

Projet NEWGAIN

NEW GANIL Injector

- **Spiral 2 & Objectifs scientifiques NEWGAIN**
- **Stratégie projet et cahier des charges**
- **Etat des lieux**
- **Dynamique faisceau**
- **Les différents sous systèmes et leurs avancées Techniques**

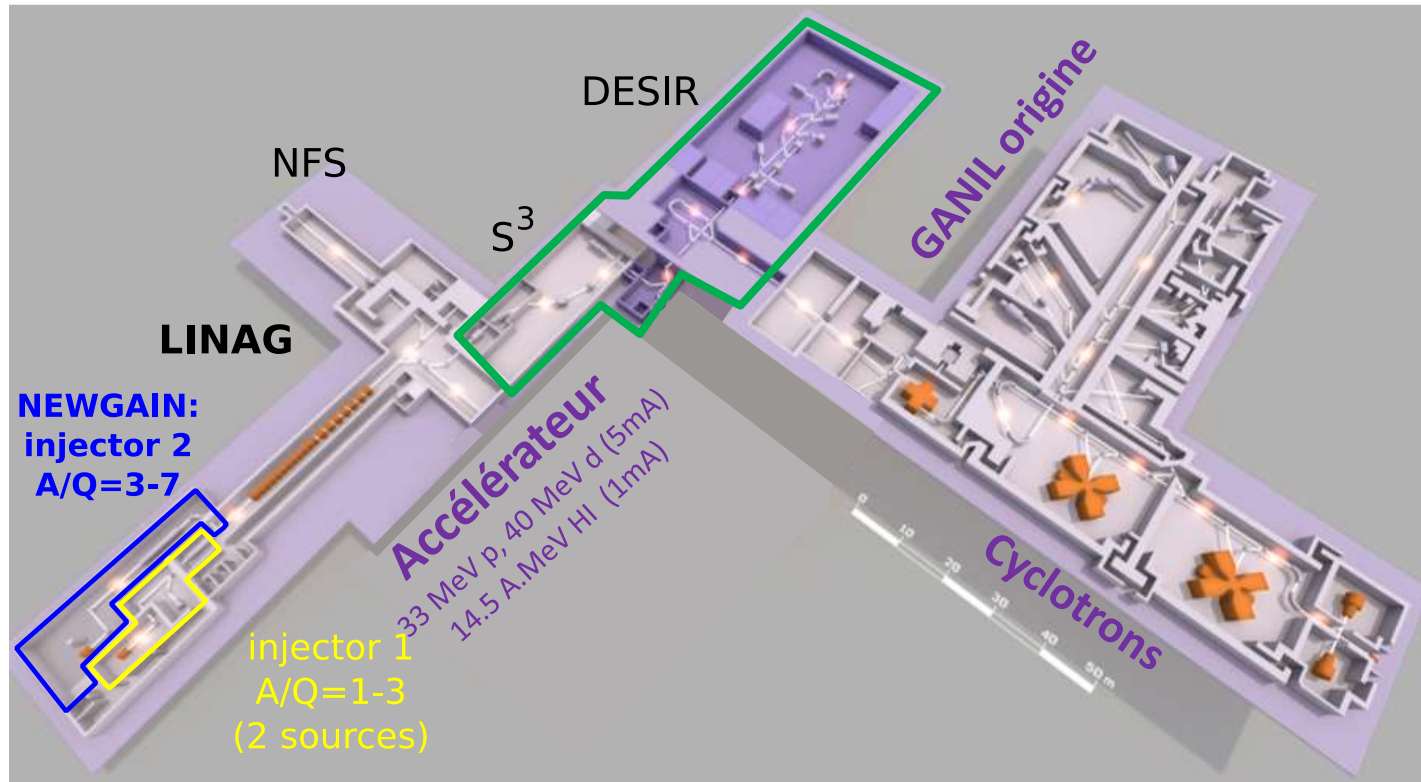


Ch. De Projet : MH Moscatello (GANIL/CEA)
Responsable Scientifique: I. Stefan (Ijclab)

Ch. Peaucelle, Ingénieur Système NEWGAIN
Pour l'ensemble de l'équipe Projet



NEWGAIN project



- Existing
- Current project
- Main User

I. Stefan iPAC special session

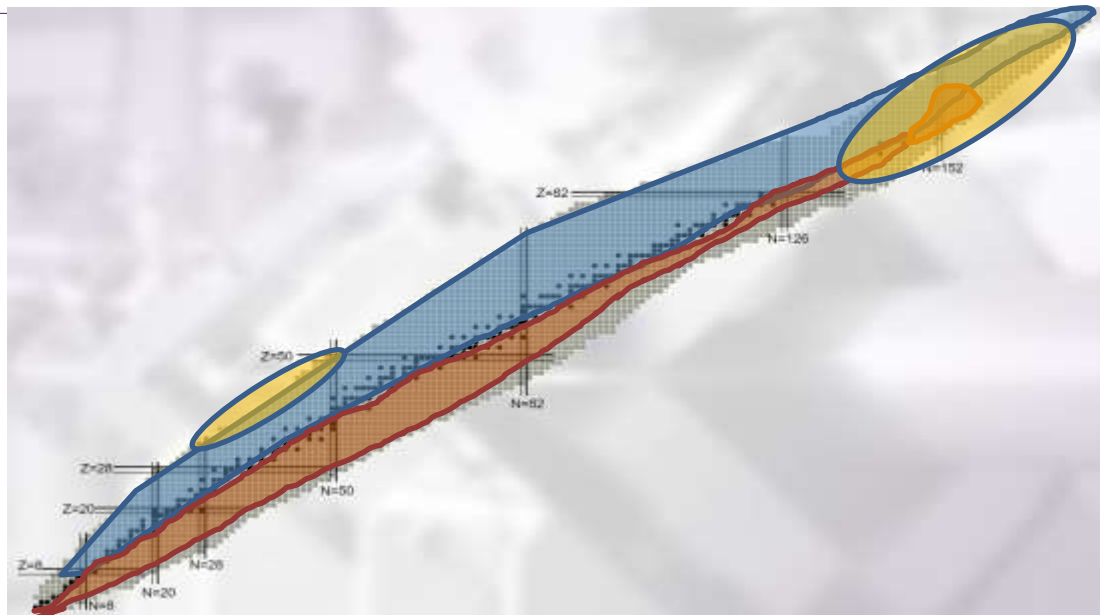
S3: Fusion – evaporation: Neutron-deficient products

12,13,14C, 16,17,18O, 20,21,22Ne, 23Na, 24,25,26Mg, 27Al, 28,29,30Si, 32,34S, 35,37Cl, 38,40Ar, 38,39,40K, 40,42,43,44,46,48Ca, 46,47,48,49,50Ti, 51V, 50,52,53,54Cr, 55Mn, 54,56,57,58Fe, 59Co, 58,60,61,62,64Ni, 63,65Cu, 64,66,67,68,70Zn, 74,76Ge, 78,86Kr, 84,86Sr, 90Zr, 92Mo

NOT S3 (need to be developed)

Opportunity heavy beam: inverse kinematics:

¹³⁶Xe, ¹⁹⁷Au, ²⁰⁸Pb, Bi, Th, ²³⁸U



Beam intensities puA	SPIRAL2 GANIL, Caen			SHE factory FLNR, Dubna*	RIKEN Nishina Center Wako (Tokyo)		GSI Darmstadt
	LINAG A/q≤3 Phoenix v3	NEWGAI N* A/q≤7 Phoenix v3	NEWGAI N* A/q≤7 SC source	DC-280	RILAC	RRC (RILAC (2) as injector)	UNILAC***
¹⁸ O	80	>64	300	16	10	-	1
⁴⁰ Ar	16	56	38	10	10	1	8
³⁶ S	23	30	30	****	-	-	-
⁴⁰ Ca	2.9	16	16	****	-	-	-
⁴⁸ Ca	1.2	8	16	10	3	0.3	4
⁵⁸ Ni	1.1	3.2	6.4	****	****	****	2.2
⁸⁶ Kr	0.1	8	16	****	10	****	0.2
¹³⁶ Xe	0.001	5.6	>10	16	10	0.3	1
²³⁸ U	<<1e-3	0.08	4.8	0.008	0.2	0.5	0.06 ⁱ

* 80% total transmission assumed
 ** <http://flerovlab.jinr.ru/index.php/2017/03/23/she-factory/>
 *** for the cw-linac project with the assumption of a 50% total transmission, priv. comm. W. Barth et al., GSI
 **** beams not delivered
 i VARIS ion source, 80% Alvarez-transmission, mode: 2 Hz/0.1 ms, priv. com. W. Barth et al., GSI
 - intensities not provided

NEWGAIN:

Opportunity to gain leadership position - S3, S3 LEB, DESIR

N=Z region: Physics around the ¹⁰⁰Sn region S3 LEB, DESIR

SHE studies - S3, S3 LEB, DESIR

Constraints: S3 target -> 10 puA ⁷⁰Zn @5 MeV/A

Heavy beams: opportunity to develop a new physics program taking advantage of: **MNT, Fusion-fission & Fission-Evaporation in inverse kinematics -> need development (Workshop in 2022)**

I. Stefan iPAC special session

Ion species		
List of projectiles of interest:	12,13,14C, 16,17,18O, 20,21,22Ne, 23Na, 24,25,26Mg, 27Al, 28,29,30Si, 32,34S, 35,37Cl, 38,40Ar, 38,39,40K, 40,42,43,44,46,48Ca, 46,47,48,49,50Ti, 51V, 50,52,53,54Cr, 55Mn, 54,56,57,58Fe, 59Co, 58,60,61,62,64Ni, 63,65Cu, 64,66,67,68,70Zn, 74,76Ge, 78,86Kr, 84,86Sr, 90Zr, 92Mo, 136Xe, 197Au, 208Pb, 238U	
Beam Energy		
Energy Range (end of LINAC)	4 MeV/A – 7,5 MeV/A	
Energy dispersion	0,8% to 1%	
Energy step	± few 100 keV	
Time needed for E change	Few hours	
Peak beam intensity		
Min	1 pA	
Max	10 pμA for all ions (more if possible for some A/q)	
Stability	±10 pA	
Time needed for I variation	minutes	
Max experiment duration	weeks to months	
Beam time structure specifications:		
Condition	Frequency	Bunch length
#1	Few MHz	500 ns to 1 μs
#2	between 1 Hz and 100 kHz	from 0,5 s @ 1Hz to 1 μs @ 100 kHz
#3	between 1 Hz and 1 kHz	From 1 μs to CW
#4	MHz	n × 10 ns

