

S. Rey¹ (rey@lpsc.in2p3.fr), M. Baylac¹, D. Bondoux¹, F. Bouly¹, F. Davin³, H. Sagnac², 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)



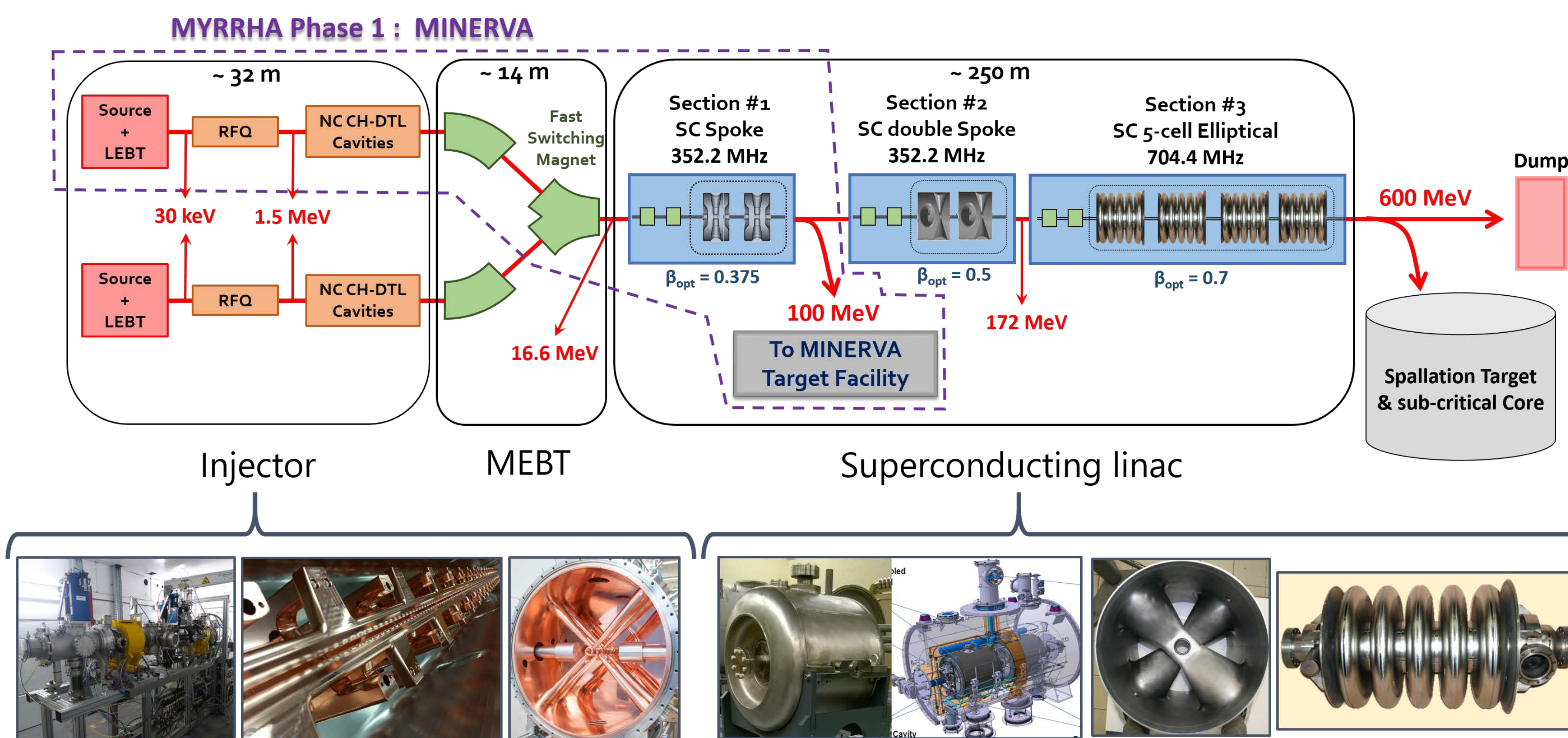
Introduction

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** :

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

$C = \text{conductance d'entrée} \times \text{probabilité de transmission}$
 $C = 0,289 \text{ m}^3/\text{s} \times 17,8\%$
 $C = 0,052 \text{ m}^3/\text{s}$



