



- ▶ 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

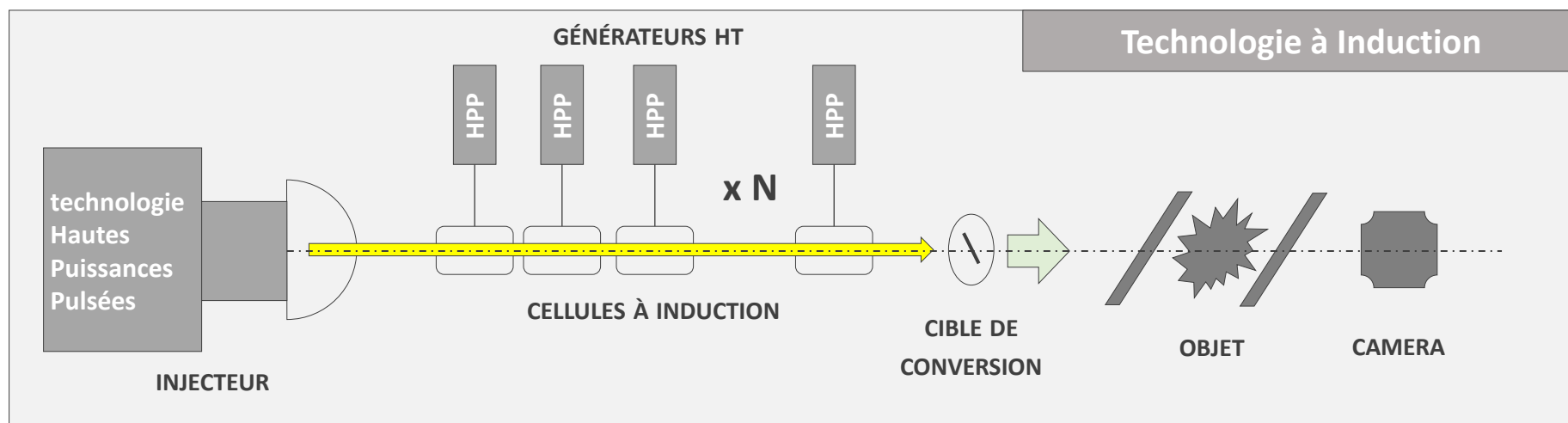
Flash < 100 ns
20MeV > Energie > 10 MeV
Dose > 100 rad (@1m)
Dimensions de la source < quelques mm

► 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 π .mm.mrad



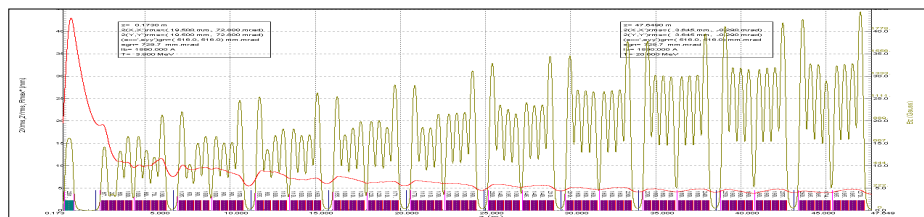
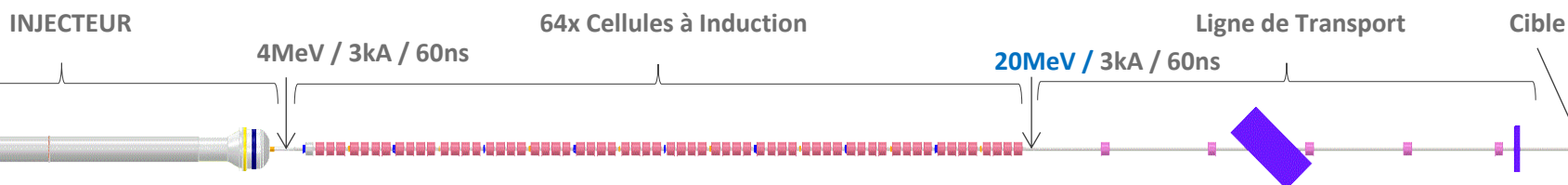
► Une question de puissance

- Puissance du faisceau de l'ordre de dizaines de **GW**
- Quelques **kJ** seulement
- Faisceau peu rigide et une charge d'espace importante
- Besoin de maîtrise 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...