LEBT chopper

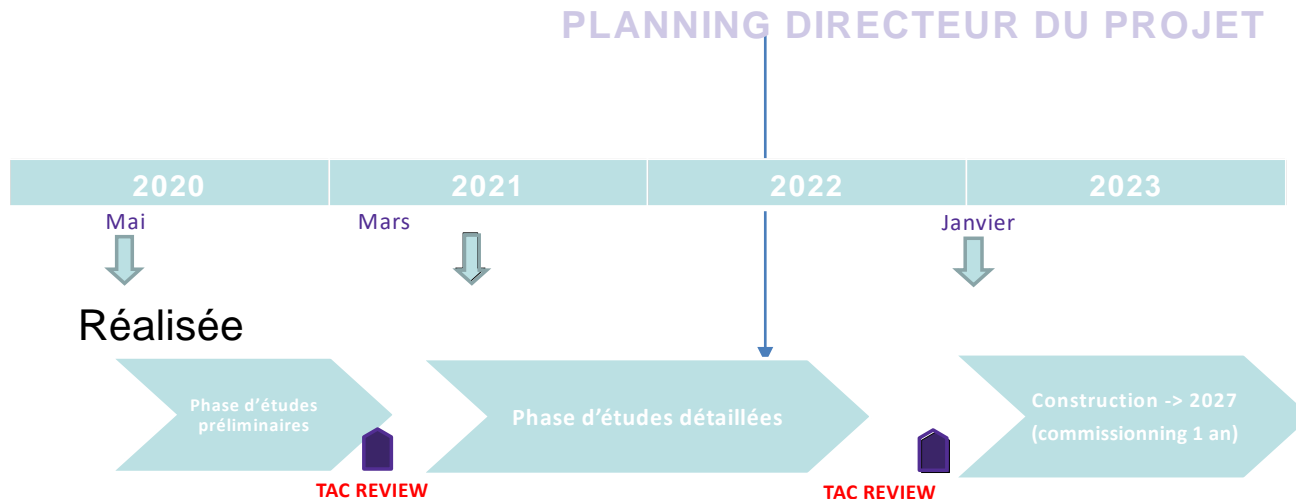
“

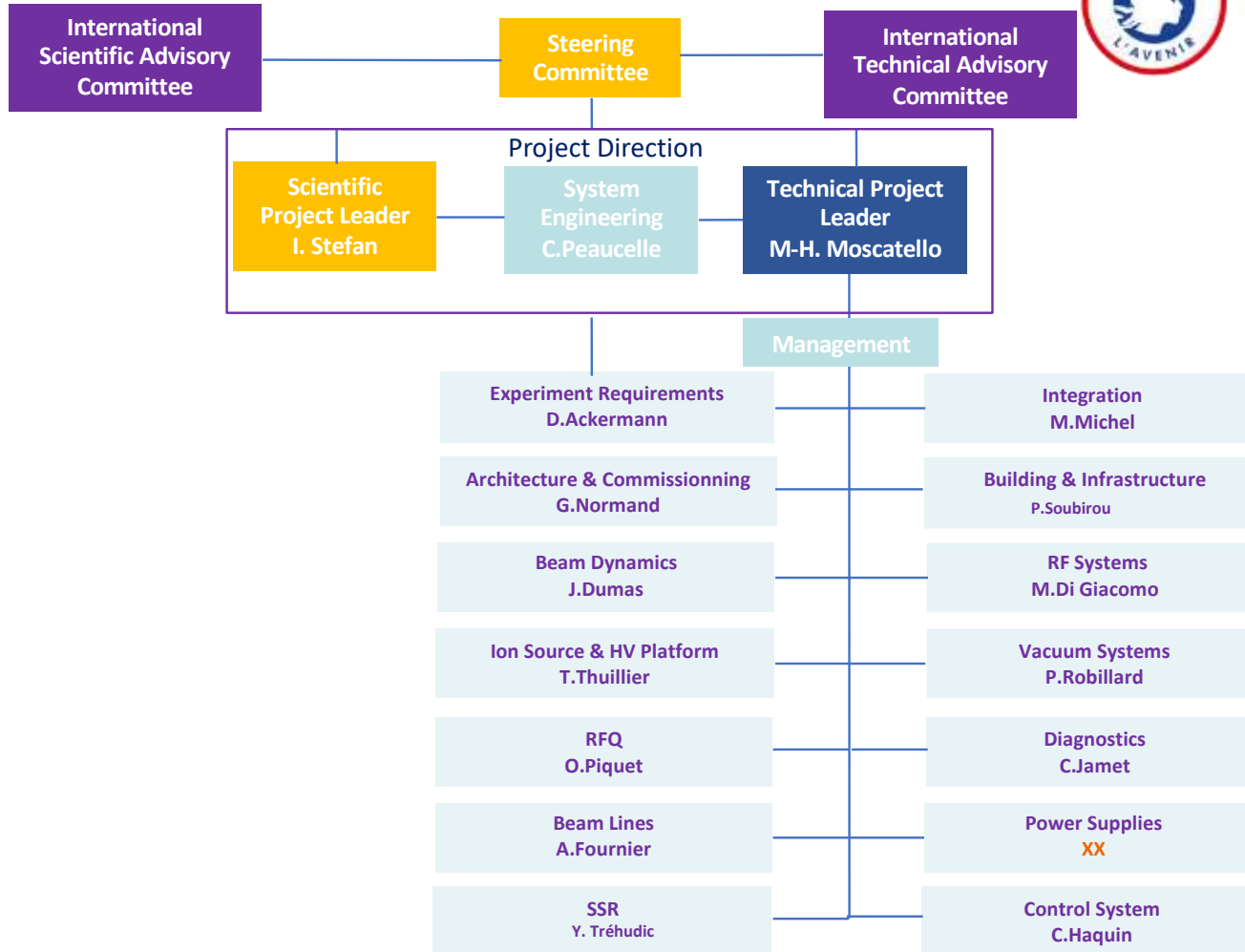
”

Bunch selector?

Regarding the time structure, a beam pulse width of few tens of ns separated by beam-off periods of the order of μs is needed for the Time-of-Flight (ToF) measurements in separator experiments in case transmission detectors cannot be employed.

- ⇒ **Construire un injecteur qui réponde aux besoins des expérimentateurs en termes de:**
 - Caractéristiques des faisceaux :** intensités (min et max), structure en temps des faisceaux d'ions
 - Disponibilité des faisceaux:** proposer un design qui permette une disponibilité maximale et un fonctionnement multi-user pour l'installation SPIRAL2 à court, moyen et long termes
- ⇒ **planning le plus court possible**, pour démarrer au plus tôt NEWGAIN pour le programme scientifique de S³ avec des performances compétitives (**démarrage avec Phoenix V3**)
- ⇒ Design le moins complexe possible -> source + RFQ de manière à réduire les risques et les RH
- ⇒ Conception identique au premier injecteur mais avec une source SC
- ⇒ RFQ: Solution de type SPIRAL2
- ⇒ Chopper rapide LME: proposition de l'étudier et réaliser un prototype pendant la phase construction.



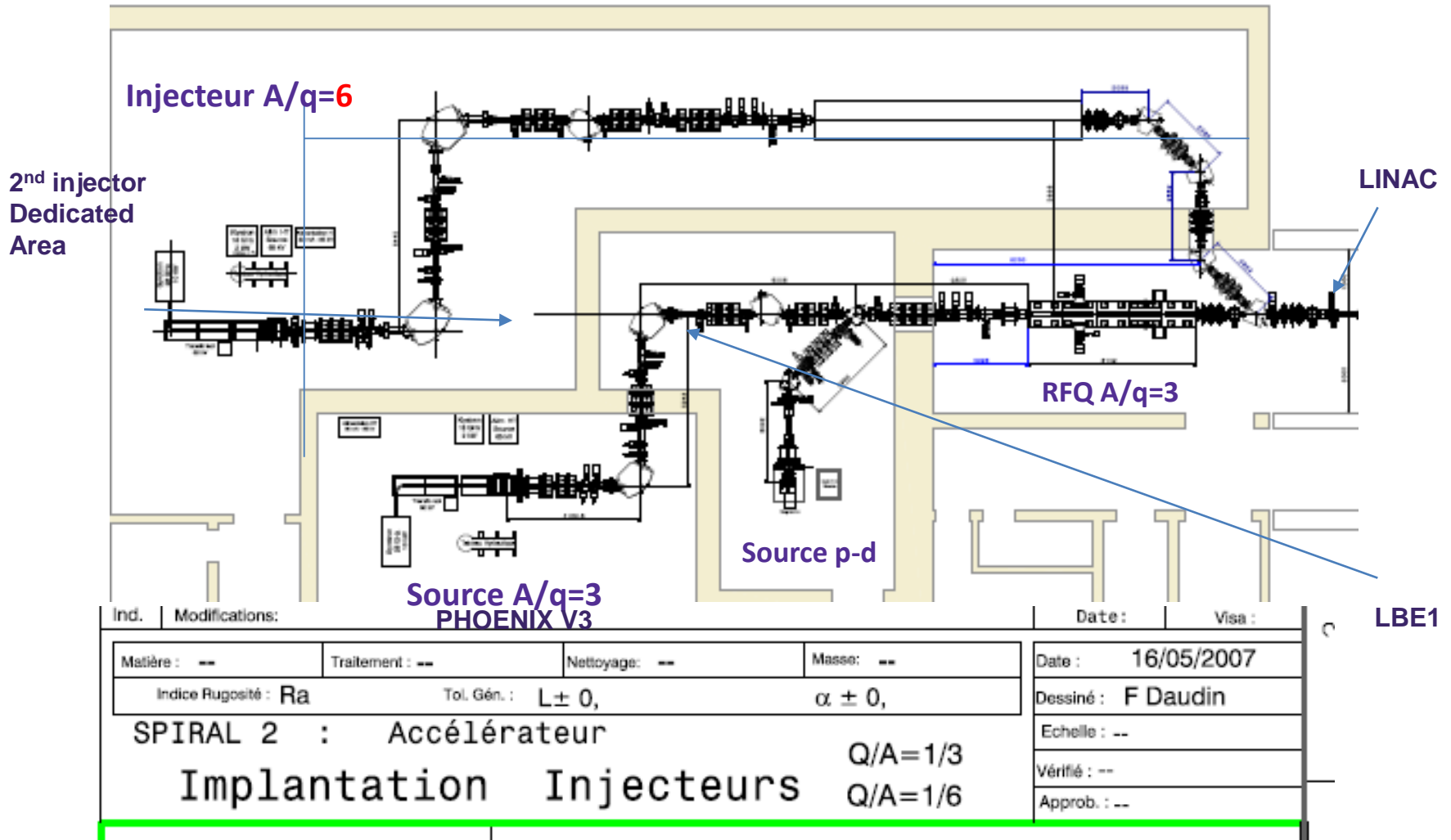


Bâtiment

SALLE A/q=7



Pré-implantation préliminaire (en 2007 pour le design du bâtiment)



