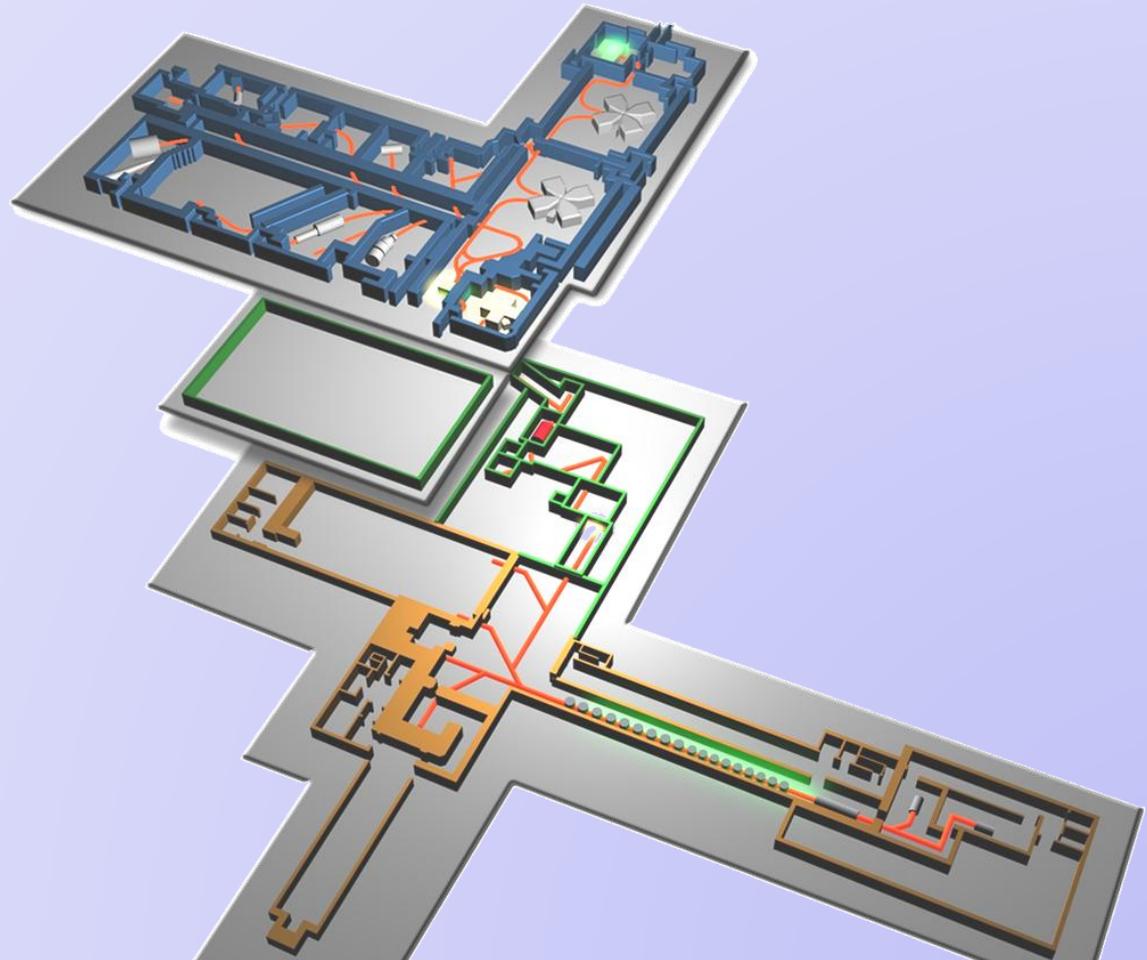
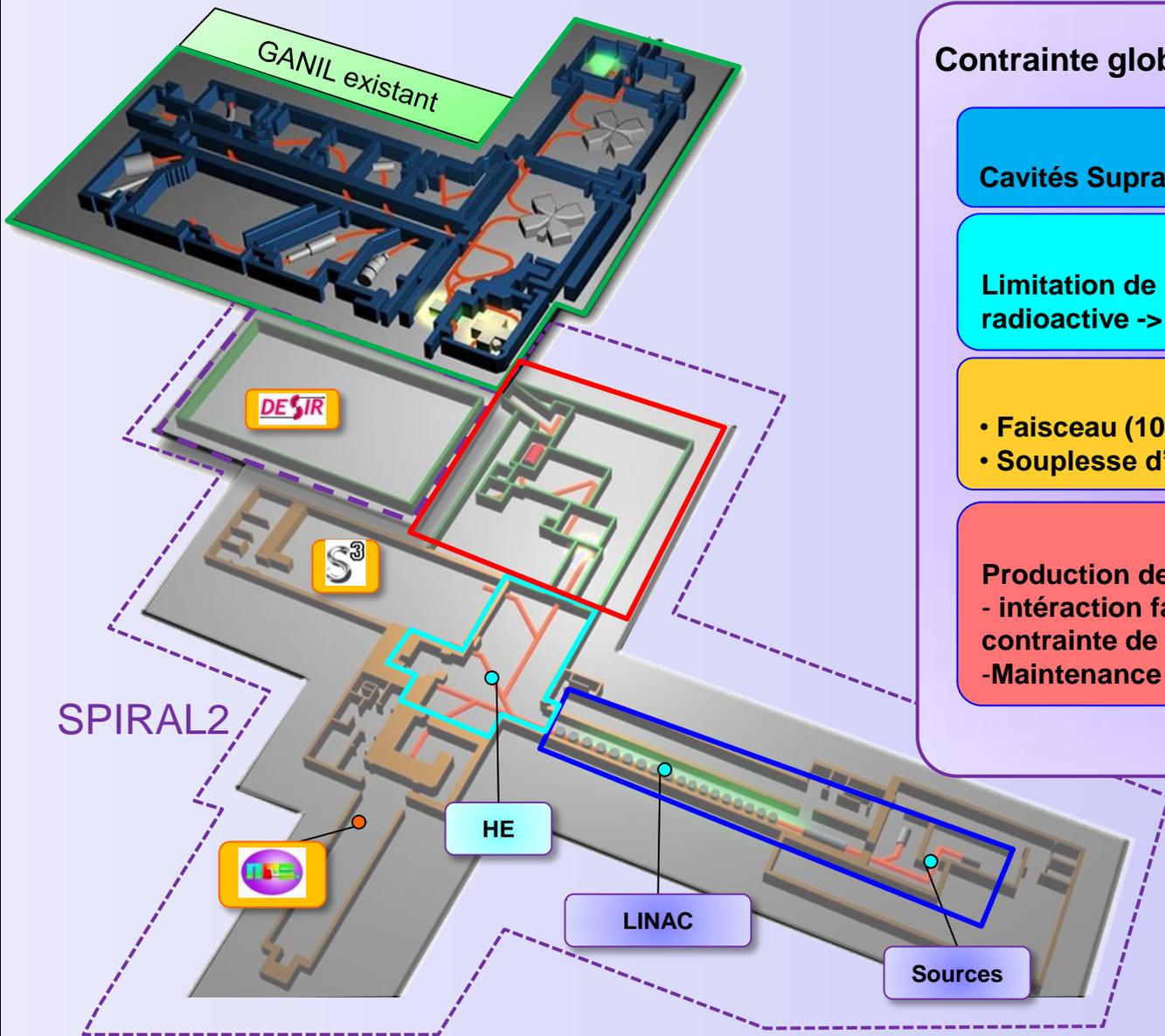