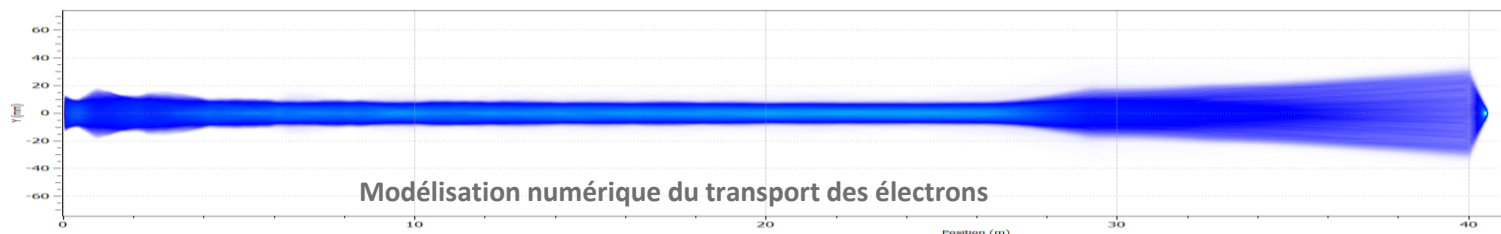
20MeV > Energie > 10 MeV

Courant (moyen durant l'impulsion) > kA

Durée d'impulsion < 100 ns



Dimensions RMS de quelques mm
Champs magnétiques $\sim 10^3$ G



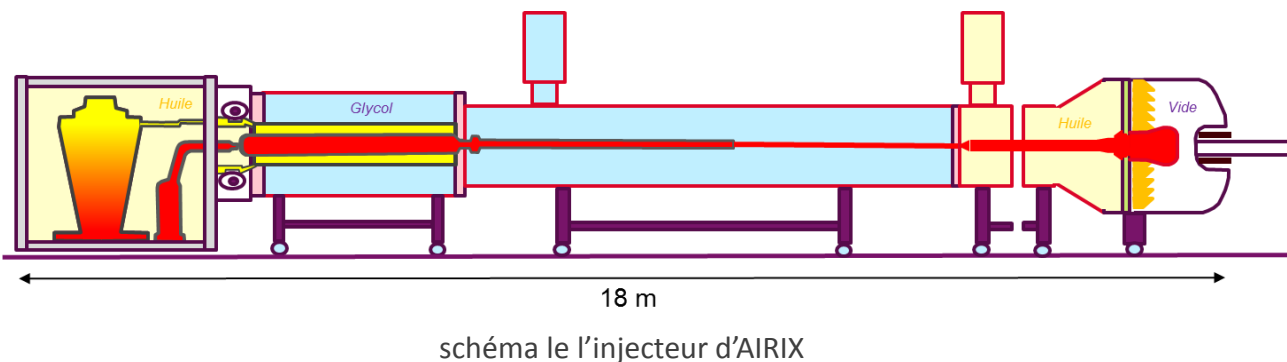
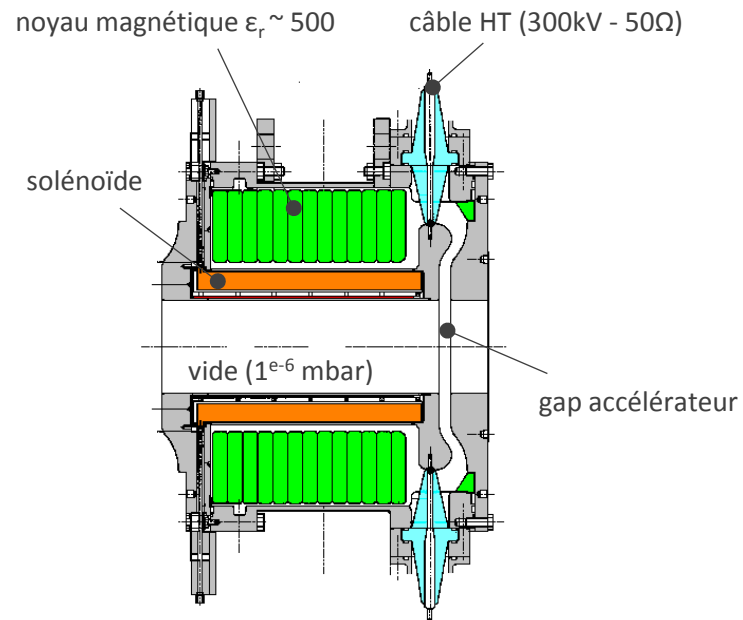
Modélisation numérique du transport des électrons