- ⇒ Injecteur designé pour $A/q=7$ (1 seul état de charge U^{34+}), consolidé pour $3 \leq A/q \leq 7$
- ⇒ En exploitation, permettre le réglage du faisceau jusqu'à la sortie du RFQ en parallèle du fonctionnement de SPIRAL2
- ⇒ Avoir un design incluant la possibilité d'ajouter une salle d'irradiation basse énergie en sortie du RFQ (type IRRSUD)
- ⇒ Connecté à la LBE1 (actuellement pour les $A/q=3$) de manière à ce que les ions de $A/q = 3$ à 6 issus de PHOENIX V3 puissent être accélérer par le 2ieme RFQ (HT à 60 kV)
- ⇒ Machine CW avec des pertes de faisceau limitées à < 1 W/m dans le LINAC supraconducteur
- ⇒ La transmission devra être au-delà de 90%
- ⇒ Intégrer les contraintes bâtiment/infrastructure et proposer le meilleur compromis coûts/performances (performances en exploitation) compte-tenu de ces contraintes
- ⇒ ...

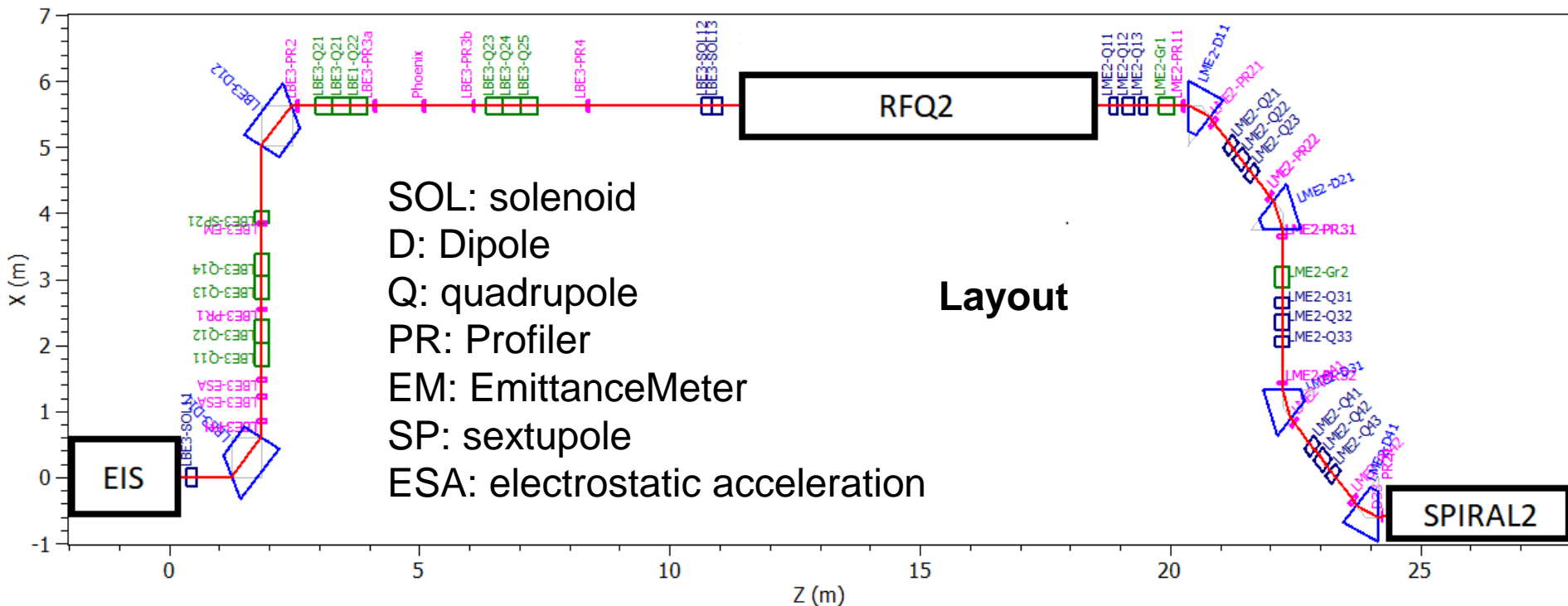
Forte contrainte infrastructure: bâtiment existant

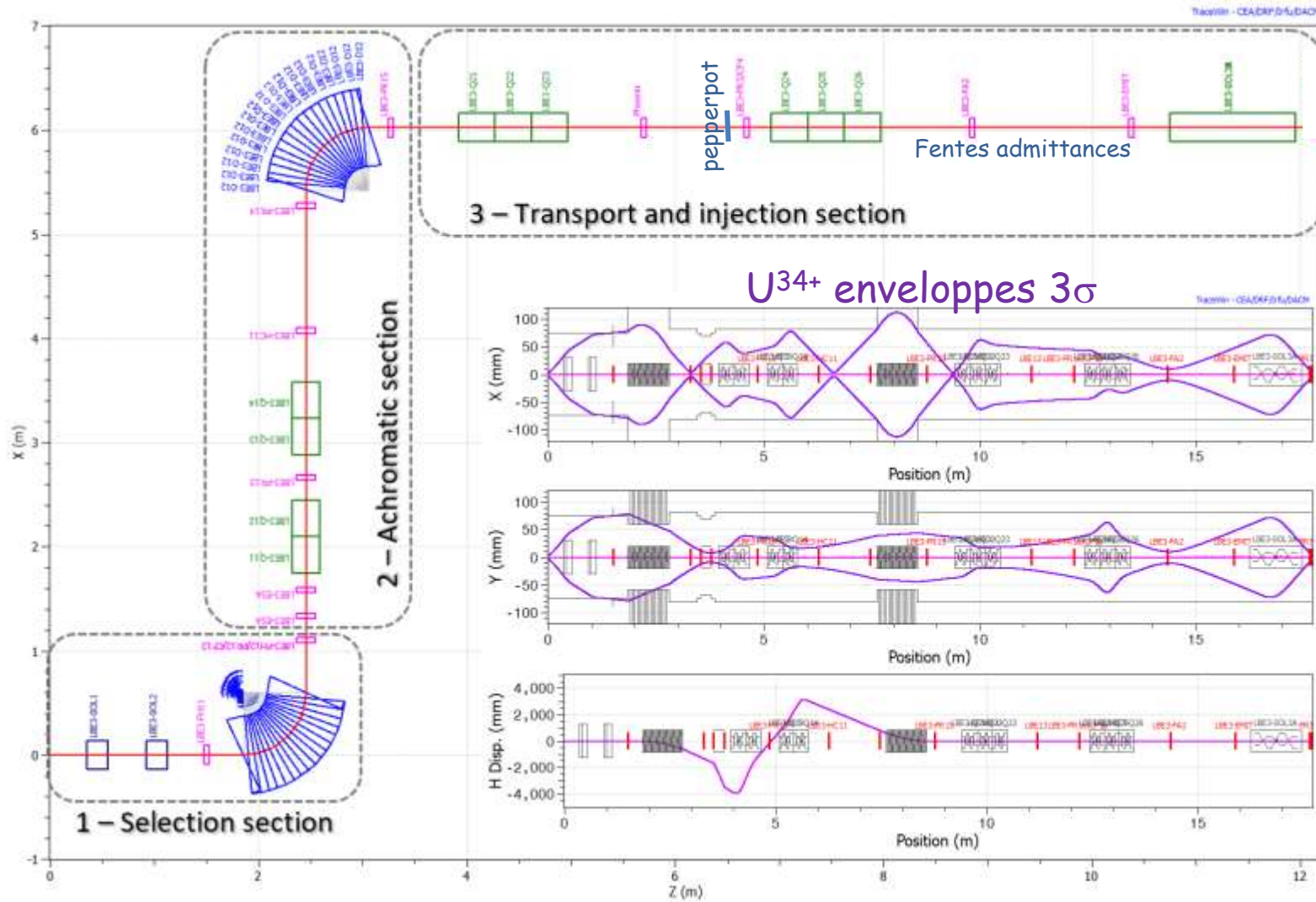
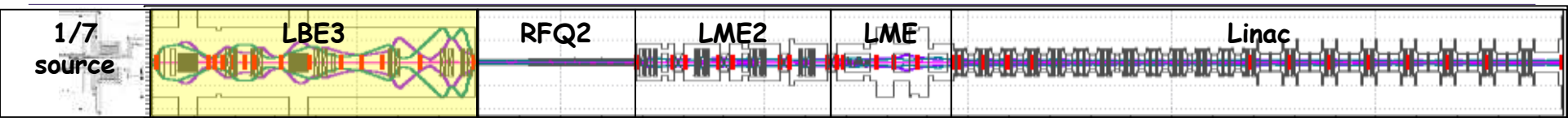
Linac Energie range : 4-7.5MeV/A & Range : 1 pA – 10 pA

