

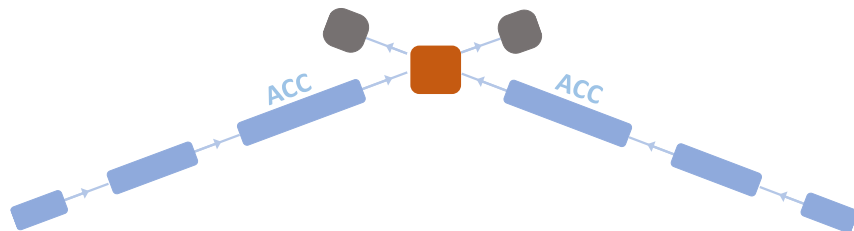
Axe 3 : accélérateurs de leptons Zoom sur un projet : PERLE, Energy Recovery Linac



Sommaire

- **Panorama des ERLs, PERLE**
- Design de la machine
- Statut actuel

Collisionneurs linéaires

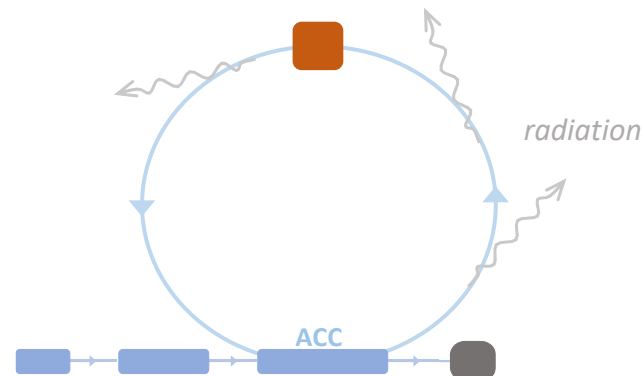


dump >99.9999% de la puissance faisceau

FCC-ee@250 \approx 300 MW

~2% de la consommation annuelle de la Belgique

Collisionneurs circulaires



Radie rapidement la puissance faisceau

Collisionneurs linéaires

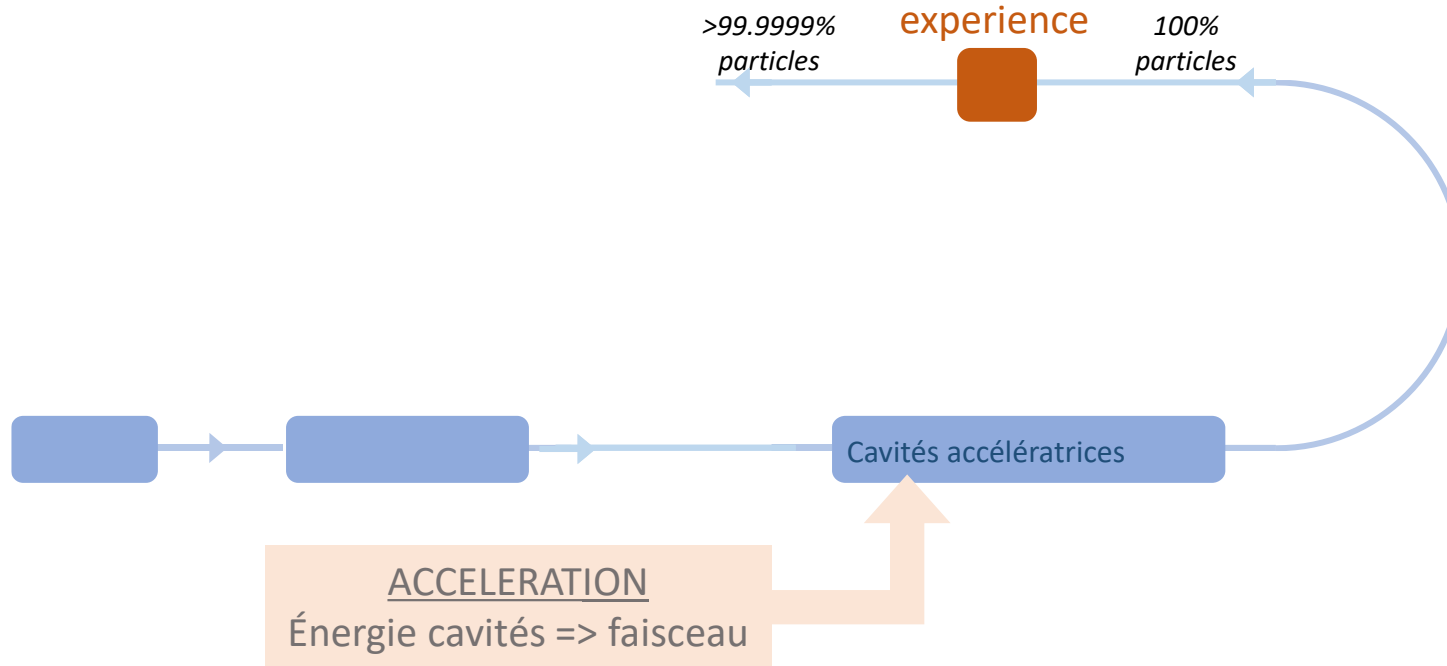
Collisionneurs circulaires

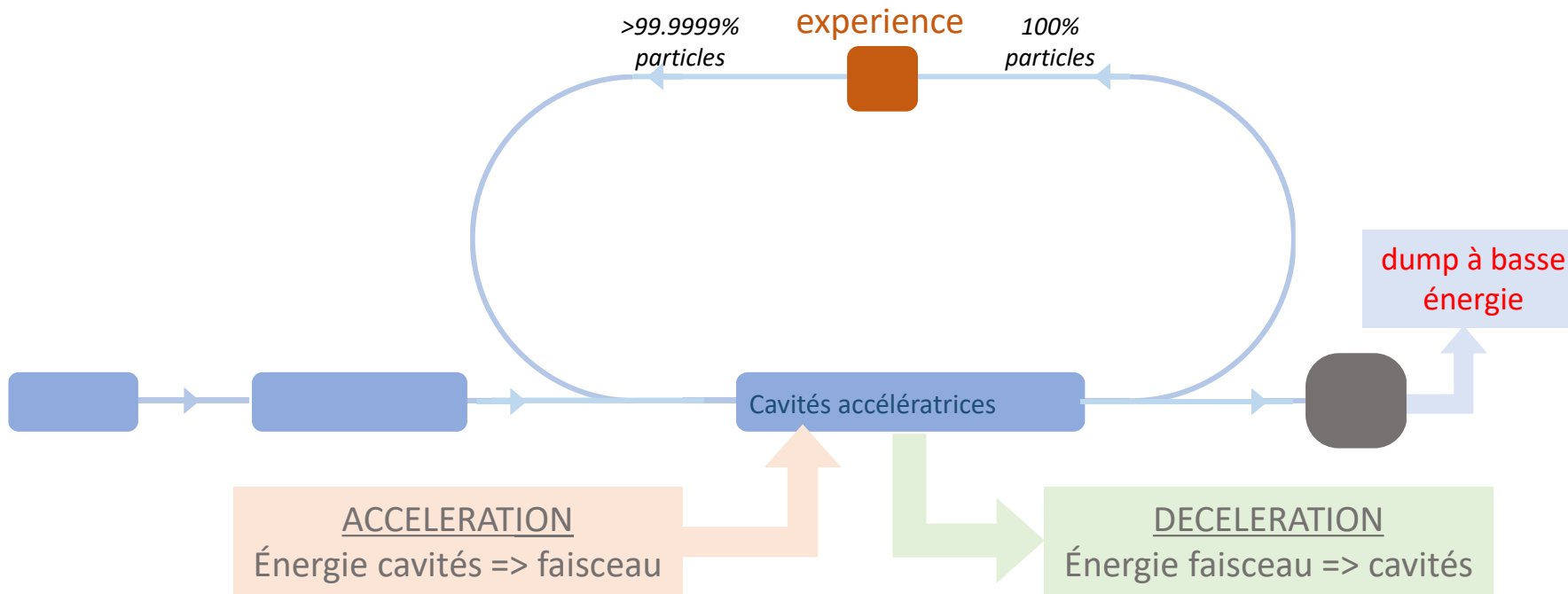
The energy efficiency of present and future accelerators [...] is and should remain an area requiring constant attention.

