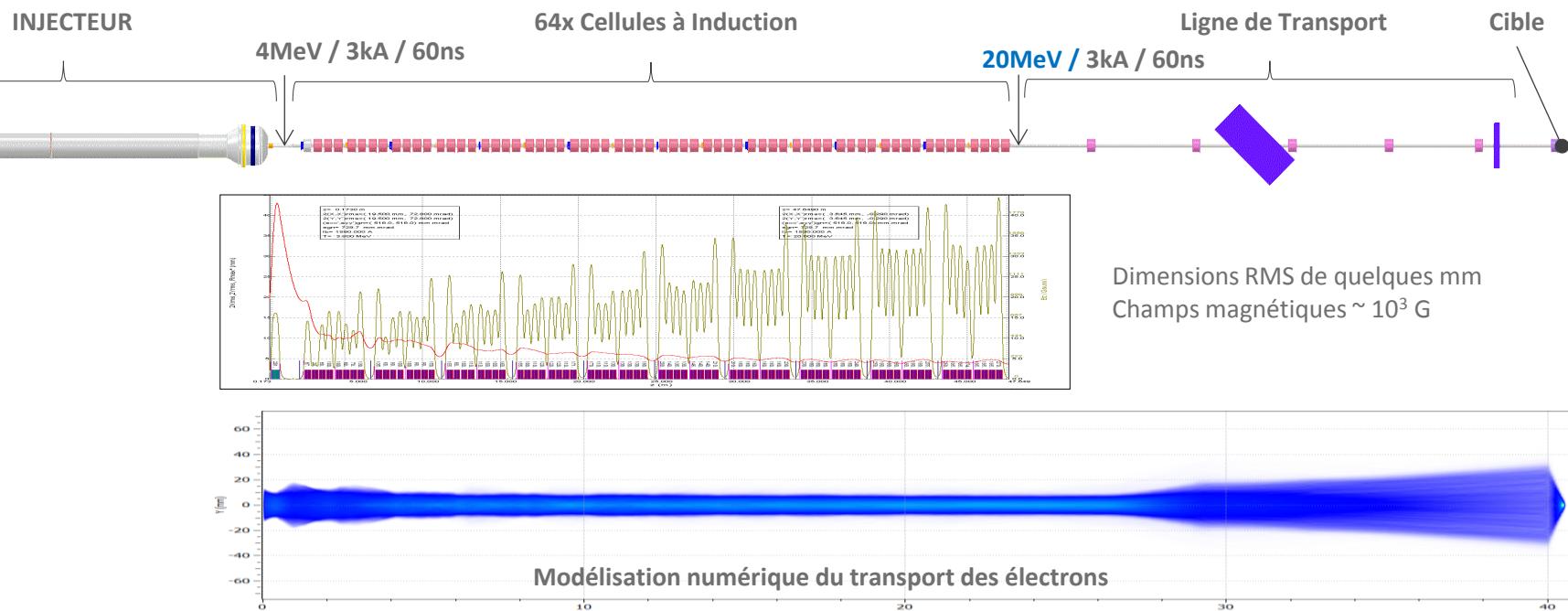
► Une question de puissance

- Puissance du faisceau de l'ordre de dizaines de **GW**
- Quelques **kJ** seulement
- Faisceau peu rigide et une charge d'espace importante
- Besoin de maitrise de l'émission à la focalisation finale
 - Fonctionnement **mono-coup** (exigence forte de fiabilité)
 - Dispersion énergétique ($\Delta E/E < 1\%$)
 - Emittance à l'émission
 - Gestion des instabilités
 - Continuité du champ magnétique...