Définitions d'ions de Reference

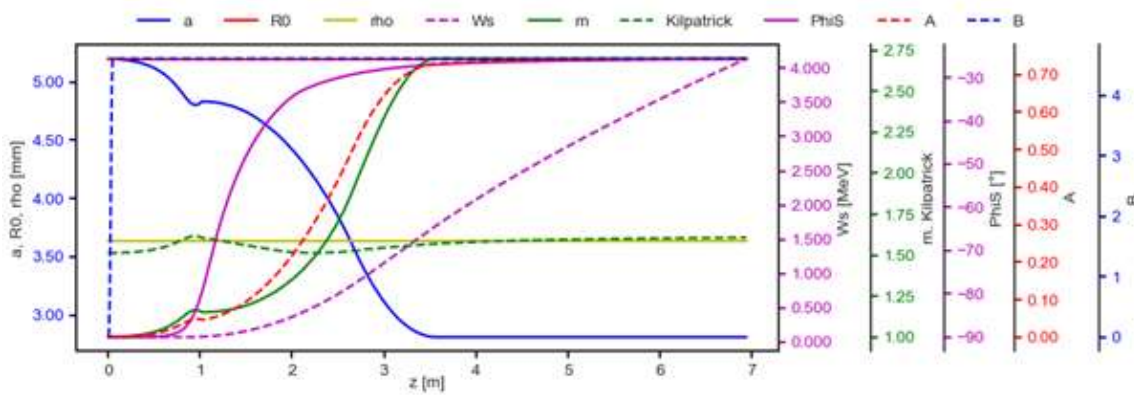
Reference ions	Beam current	Total beam current	n. RMS Emit. [π mm.mrad]	Ion energy
$^{238}\text{U}^{34+}$ (A/q=7)	350 μA (10 pA)	3 mA	0.15	10 keV/A
$^{48}\text{Ca}^{11+}$ (A/q=4.36)	150 μA (15 pA)	3 mA	0.2	10 keV/A

TraceWin - CEA/DRF/Irfu/DACM

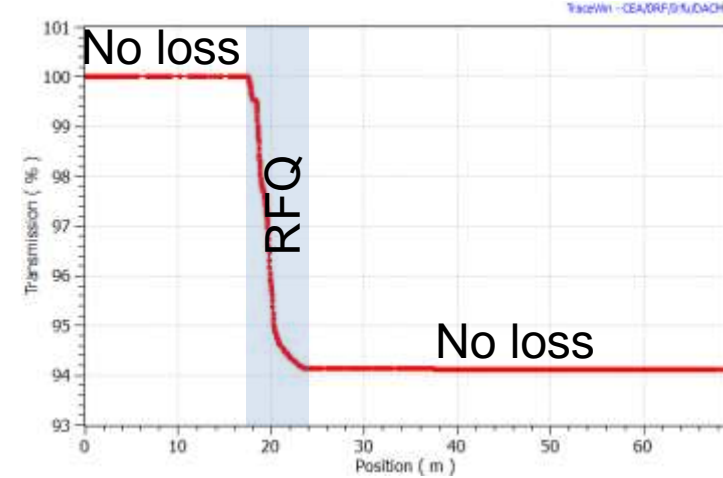




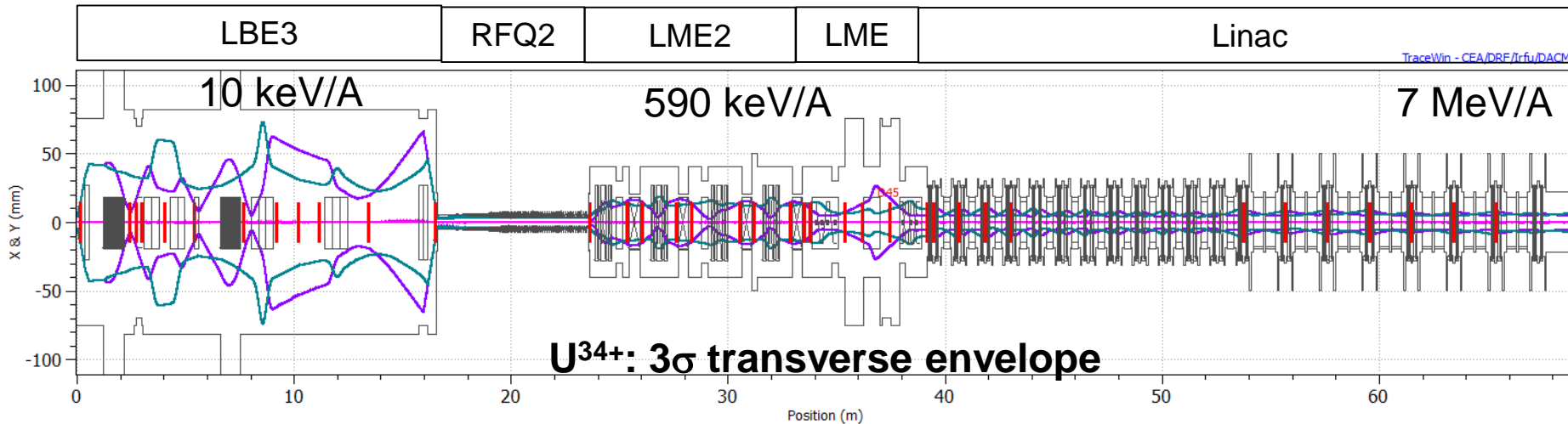
Stand Alone RFQ: constant voltage 70 kV, 7m long

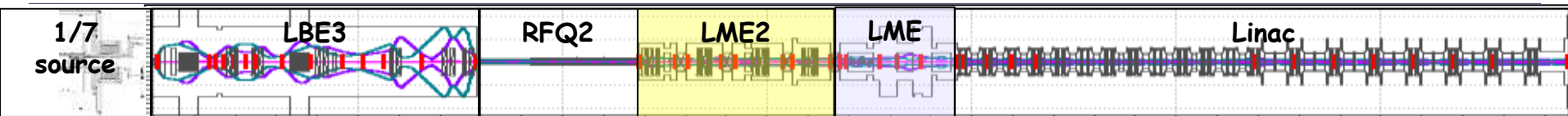


Transmission

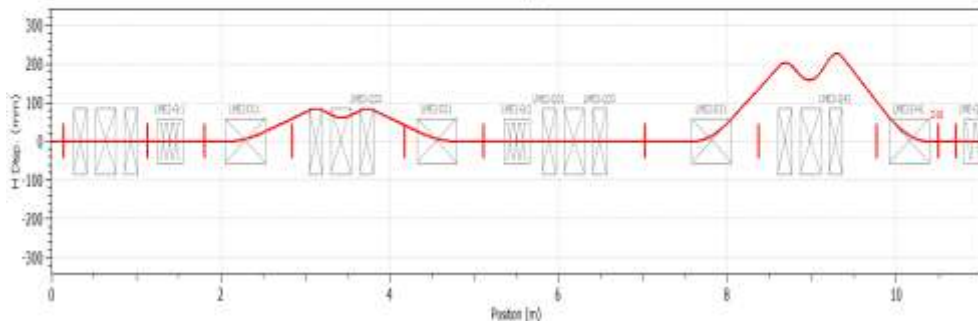
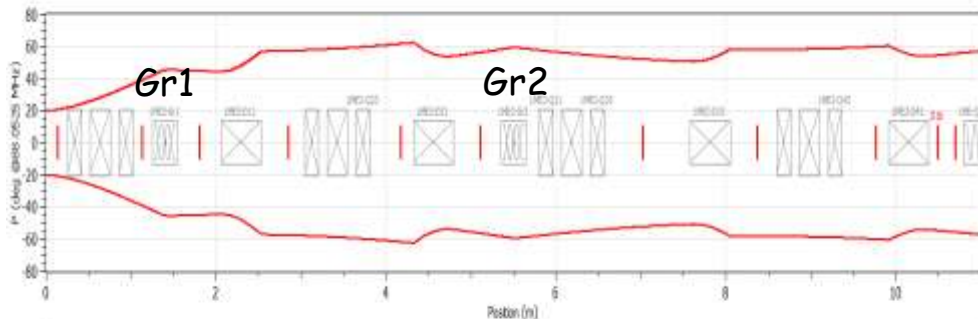
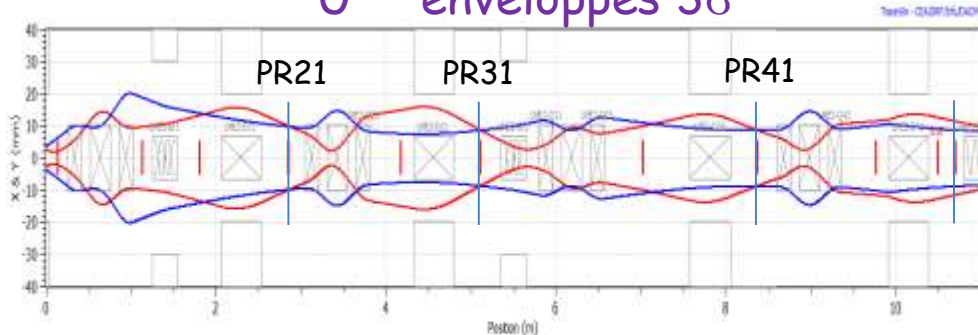


Round waterbag, $a=0$, $b=0,05$ p/mm.mrad





U³⁴⁺ enveloppes 3σ



Caractéristiques RFQ:

- 1) BRI pour mesurer emittances longitudinale et transverse, longueur paquet, taille transverse

Réglage centroïde:

- 1) Ajuster steerers H et V dans QP11-12-13 pour aligner le faisceau sur PR11 et PR_BRI
- 2) Réglage de chaque dipôle avec pencil beam pour aligner sur les 2 profileurs suivants (sauf section 3)
- 3) Reréglage steerers H et V dans chaque QP pour recentrer le centroïde sur les profileurs après réglage quadrîpoles.