Systemes de Vide de SPIRAL2 et contraintes particulières





Contrainte globale : Transmission du faisceau

- Accélérateur**
Cavités Supra
- HE**
Limitation de la transmission de la matière radioactive -> (sûreté)
- AEL**
 - Faisceau (10kW) -> cible -> (sûreté)
 - Souplesse d'exploitation
- Production**
Production des éléments recherchés :
 - interaction faisceau / cible (200kW) -> (forte contrainte de sûreté)
 - Maintenance

Contraintes :

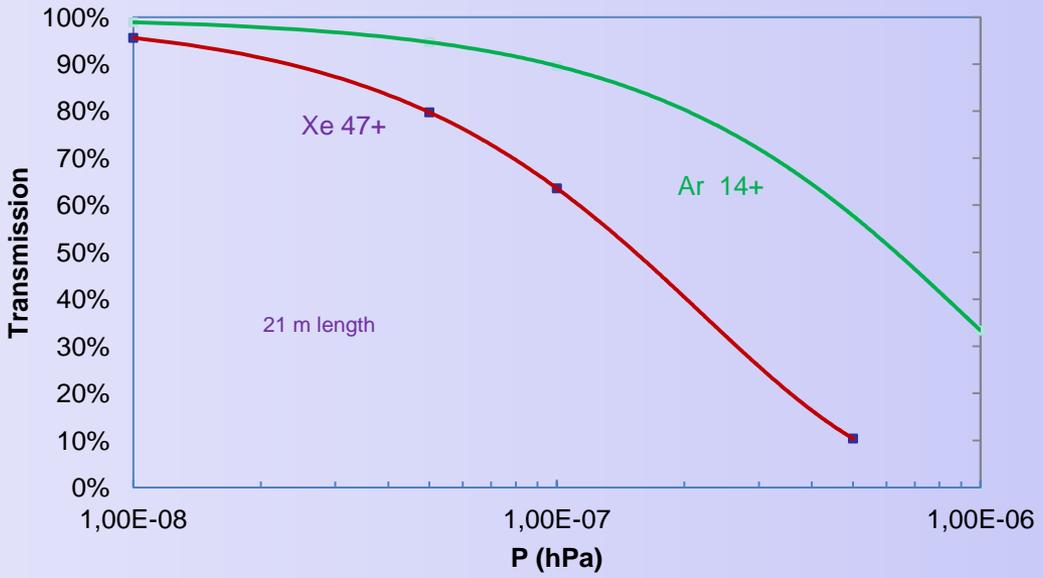
- Transmission du faisceau
- Proximité cavités Supra
- Sûreté

