

S. Rey¹ (rey@lpsc.in2p3.fr), M. Baylac¹, D. Bondoux¹, F. Bouly¹, F. Davin³, H. Saugnac², D. Vandeplassche³

¹LPSC, Laboratoire de Physique Subatomique et de Cosmologie (CNRS/IN2P3, UGA, Grenoble-INP), Grenoble

²IPNO, Institut de Physique Nucléaire Orsay (CNRS/IN2P3), Orsay

³SCK-CEN, Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire, Mol (Belgique)



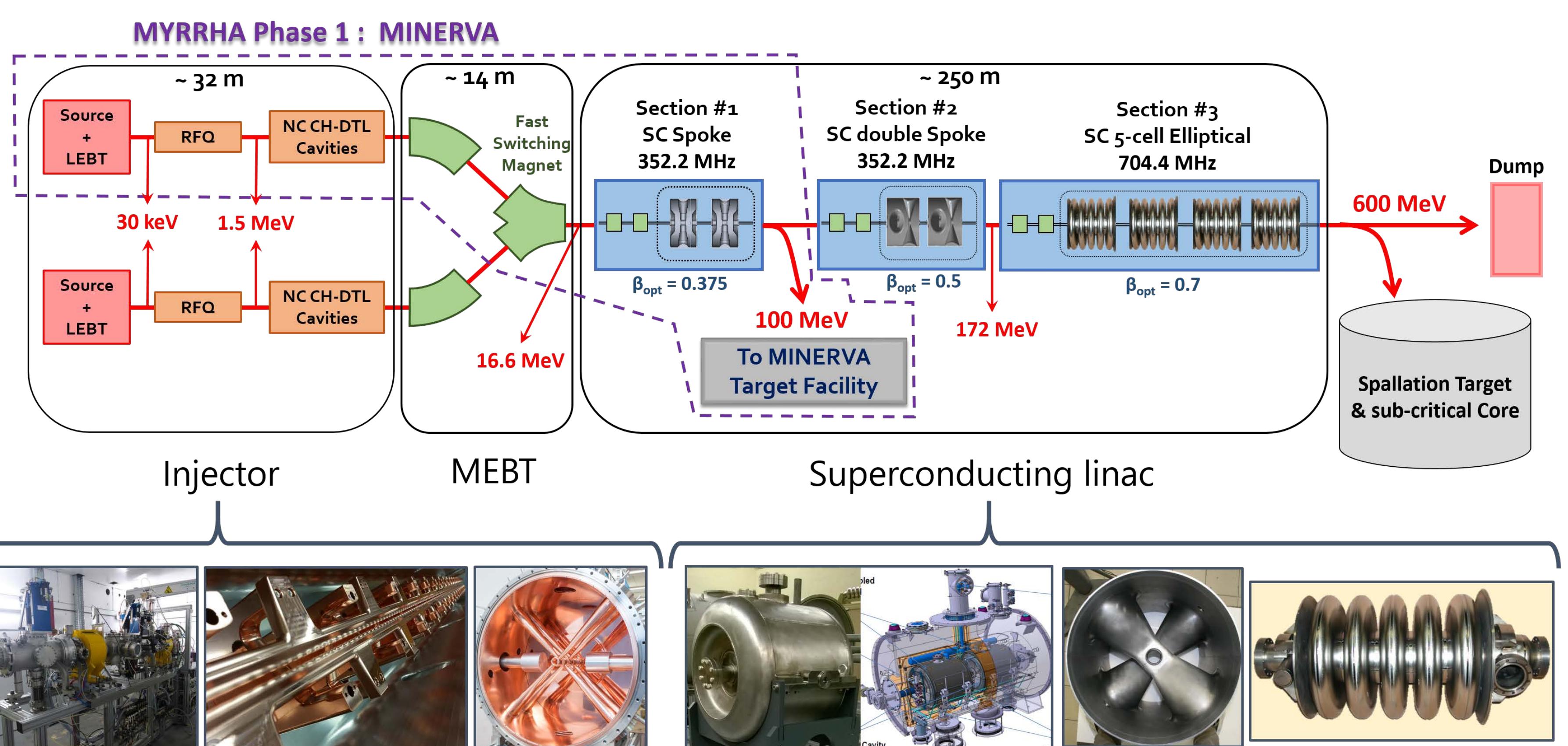
Introduction

MYRRHA (Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications) est un **projet de réacteur hybride de type ADS** (Accelerator Driven System) porté par le SCK•CEN en Belgique.