Réglage transverse:

- 1) Faisceau nominal bas cycle utile pour réglage des QP de manière à obtenir faisceau rond dans LME2-PR21/31/41/LME-PR21 avec taille 3mm (RMS)
- 2) Achromaticité basé sur simulations

Réglage longitudinal:

- 1) Réglage de Gr1 avec SDP dans la BRI
- 2) Réglage de Gr2 avec SDP31

Injecteur de même conception que le premier :

- Source (fournir le faisceau)
- LBE (sélectionner, adapter et transporter le faisceau)
- RFQ (accélérer)
- LME (transporter jusqu'à la LME1 puis LINAC)
- Réutiliser un maximum d'éléments de l'injecteur 1

A l'issue de l'APS, les bases de l'architecture sont posées:

A/Q = 3 à 7 (Conçu pour 7)

E max sortie de LINAC: 7 MeV/A

10 keV/A pour LBE, 590 keV/A LME

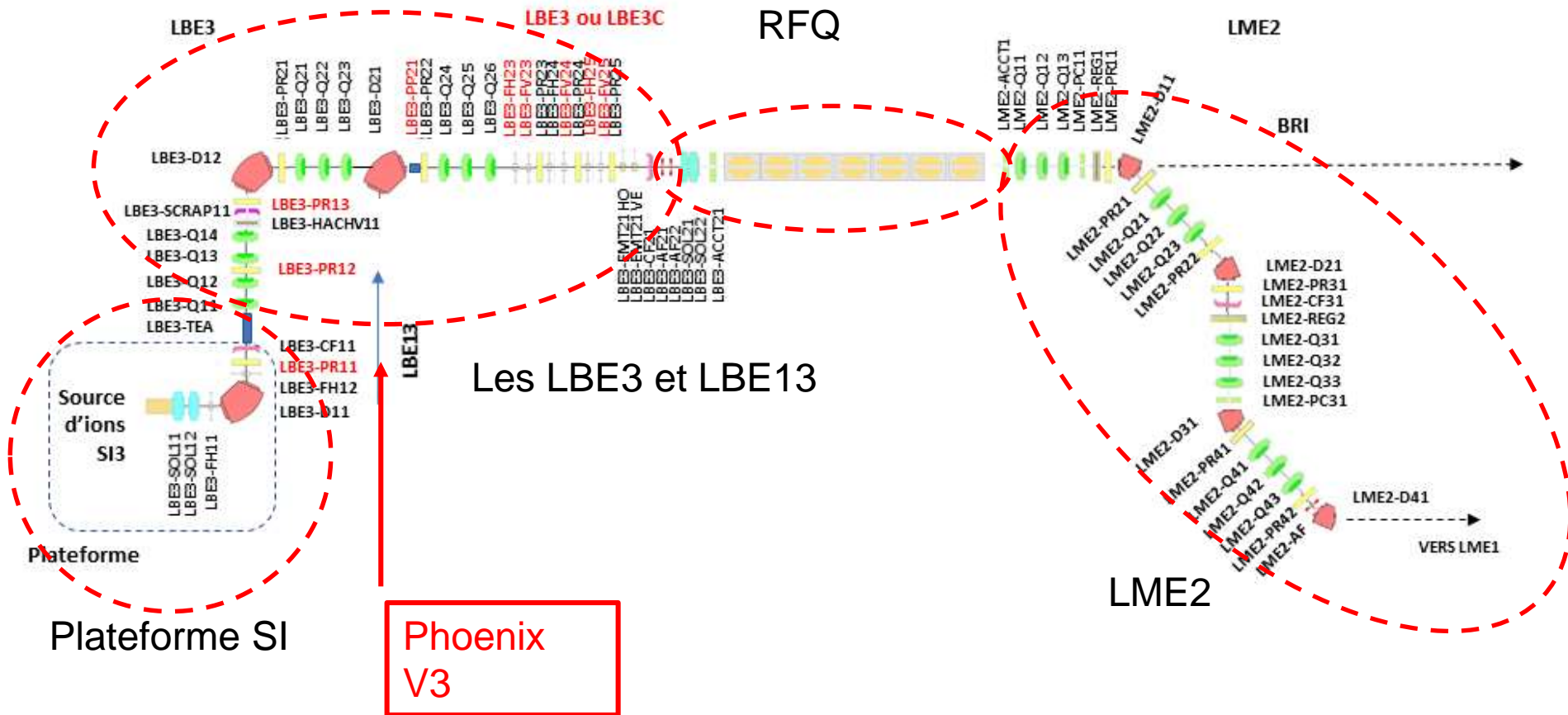
I max : 6 pμA pour U, jusqu'à 10 pμA pour les autres.

Fréquence faisceau : jusqu'à 100 kHz + Sélecteur de paquet

Fréquence variable de 1 Hz (@0,5 s) à 100 kHz (@ 1 μs)

Pouvoir de séparation 1/150

Simulation faisceau + définition méthodologie de réglages + ... =



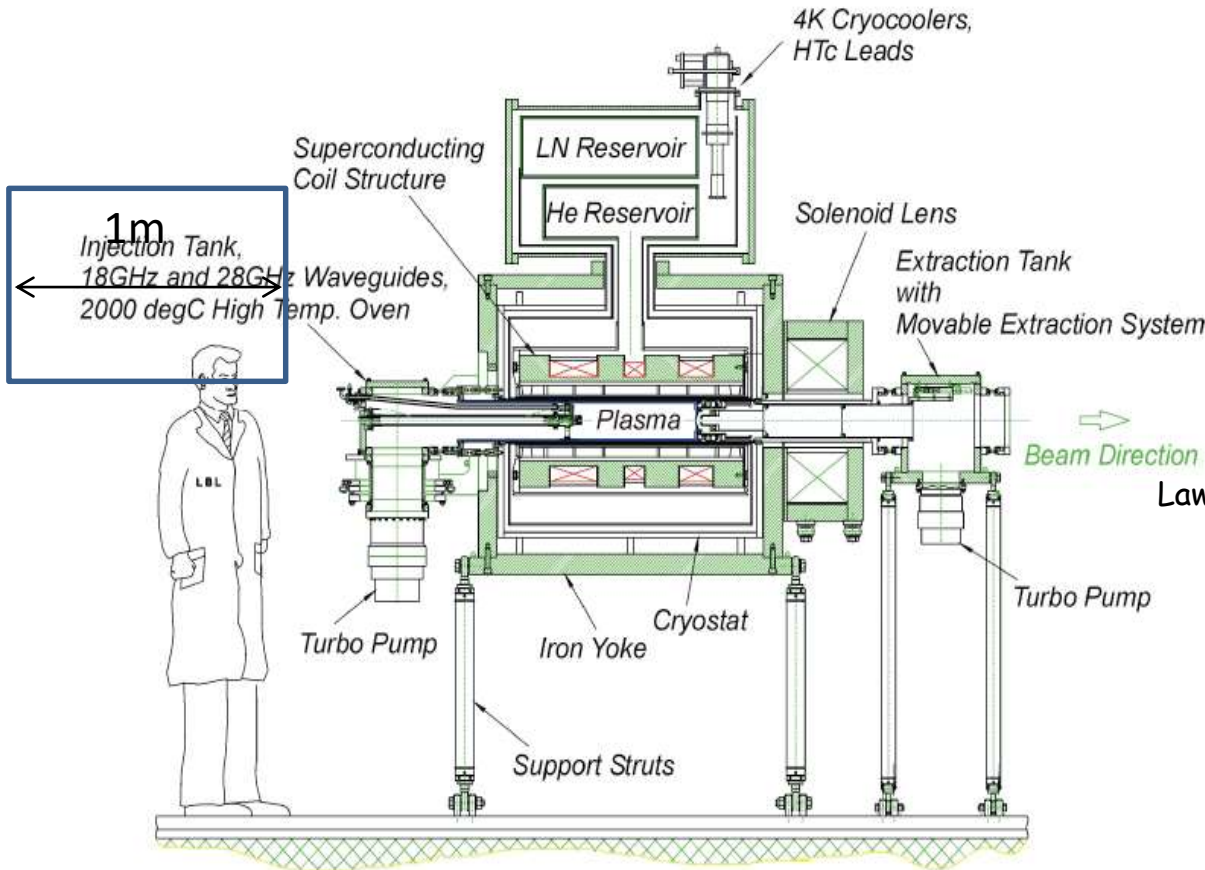
ASTERICS : Advanced Spiral Two Electron cyclotron Resonance Ion source at Caen with Superconducting magnets

- **Source ECR = version améliorée de la source d'ions supraconductrice VENUS**
- **Production intense jusqu'à U + ions métalliques $A/Q = 7$**
- **Fonctionnement @ 18 et 28 GHz**
- **Haute tension source entre 20 et 40 kV**
- **Optimisation du démontage et opérabilité en fonctionnement**

- **En cours d'étude en particulier sur le design magnétique**

- **Sur une plateforme HT 50 kV (pour avoir 10 keV/A soit 70 kV total)**
- **Ligne d'analyse sur plateforme**
 - **2 solénoïdes 1 dipole**
 - **Résolution dipole $M/\Delta M = 150$**
 - **tube accélérateur**





Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)

Amélioration tenue mécanique aimant (« FRIB+ »)

Objectif= augmenter fiabilité chambre à plasma en opération @ 28 GHz, augmenter le rendement de production des ions métalliques avec des liners.