20MeV > Energie > 10 MeV

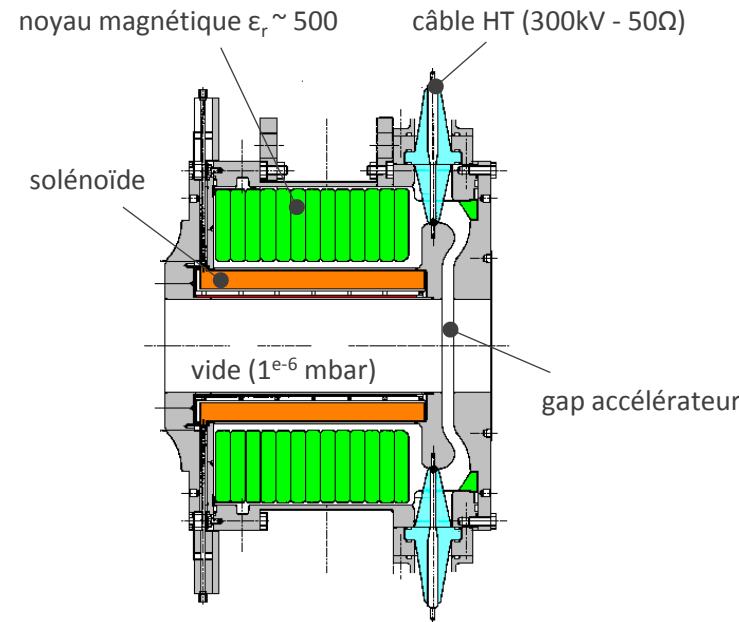
Courant (moyen durant l'impulsion) > kA

Durée d'impulsion < 100 ns



► Accélération: le principe de l'induction

- Transformateur avec un isolement dynamique
- Besoin d'un noyau magnétique interne
- Besoin de sources de tension (générateurs externes)



► Injection: une polarisation précise de plusieurs MV

- Création et mise en forme d'impulsion électrique
- Plusieurs MV sur 200 Ω
- Cathode froide ou thermo-ionique

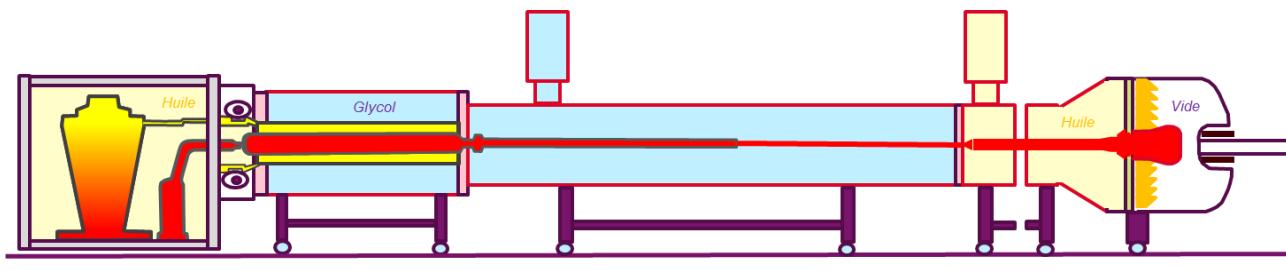


schéma de l'injecteur d'AIRIX



Injecteur FEVAIR (CEA/CESTA)

► Un lien fort avec les Hautes Puissances Pulsées (HPP)

- Technologies pour délivrer les impulsions électriques
- Stockage inductif ou capacitif d'énergie
- Mise en forme (élévation de tension, désadaptation d'impédance...)
- Commutation rapide (éclateur LASER...)
- Maîtrise des isolants

1
2
3
4

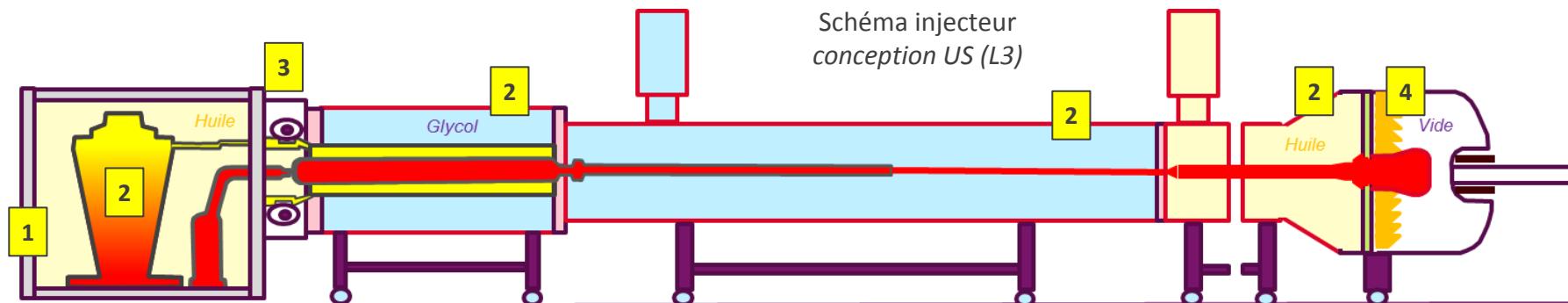
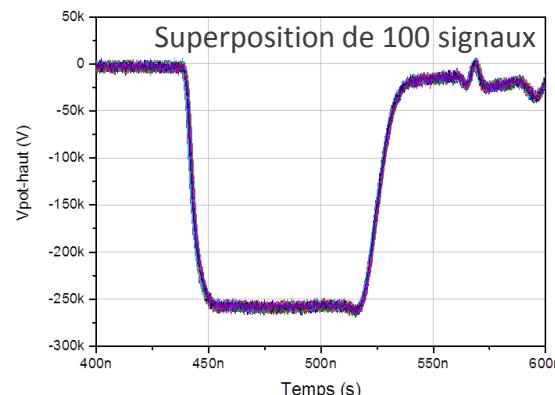
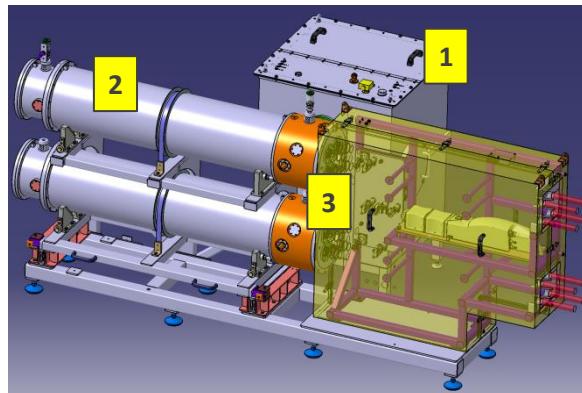