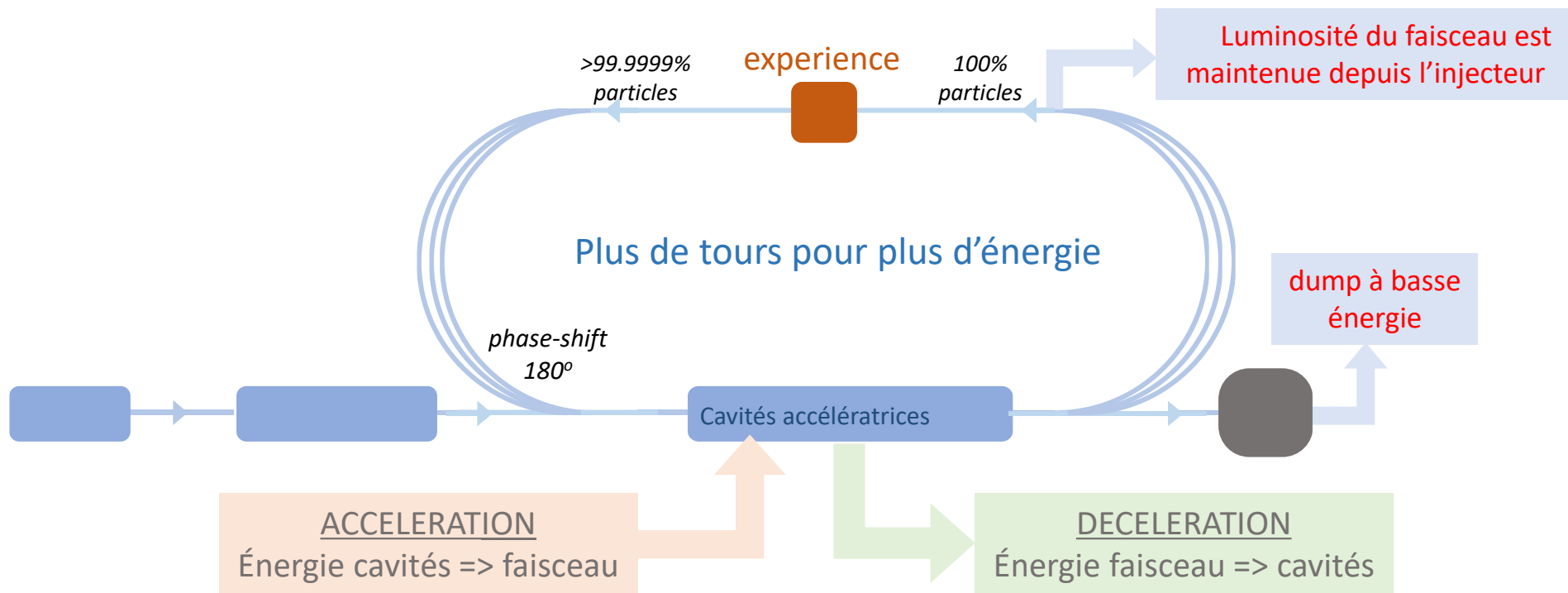
A detailed plan for the [...] saving and re-use of energy should be part of the approval process for any major project.

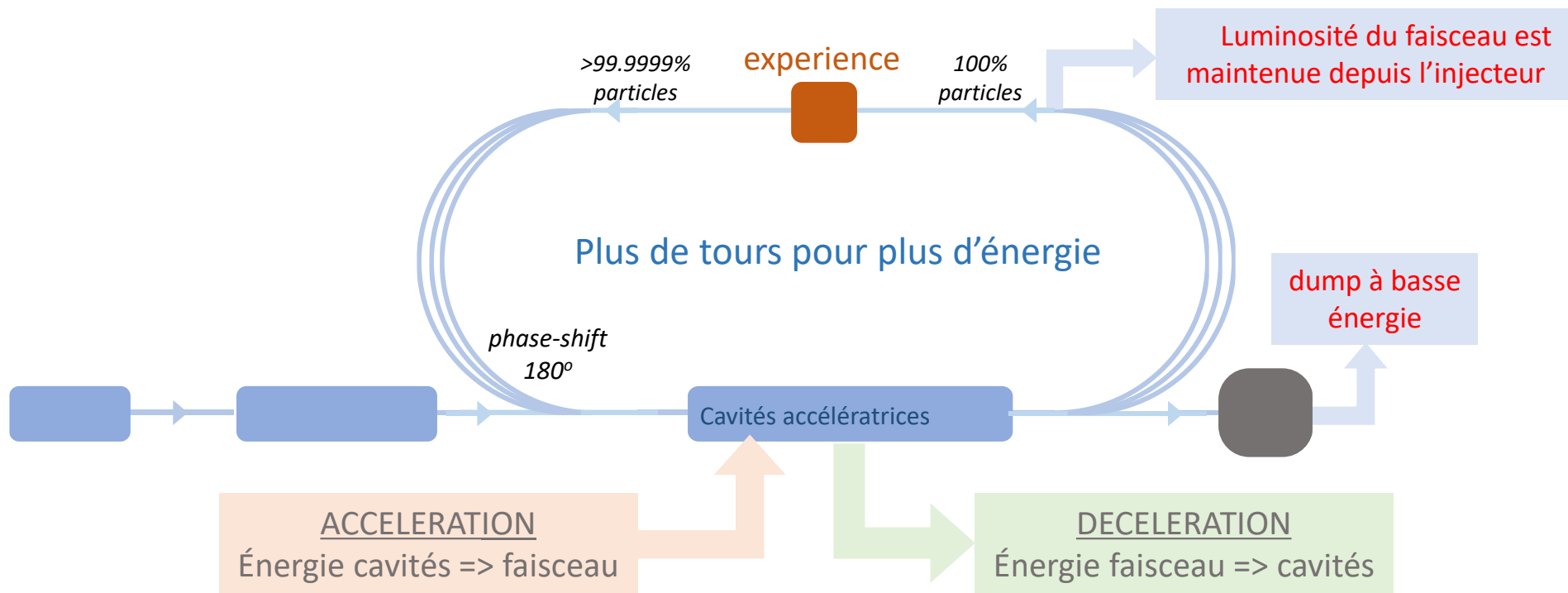
European Strategy for Particle Physics 2020

la consommation
annuelle de la Belgique





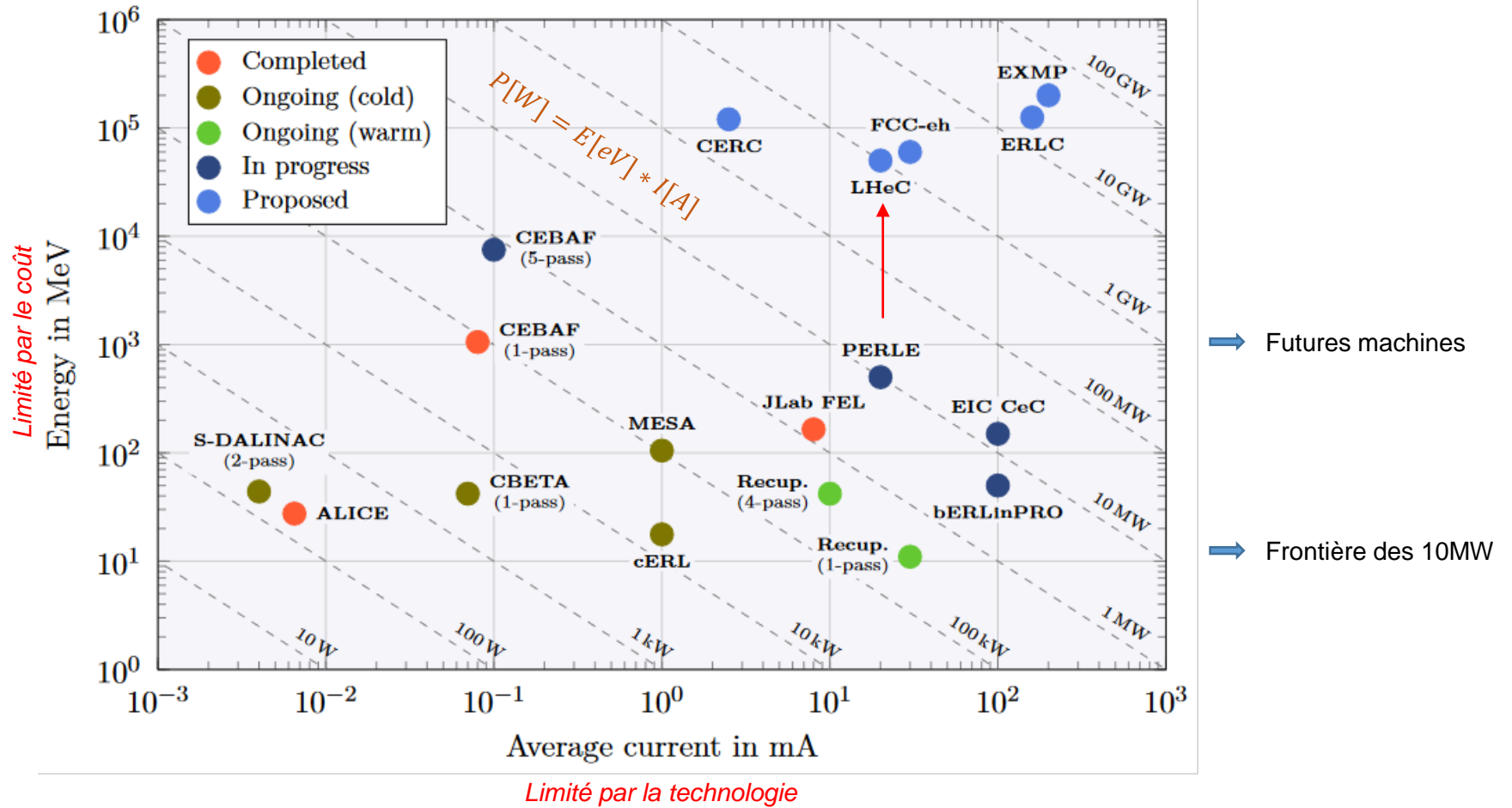




Re-circulation de la puissance du faisceau au lieu du faisceau lui-même

- **Luminosité optimale**
- **Consommation fortement réduite**

Déjà utilisé dans des installations existantes (à plus basse puissance)