Environ 20 m² et 20 t

Espace de démontage et de chargement

Source et chariot injection

Transfo HT

Compresseurs

Baies Cryogénie et instrumentation

Contour Casemate (Blindage Pb)

DC Breaker

Ligne Analyse

Panneau électrique

Gyrotron

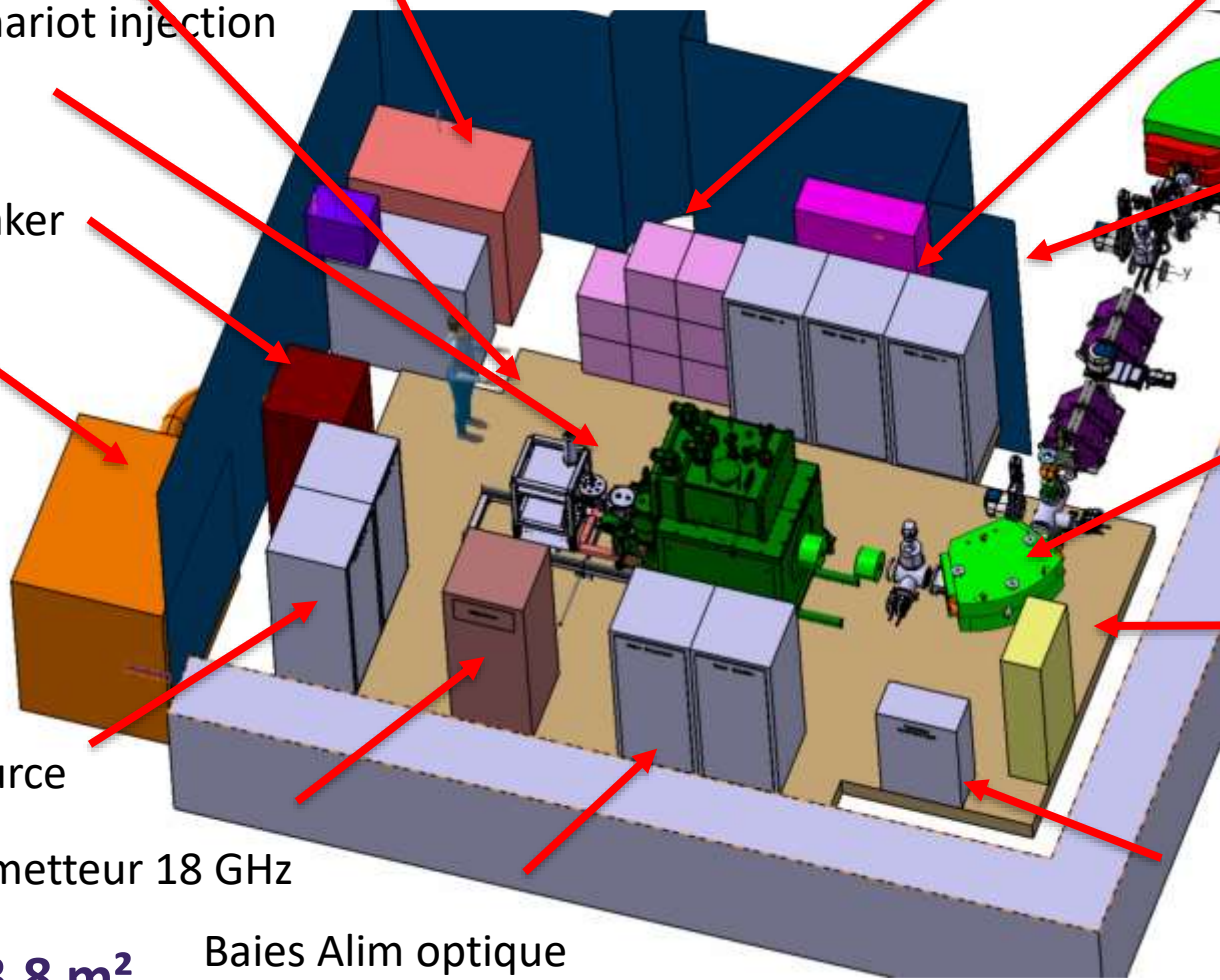
Panneau Hydraulique

Baies HT source

Emetteur 18 GHz

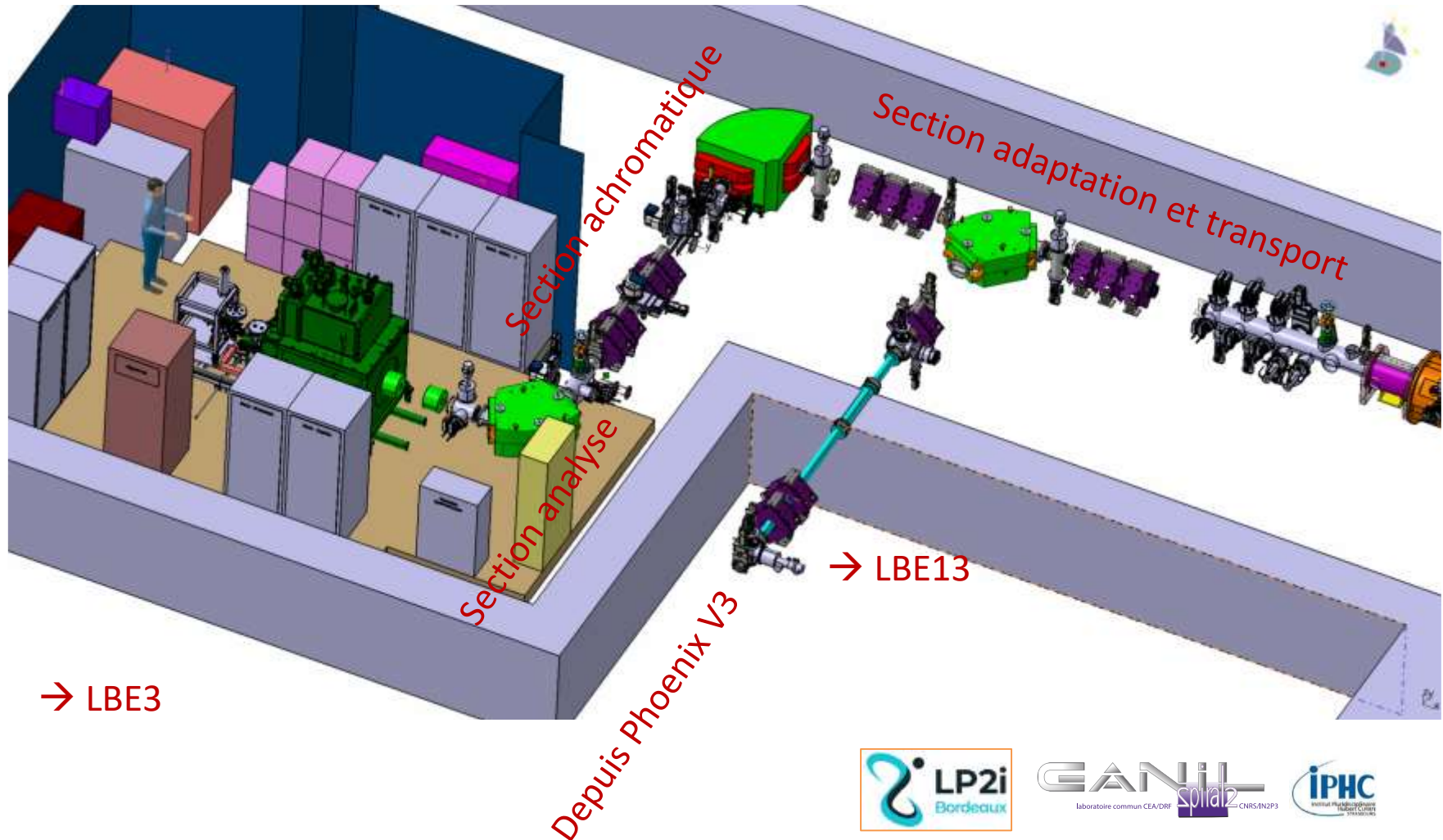
Baies Alim optique

Env. 7,4 x 3,8 m²



LBE achromatique, aimants magnétiques

Réutilisation maximum des conceptions aimants et diagnostics de Spiral2



LBE3 :

- 2 solénoïdes
- 3 Dipoles 90°
- 10 Qpoles type LBE1
- 2 solénoïdes type SOL31
- 1 Hacheur + Scraper TBD

- 2 CF
- 8 PR
- 1 Emitancemetre H et V
- 1 ACCT in flange
- 1 Poivrier?

- 2 AF
- 2 jeux de fentes H
- 6 jeux de fentes (3H et 3 V)

LBE13 :

- 1 Dipole 90° à reprendre
- 3 Qpoles type LBE1
- 1 Hacheur + Scraper TBD
- 1 PR

LME2 :

- 8 Qpoles type fin (160 mm)
- 4 Qpoles type large (240 mm)
- 2 regroupeurs type Spiral 2
- 3 Dipoles 45°
- 1 Dipole 45° de connexion

- 1 ACCT in flange
- 1 CF
- 6 PR
- 2 Sondes de phase

- 1 AF
- 2 jeux de fentes (1 H et 1 V?)

BRI :

- 2 Qpoles type fin (160 mm)

- 1 Emittancemetre H et V
- 1 PR
- 1 sonde de Phase
- 1 CF/AF

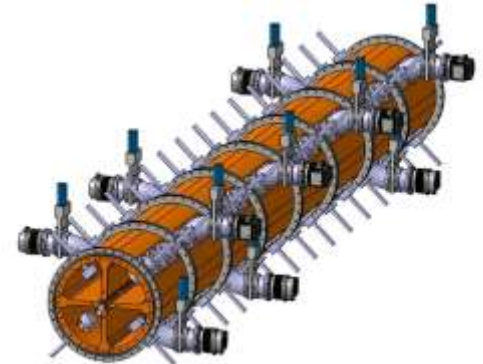
Conception identique à RFQ1 (4 vane, soudé-assemblé)

7 m (au lieu de 5 m fréquence HF (@ 88 MHz)

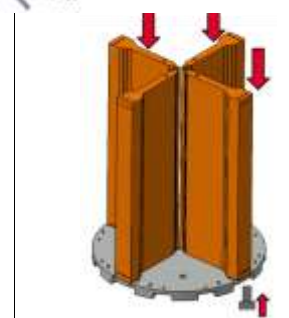
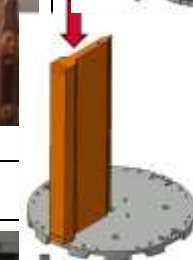
3 fonctions principales: focaliser, grouper, accélérer un faisceau CW en préservant l'emittance.

Avec un champ Electrique RFQ avec 2 modes TE et M.