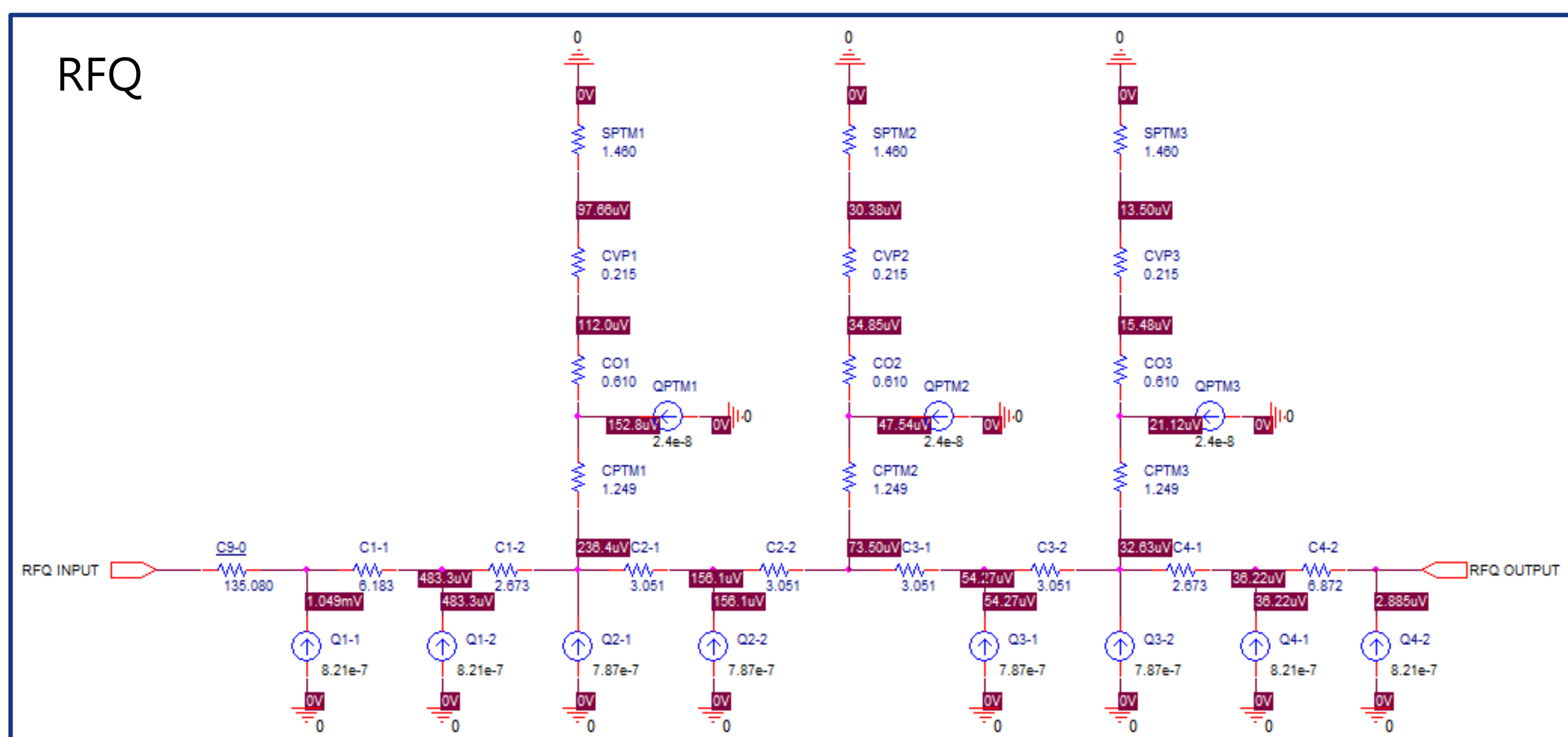
Utilisation des données de **taux de dégazage** des matériaux et de **flux de dégazage** des équipements (vide et diagnostics)

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.