Schéma injecteur
conception US (L3)

Vue 3D des générateurs HT
conception CEA

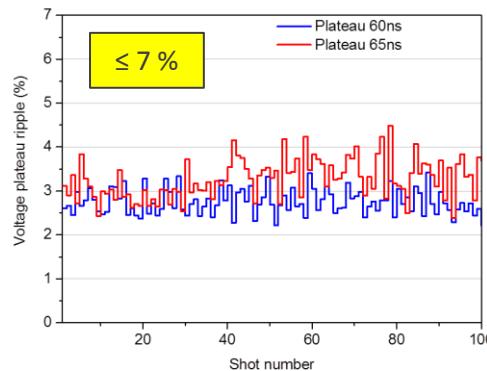


► Exigences de performances et de fiabilité

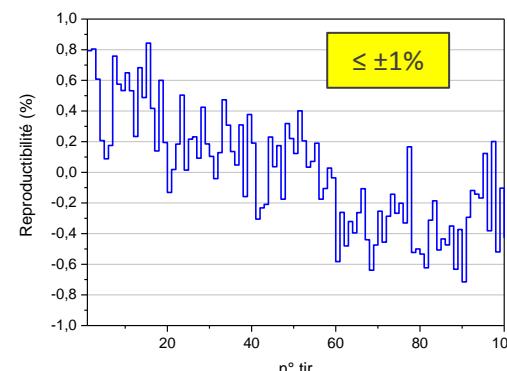
- Fonctionnement nominal

Validation sur > 10⁴ essais

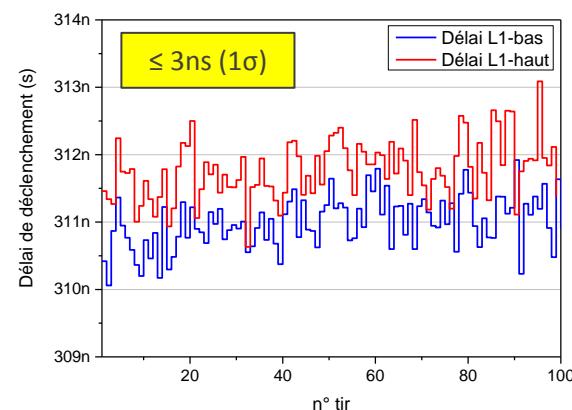
Stabilité temporelle du plateau



Reproductibilité de la tension moyenne

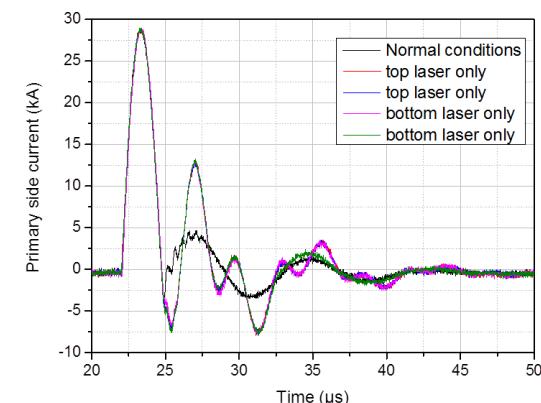
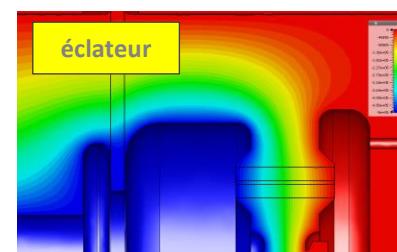
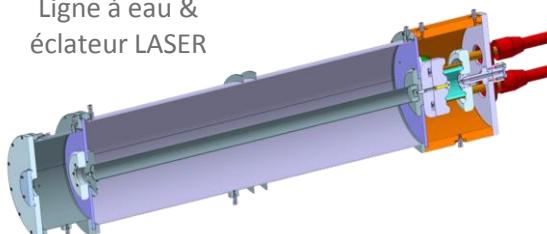