La Loi de tension est aussi définie par la dynamique.



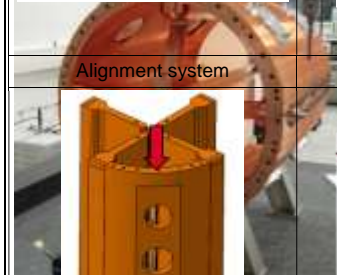
Machining and control for tube and vane



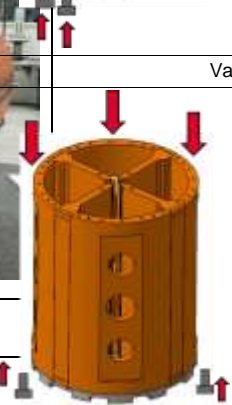
Vane assembly



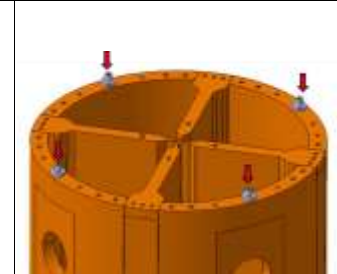
RFQ assembly



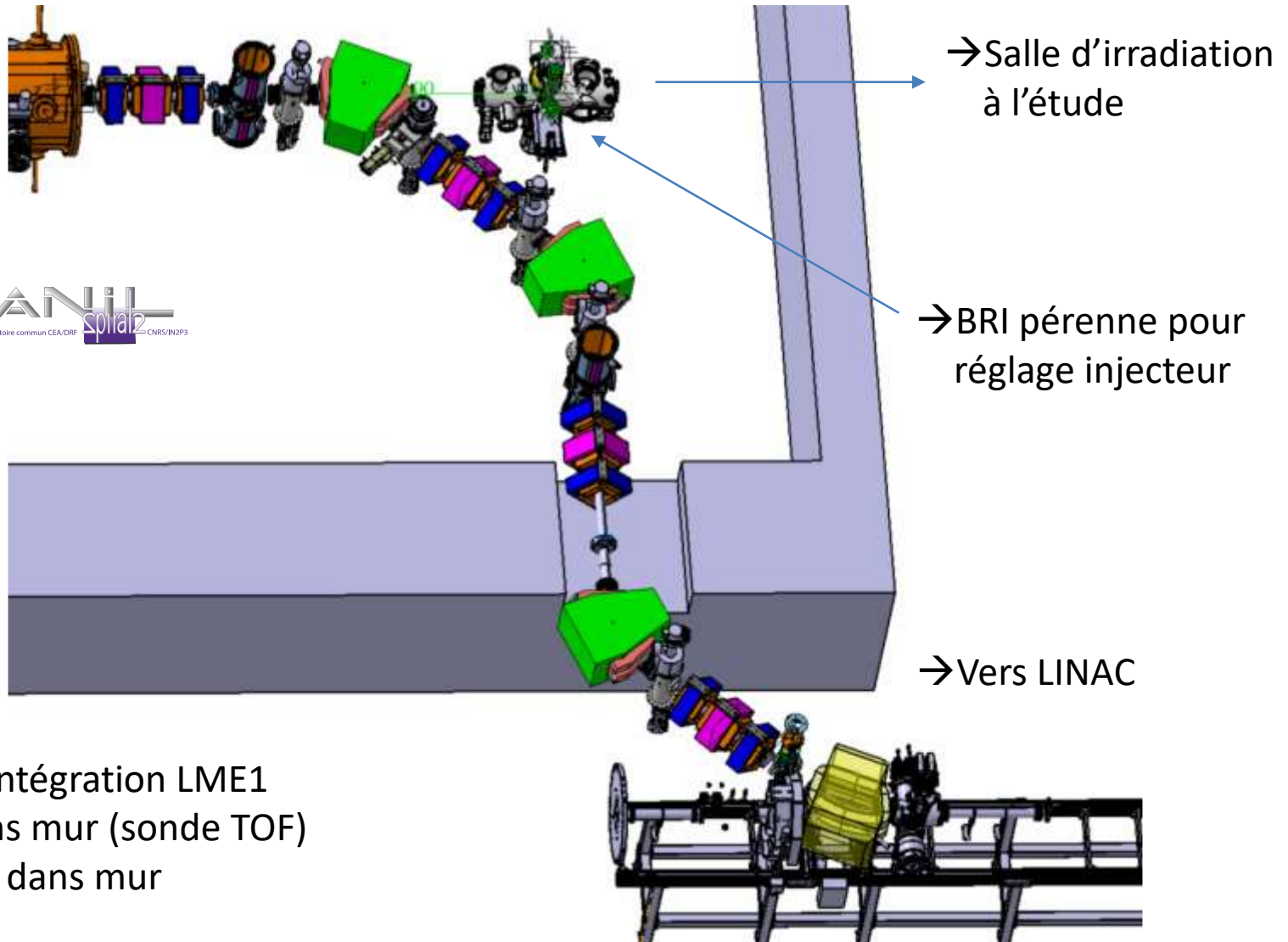
Alignment system



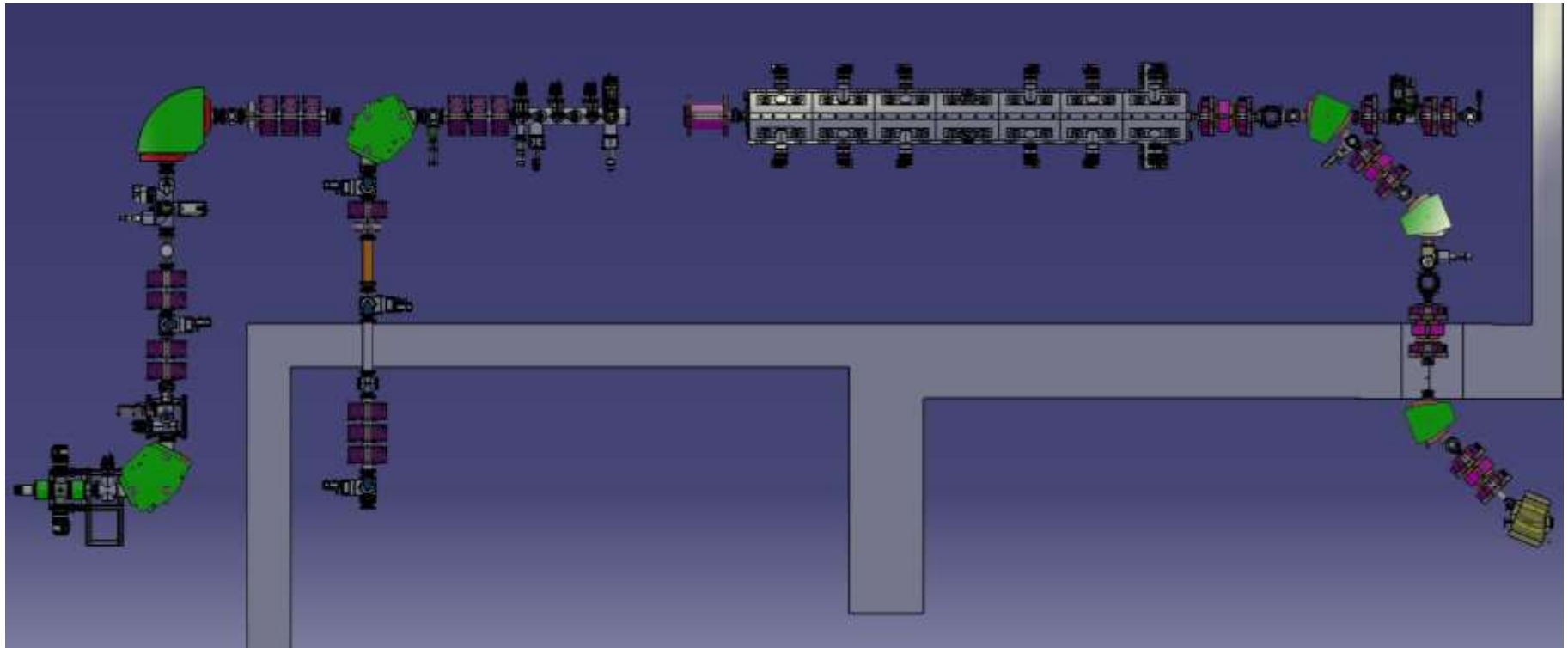
Wall insertion

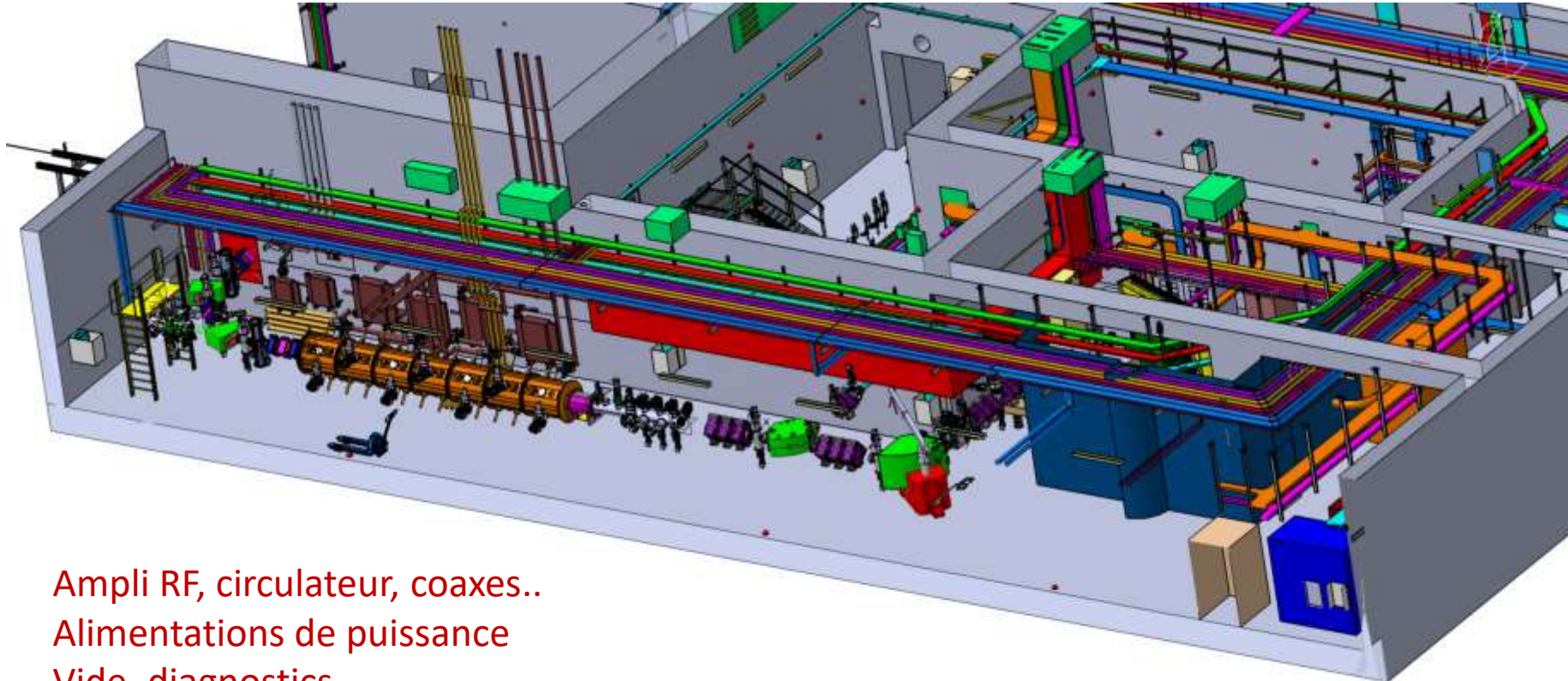


Extractors

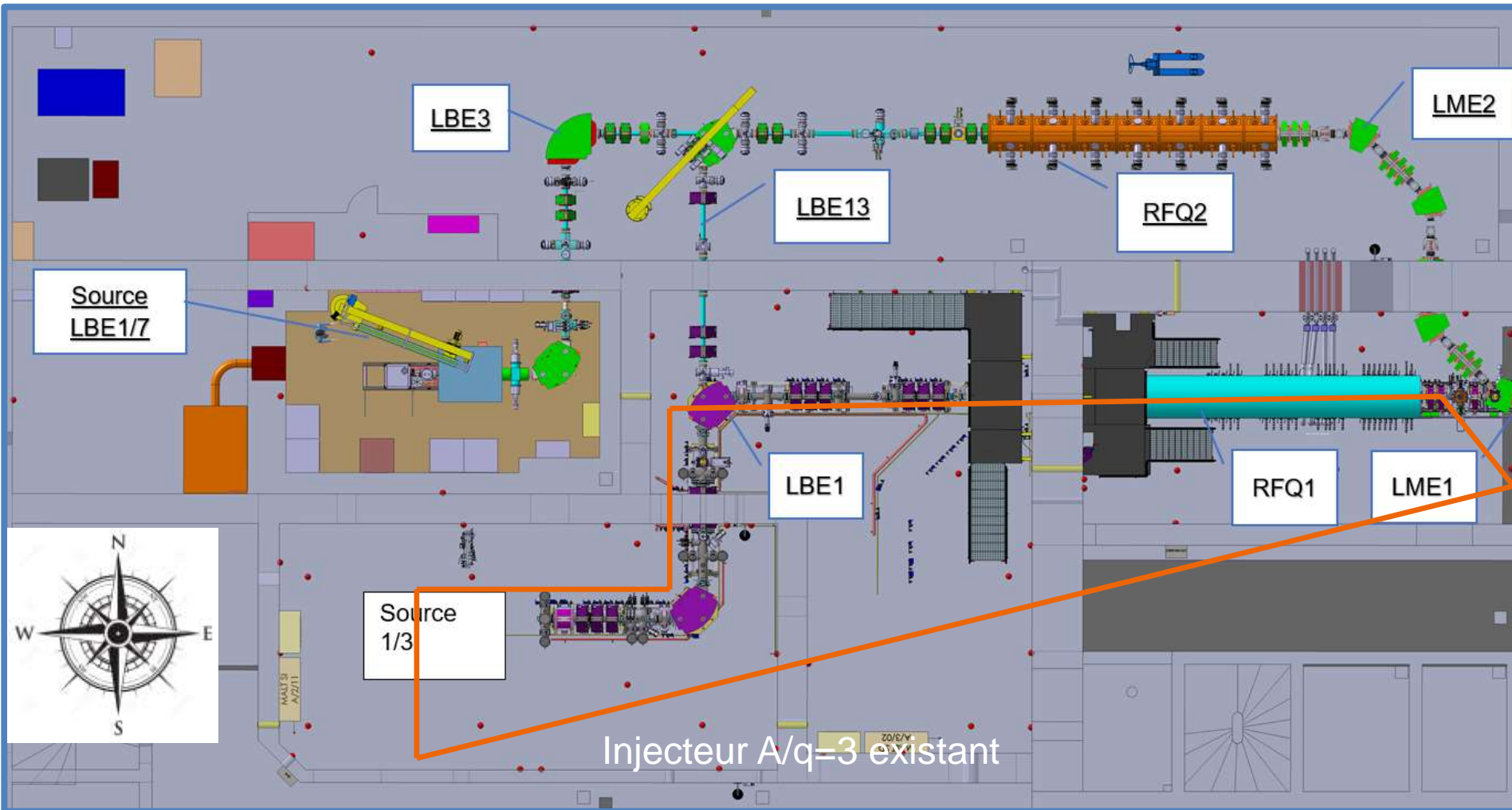


- \varnothing 80
- Difficulté intégration LME1
- Objets dans mur (sonde TOF)
- Pas centré dans mur





Ampli RF, circulateur, coaxés..
Alimentations de puissance
Vide, diagnostics, ...
Electricité, Fluides, Réfrigération



