



Développement de la nouvelle source Q/A 1/7 pour le projet NEWGAIN

Journées R&T IN2P3 2023

Strasbourg

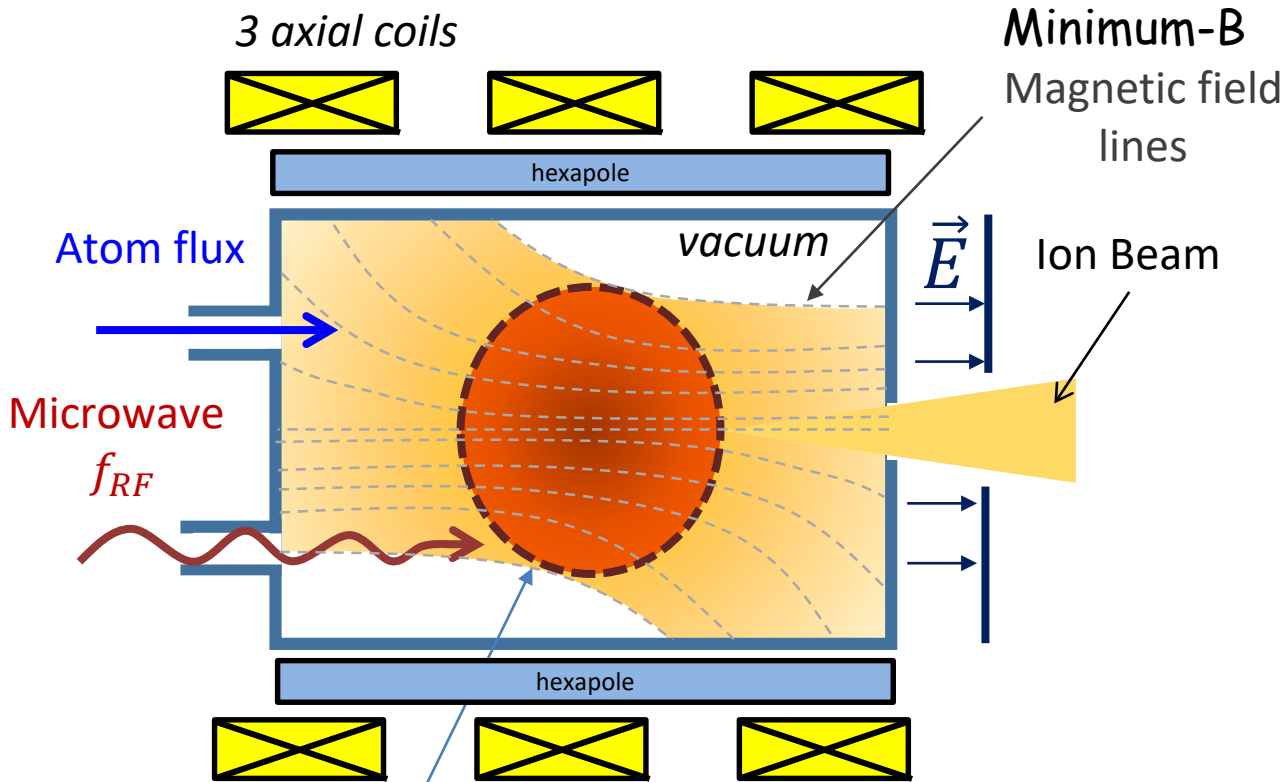
le 09/11/2023

Le projet Newgain

Quelle source d'ions pour Newgain?

Etat de la conception de la source d'ions ASTERICS et de sa plateforme haute tension

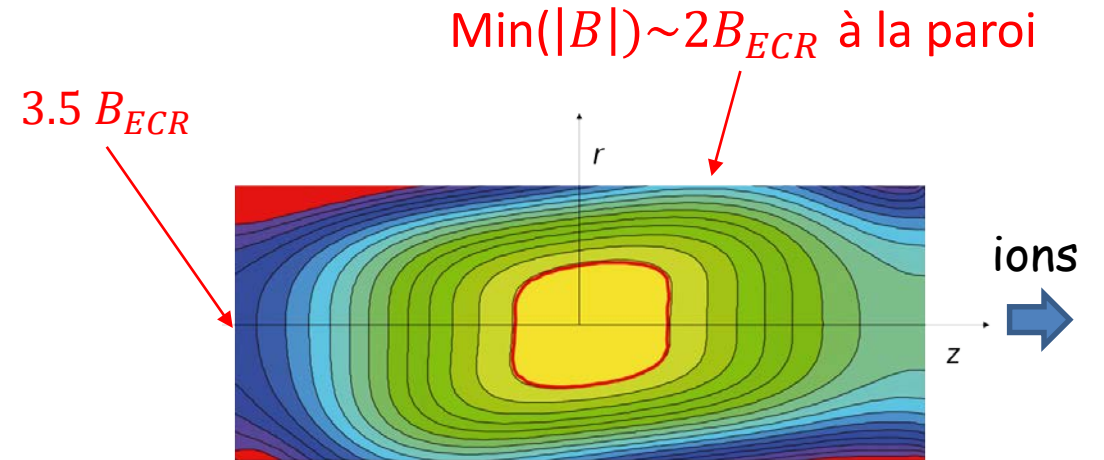
TRD, Planning



$$f_{RF} = \frac{eB}{2\pi m_e} = f_{ec}$$

$$\lambda_{MW} \ll L_{cavity}$$

Multi-Mode Cavity



Intensité des ions multichargés:

- $I \propto n_{plasma} \propto f_{ECR}^2$
- $B_{ECR} \propto f_{ECR}$
- $\text{Min}(|B|) \sim 2B_{ECR}$

Intérêt d'augmenter f_{ECR}

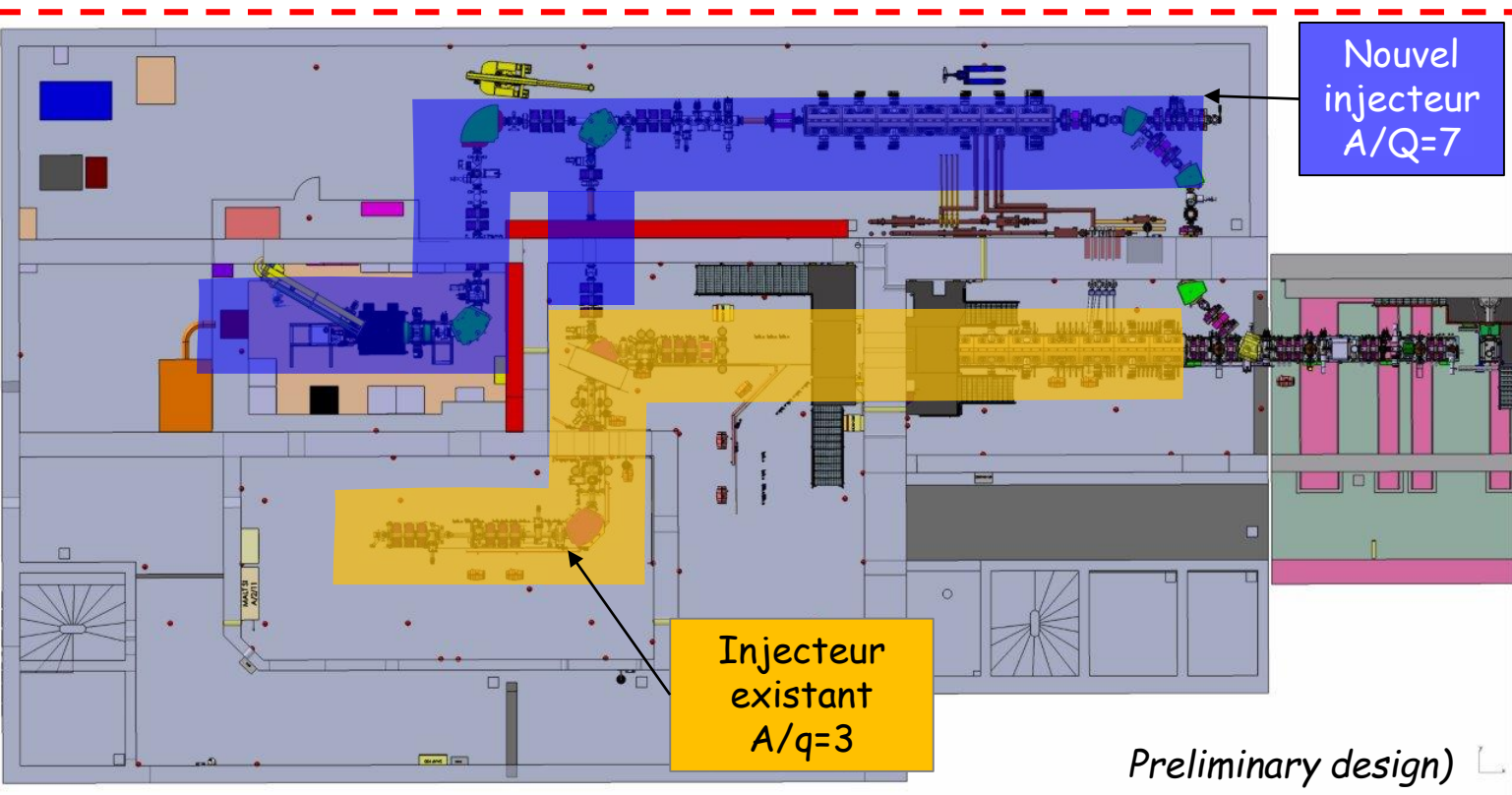
Mais il faut augmenter B_{ECR}

- $B_{ECR} = 1T$ pour $f_{ECR} = 28 \text{ GHz}$

Financé par l'ANR (Equipex+)

- Période 2021-2029
- Collaboration nationale multi-laboratoires CNRS - CEA

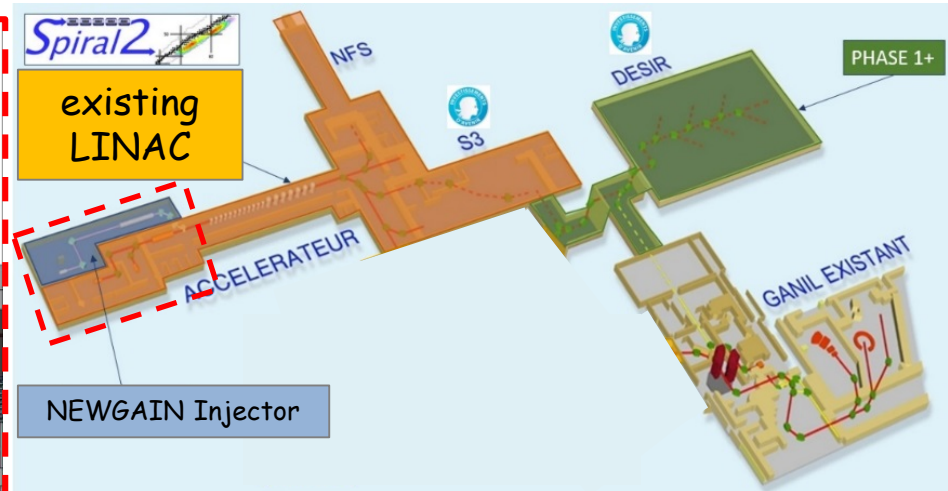
Objectif: hautes intensité de faisceaux d'ions lourds jusqu'à l'uranium au GANIL



