

GANIL SPIRAL II

Situation: plateau du GANIL à CAEN

Type: accélérateur linéaire

Autorisation de mise en service: 8 Juillet 2019

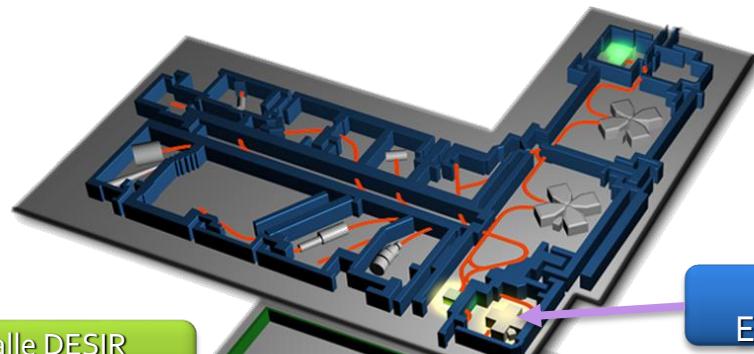
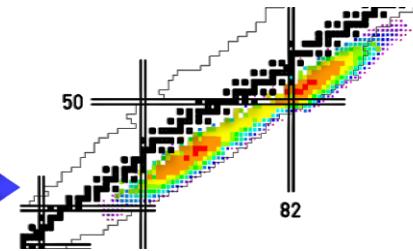


Sommaire

- **Le projet SPII**
- **Les objectifs à atteindre**
- **Performances**
- **Présentation des cavités supraconductrices du LINAC**
- **Etat d'avancement du démarrage des cavités HF du LINAC**

Les cyclotrons et SPIRAL II :

Spiral2



Salle DESIR
RIBs basse energie

Cyclotron CIME
 $E < 25 \text{ A.MeV}$ - RI Faisceau

S_3 :
Spectromètre
haute resolution

RIB salle de production : maximum 10^{14} fiss./s. SPIRALII PHASE 2 (Projet)

SC LINAC : 33MeV p, 40MeV d, 14.5MeV/u HI

Salle Etude des
Neutrons

Regroupeurs

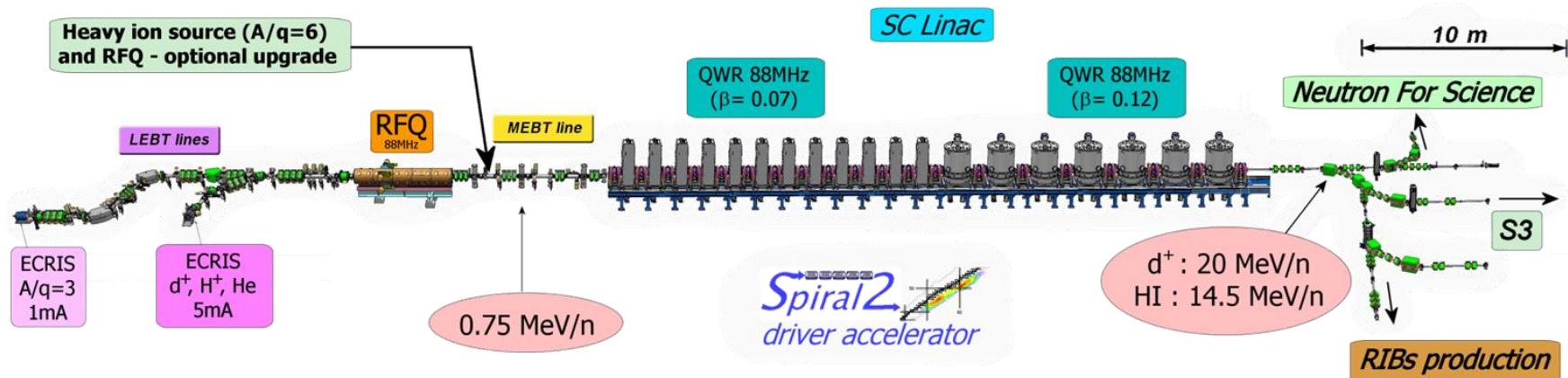
RFQ

$Q/A = 7$ Projet injecteur

$Q/A=2$ ECR source p, d, $^{3,4}\text{He}$, 5mA

$A/q=3$ ECR source Up to 1mA

SPIRAL II : objectifs



Particules	H^+	${}^3He^{2+}$	D^+	Ions	
Q/A	1	2/3	1/2	1/3	1/6
I (mA) max.	5	5	5	1	1
W_o max. (Mev/A)	33	24	20	15	9
CW max. Puissance faisceau (KW)	165	180	200	44	48

Longueur: 65 m (sans lignes HE)

Ligne (LEBT) et hacheur rapide (MEBT)

RFQ (1/1, 1/2, 1/3) & 3 regroupeurs

12 QWR beta 0.07 (12 cryomodules)

14 QWR beta 0.12 (7 cryomodules)

6.5 MV/m max $E_{acc} = V_{acc}/(\beta_{opt}\lambda)$ with
 $V_{acc} = \int E_z(z) e^{i\omega z/c} dz$.

Amplificateurs état solide (2,5, 5, 10 & 20 KW)

1.1 kW Liquéfacteur Helium (4.5 K)

Performances de SPIRAL II

● Un choix important de faisceaux

- Intensités (diagnostiques), energies (Cavités RF), particules (Simplicité des réglages de l'accélérateur), sécurités.