La montée en puissance (→ consommation énergétique) ne peut pas se faire de manière réaliste sans nouvelles technologies : ERLs

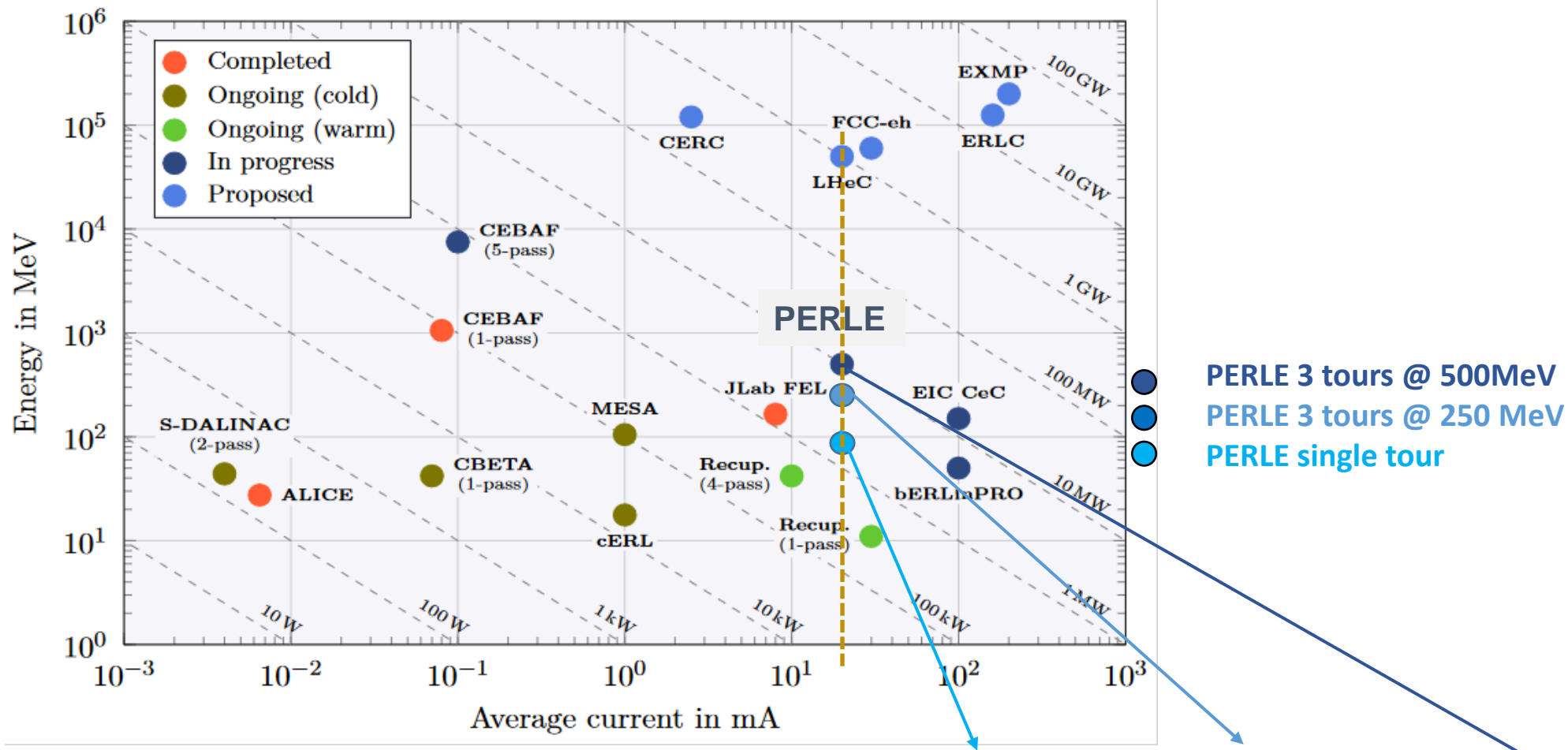


Objectifs principaux de PERLE :

- Démontrer la recuperation d'énergie multi-tour et fort courant → exploration de regimes de puissances inexplorées
- Validation de choix technologiques importants:
 - e-gun à haute charge : 500 pC à 40 MHz
 - Systèmes SRF optimisés à 800MHz: maximisation de l'efficacité
 - Arcs d'acceleration et décélération communs
 - Diagnostics non invasifs
- Héberger des experiences d'intérêt pour le laboratoire et les instituts

Target Parameter	Unit	Value
Injection energy	MeV	7
Electron beam energy	MeV	89/250/500
Normalised Emittance $\gamma\epsilon_{x,y}$	mm mrad	6
Average beam current	mA	20
Bunch charge	pC	500
Bunch length	mm	3
Bunch spacing	ns	25
RF frequency	MHz	801.58
Duty factor		CW