► 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



Injecteur FEVAIR (CEA/CESTA)

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

- Technologies pour délivrer les impulsions électriques

1

- Stockage inductif ou capacitif d'énergie

2

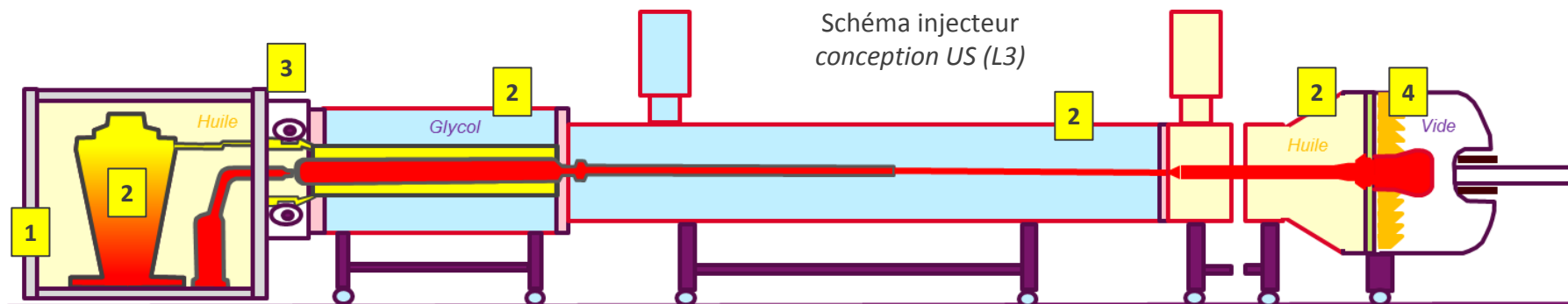
- Mise en forme (élévation de tension, désadaptation d'impédance...)

3

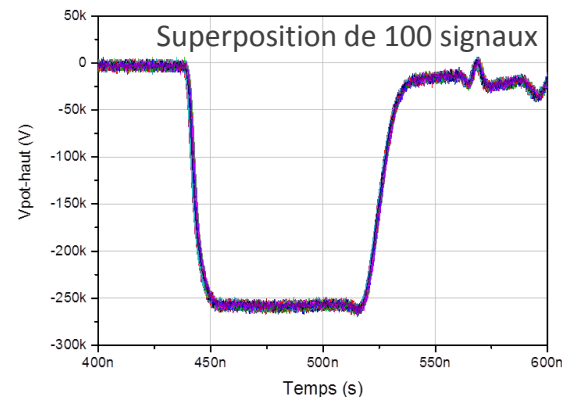
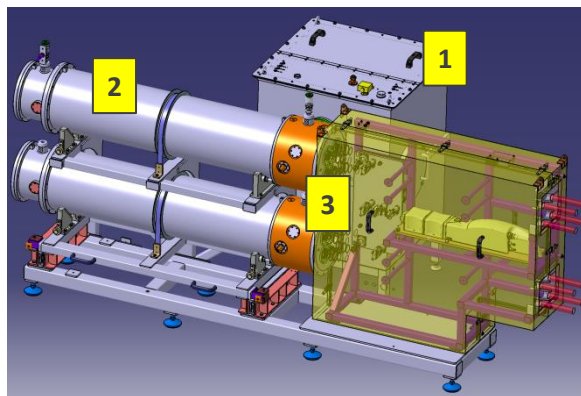
- Commutation rapide (éclateur LASER...)