Stabilité du jitter



- Fonctionnement dégradé
 - Impact d'un disfonctionnement sur la qualité du faisceau
 - Protection matérielle

Ligne à eau & éclateur LASER

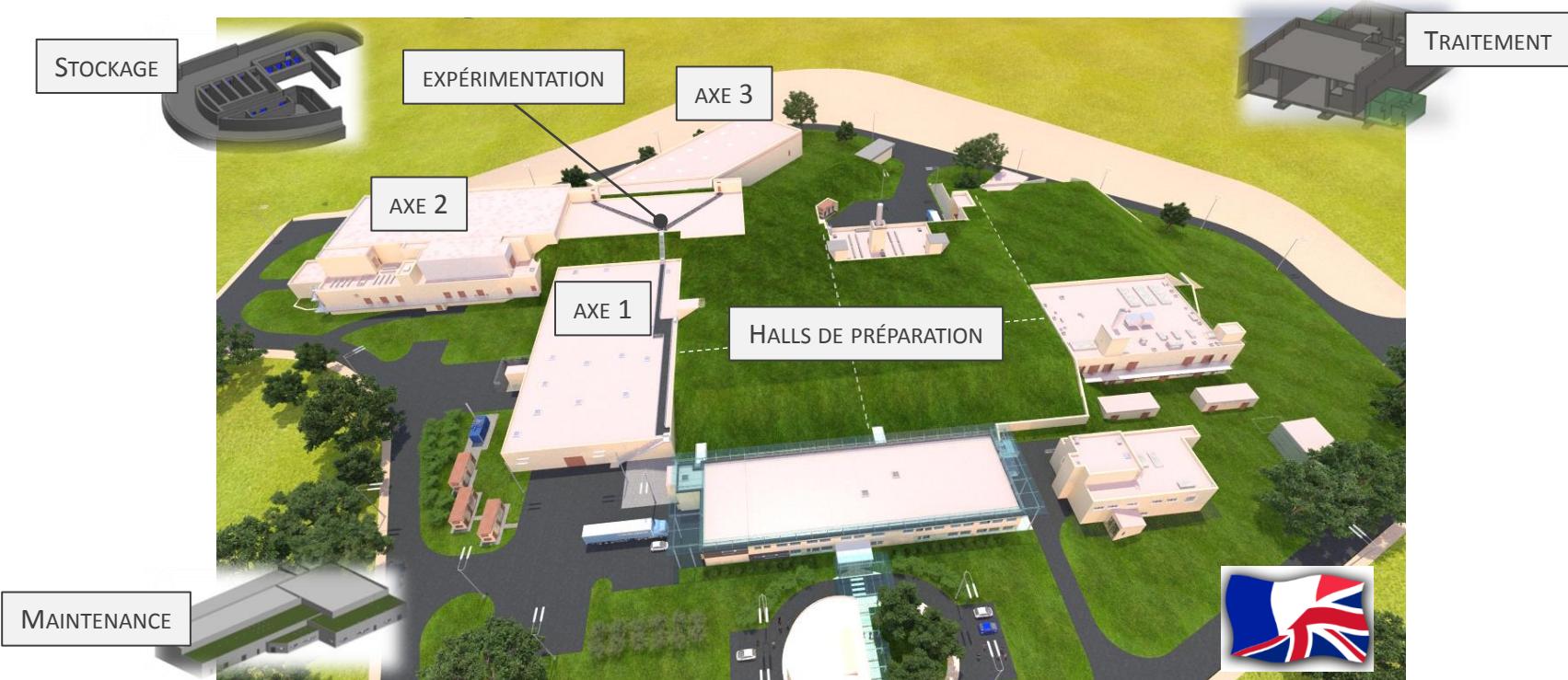


FR

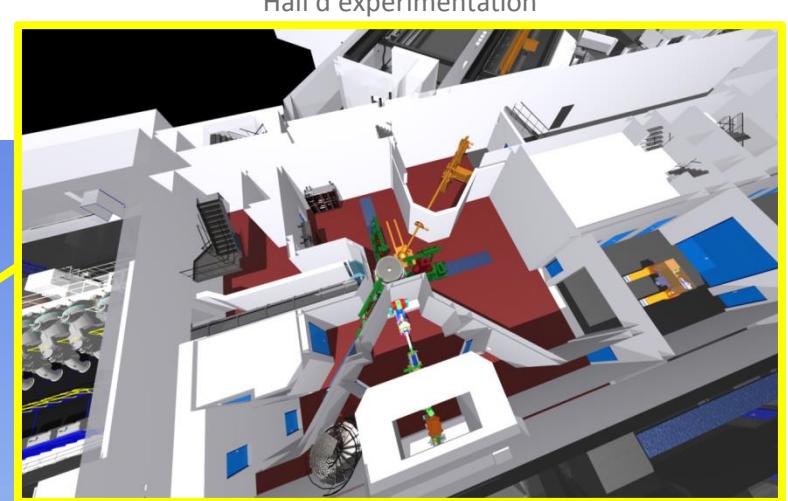
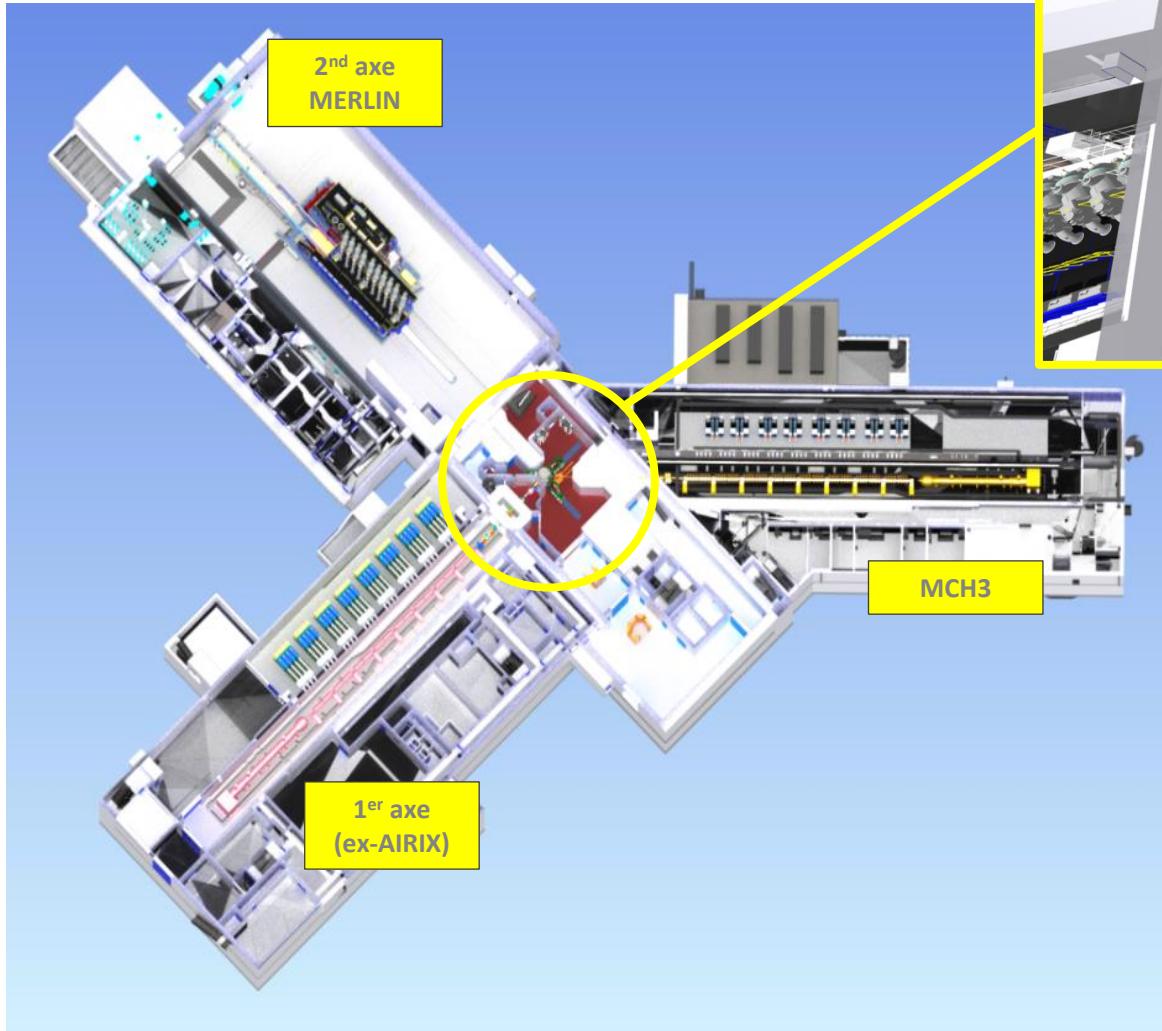
FR /UK