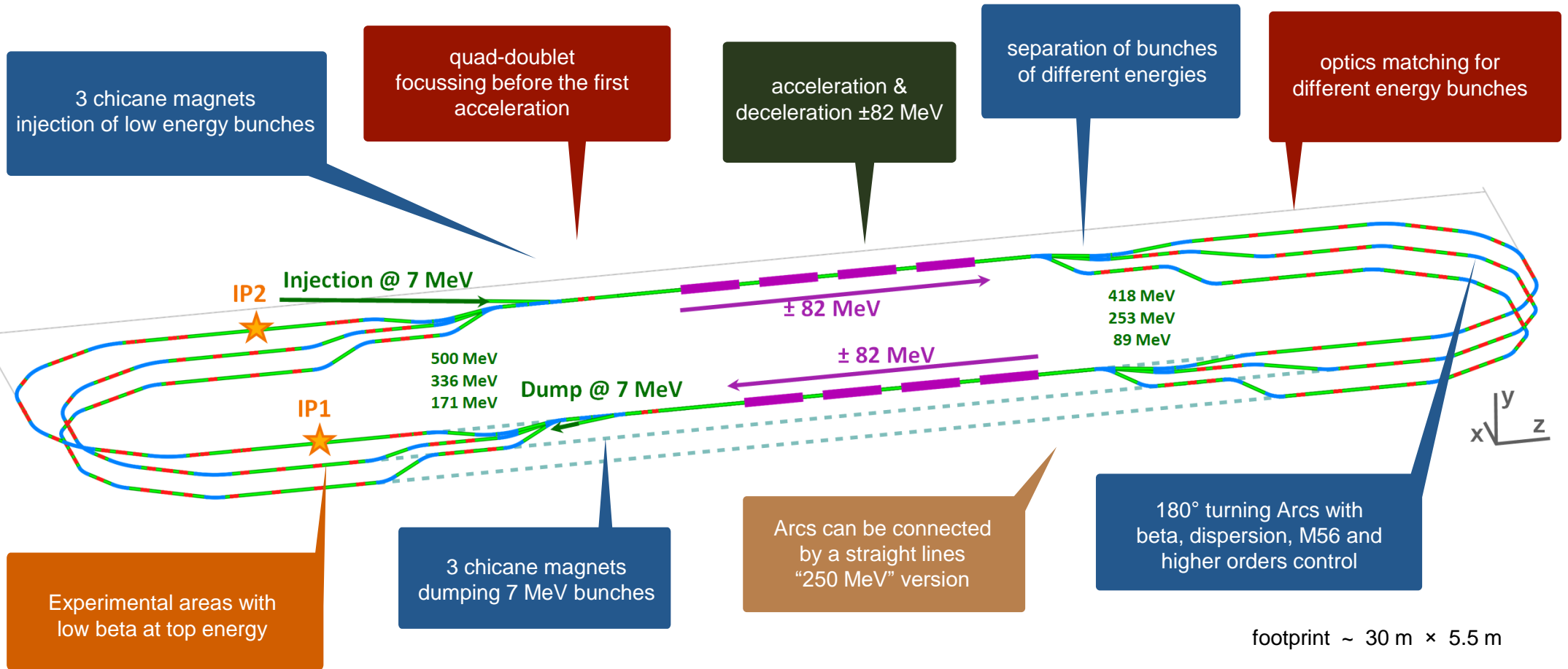


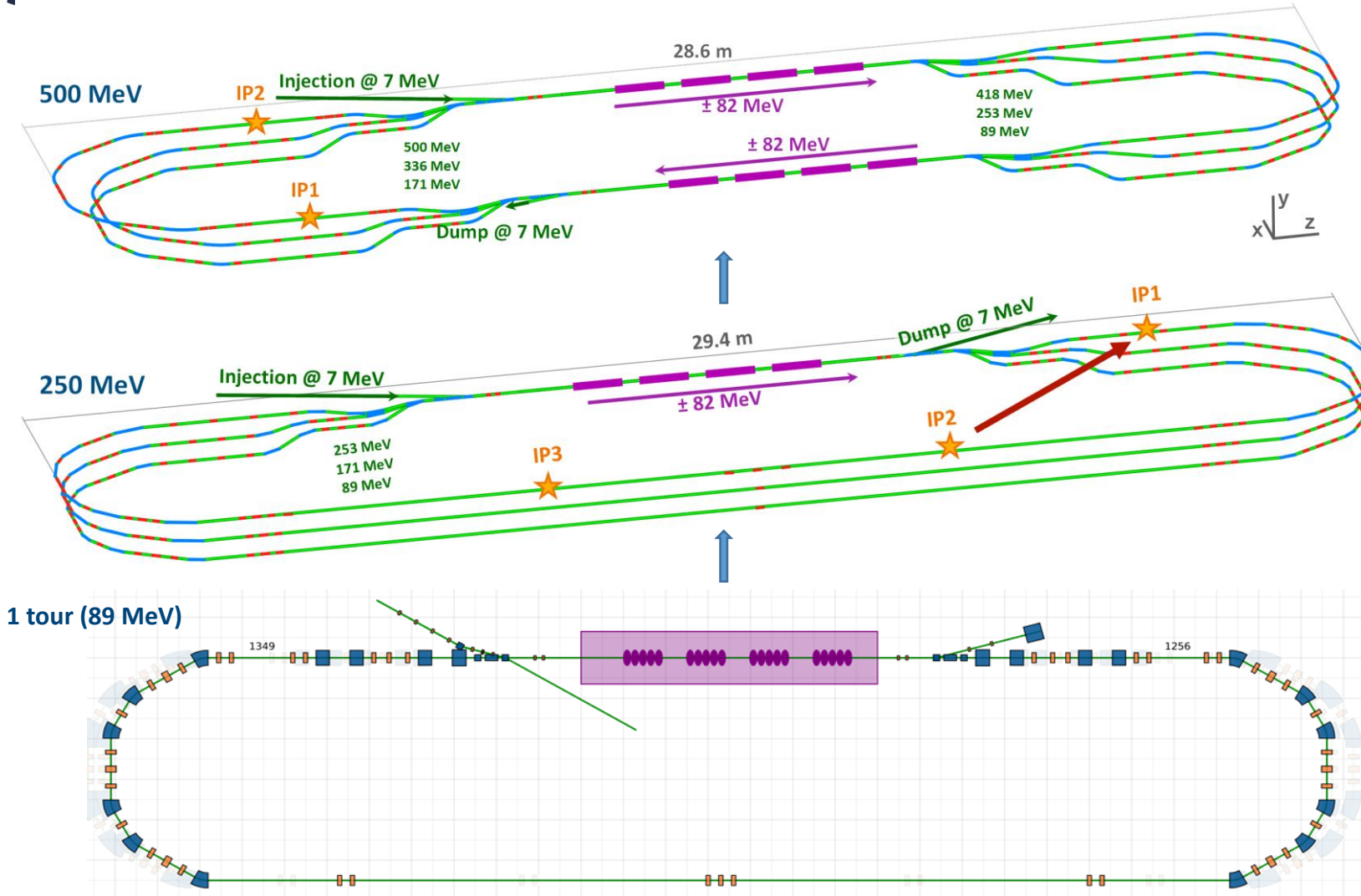
Sommaire

- Panorama des ERLs, PERLE
- **Design de la machine**
- Statut actuel

Stratégie de design : la machine « finale » détermine le design des phases précédentes

→ Mise à niveau simplifiée !





Objectifs :

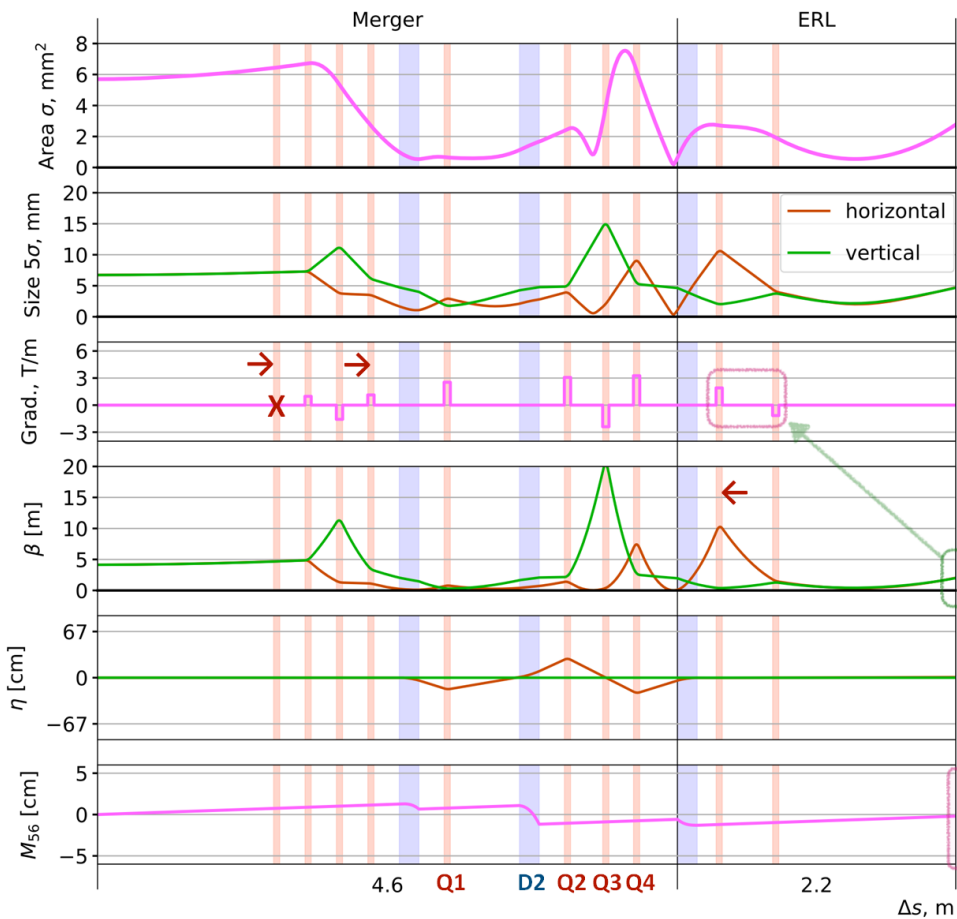
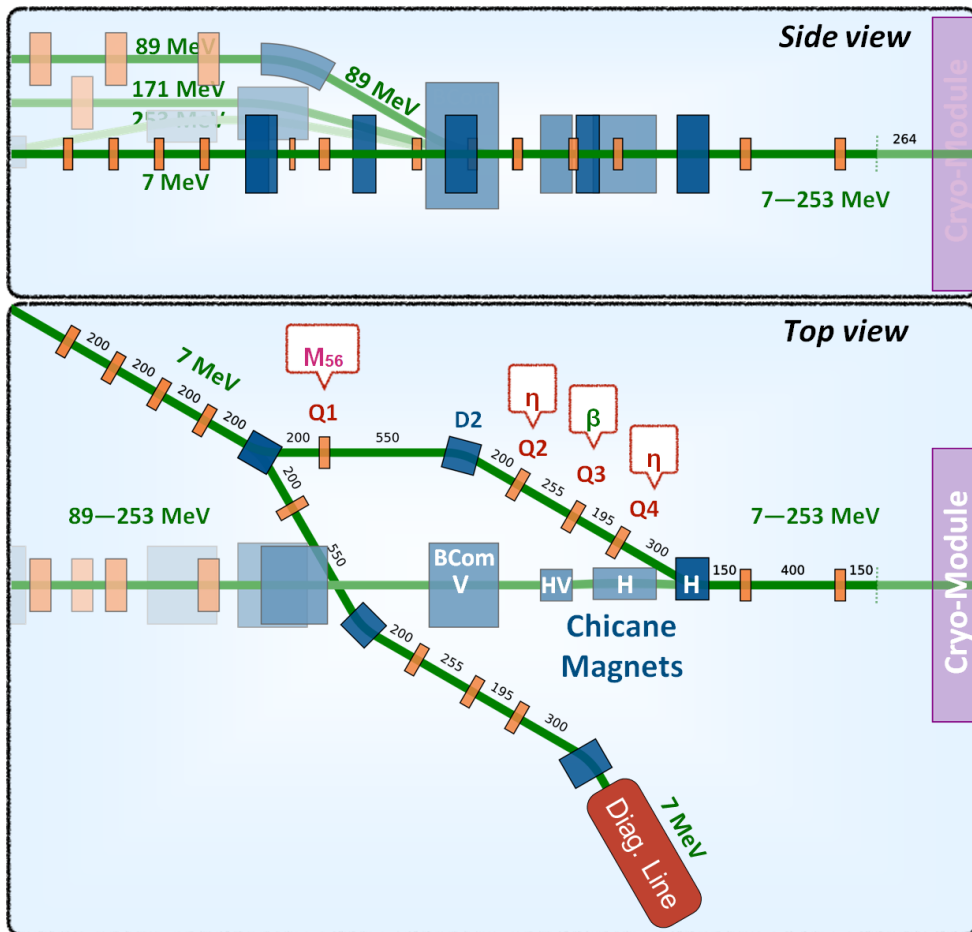
- ERL à la frontière 10MW
- e-scattering experiments 500MeV