Il est notamment composé d'un accélérateur de protons de forte puissance (4 mA - 600 MeV) qui doit maintenir un niveau de fiabilité extrême pour garantir la disponibilité et la robustesse du réacteur qu'il pilote.

MINERVA, La phase 1 du projet MYRRHA, consiste en la construction du linac jusqu'à l'énergie de 100 MeV.

Les résultats des calculs de **dimensionnement du vide de l'accélérateur MYRRHA 100 MeV** permettent de valider les choix de matériaux et d'équipements de vide, et aussi, de déterminer les procédures de mise en œuvre lors de la mise sous vide et des étuvages.



Calculs et simulations

Utilisation des formules de conductances :

$$\text{Pour un tube cylindrique} \Rightarrow C = 122 \times \left(\frac{D^3}{L} \right)$$

$$\text{Pour une réduction de diamètre} \Rightarrow C = 116 \times \pi \times \frac{D_1^2}{4 \times \left(1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right)}$$

avec D diamètre, L longueur et $D_1 < D_2$

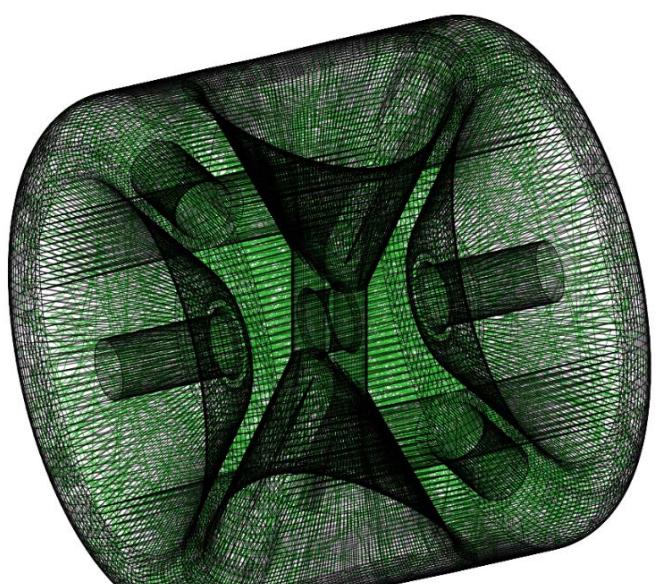
Utilisation du logiciel Molflow+ (CERN).

Pour déterminer la conductance de géométries complexes telles que les cavités Spoke :

$C = \text{conductance d'entrée} \times \text{probabilité de transmission}$

$$C = 0,289 \text{ m}^3/\text{s} \times 17,8\%$$

$$C = 0,052 \text{ m}^3/\text{s}$$



Utilisation des données de taux de dégazage des matériaux et de flux de dégazage des équipements (vide et diagnostics)