Nouvel injecteur A/Q=7

Injecteur existant A/q=3

Preliminary design)



Intensité d'ions avec $M/Q \leq 7$

- 13 pμA jusqu'à $M \leq 100$
- 10 pμA pour $M > 100$

Possible avec une source d'ions ECR fonctionnant à 18 GHz

Très ambitieux avec une source supraconductrice opérant à 28 GHz

Run longs jusqu'à plusieurs mois

- Hors temps de recharge des fours de vaporisation des métaux

Développer des nouveaux fours de grande capacité, travailler l'efficacité de conversion

Fiabilité

- Utiliser des technologies de source d'ions éprouvées
- Minimiser les risques de construction
- Redondance en opération

Baser la conception de l'aimant supra sur une technologie de source connue

Tension d'entrée dans le RFQ

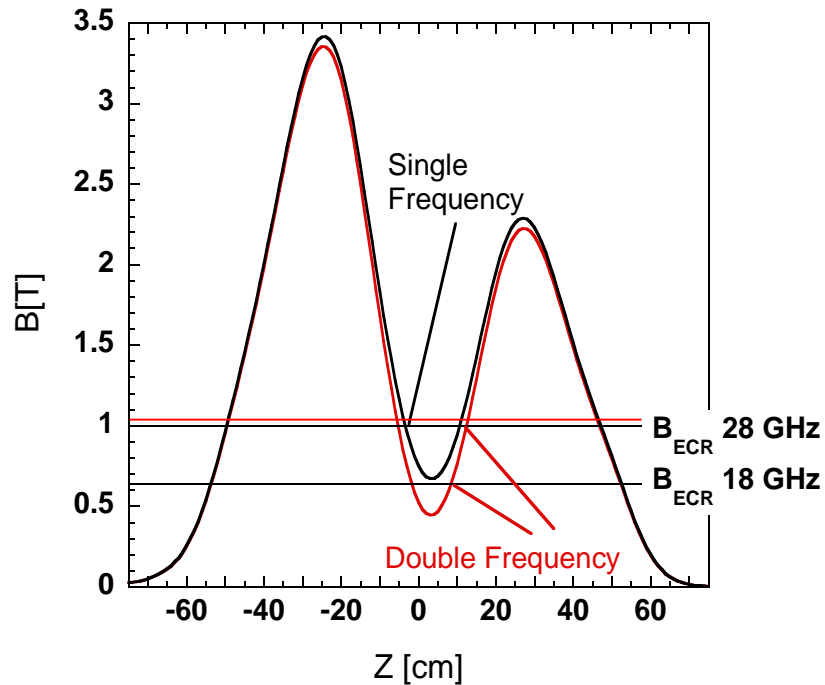
- 10 kV/Q
- Soit 70 kV de tension d'extraction

Permettre l'injection d'ions depuis l'injecteur $A/Q=3$ vers le RFQ $A/Q=7$

Source sur plateforme haute-tension

Choix technologique de référence : source d'ions existante VENUS

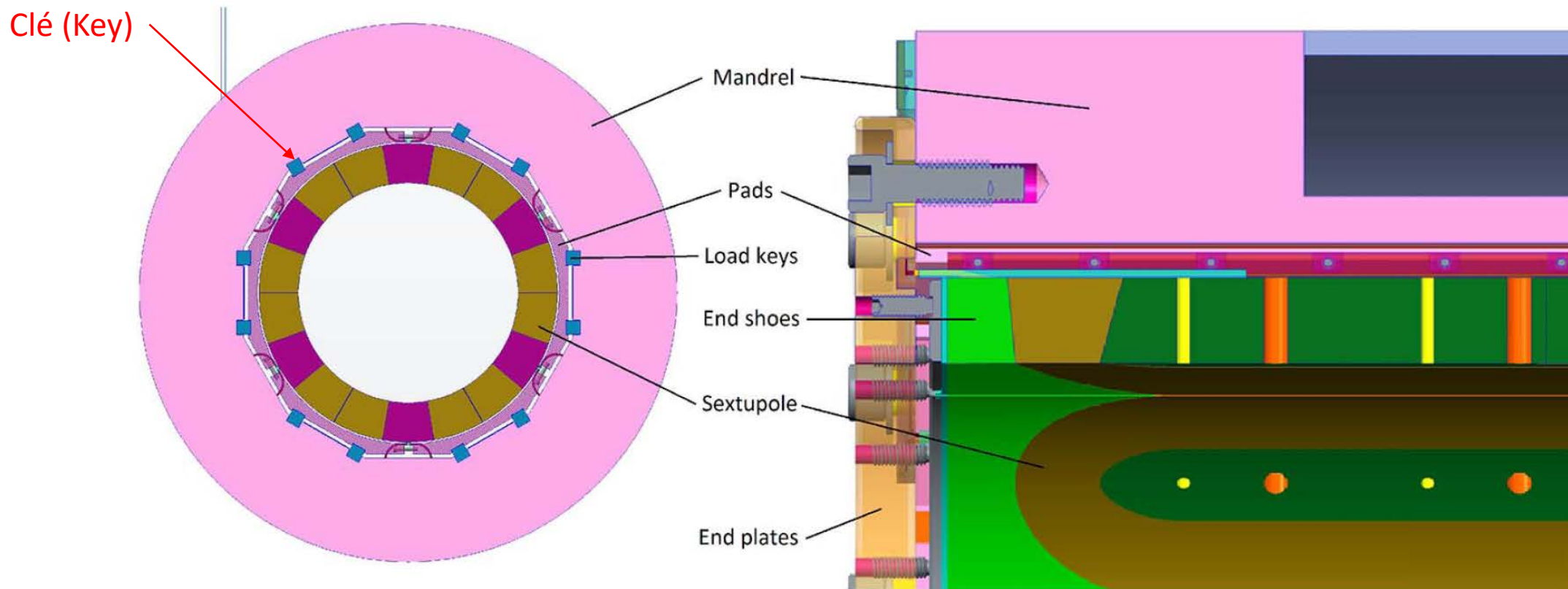
- Design aimant supraconducteur LBL
- Année 2000: 20 ans de recul
- Source fiable @ 28 GHz
- Bonnes performances



Choix d'utiliser la technologie de la version de l'aimant VENUS-FRIB

- Technologie « bladder and key »
- Bain d'hélium à 4 K

Savoir faire de conception connu au CEA Irfu

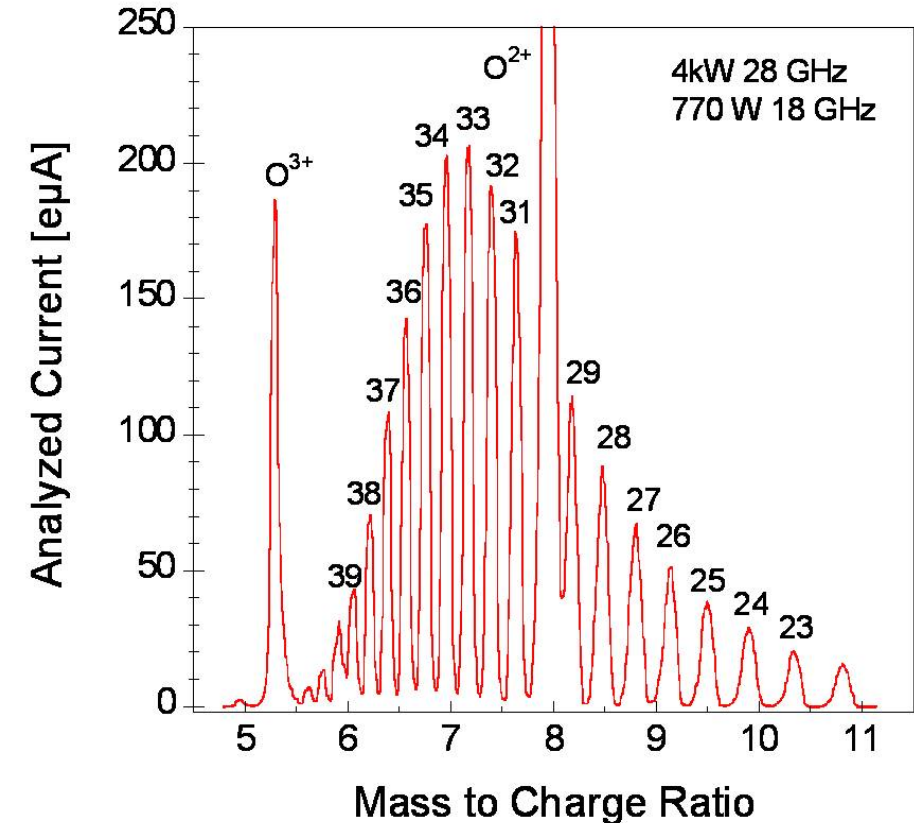


Produire 10 pμA d'U³⁴⁺ pendant plusieurs semaines nécessite une amélioration de conception par rapport à la source VENUS

- VENUS produit 5 pμA d'U³⁴⁺ sur de longues périodes
- c'est pour cela que dans FRIB, deux états de charge sont injectés: 5 pμA U³⁴⁺ + 5 pμA U³³⁺

Comment améliorer les intensité d'ions, tout en minimisant le risque projet?