● Composition de l'accélérateur

- Source ions lourds (1mA Ar¹²⁺)
- RFQ transmission
- Cryomodules
 - ▶ 6.5 MV/m en opération
 - ▶ Pompage séparé, Lignes cryogéniques, boites à vanne pour les regulations de niveau et de pression d'He.

Sécurités

- ▶ Pertes < 1W/m
- ▶ Accés contrôlé du Tunnel , Ventilation nucléaire

Quelques dates clefs du projet

• Permis de construire :	10/2010
• Reception des batiments :	09/2014
• Début d'installation de l'accélérateur :	11/2012

➤ Autorisation de mise en service "partielle"
(pas de RF ni faisceau LINAC)

• Premier faisceau dans la ligne basse énergie :	12/2014
• Premier faisceau accéléré par le RFQ (ligne LME) :	12/2015
• Première mise en froid complète du LINAC :	11/2017
• Qualification de l'injecteur avec faisceaux (p, He, O) :	08/2018

➤ Autorisation de mise en service : 8/08/2019

=> notre priorité pour 2019 : qualifier le système RF de l'accélérateur

SPIRAL II LINAC

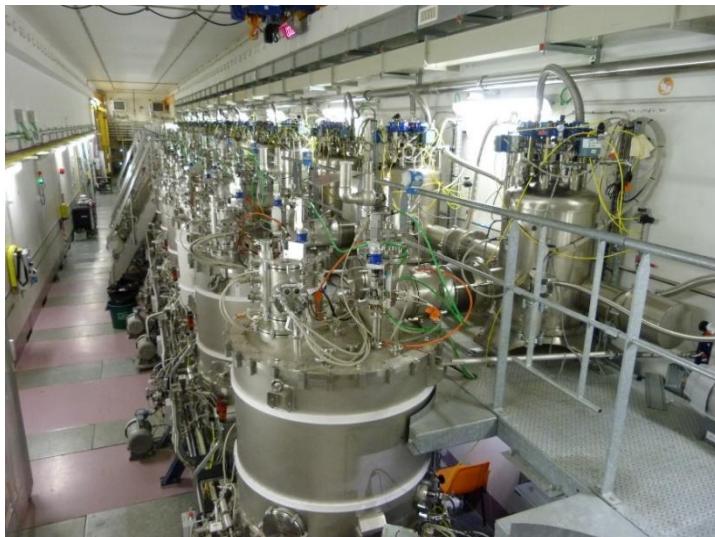
Cryomodule A- $\beta = 0.07$



Cryo module B - $\beta = 0.12$



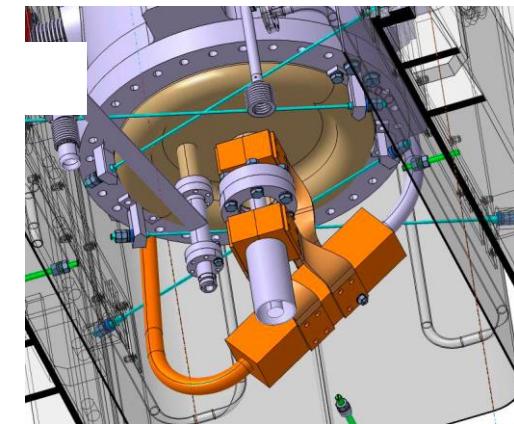
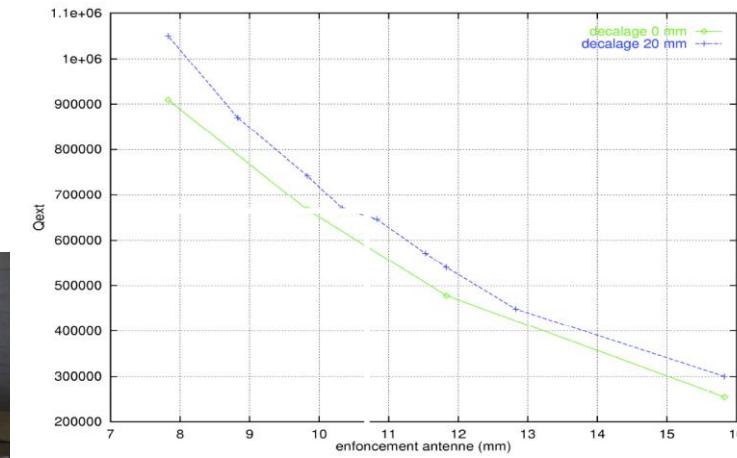
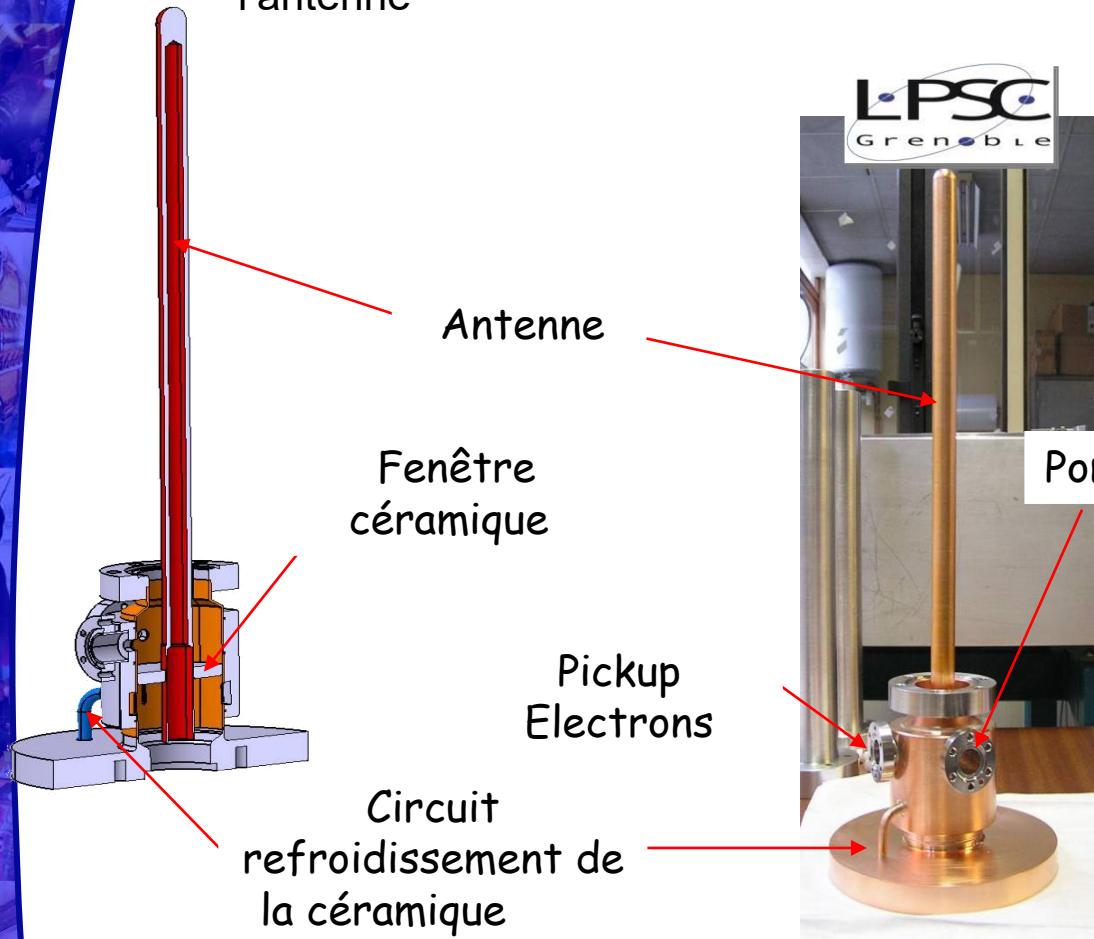
SPIRAL II LINAC: Cryomodules



Cavités	A	B
Nombre de cavités	12	14
\varnothing cavity [mm]	238	380
\varnothing Beam tube [mm]	38	44
f [MHz]	88.05	88.05
β_{opt}	0.07	0.12
Epk/Ea	5.36	4.76
Bpk/Ea [mT/MV/m]	8.70	9.35
Lacc [m]	0.24	0.40
Vacc @ 6.5 MV/m & β_{opt} [MV]	1.55	2.66
G [Ω]	22	37
r/Q [Ω]	600	515
Q_0 ($P_{\text{cav}}=10\text{W}$ @ 6.5 MV/m)	$3.5 \cdot 10^8$	$1.4 \cdot 10^9$