► Historique & calendrier

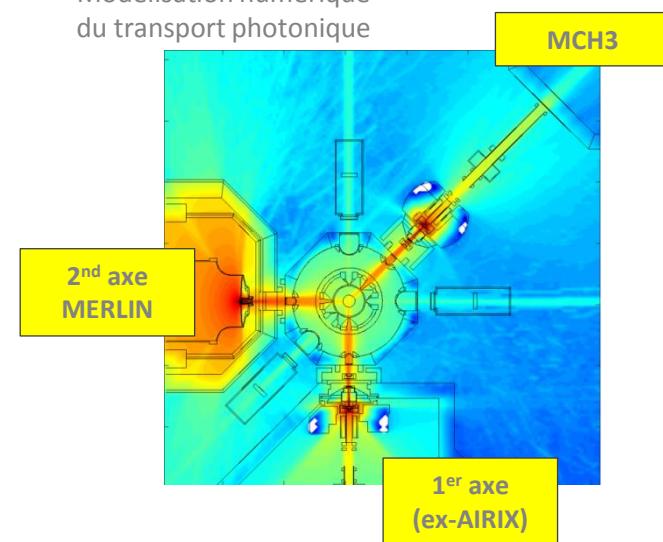
- | | |
|--|-------------|
| - Décisions de se doper de ce moyen pour les besoins de la dissuasion | 2008 |
| - Signature des accords de Lancaster House – FR / UK | 2010 |
| - Début transfert de l'accélérateur AIRIX (Moronvillers > VALDUC) | 2012 |
| - Phase 1: Mise en exploitation avec un axe radiographique | 2014 |
| - Phase 2: Mise en exploitation de deux axes de radiographiques supplémentaires | 2022 |



► Focus sur les axes radiographiques



Modélisation numérique
du transport photonique

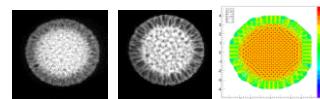


► Partenaires industriels nationaux et internationaux

THALES**ON**
assystem
energy & infrastructure**ENGIE**
Axima**ENGIE**
Ineo**SEIV**
ALCEN**ITHPP**
ALCEN**IRELEC**
ALCEN**Capgemini****Pulse DIC 2**
HIGH VOLTAGE COMPONENTS & SYSTEMS**SIGMAPHI**
ACCELERATION TECHNOLOGIES**TDK****STANGENES INDUSTRIES INC**
The Best in High Voltage Systems & Electromagnetic Components**EP3E**
Powerelectronics**GROUPE**
RUBIS PRECIS
MICROPIERRE
HIGH TECH CERAM
HIGH TECH IN PRECISION

► Sujets scientifiques d'actualités – Formation (thèses, alternances...)

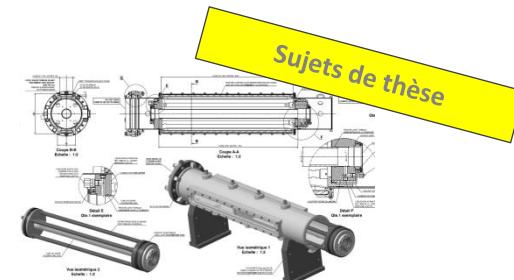
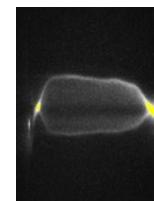
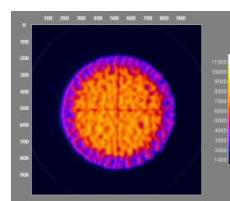
- Maitrise de l'émission électronique



- Interaction « faisceau – plasma »
- Hydrodynamique des cibles (*warm dense matter*)