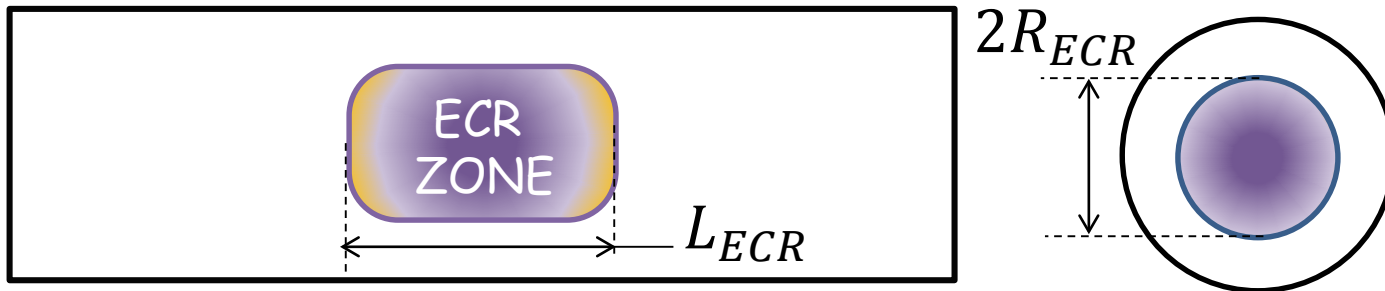
- En augmentant le volume du plasma (voir plus loin)
- En conservant le système de VENUS (homothétie de la mécanique)



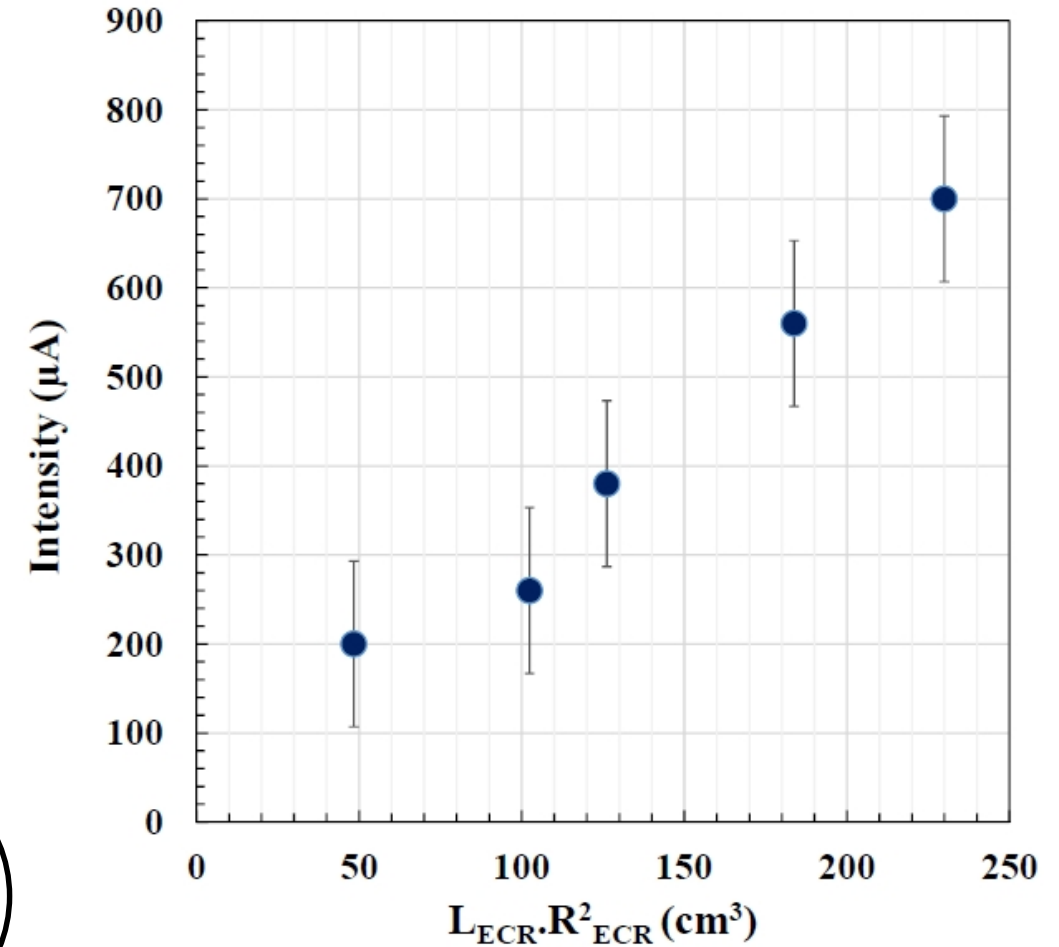
Retour d'expérience opération @ 18 GHz

- Sources PHOENIX V2, PHOENIX V3, GTS, HIISI, SUSI
- Intensité vs $V_{ECR} \propto L_{ECR} \times R_{ECR}^2$
- confinement magnétiques comparables
- Puissance RF /cm³ ~ const ~ 0.5 W/cm³
- Paramètres plasma identiques:
- → n_e and T_e ~ const

$$I \propto V_{ECR}$$



Ar¹²⁺ Beam Intensity



Un plasma plus long augment l'intensité du faisceau d'ions

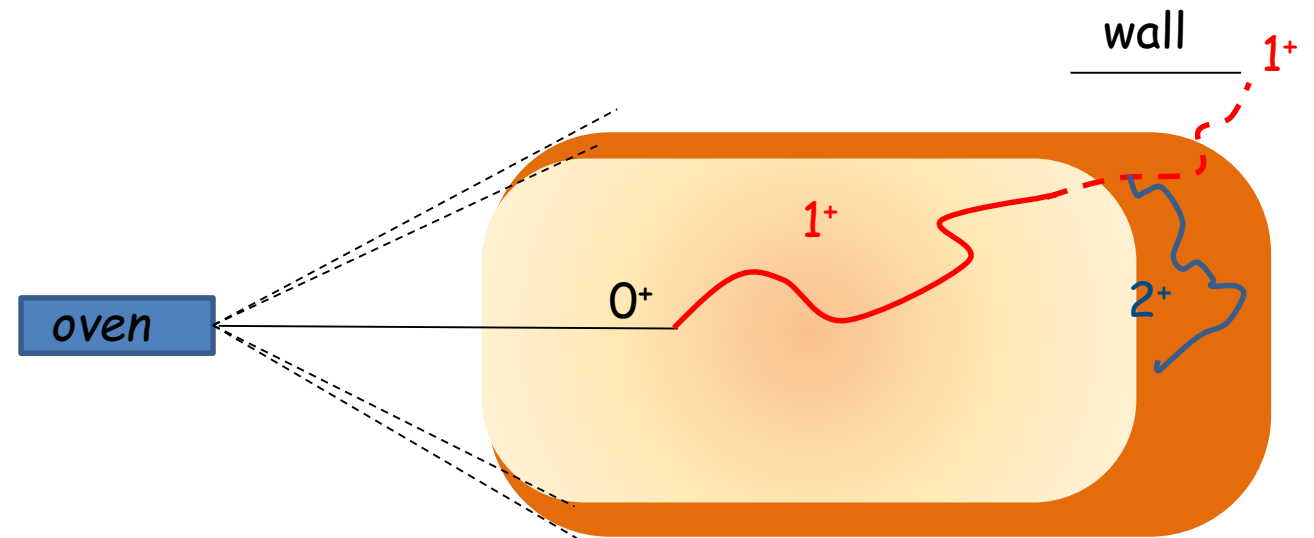
Un plasma plus large favorise la production d' U^{34+} par rapport à U^{33+}





Un plasma plus volumineux augmente la probabilité de capture des vapeurs métalliques

- Amélioration du rendement de conversion atomes \rightarrow ions

Choix d'augmenter le volume de la source Newgain pour viser $10 \mu A U^{34+}$

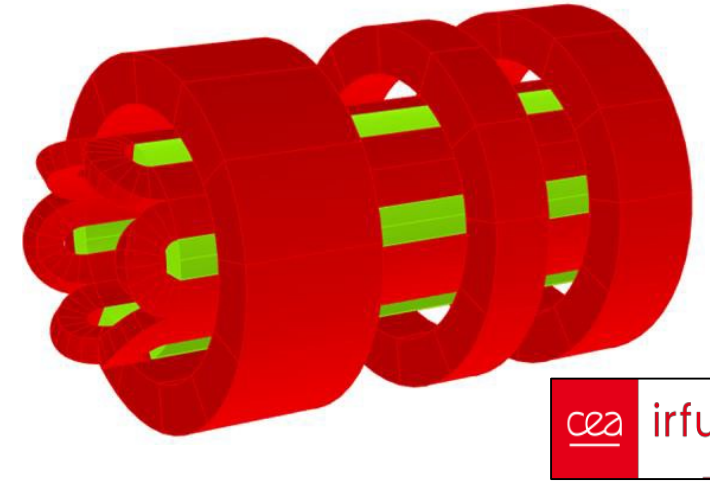
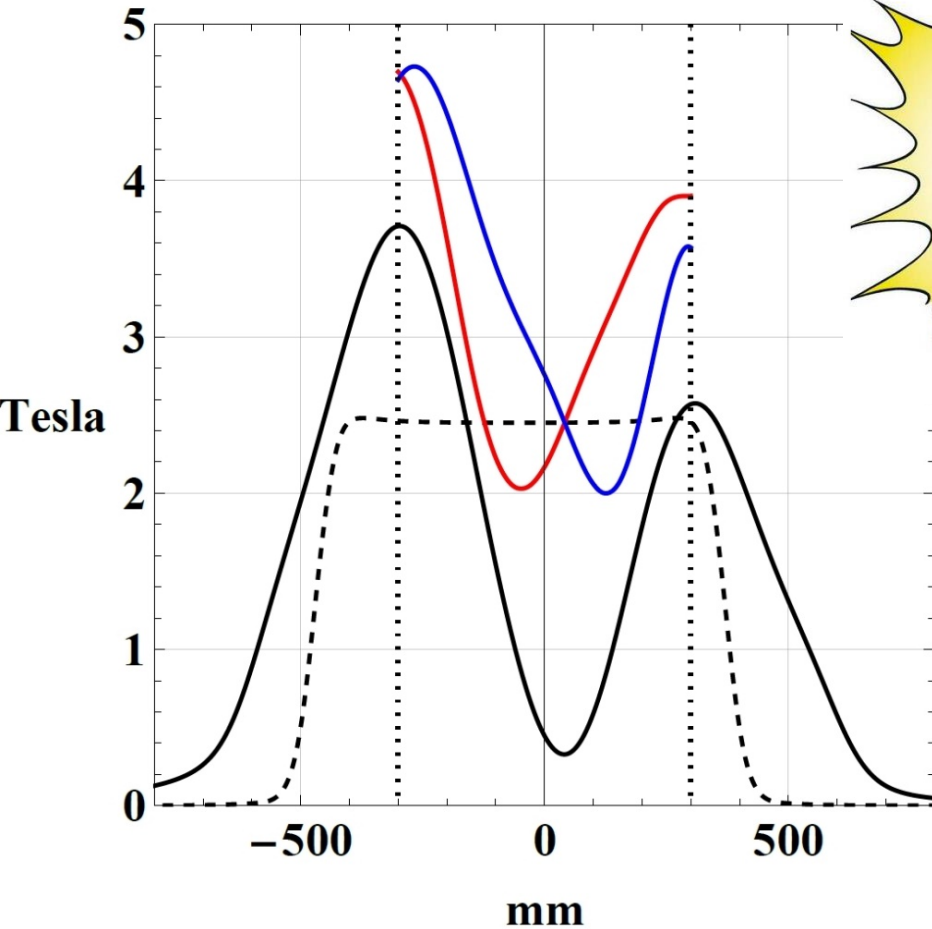
	VENUS	NEWGAIN
$L_{chambre}$	500 mm	600 mm
$R_{chambre}$	72 mm	91 mm
L_{ECR}	178	205
R_{ECR}	50	58
V_{ECR}	1.17 l	1.85 l
$V_{ECR} (\%)$	100%	158%