SPIRAL II LINAC: coupleurs

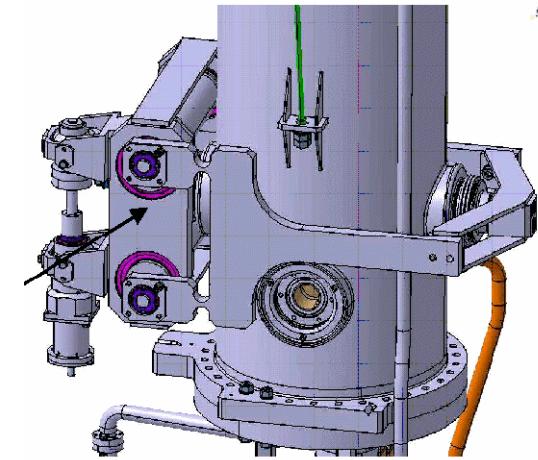
- Identiques quelque soit le Beta des cavités.
- Les Q_{ext} $6.5 \cdot 10^5$ (CMA) and $1.0 \cdot 10^6$ (CMB), sont obtenus par ajustement de la position de l'antenne



Ajustement de la fréquence

Type A: Déformation mécanique

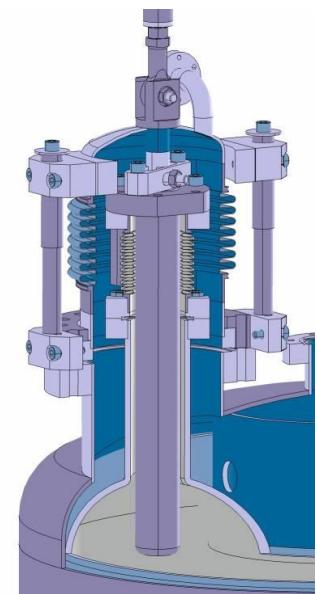
But → En ajustant le volume de la cavité on change la fréquence centrale de fonctionnement



Type B: Plongeur supraconducteur

Mouvement lent pour compenser les variations de pression du bain d'Helium (~ secondes)

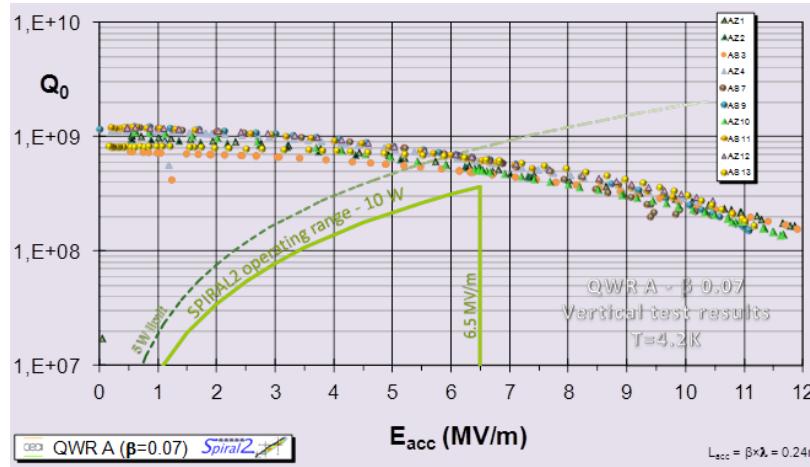
Plus rapide pour compenser les modes vibratoires (Pompage, etc)



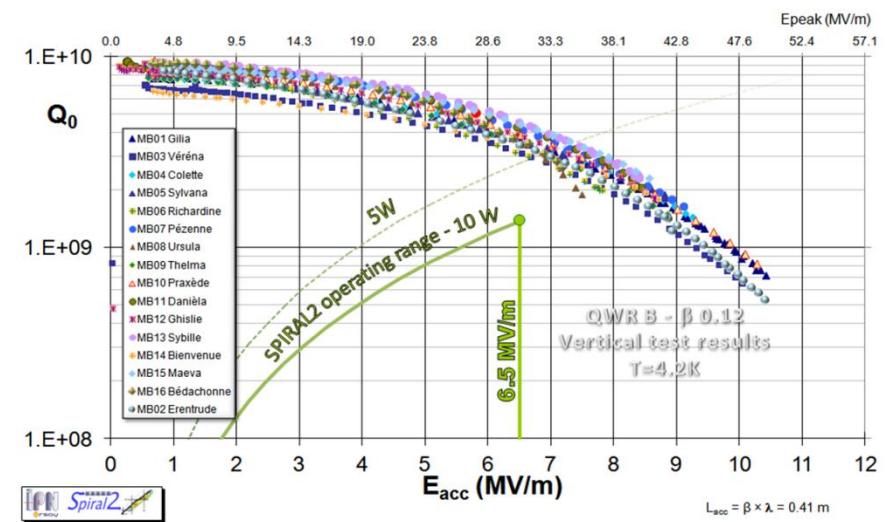
SPIRAL II LINAC: tests en cryostat vertical