4

- Maîtrise des isolants



Vue 3D des générateurs HT
conception CEA

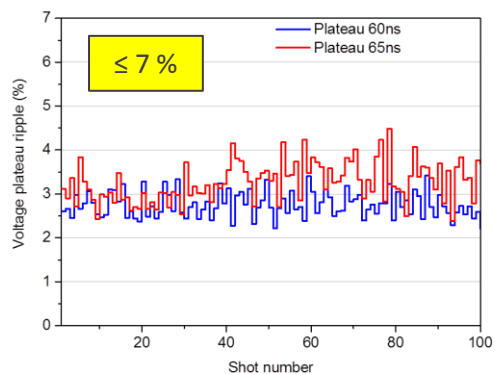


► Exigences de performances et de fiabilité

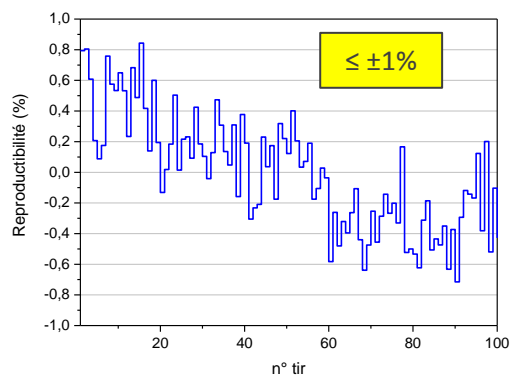
- Fonctionnement nominal

Validation sur $> 10^4$ essais

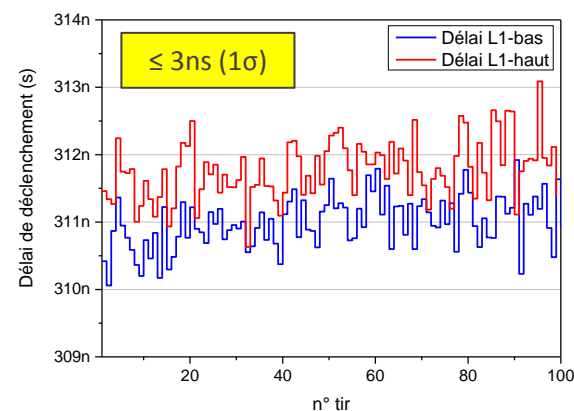
Stabilité temporelle du plateau



Reproductibilité de la tension moyenne



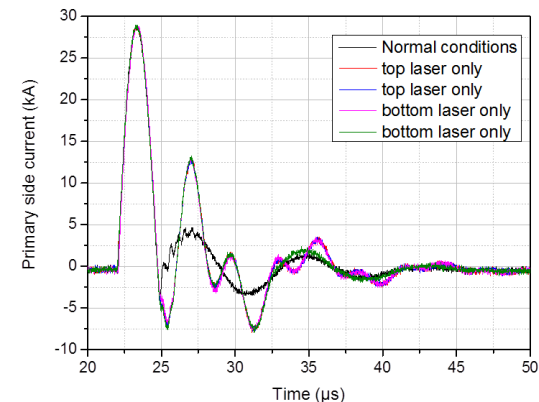
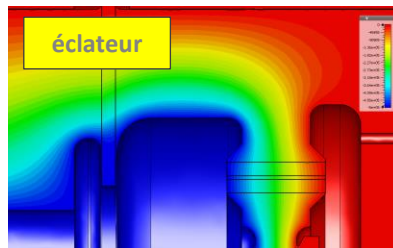
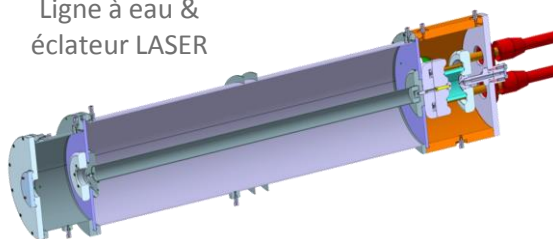
Stabilité du jitter