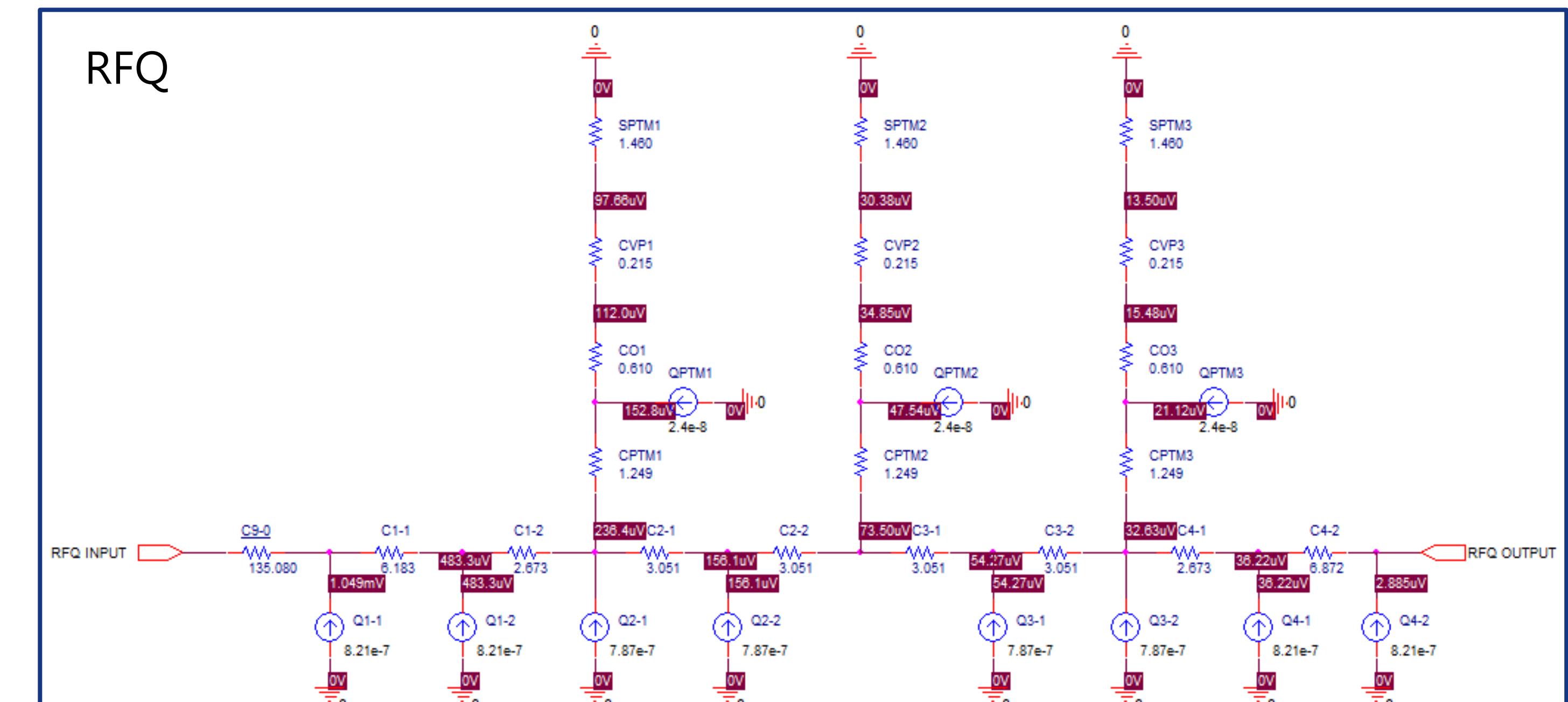
Équipements / Matériaux	Taux de dégazage (Pa.m/s)	Flux généré (Pa.m ³ /s)
INOX, 50h de pompage	4.10^{-8}	
INOX, étuvé 24h à 200°C	2.10^{-10}	
Niobium, 10h de pompage	$8.06.10^{-7}$	
Niobium, étuvé	$8.06.10^{-8}$	
VITON	2.10^{-4}	
Perméation du VITON		$2.50.10^{-6}$
Vanne tiroir CF63		8.10^{-10}
Vanne tiroir CF150		2.10^{-9}
Profileur		4.10^{-7}

Utilisation de l'analogie entre le vide et l'électronique.

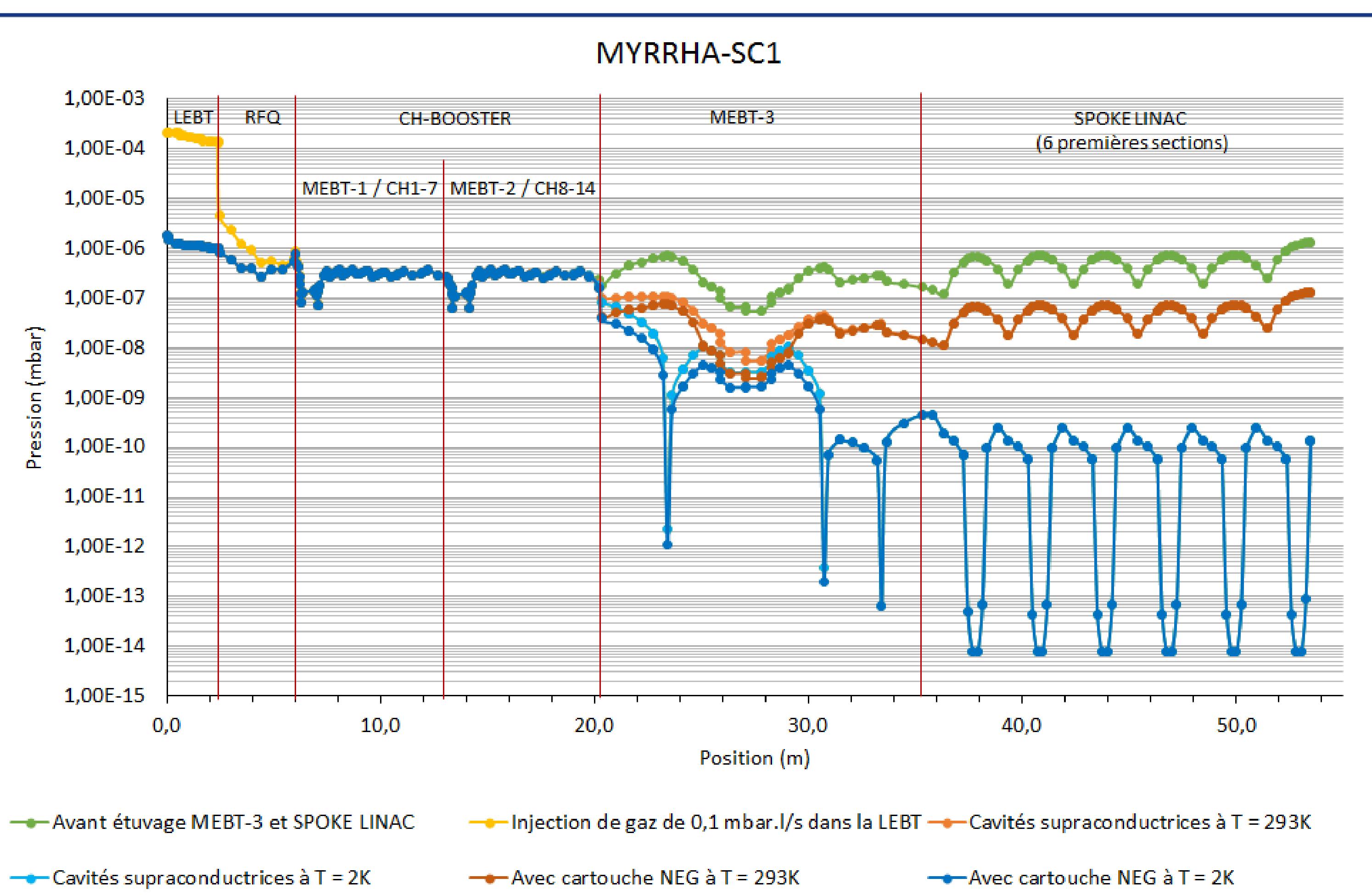
Lorsque les conductances et les flux de dégazage ont été calculés, la ligne de faisceau est modélisée à l'aide du logiciel PSpice (CAO électronique) en utilisant l'analogie entre le vide et l'électronique.