Le champ électrique nominal (6,5 MV/m) a été obtenu en cryostat vertical

CAVITES A



CAVITES B



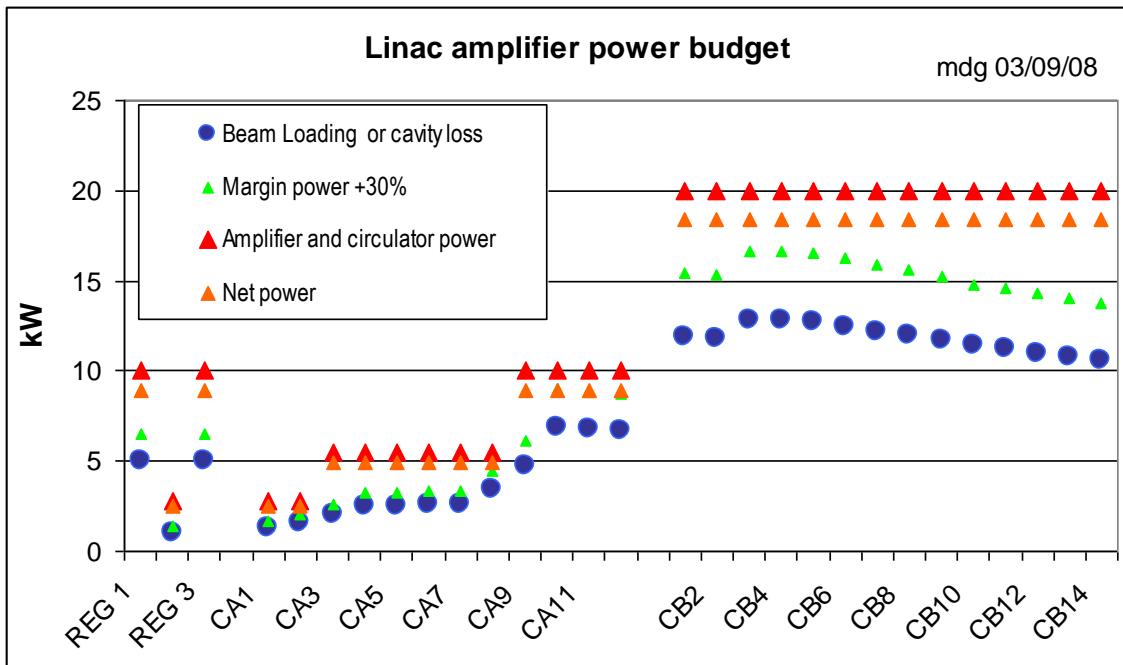
SPIRAL II: amplificateurs état solide

Installation des amplificateurs état solide: distribution

Nous avons besoin :

- 3 amplificateurs de 3 kW (Cryomodules A)
- 6 amplificateurs de 5 kW (Cryomodules A, Regroupeurs)
- 6 amplificateurs de 10 kW (Cryomodules A, Regroupeurs)
- 14 amplificateurs of 20 kW (Cryomodules B)

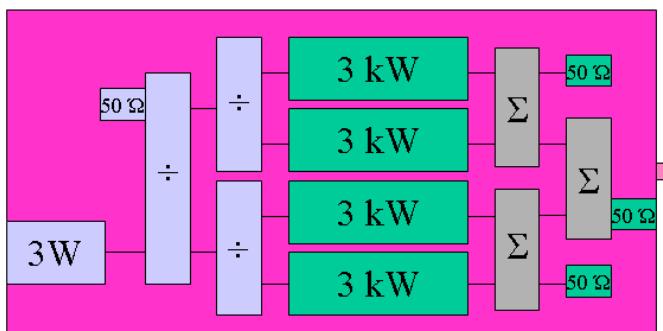
Soit 29 amplificateurs pour une puissance HF totale de 380 kW .



SPIRALII: circulateurs

■ Circulateurs

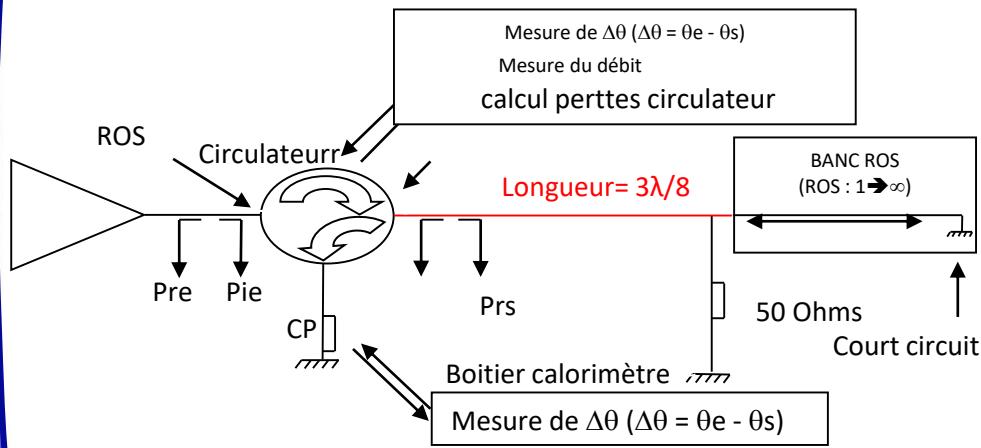
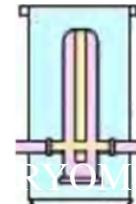
AMPLIFICATEUR 10 OU 20 Kw