- Fonctionnement dégradé

- Impact d'un dysfonctionnement sur la qualité du faisceau
- Protection matérielle

Ligne à eau & éclateur LASER

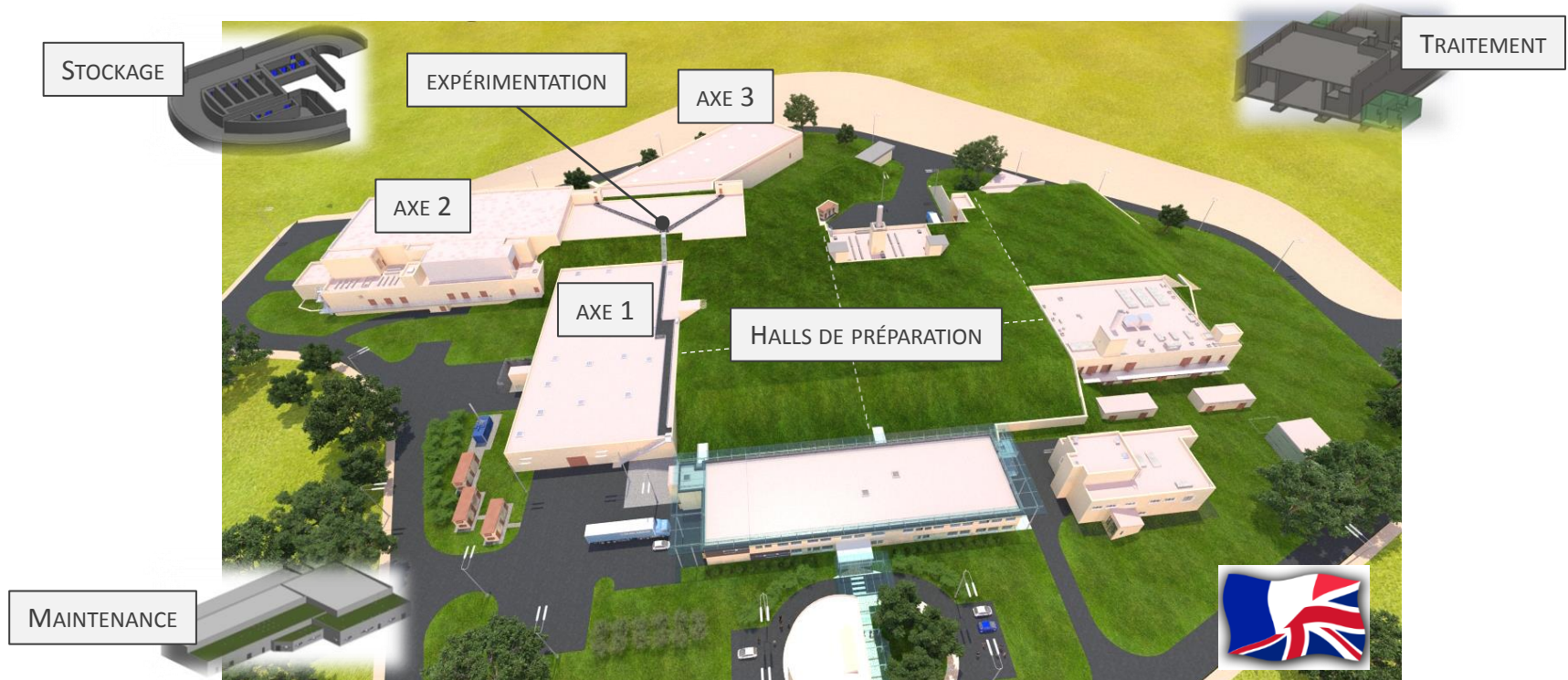


FR

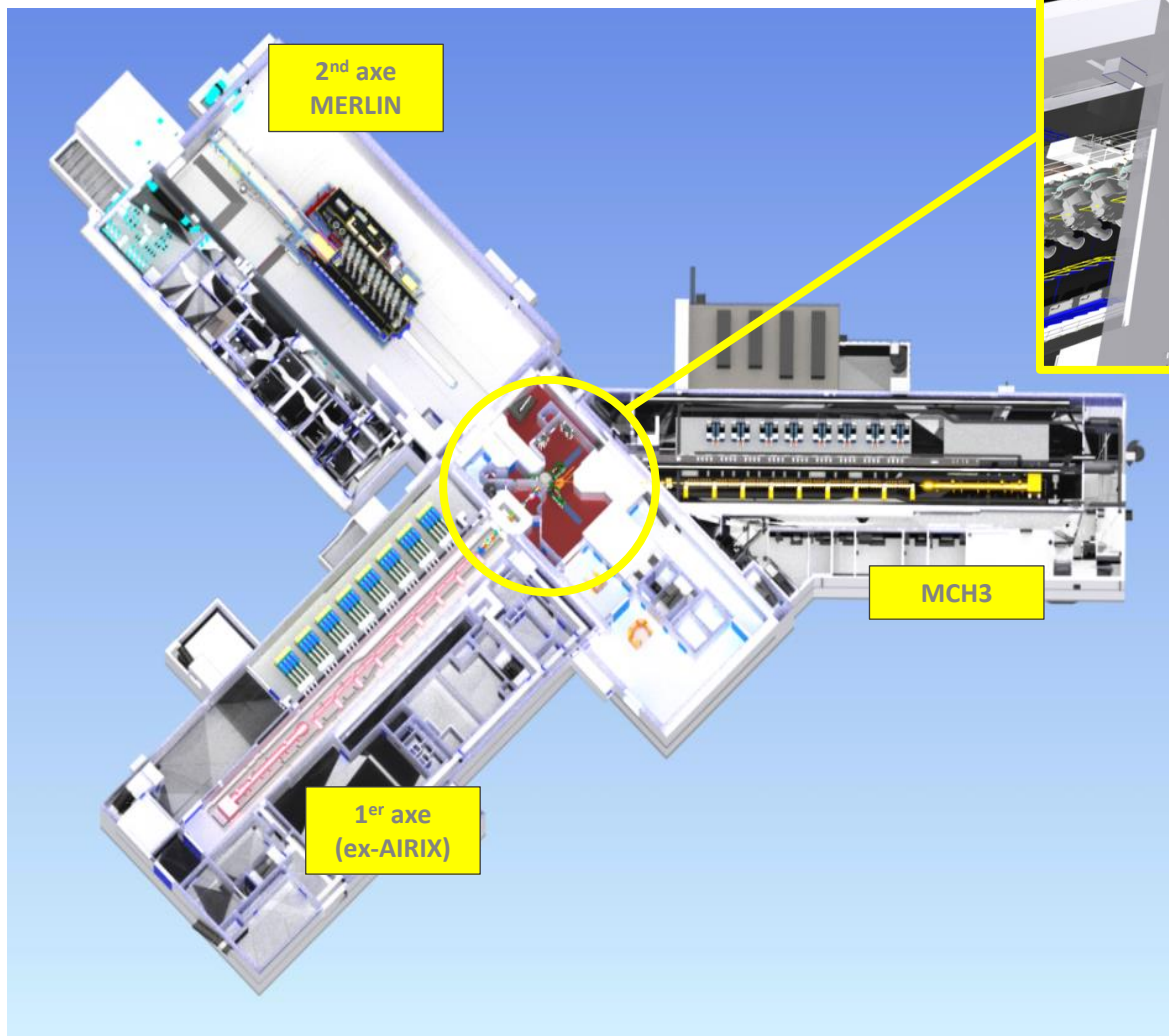
FR /UK

► Historique & calendrier

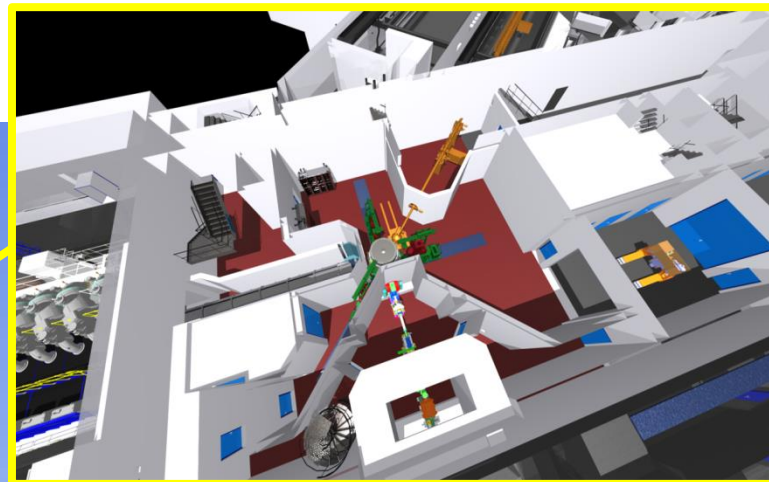
- | | |
|--|------|
| - Décisions de se doper de ce moyen pour les besoins de la dissuasion | 2008 |