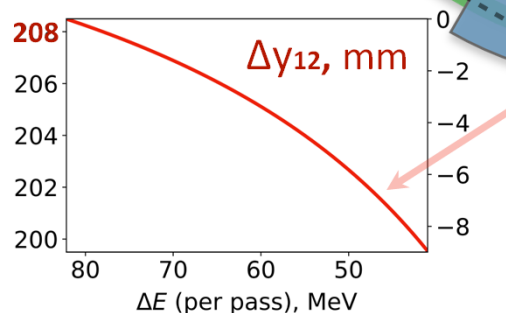
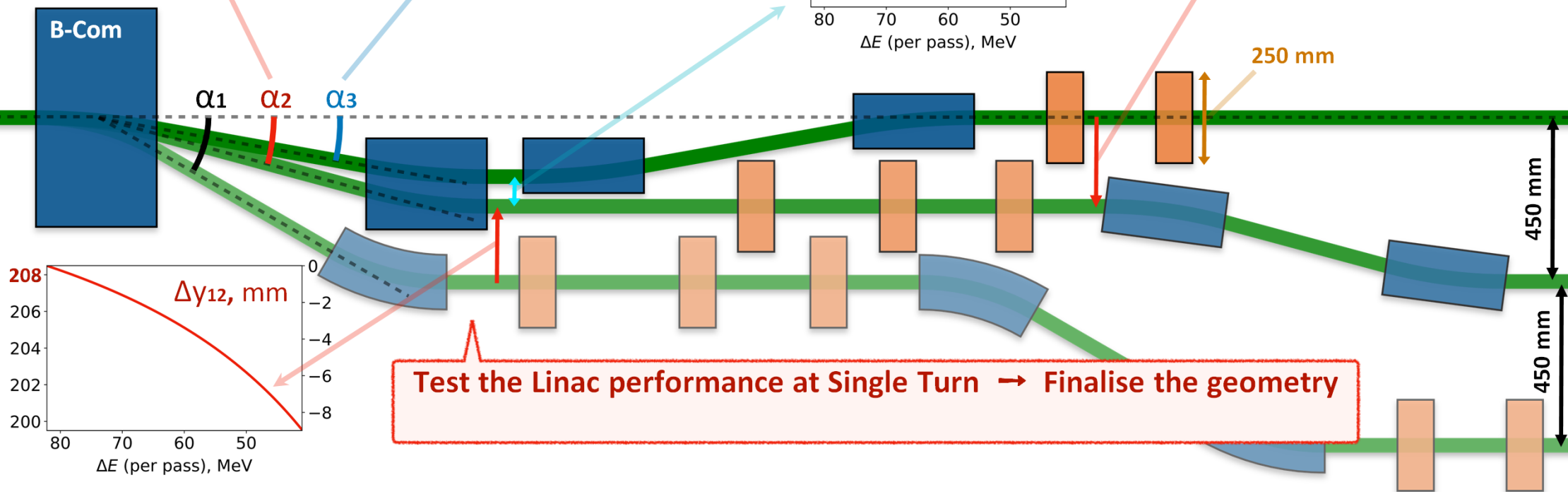
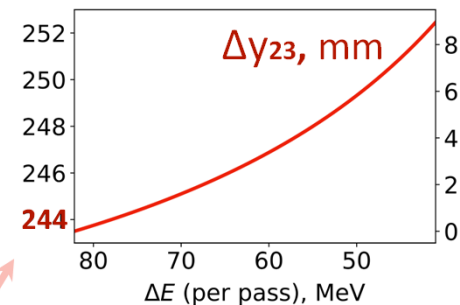
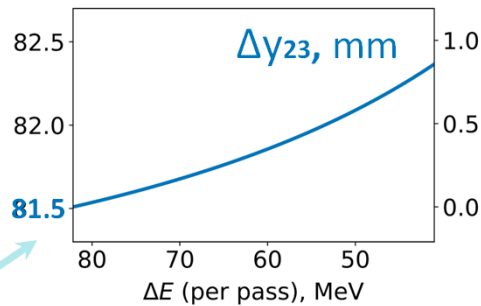
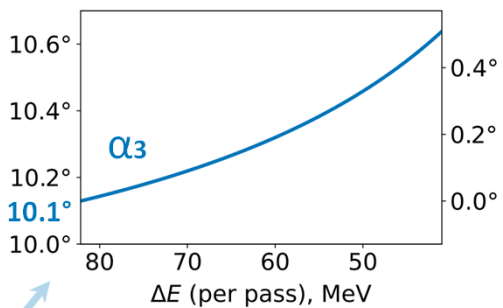
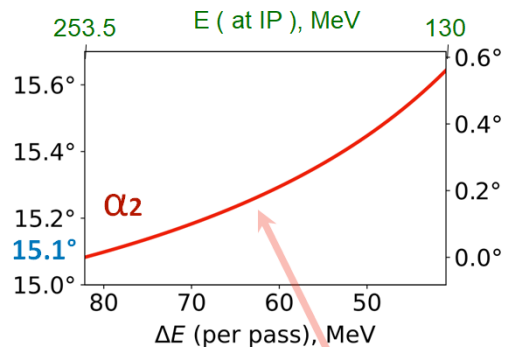
Objectifs :

- Récupération d'énergie multi-pass
- e-scattering experiments
- Frontière 5 MW

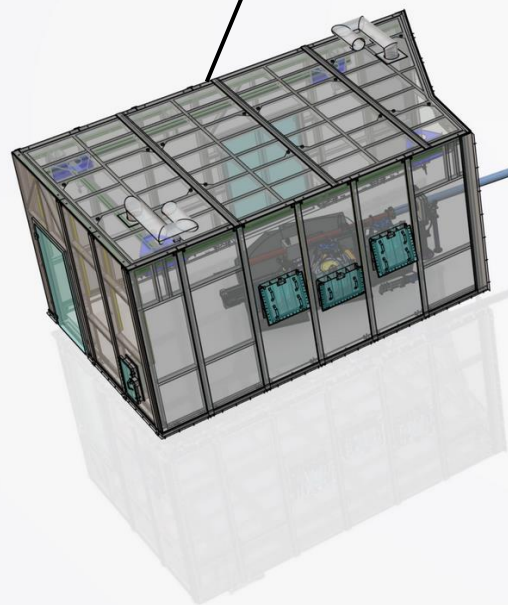
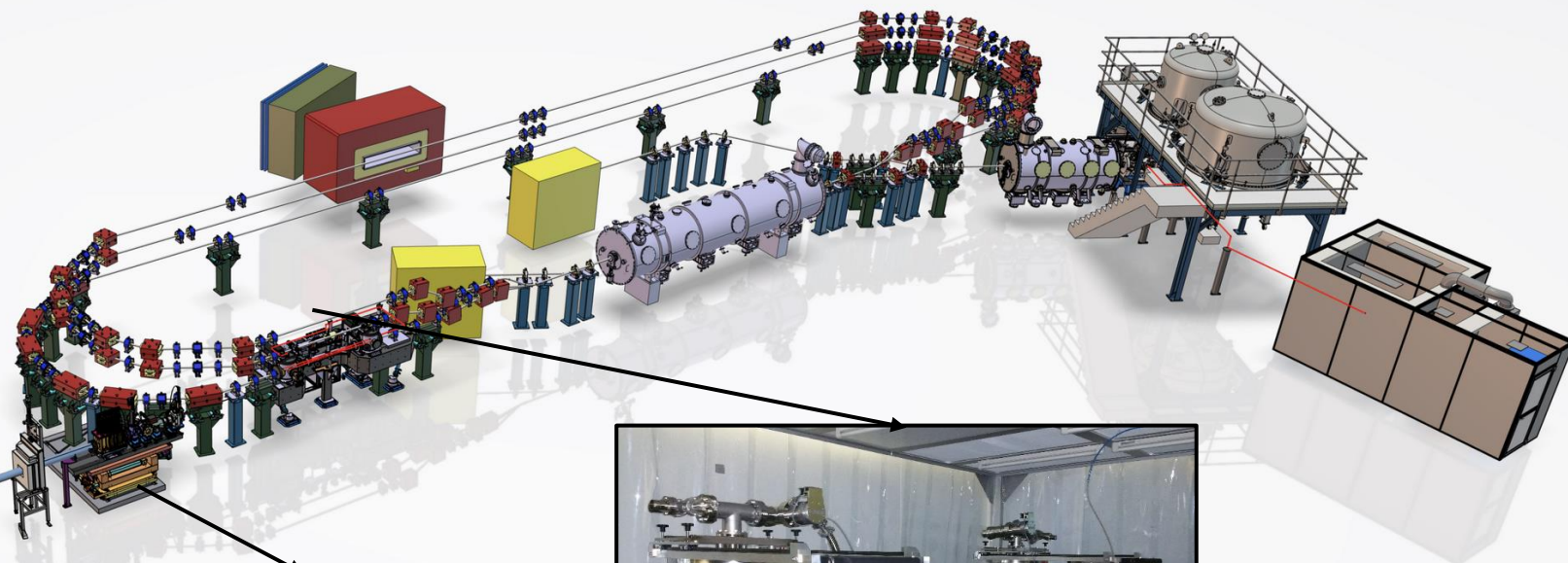
Objectifs :