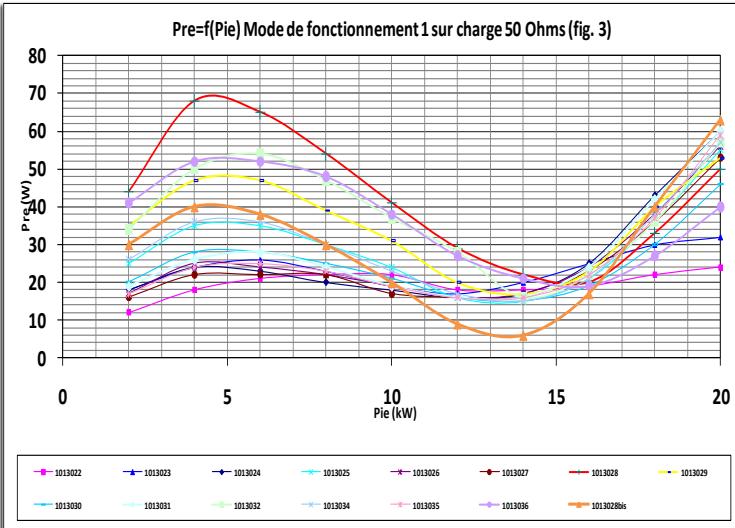
Port 1: Entrée

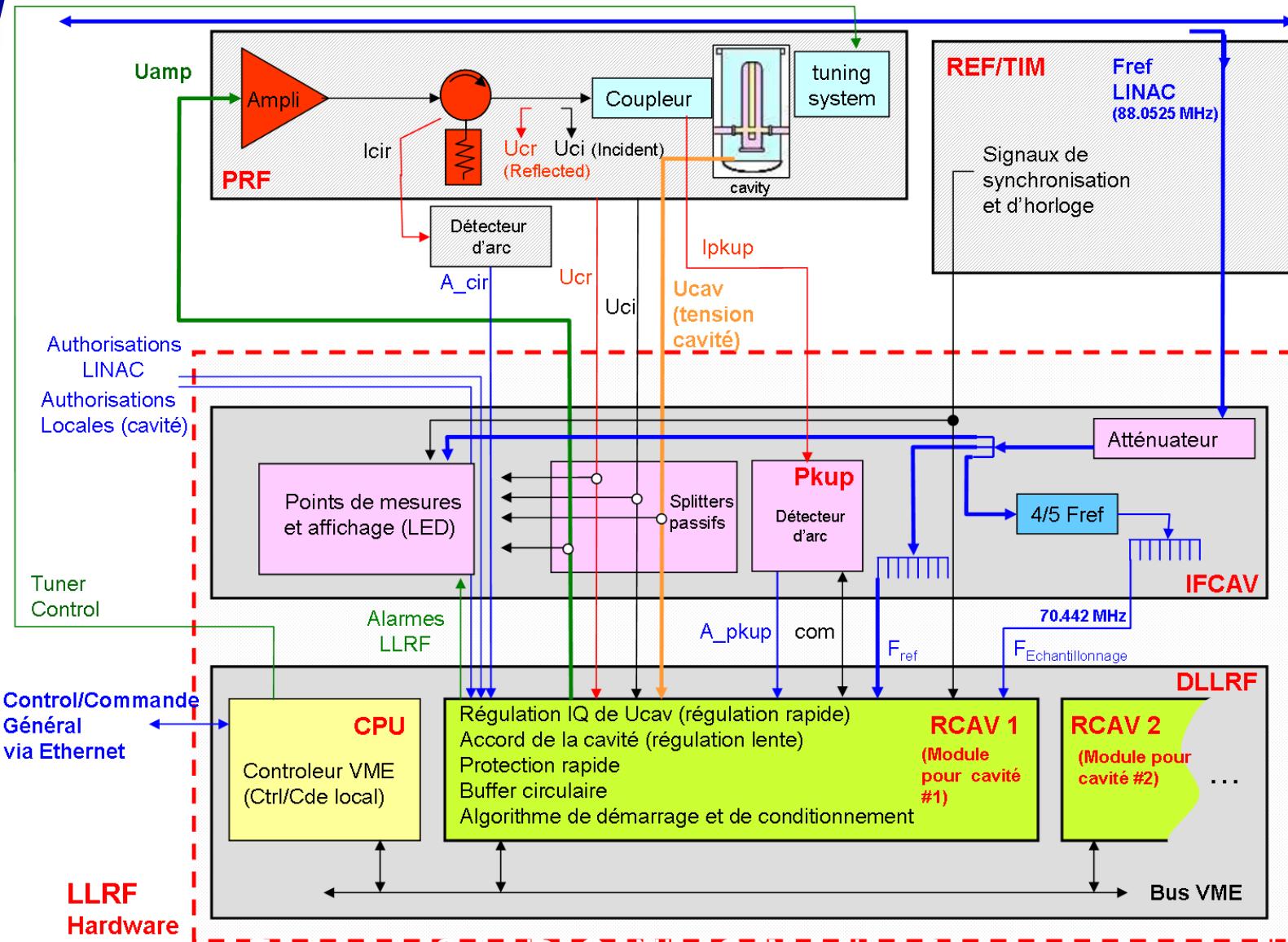
Port 2: Sortie

3: Charge



■ Adaptation d'impédance d'entrée 50 Ohms : S_{11}





SPIRAL II : formation des coupleurs