| - Signature des accords de Lancaster House – FR / UK | 2010 |
| - Début transfert de l'accélérateur AIRIX (Moronvillers > VALDUC) | 2012 |
| - Phase 1: Mise en exploitation avec un axe radiographique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



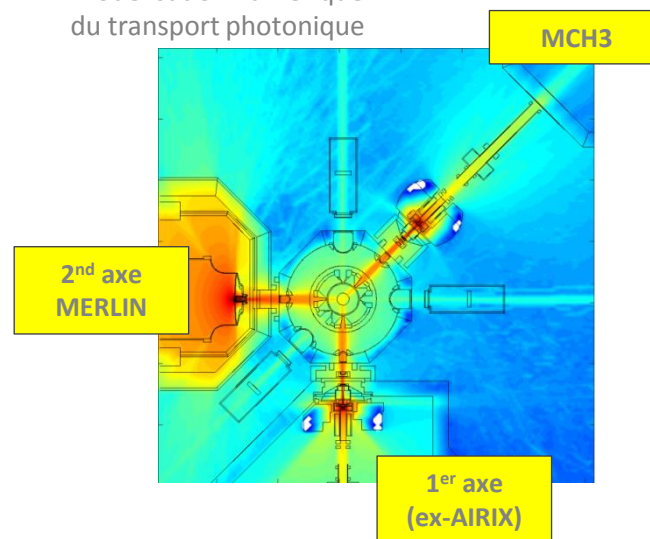
► Focus sur les axes radiographiques



Hall d'expérimentation



Modélisation numérique
du transport photonique



► Partenaires industriels nationaux et internationaux

THALES

SEIV

ALCEN

Capgemini

TDK

assystem
energy & infrastructureENGIE
Axima

ITHPP

ALCEN

STANGENES INDUSTRIES INC
The Best in High Voltage Systems & Electromagnetic ComponentsRUBIS PRECIS
MICROPIERRE
HIGH TECH CERAM
HIGH TECH IN PRECISIONENGIE
Ineo

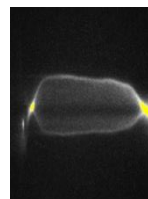
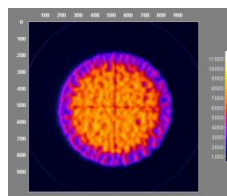
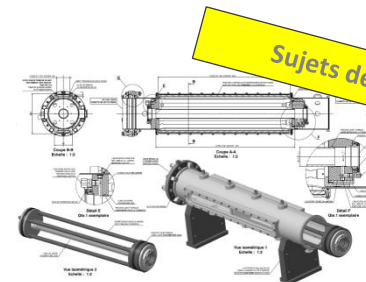
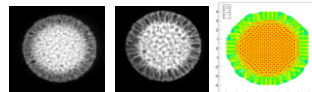
IRELEC