Laboratoire	Tâche	
	Coordination Tâche Mécanique & Instrumentation source	T. Thuillier, E. Lagorio, F. Vezzu, M. Kulseja, P. Sole, J. Angot, A. Cernuschi, J. Giraud
	Tâche Aimant supra conducteur, cryostat, satellite et instrumentation	D. Simon, H. Allain, C. Berriaud, T. Cadoux, H. Felice, E. Fernandez-Mora, T. Guillo, P. Graffin, V. Kleymentov, A. Sinnana, R. Touzery, S. Trieste, R. Vallcorba
	Tâche Plateforme haute tension	D. Goupillière
	Expertise, futur exploitant	F. Lemagnen, M. Dubois, B. Osmond, A. Trudel

Conception par le CEA Irfu

Profil axial max : 3.7-0.1-2.5 T



cea irfu

- Homothétie de l'aimant VENUS
- Hexapole: $B_r \sim 2.45 \text{ T} @ r=91 \text{ mm}$
- Avantage d'un plus grand volume: relaxation de la composante magnétique radiale parasite des bobines axiales
- Dernière iso-B fermée pour 3.7-0.3-2.5 T :
 - ASTERICS $\text{Min}(|B|) \sim 2\text{T}$
 - VENUS $\text{Min}(|B|) \sim 1.87\text{T}$

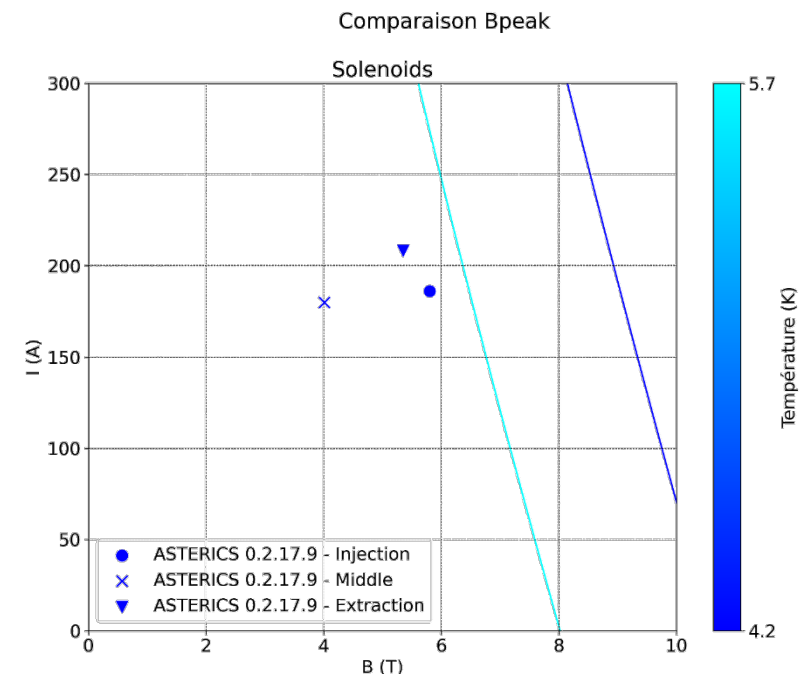
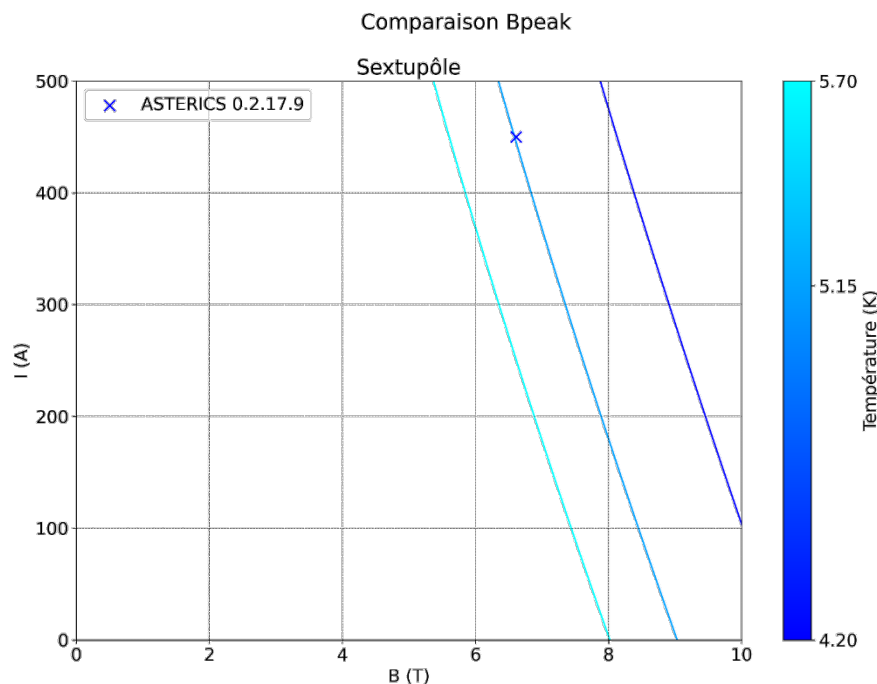
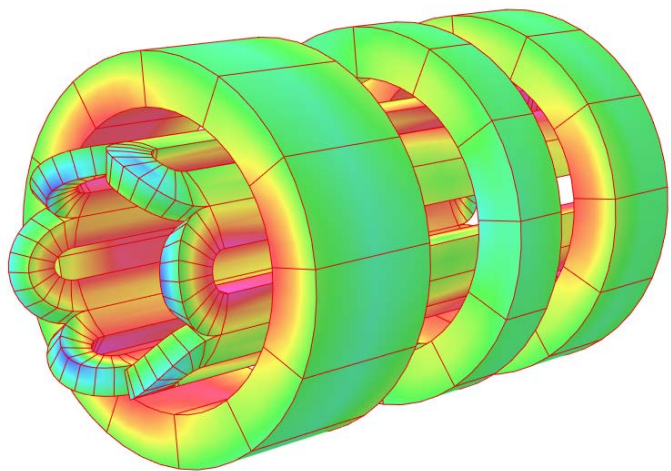
*ASTERICS=Advanced Spiral Two Electron cyclotron Resonance Ion source with Superconducting magnets at Caen

Même conducteur que VENUS-FRIB, câblé commandé chez Furukawa (JP)

Marges de Température:

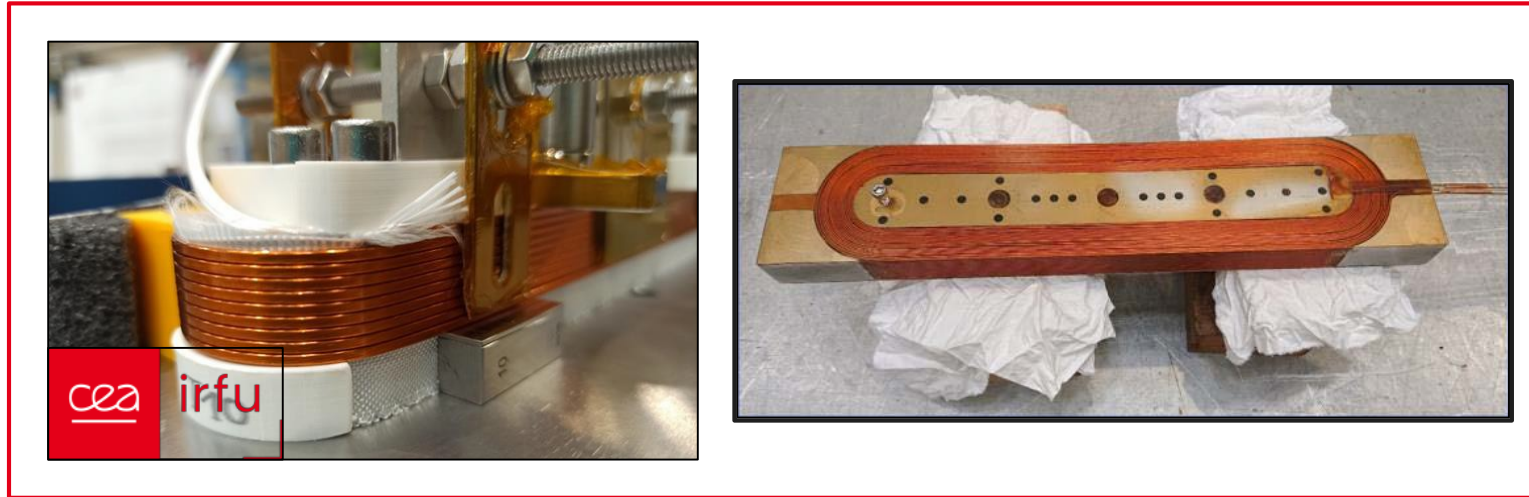
- >1.5 K solénoïdes
- ~1 K for hexapole
- Identique à l'aimant de VENUS

	Solen. INJ			Solen. MID			Solen. EXT			hexapole		
	B Peak (T)	I (A)	T (K)	B Peak (T)	I (A)	T (K)	B Peak (T)	I (A)	T (K)	B Peak (T)	I (A)	T (K)
ASTERICS 0.2.17.9	5.8	186.1	6.04	4.01	-180	6.95	5.35	208.4	6.18	6.61	450	5.15