Formation des coupleurs à chaud et à froid:

Fréquence: 50 Hz

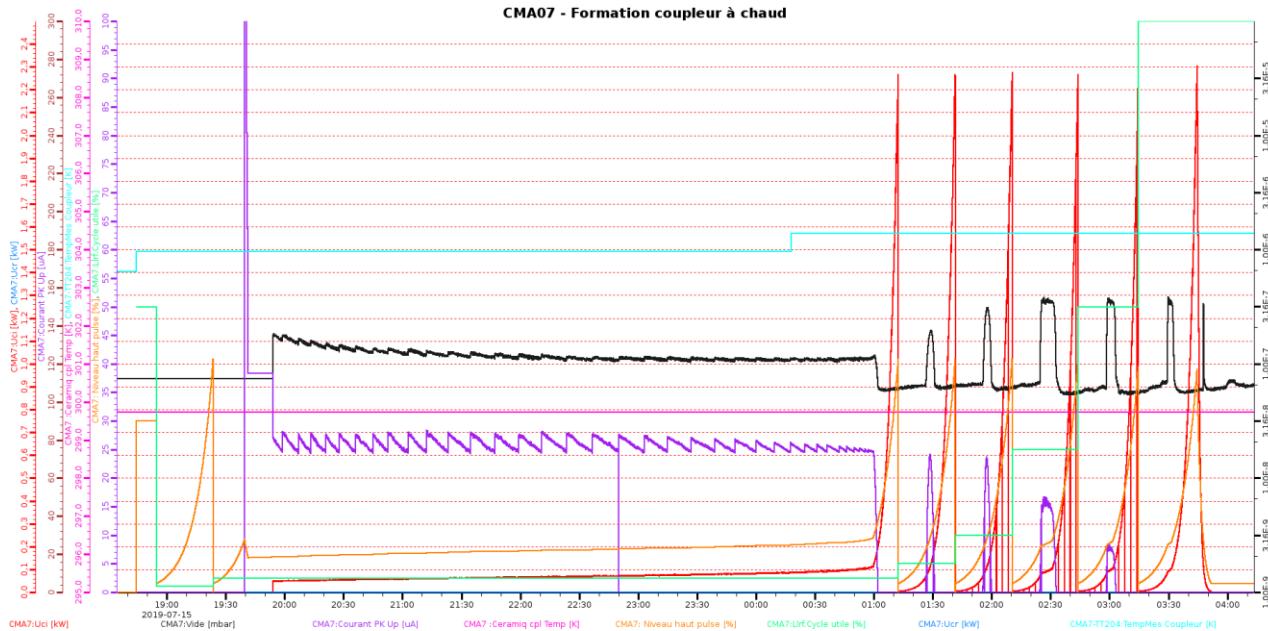
Cycle utile de 1% à 50% de Pmin à Pmax amplificateurs

Dernier cycle en CW

Critères d'acceptation :