C en m³/s \Leftrightarrow $1/R$ en Ω^{-1}
 Q en Pa.m³/s \Leftrightarrow I en A
 P en Pa \Leftrightarrow U en V



Résultats

Résultats des simulations des niveaux de pression de **MYRRHA 100 MeV** dans différentes configurations :

- Avant étuvage de la MEFT-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 MEFT-3

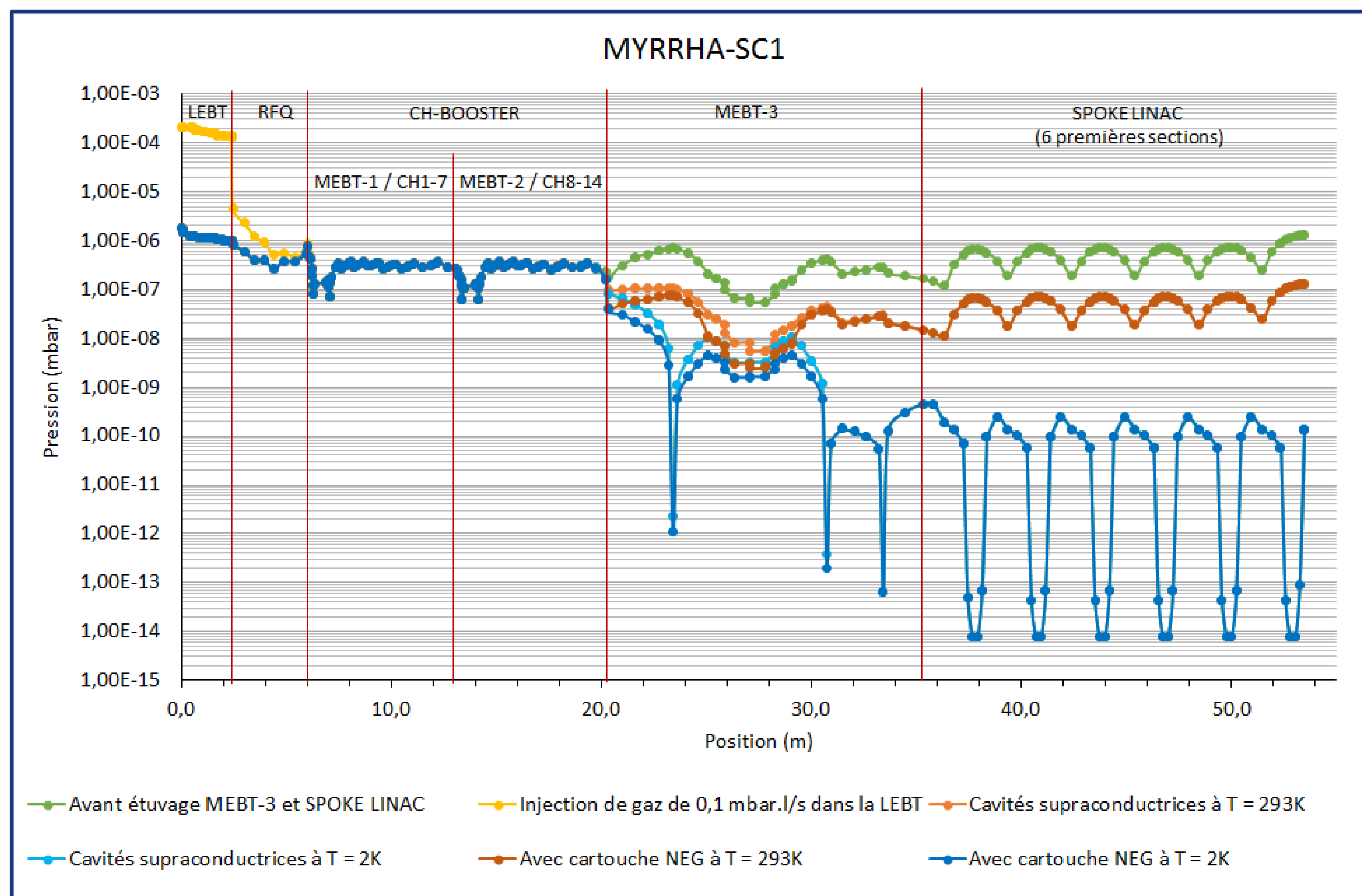


Tableau récapitulatif des niveaux de pression limite attendus (en mbar)

Configuration	LEBT	RFQ	CH-Booster	MEFT-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 MEFT-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 \Rightarrow Utiliser des joints métalliques
- L'entrée de la MEFT-3 \Rightarrow 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 \Rightarrow Scroll, turbomoléculaires, ioniques
- Jauges passives \Rightarrow Pirani, Penning (sans électronique)
- Techniques de l'ultra vide \Rightarrow Nettoyage, port de gants, étuvage