Maquette de bobine de d'hexapole plate construite à Saclay

- Pour tester la technique de bobinage et d'imprégnation époxy sous vide



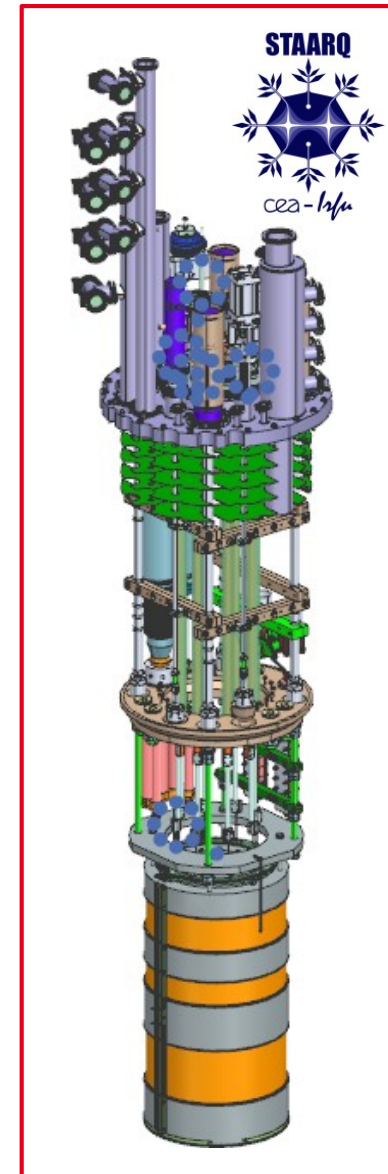
Conception préliminaire de l'aimant et du cryostat faite par le CEA

Conception finale et construction sous traitée à l'industrie

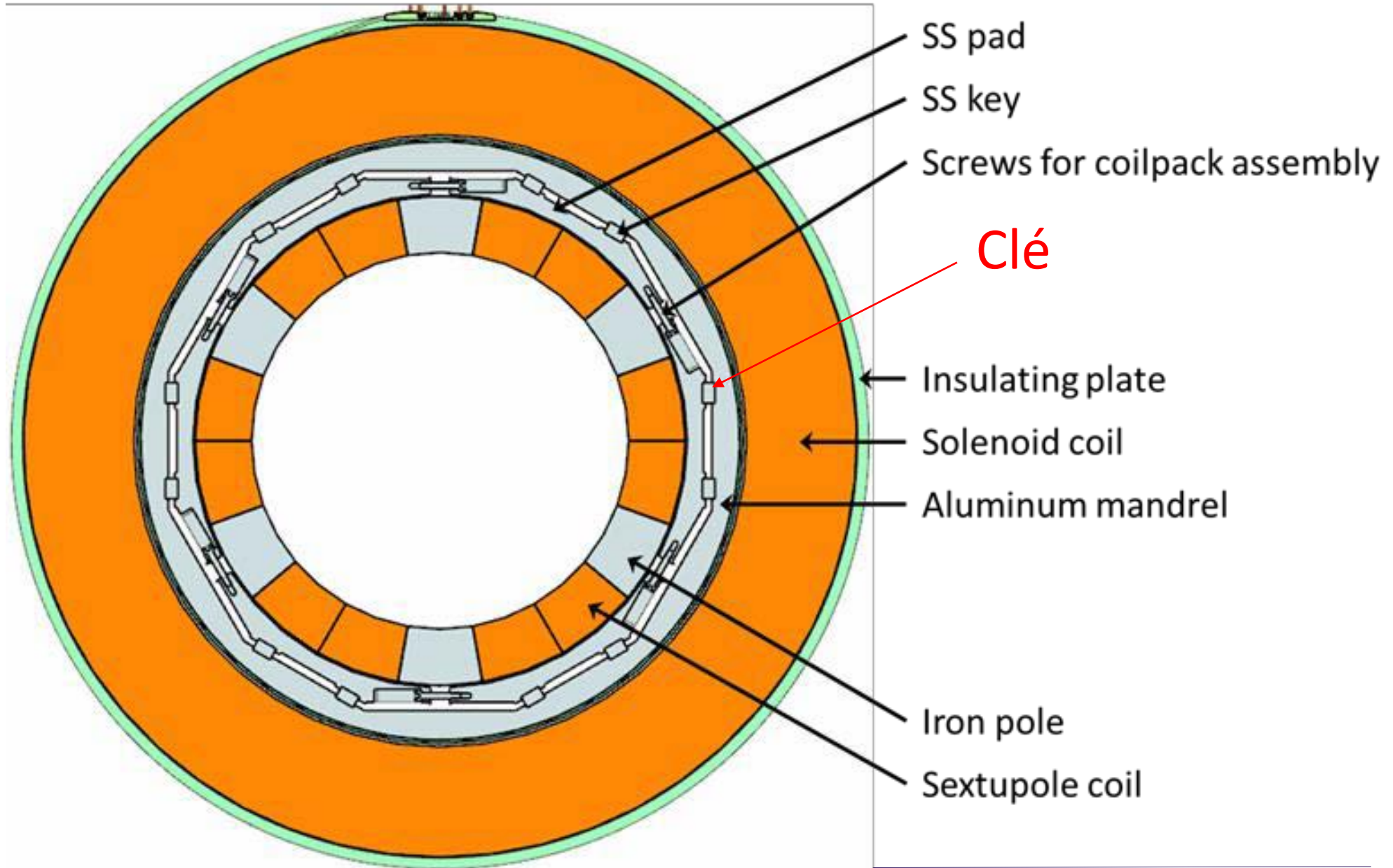
Test de l'aimant seul planifié dans le cryostat STAARQ à Saclay

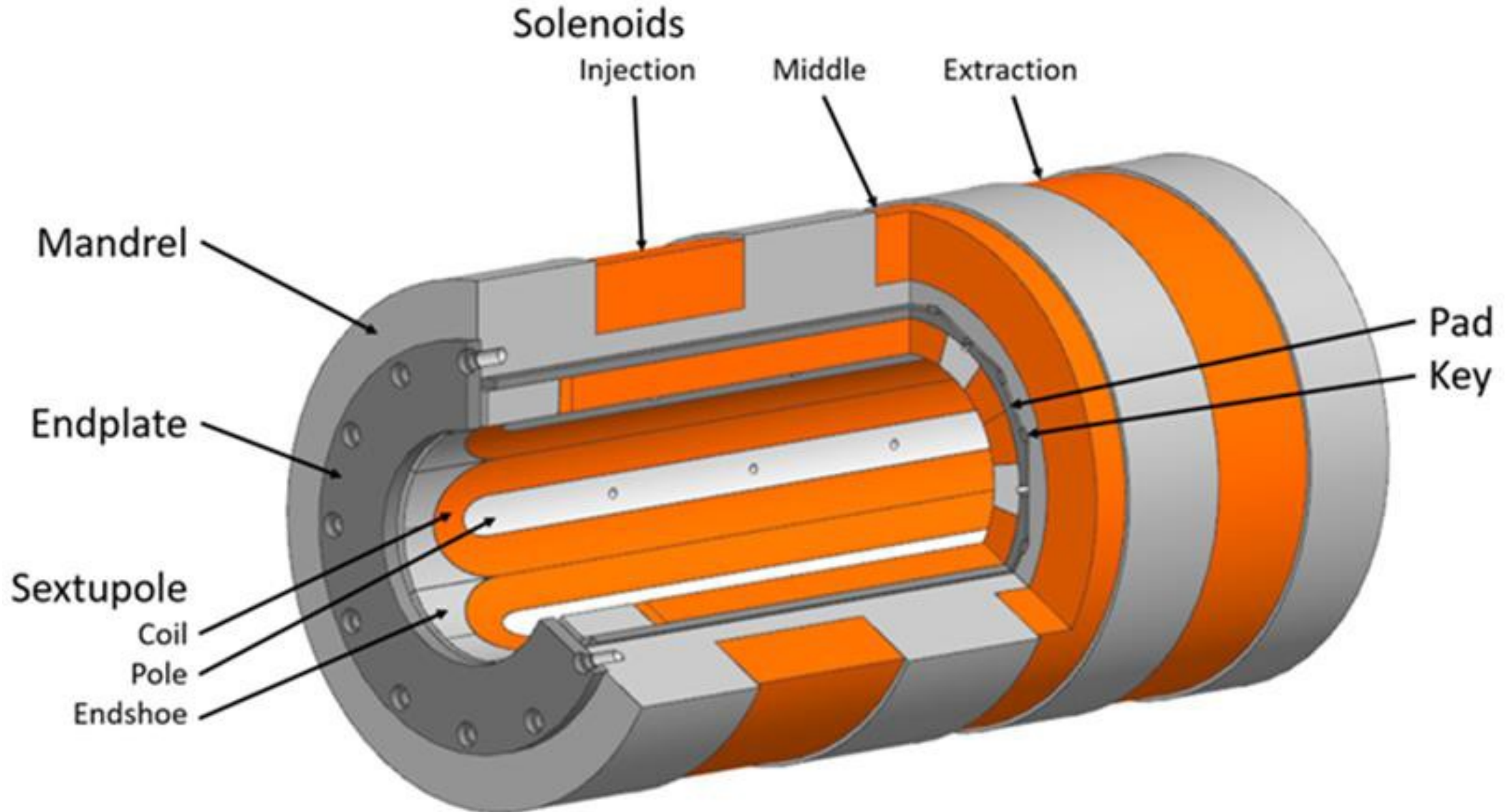
- 12 bobines d'hexapole construites pour 6 utilisées
- 16 km de câble supplémentaire commandé pour pouvoir refaire un solénoïde

Avant intégration dans le cryostat par l'industriel



Coupe aimant ASTERICS





Technique « Bladder and keys »