- Test des performances du linac
- Ajustement du ToF /path length
- Premiers X-compton

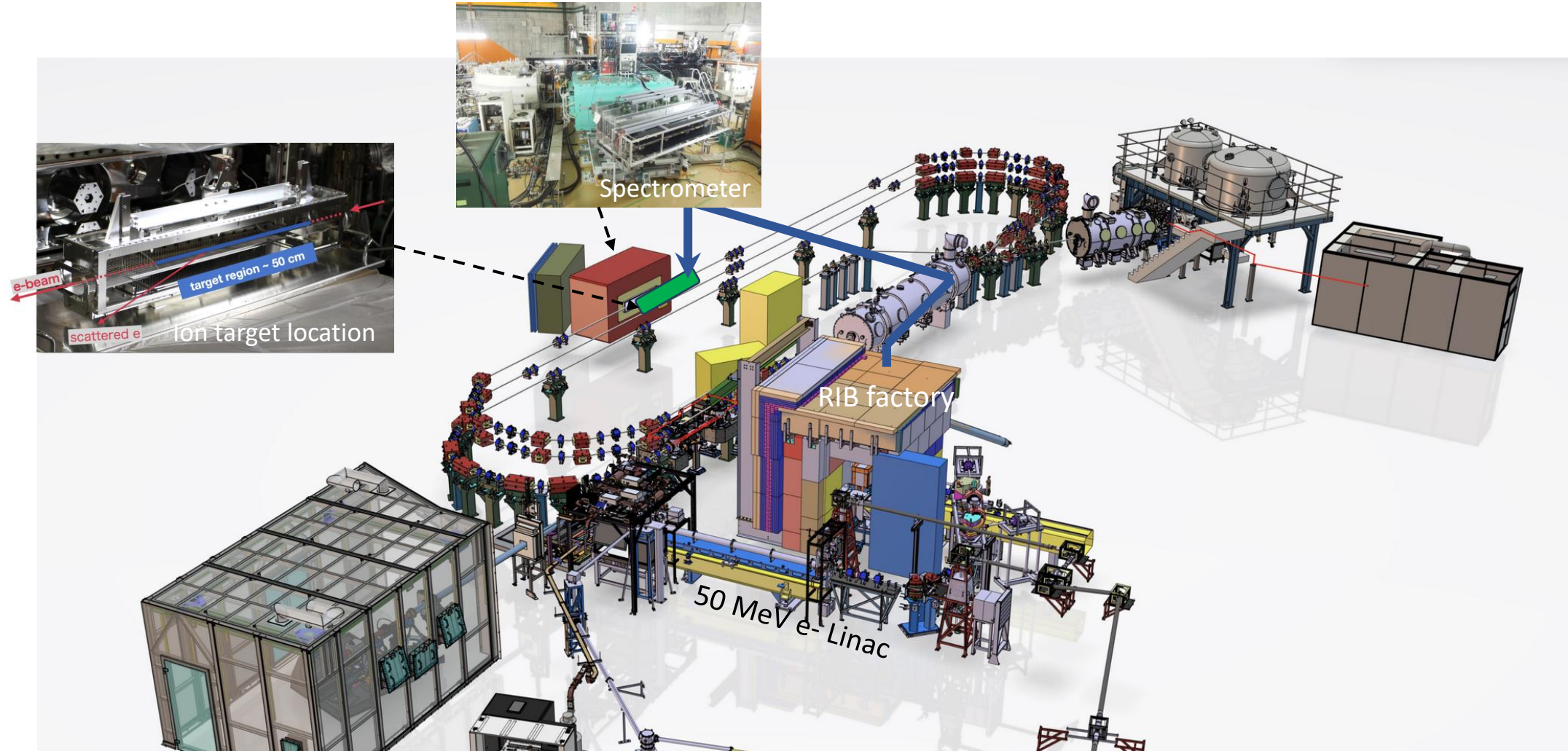




Test the Linac performance at Single Turn → Finalise the geometry



Interest to run at 89MeV
(150-200)KeV X-rays

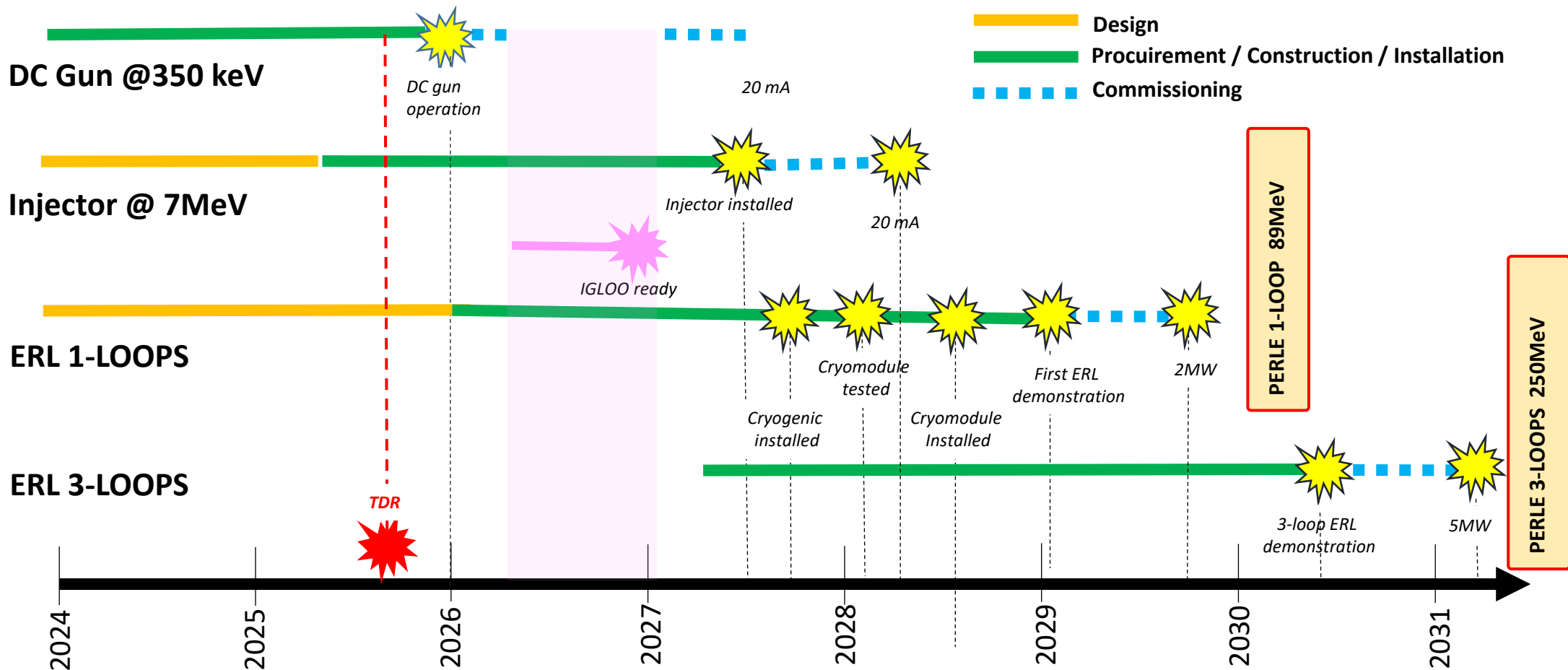


Sommaire

- Panorama des ERLs, PERLE
- Design de la machine
- **Statut actuel**



Project Phasage - Macro view with milestones



Etat du financement

Infrastructure
CPER

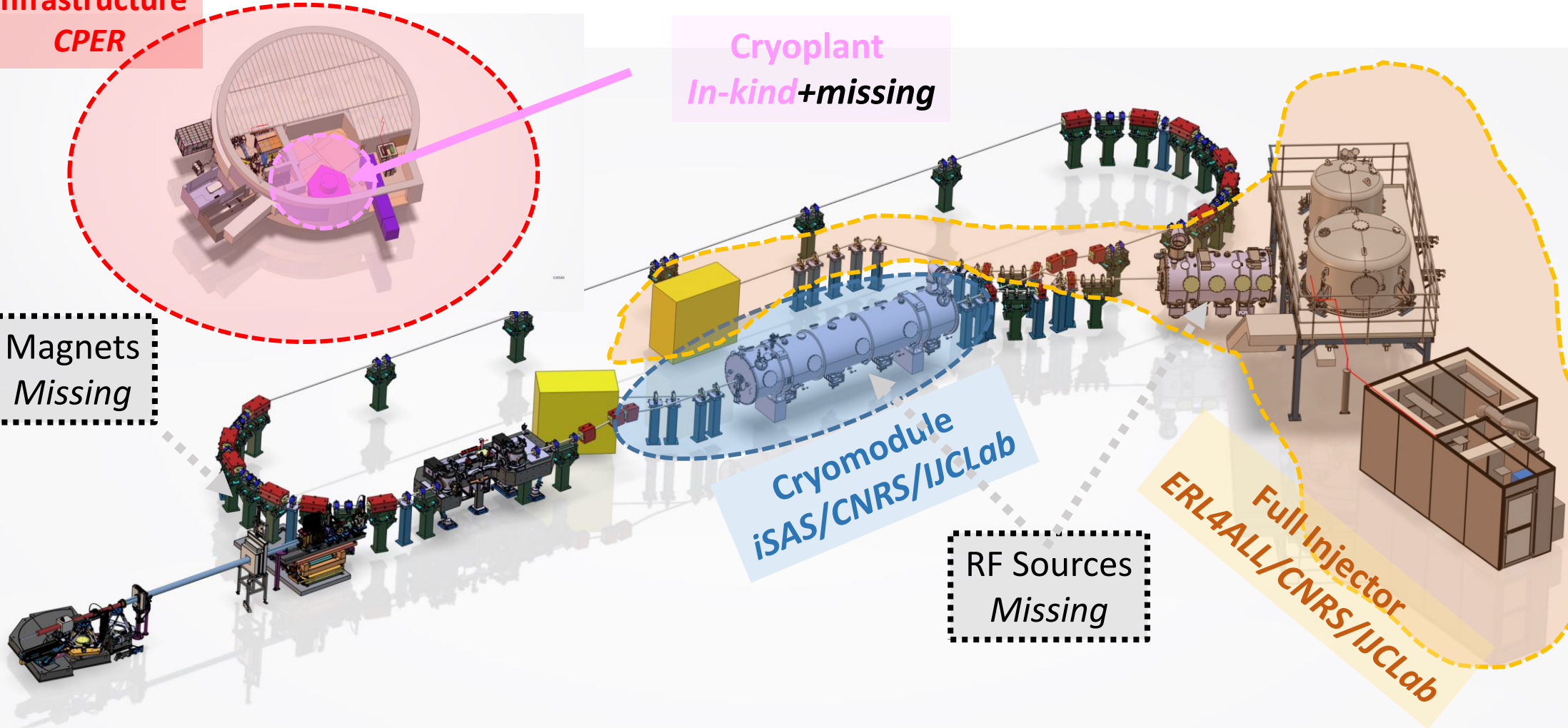
Cryoplant
In-kind+missing

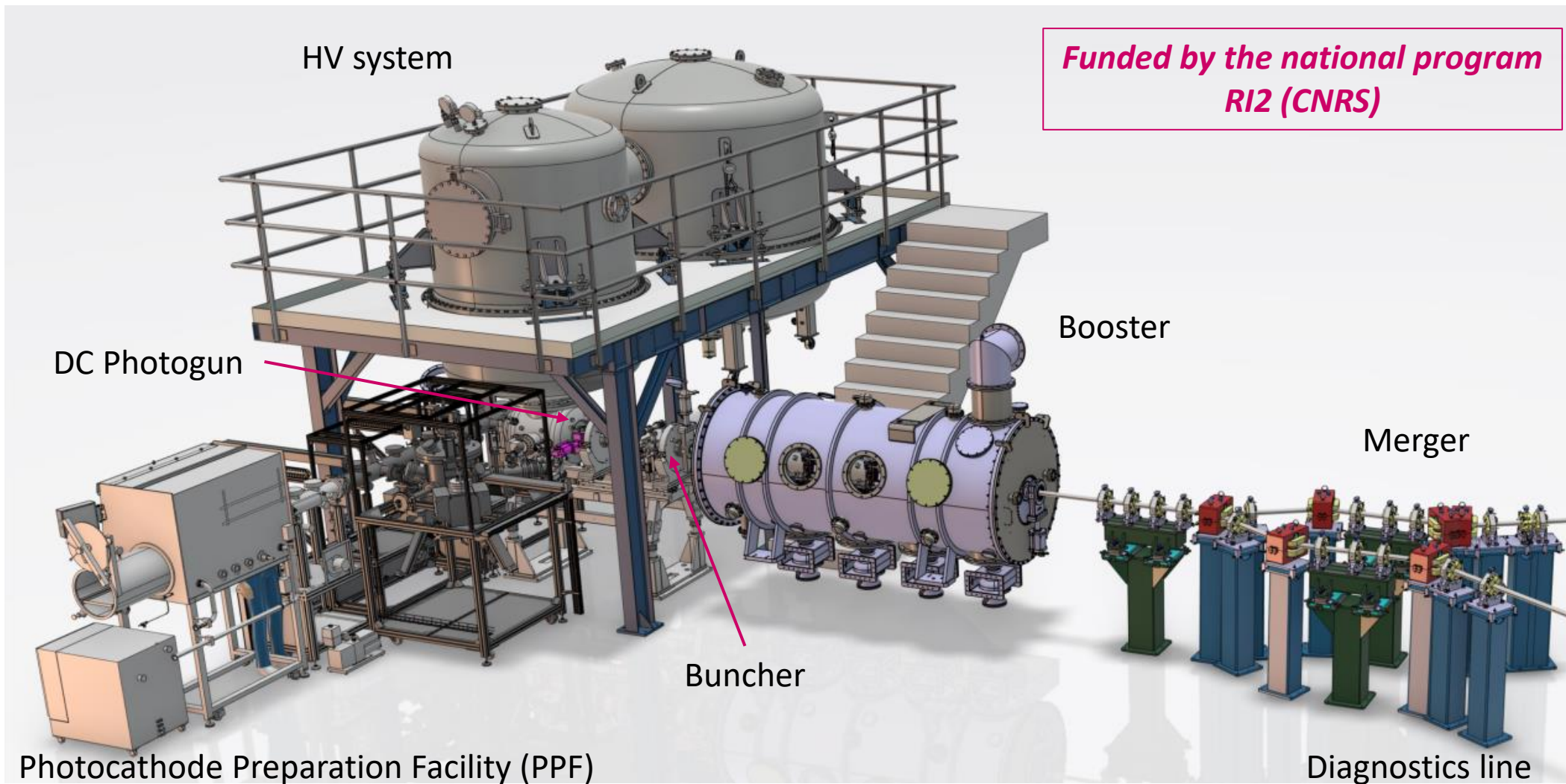
Magnets
Missing

Cryomodule
iSAS/CNRS/IJCLab

RF Sources
Missing

Full-Injector
ERL4ALL/CNRS/IJCLab





Within a Collaboration Agreement for photoinjector R&D between IJCLab (IN2P3) and Research Instruments GmbH (RI), Hardware of lighthouse project (terminated) transferred to IJCLab for PERLE. The gun was commissioned and tested at high rep rate, at a limited bunch charge. It includes:



A DC Gun, Cornell design (400 pC, 50 MHz demonstrated), fully equipped (all pumps) in load-lock version



HV power supply suited for high bunch charge (designed for 40 mA, 450 kV)



A Photocathode Preparation Facility (PPF)

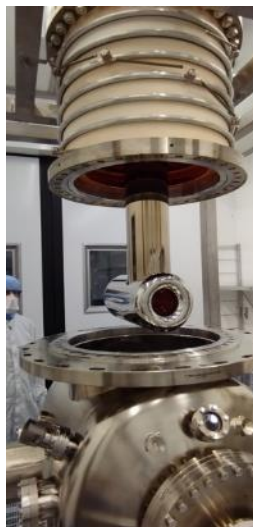
Dismantling of the PPF (September 2023)



Dismantling of the HV Columns tanks
Dismantling of the platform done by Baumann (November 2023)