$$\begin{array}{ccc} C \text{ en m}^3/\text{s} & \Leftrightarrow & 1/R \text{ en } \Omega^{-1} \\ Q \text{ en Pa.m}^3/\text{s} & \Leftrightarrow & I \text{ en A} \\ P \text{ en Pa} & \Leftrightarrow & U \text{ en V} \end{array}$$

RFQ



- ## Résultats
- Résultats des simulations** des niveaux de pression de **MYRRHA 100 MeV** dans différentes configurations :
 - Avant étuvage de la MEBT-3 et du linac supraconducteur
 - Avec une injection de gaz de 1.10^{-2} Pa.m³/s dans la LEBT
 - Cavités Spoke supraconductrices à température ambiante ($T = 293K$)
 - Cavités Spoke supraconductrices à « froid » ($T = 2K$)
 - Avec des cartouches NEG (Non Evaporable Getter) supplémentaires en entrée de MEBT-3



Configuration	LEBT	RFQ	CH-Booster	MEBT-3	SPOKE Linac
Niveaux de pression requis	1.10^{-6} à 5.10^{-5}	1.10^{-7} à 5.10^{-7}	8.10^{-8} à 3.10^{-7}	1.10^{-10} à 1.10^{-9}	1.10^{-10} à 1.10^{-9}
Cavités SPOKE à $T = 2K$	$1.2.10^{-6}$	$4.7.10^{-7}$	$2.7.10^{-7}$	1.10^{-8}	$7.3.10^{-11}$
Avec cartouches NEG dans MEBT-3	$1.2.10^{-6}$	$4.7.10^{-7}$	$2.7.10^{-7}$	$4.6.10^{-9}$	$7.3.10^{-11}$
Avec injection de gaz dans LEBT	$1.6.10^{-4}$	$1.4.10^{-6}$	$2.7.10^{-7}$	$4.6.10^{-9}$	$7.3.10^{-11}$

Conclusions et recommandations

- Les points critiques sont :
 - Le RFQ
 - L'entrée de la MEBT-3
 ⇒ Utiliser des joints métalliques
 ⇒ Augmenter les capacités de pompage
- Le matériel et la mise en œuvre doit répondre aux critères de qualité de vide et de fiabilité
 - Pompes sèches
 - Jauge passives
 - Techniques de l'ultra vide
 ⇒ Scroll, turbomoléculaires, ioniques
 ⇒ Pirani, Penning (sans électronique)
 ⇒ Nettoyage, port de gants, étuvage