Bain LHe en circuit fermé

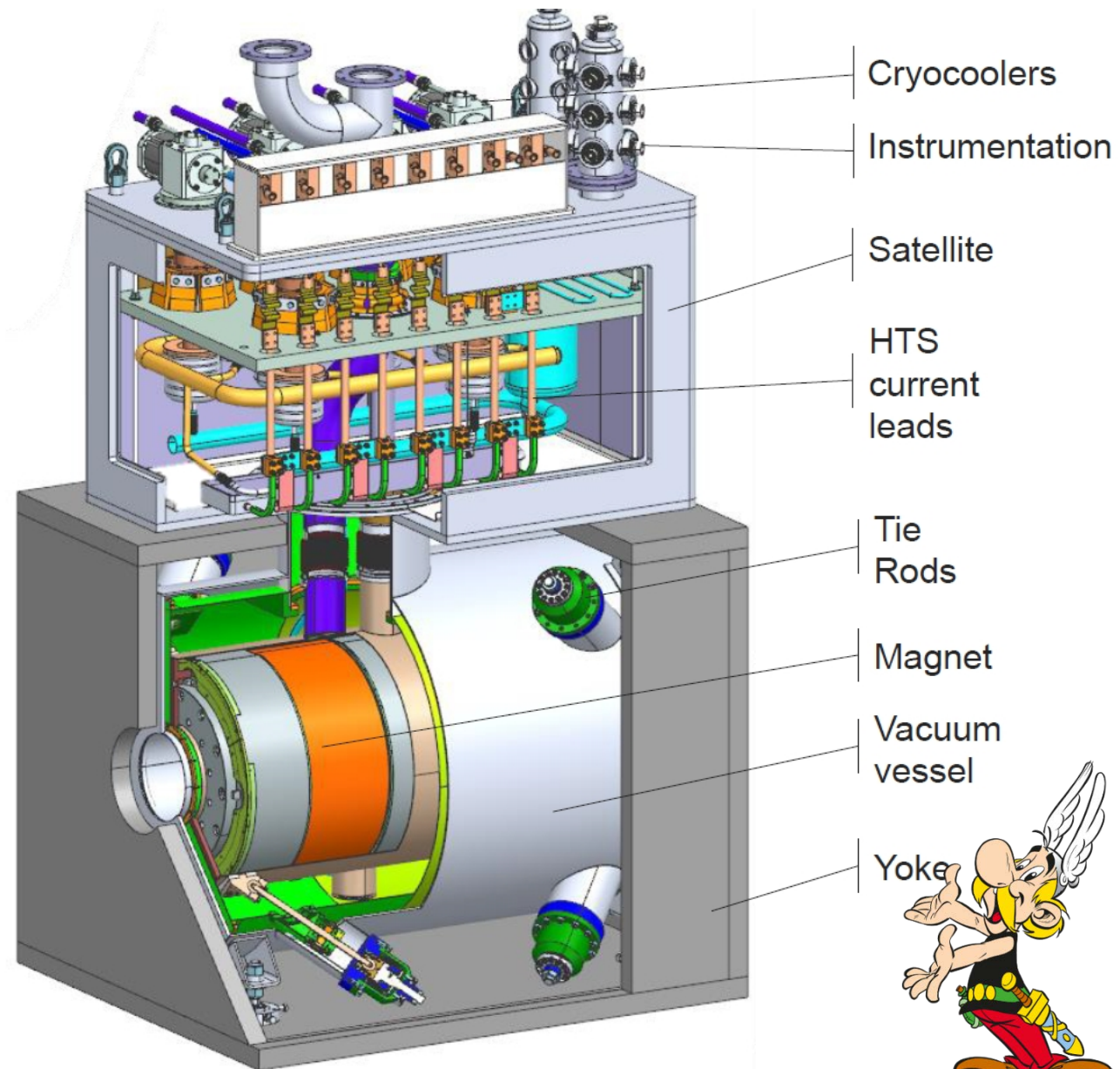
6 cryocoolers GM-JT (1.8W@4K)

8 amenées de courant HTS

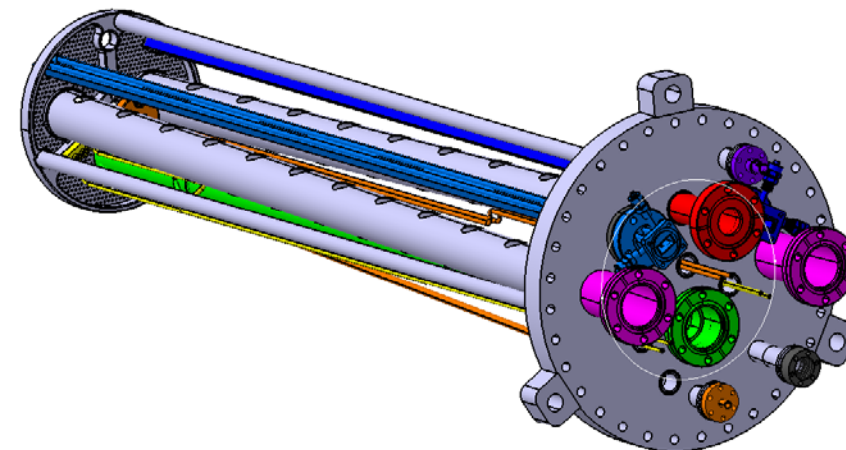
Instrumentation redondante

Système de détection et de protection active contre les quench

- Énergie dissipée dans des résistances externes



Le grand diamètre de chambre à plasma (182 mm) permet d'installer toutes les fonctionnalités possibles en même temps



18 GHZ
WG

Biased disk

Oven port 1

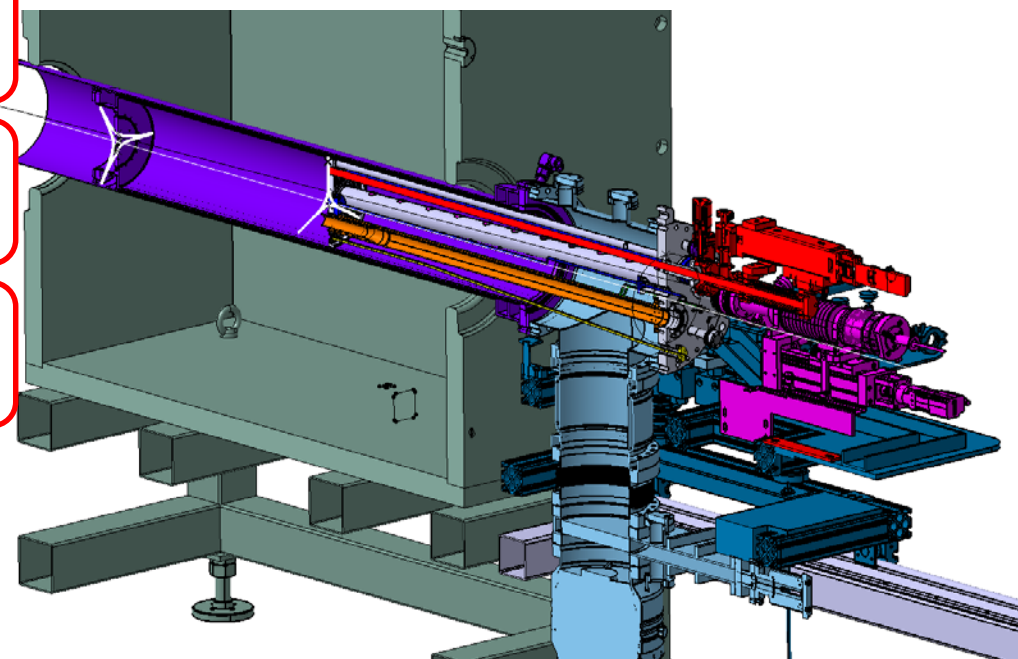
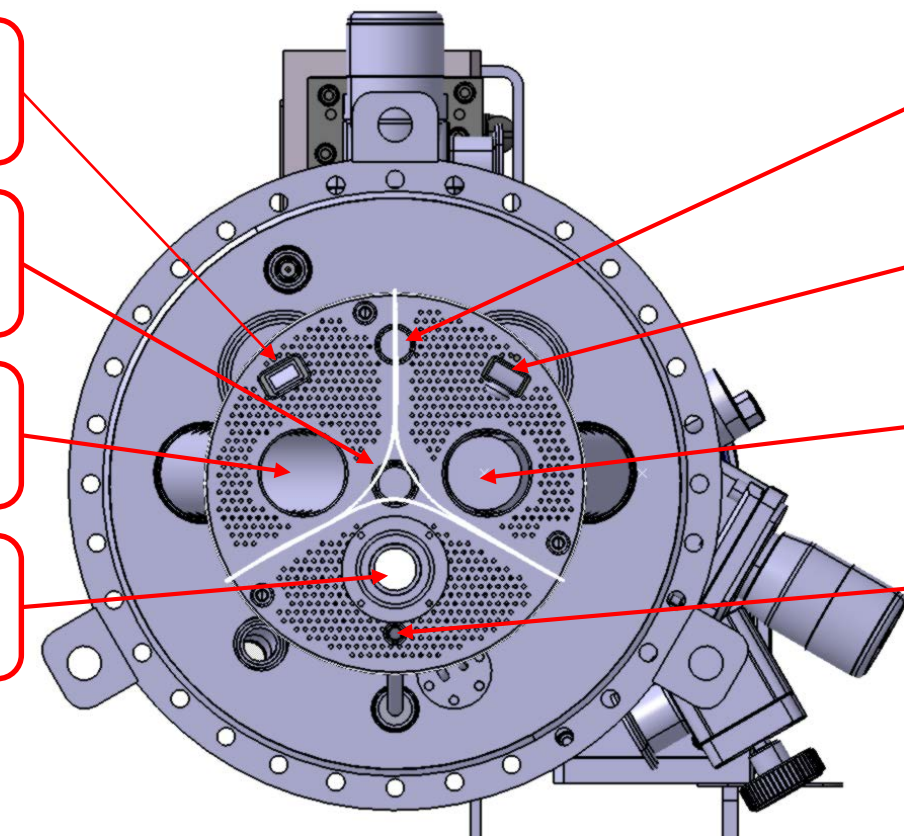
28 GHz WG