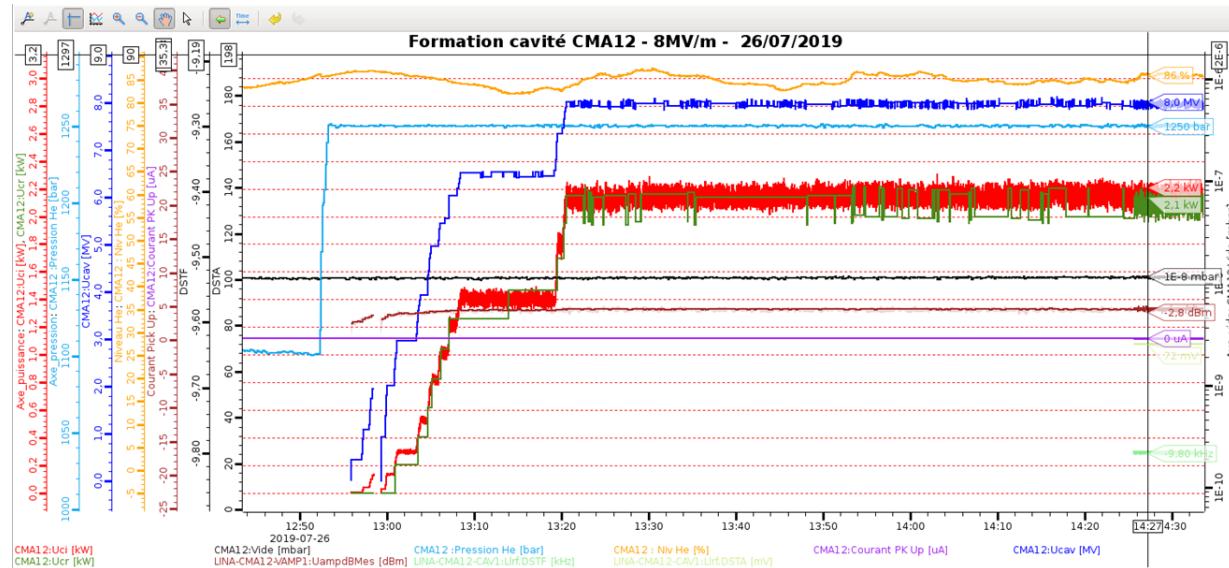
I pick up < 150µA

Vide < 5 .10⁻⁷ mb

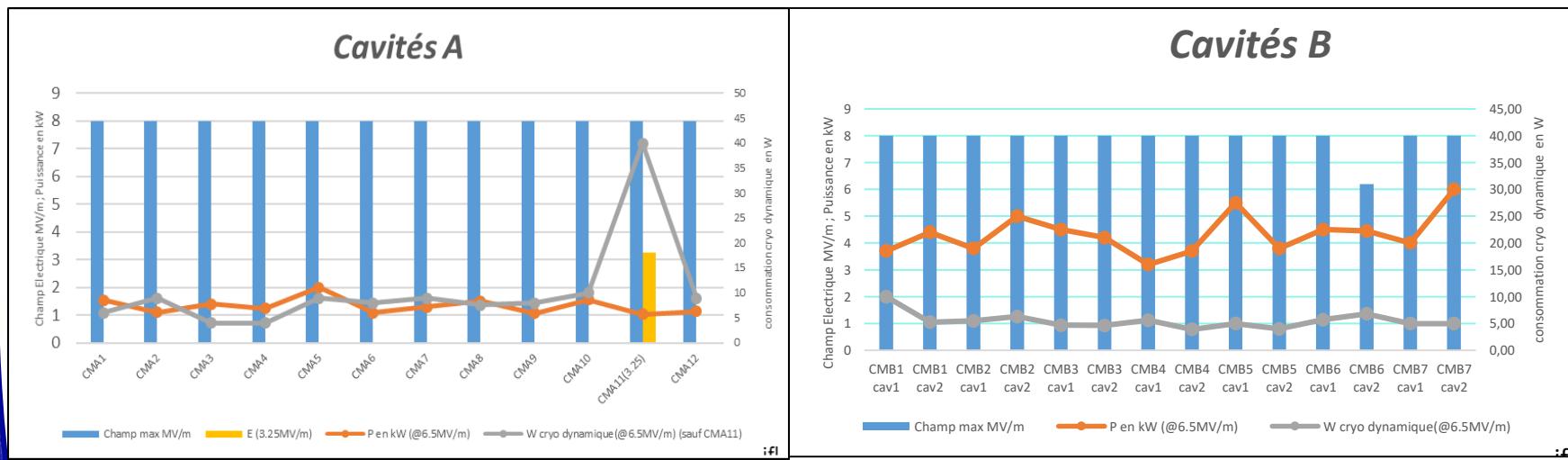


SPIRAL II LINAC Cryomodules

Tests au champ électrique de 8MV/m de la première cavité



Tests au champ électrique de 8MV/m dans les cavités A et B



SPIRAL II LINAC

Conclusions:

- Tous les systèmes cryogéniques ont été testés et des problèmes de Taconis résolus
- La stabilité du bain d'Helium est de +/- 5 mbars pour une pression de 1200mb.
- Les systèmes de SAF (Systèmes d'accord en fréquence) ont été testés avec succès à bas niveau.
- Nous avons eu l'autorisation de démarrage de l'installation SPI2 le 8 juillet 2019.
- Toutes les cavités ont atteint un champ électrique de 8MV/m individuellement.
- L'ensemble des cavités HF ont atteint leur champ nominal de 6,5 Mv/m
- ***Prochains jalons (2019) :***
 - ***Tester les systèmes de régulation RF (Fréquence, phase, amplitude)***
 - ***Commencer l'injection d'un faisceau de protons dans le LINAC***