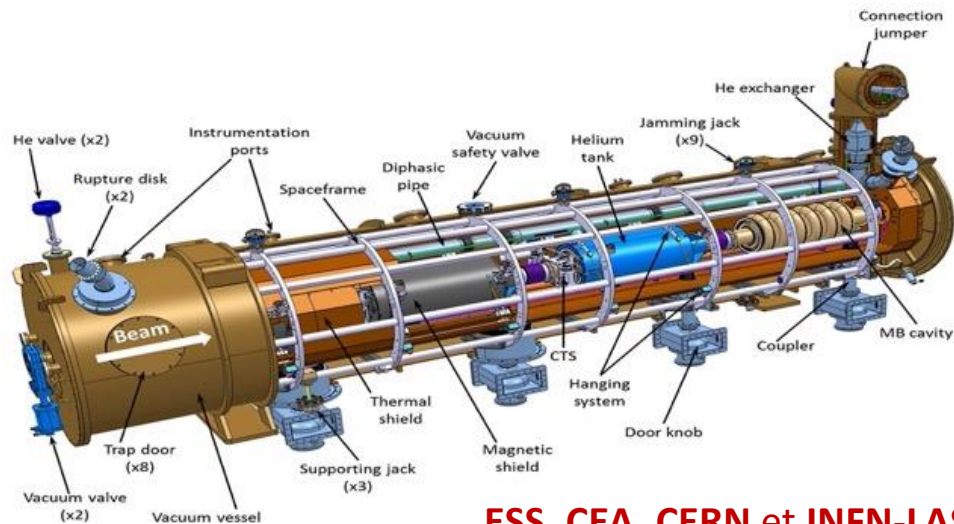
Gun status : dismantling of the gun
in clean room (January 2024)



The equipment were received at Orsay end of January

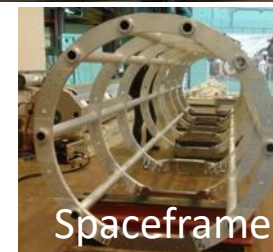


Le 1er cryomodule de PERLE est adapté du design d'ESS et sera optimisé pour une operation ERL fort courant. Il intégrera les systèmes RF optimisés (Cavités SRF, coupleurs et absorbeurs HOM, coupleurs de puissance) et développés au sein du **projet européen iSAS**.



ESS, CEA, CERN et INFN-LASA
sont impliqués dans cette tâche

As In-kind contribution of ESS to iSAS, the 1st cryomodule of the linac will reuse ESS medium beta prototype components:



Il intégrera les uveaux composants optimisés et développés avec le projet iSAS

- Cavity string (SRF cavities, RF couplers, Tuning systems, Beam Line Absorbers, HOM couplers...)
- Magnetic shield
- Cryogenics circuit...



WP6: Integration into Accelerator and Collider RIs

Adaptation of an existing cryomodule (ESS), ready to demonstrate energy recovery of high-power recirculating beams in PERLE

Partners: CNRS/IJCLAB, CEA, ESS, INFN, Lancaster University

Expertise CEA sur l'intégration de cryomodules SC*



Hall d'assemblage des cryomodules

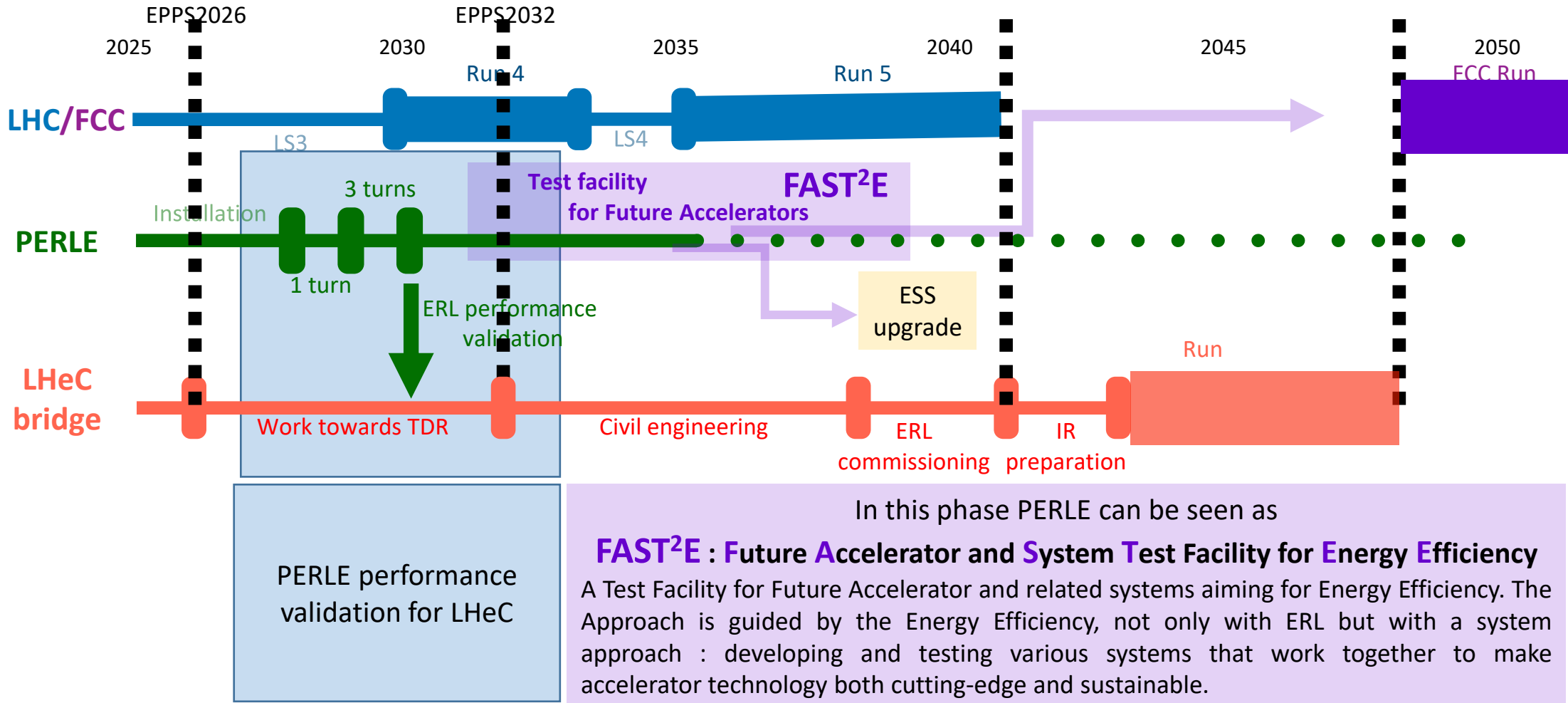
*J. Schwindling, Développements Accélérateurs au CEA, Rencontres Accélérateurs de la SFP 2024

- Progrès conséquents sur la phase de design, **un TDR PERLE est prévu pour Automne 2025.**
- Approche de **construction par phases** permettant de respecter les financements et les contributions in-kind. **Le programme complet nécessite des fonds supplémentaires.**
- **DC-gun + photocathode+ preparation chamber** acquis **auprès de RI via un accord de collaboration.** Toutes les pièces ont été livrées à IJCLab fin Janvier 2024. L'installation se poursuit sur le site choisi ("Igloo" à IJCLab). Le **Laser** a aussi été acheté et livré.
- **iSAS:** Projet européen INFRA-TECH. 11 partenaires (**CNRS, CERN, ESS, DESY, VUB, CEA, HZB, INFN, UKRI, UL, EPFL**). Support financier pour la construction de **l'entièreté du cryomodule du LINAC** (with IN2P3 matching funds + CM vessel from ESS).
- **Financement obtenu avec le programme national RI2 (CNRS)** qui permettra de financer **la totalité de la ligne d'injection et une partie du 1er tour.**
- Accord avec HZB pour récupérer une partie de l'équipement cryogénique: **Usine cryo, boîte à vannes et lignes de transfert.** Le transfert du matériel à IJCLab est prévu pour Octobre 2026.

Merci de votre attention !



Remerciements pour leur contribution aux transparents : J. D'Hondt, W. Kaabi, A. Stocchi, A. Fomin



In this phase PERLE can be seen as

FAST²E : Future Accelerator and System Test Facility for Energy Efficiency

A Test Facility for Future Accelerator and related systems aiming for Energy Efficiency. The Approach is guided by the Energy Efficiency, not only with ERL but with a system approach : developing and testing various systems that work together to make accelerator technology both cutting-edge and sustainable.

For EPPS2026 I propose to prepare an input for PERLE and to present this idea → **FAST²E as an European Facility**

Maille optique finale

Optics of the 3rd Turn (updated)

- Spreader and Recombiner are not symmetric
- Quadrupoles in Arcs close the dispersion and compensate M56 of Spreader and Recombiner
- Low beta ($\beta=30\text{cm}$) regions for experiments
 - ☐ IR1: Fabry Perot (2m) in the Spreader section (on the same side as Linac, determined by X-ray extraction line)
 - ☐ IR2: scattering on unstable ions (in the straight section)
- Beam size (5σ) under 4 mm
- Maximal gradient of quadrupole magnets < 24 T/M

Tuning M56 in the Arcs

- Possible to gain $M56 = \pm 80\text{ cm}$ with minor change of beam properties or introduce a local bump of $M56 = \pm 40\text{ cm}$ (probably more — ongoing studies)