Sputtering
port

12-14 GHZ
WG

Oven port 2

Tube Gaz

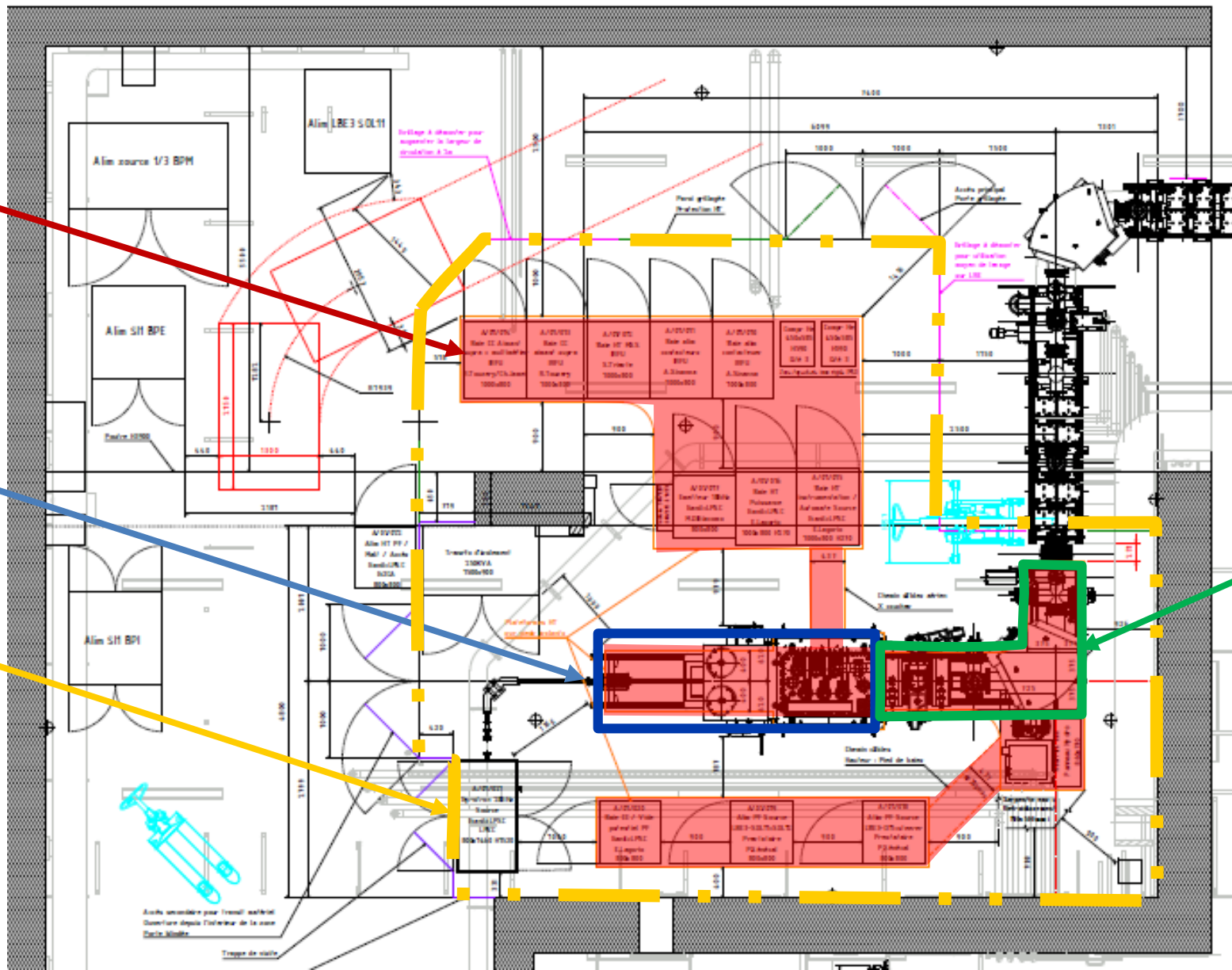


ASTERICS Injection assy preliminary design

Equipements
Sur mini-plateforme
HT ≤ 50 kV

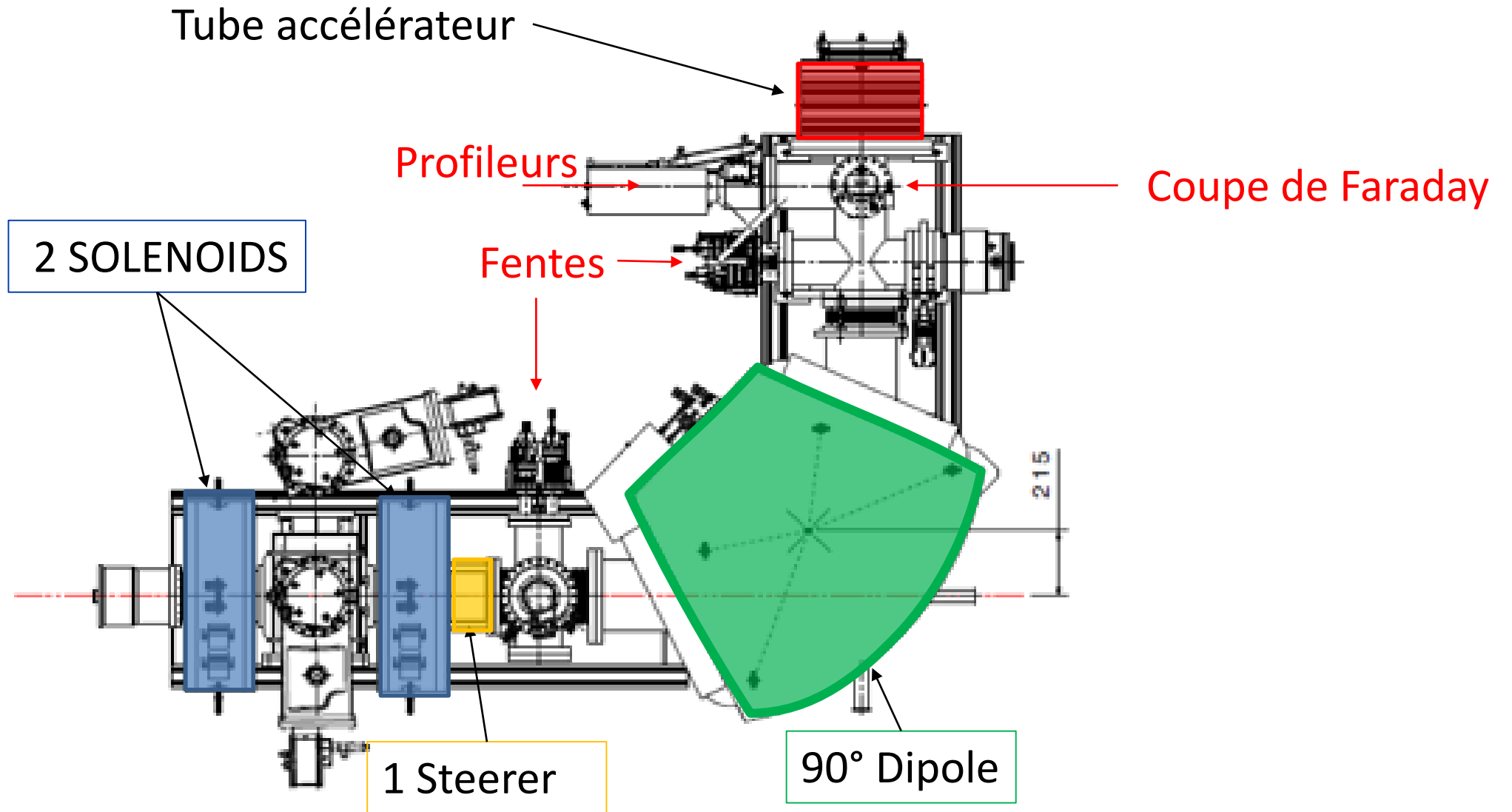
ASTERICS
HT ≤ 40 kV

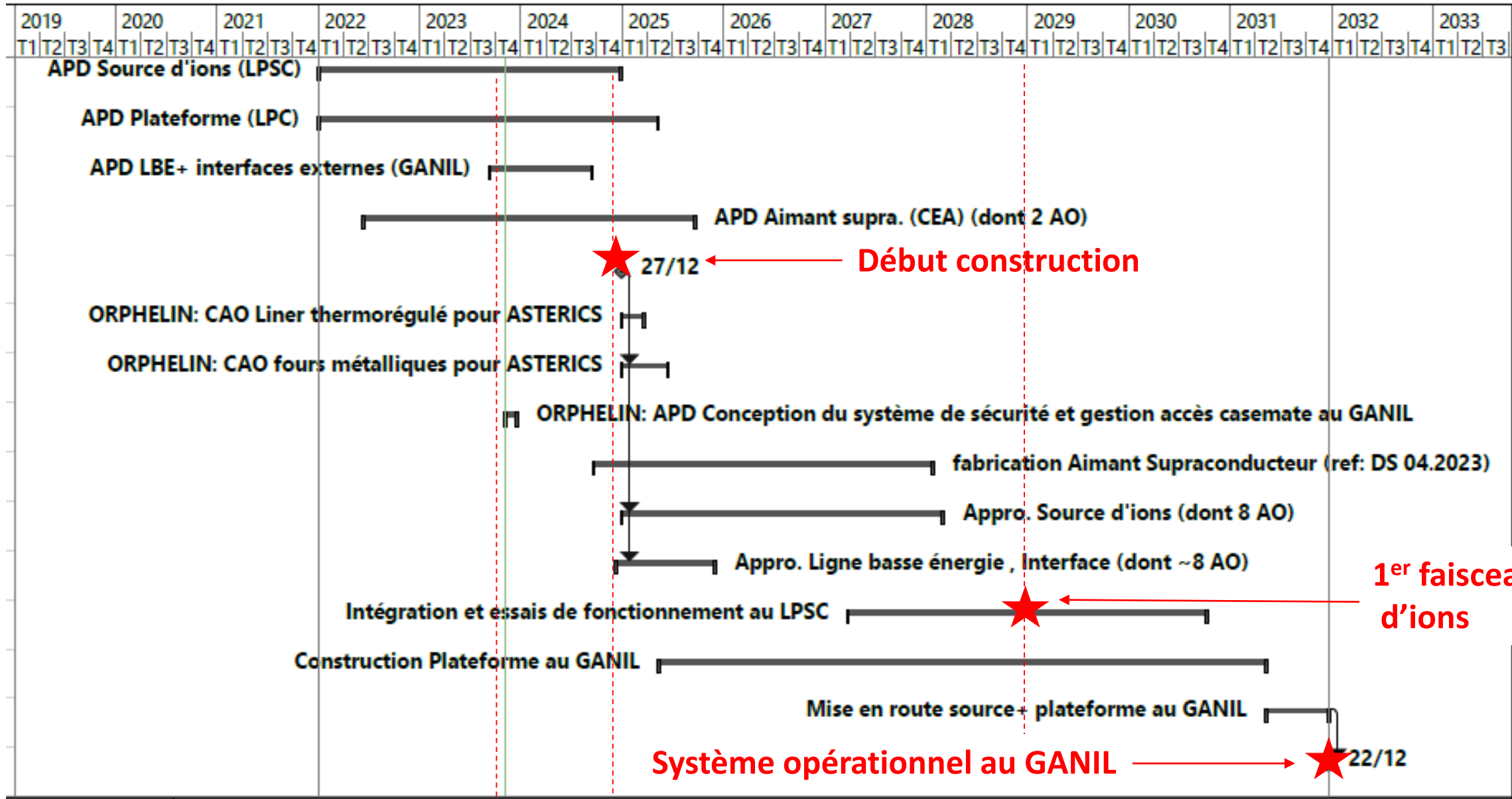
Limite casemate
Haute tension



➔ Vers RFQ

Ligne Basse
Energie





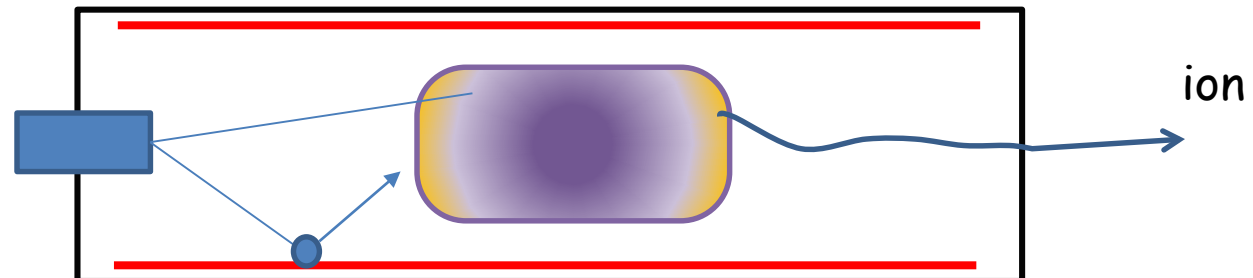
Tâche	TRL
Aimant supraconducteur	TRL3
Mécanique Source d'ions	TRL3
Instrumentation Source	TRL3
Plateforme Haute tension	TRL2