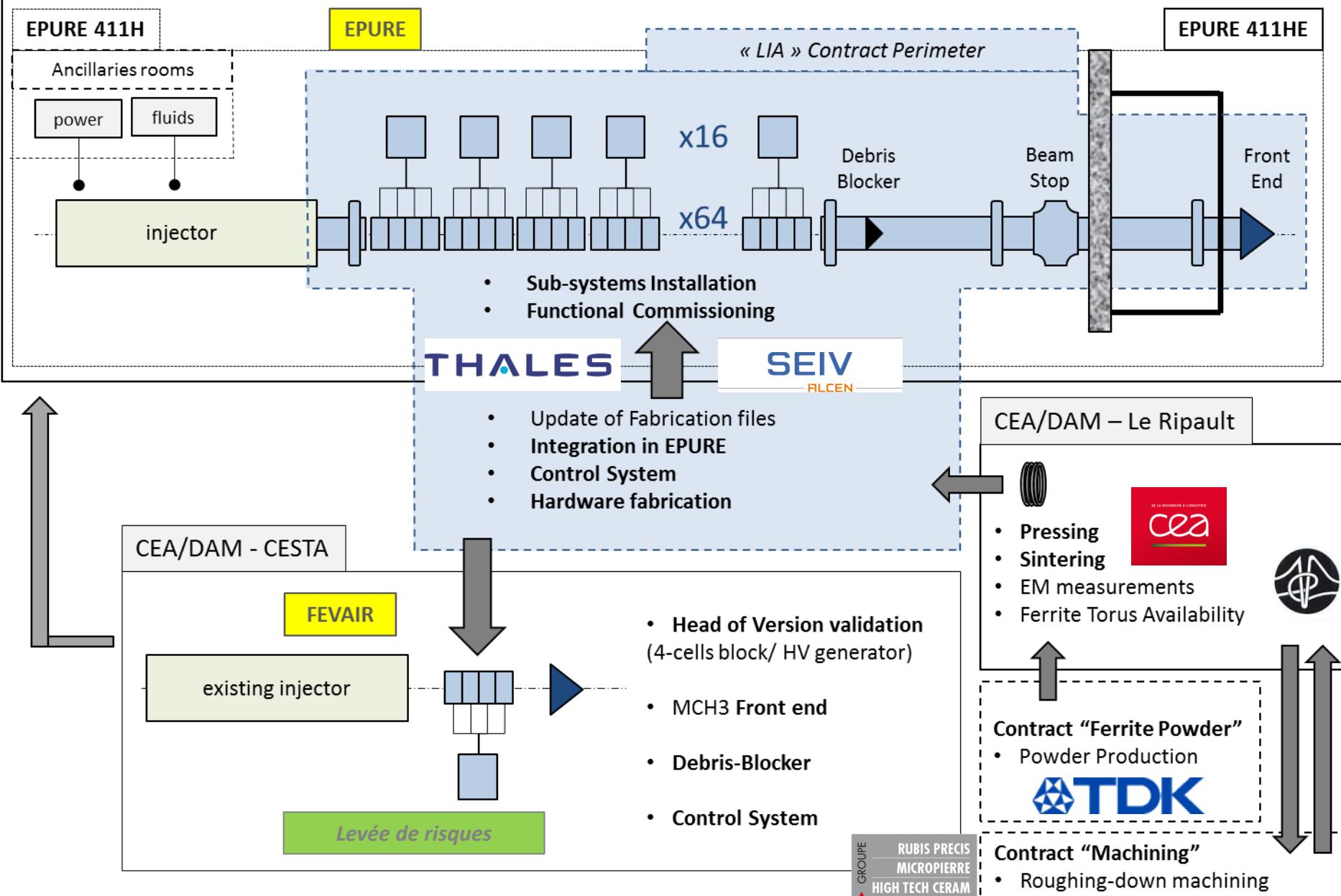
Sujets de formation
en alternance

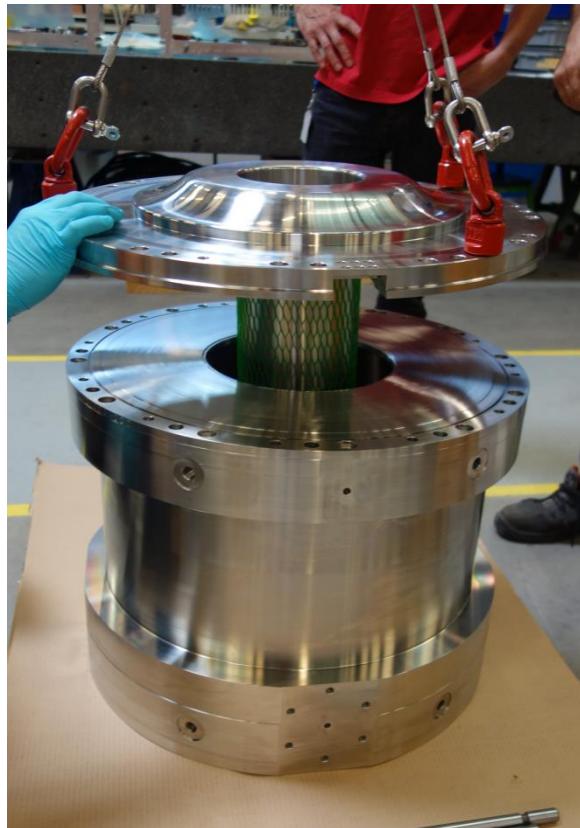
- Diagnostics optiques



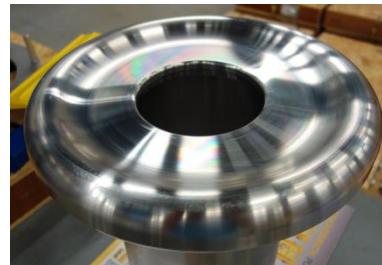


Merci de votre attention

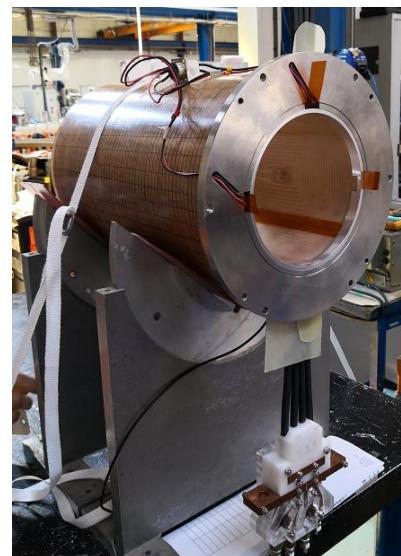


► Cellules à induction (1^{er} de série)