ALCEN

SIGMA PHI
ACCELERATOR TECHNOLOGIESEP3E
Powerelectronics

► 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

EPURE 411H

EPURE

EPURE 411HE

Ancillaries rooms

power

fluids

injector

« LIA » Contract Perimeter

x16

x64

Debris
BlockerBeam
StopFront
End

- Sub-systems Installation
- Functional Commissioning

THALES

SEIV
ALCEN

- Update of Fabrication files
- Integration in EPURE
- Control System
- Hardware fabrication

CEA/DAM - CESTA

FEVAIR

existing injector

Levée de risques

- Head of Version validation (4-cells block/ HV generator)

- MCH3 Front end

- Debris-Blocker

- Control System

CEA/DAM – Le Ripault

- Pressing
- Sintering
- EM measurements
- Ferrite Torus Availability

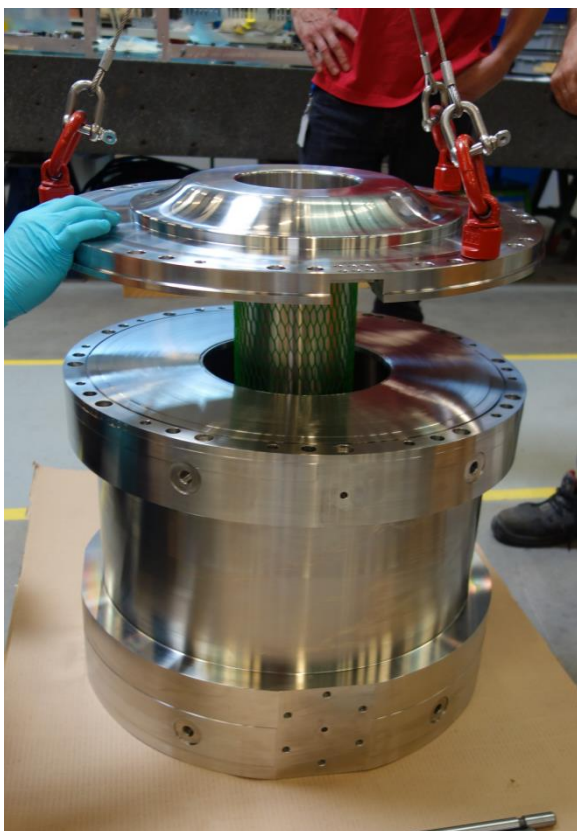
Contract “Ferrite Powder”

- Powder Production

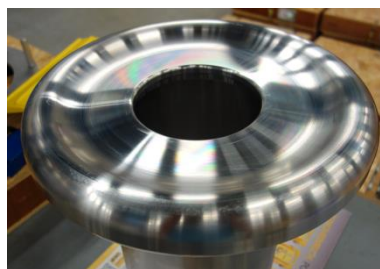
TDK

Contract “Machining”

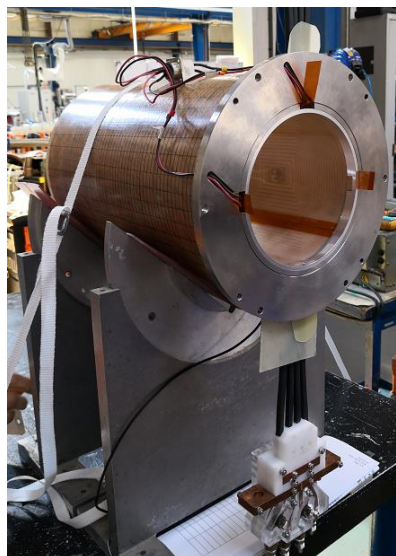
- Roughing-down machining

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

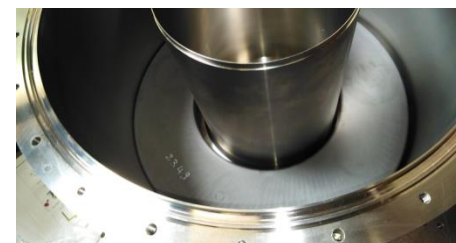
Essai d'assemblage d'une cellule



Bride anodique (avant polissage)



Solénoïde de guidage

SEIV
ALCEN

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