Développement de fours métalliques de haute capacité

- Des prototypes de taille réduite existent
 - four inductif IPHC, four résistif GANIL, four basse température LPSC
- Nécessaires en 2029

Développement de liners thermo-régulés pour contrôler la re-évaporation des atomes métalliques collés sur les parois de chambre plasma

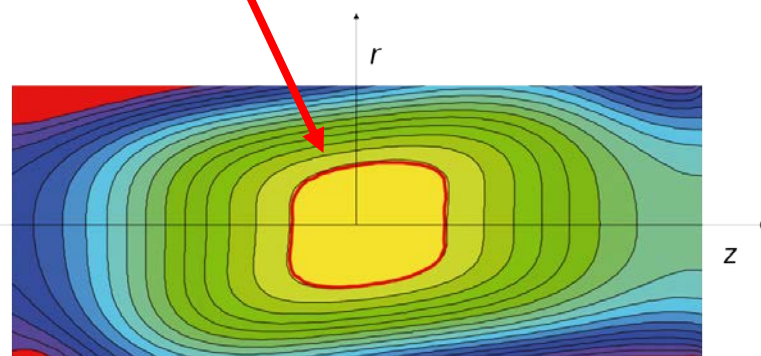
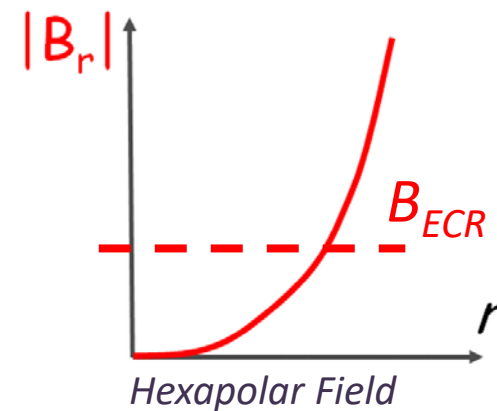
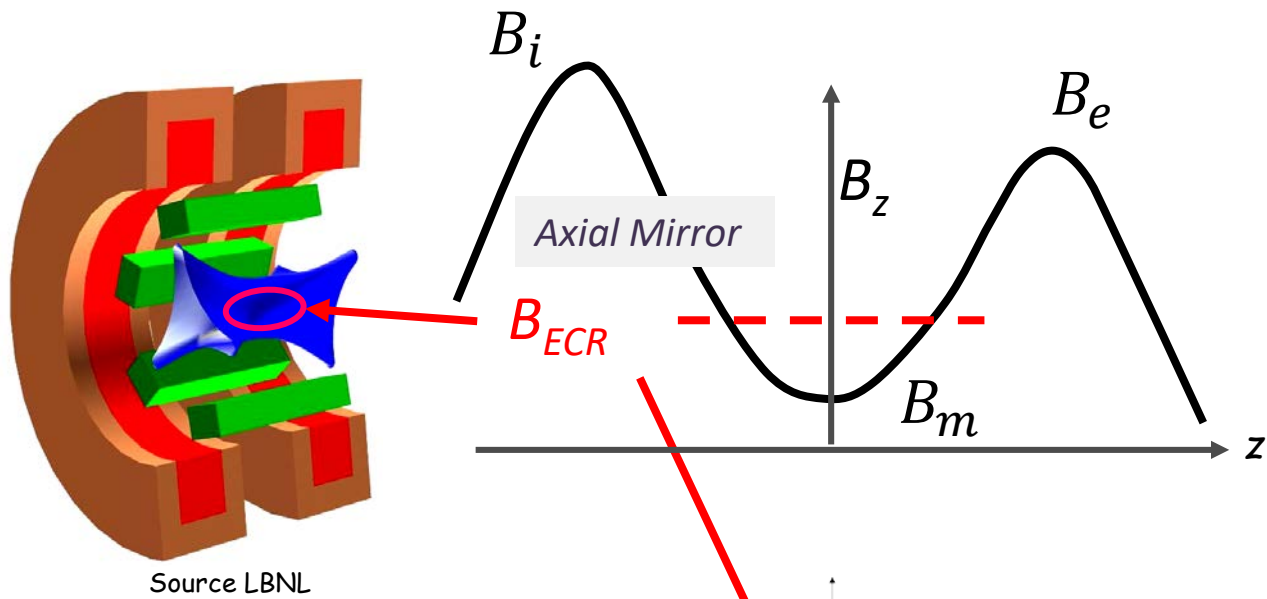
- Pré-étude de faisabilité faite (LPSC)
- Permettra de réduire la consommation d'éléments isotopiques rares comme le ^{48}Ca
- Nécessaire en 2029



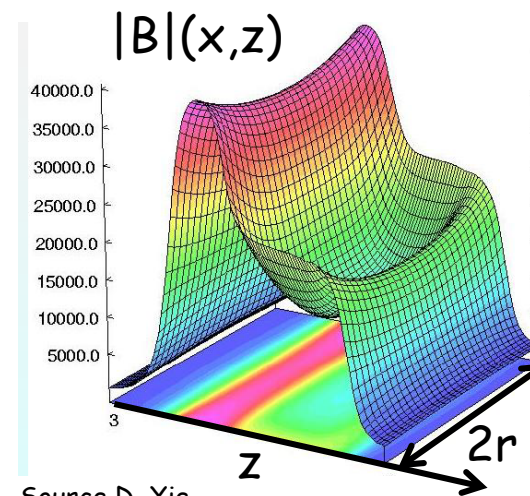
MERCI POUR VOTRE ATTENTION



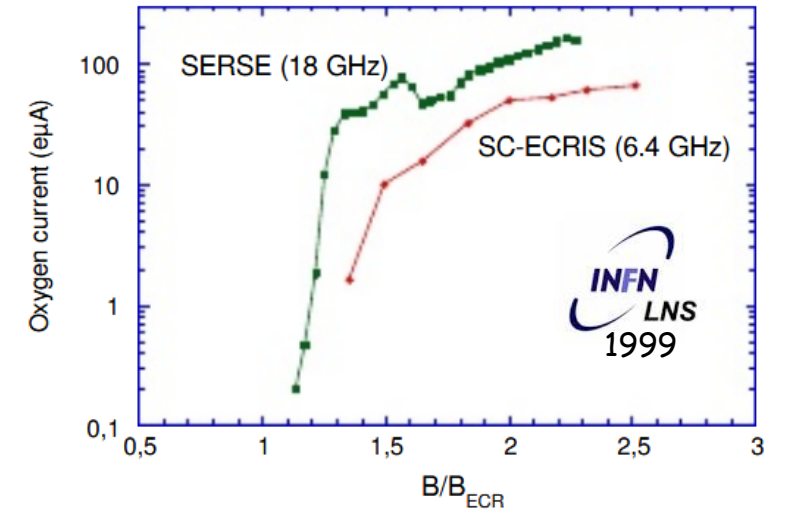
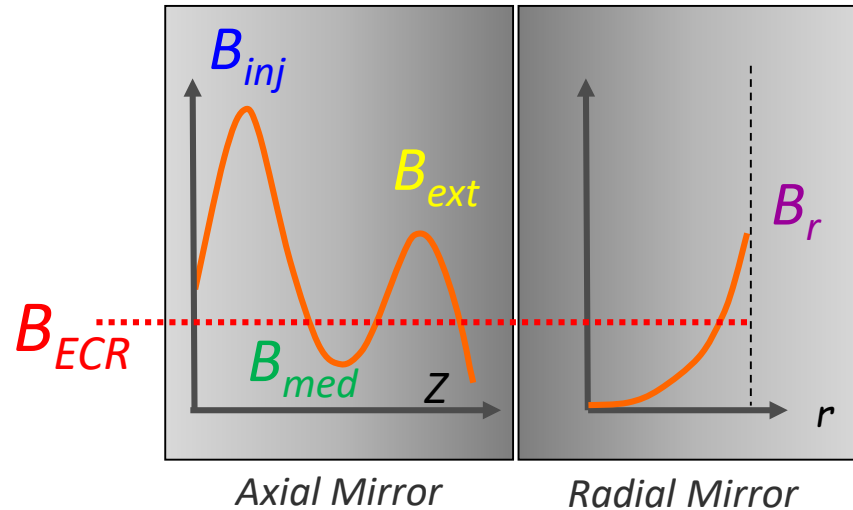
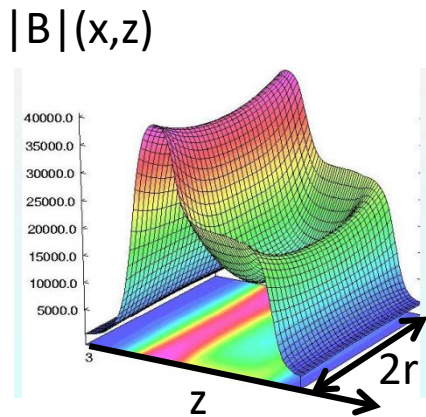
Minimum-B : superimposition of an axial magnetic mirror and a multipole (hexapole)



Source RIKEN, Nakagawa



Empirical « standard model »
Verified in many ion sources



$$\begin{aligned}
 B_{inj} &\sim 3 - 4 B_{ECR} \\
 B_{med} &\sim 0.4 - 0.8 B_{ECR} \\
 B_{ext} &\sim 2 B_{ECR} \\
 B_r &\sim 2 B_{ECR}
 \end{aligned}$$