Source supra: type VENUS/FRIB (28/18 GHz)
RFQ: SPIRAL2 type

Connexion de Phoenix V3
Possibilité de fonctionnement
simultané des 2 injecteurs

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Faisceau d'ions typique : Calcium

- Calcium

- 10-15 μA Ca^{11+}
- $I_{\text{total}} \sim 1-1,5 \text{ mA}$
- $I_{\text{part}} \sim 0,33-05 \text{ pA}$
- $\epsilon^* \leq 0.25 \pi. \text{mm. rad}$

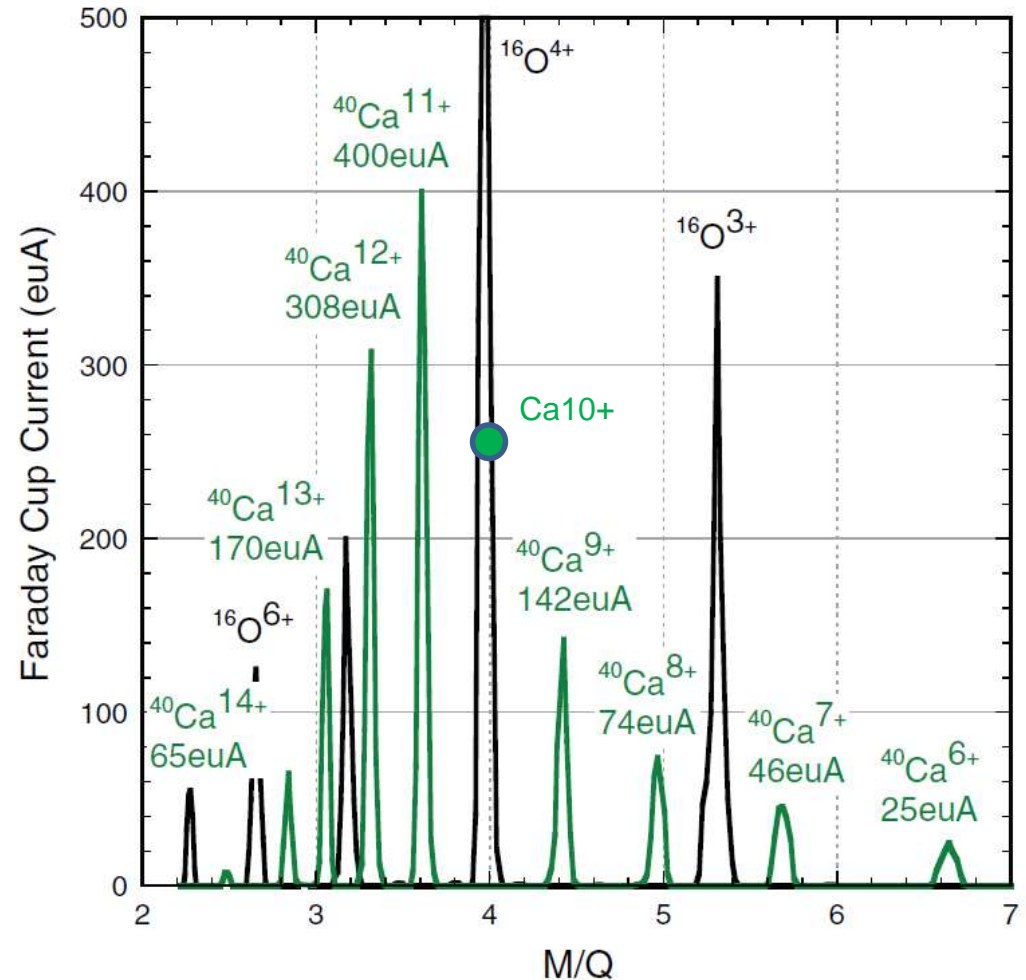


FIG. 7. (Color online) A ^{40}Ca spectrum produced by VENUS using the low temperature oven.

• Faisceau d'ions typique : Uranium

– $\sim 200 \mu\text{A}$ U34-

– $I_{\text{total}} \sim 3,2 \text{ mA}$

– $I_{\text{part.}} \sim 0,8 \text{ pA}$

– $\epsilon^* \leq 0.15 \pi$.