Essai d'assemblage d'une cellule



Bride anodique (avant polissage)



Solenoïde de guidage



Essai montage des tores Ferrite



Châssis



Traversées Bi-Conique

► Générateur HT (1^{er} de série)ITHPP
ALCEN

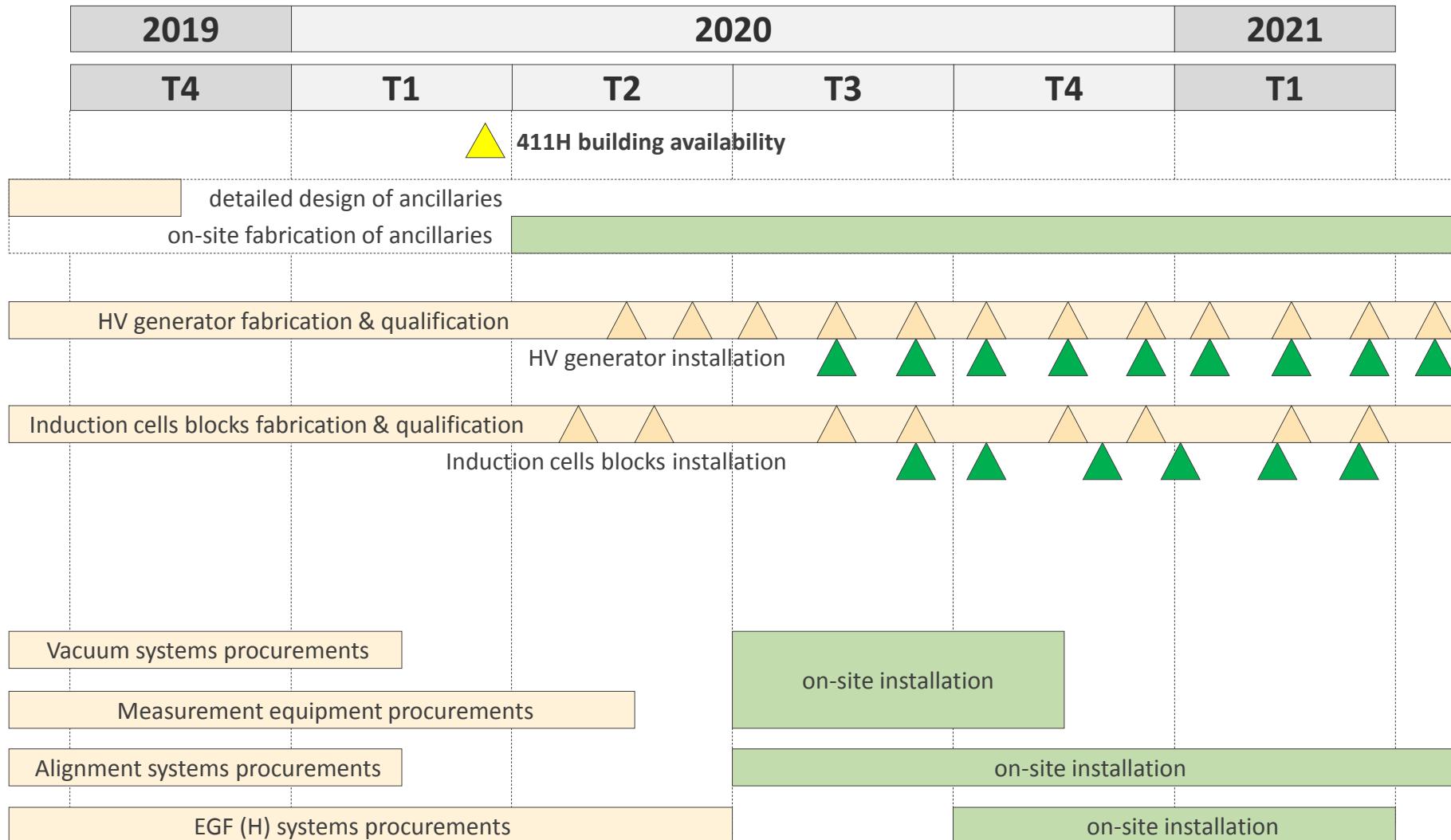
Vue générale du générateur (coté chargeur HT)



Vue générale (coté LASER)



Baie de contrôle



Planning Focus on installation at VALDUC 411H&E (2/2)