Contraintes :

- Transmission du faisceau
- Proximité cavités Supra
- Sûreté

But :

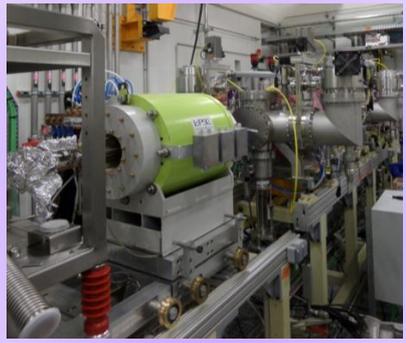
Minimiser les échanges de charges entre les ions (H^+ , $^3He^{2+}$, D^+ , **Q/A 1/3, Q/A 1/6**) et le gaz résiduel



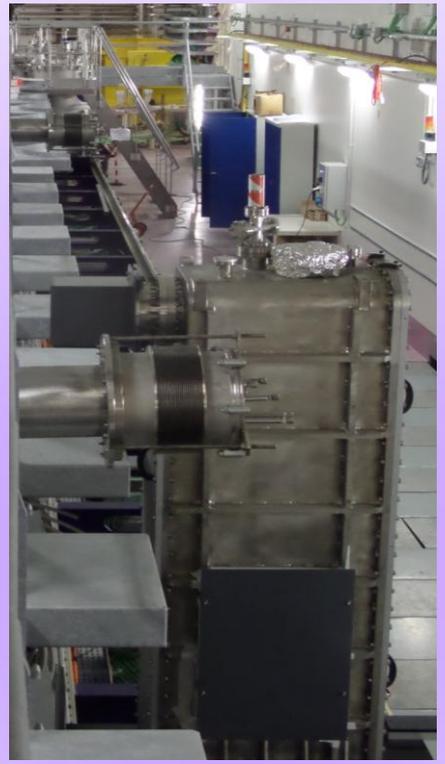
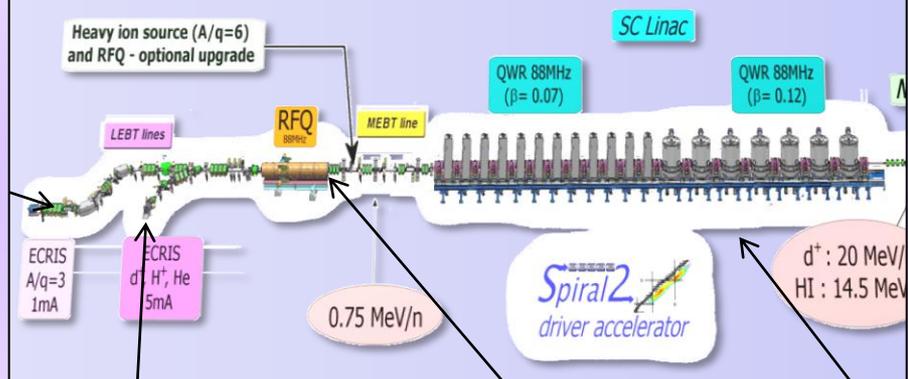
Transmission du faisceau d'ions dans le vide résiduel dans la ligne basse énergie (schlachter model)

cross sections in N₂ equiv.
 $\sigma_c (Ar\ 14+) = 2.10^{-18} m^2$
 $\sigma_c (Xe\ 47+) = 8.10^{-18} m^2$

Pressions moyennes requises



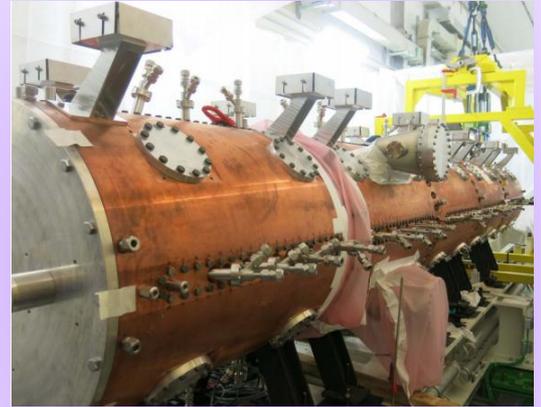
LBE1: 1.10^{-8} hPa



**LINAC:
 1.10^{-8} hPa
(Sections chaudes)**



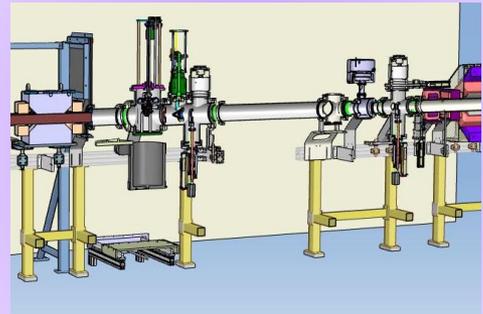
LBE2: 1.10^{-6} hPa



RFQ: 2.10^{-8} hPa

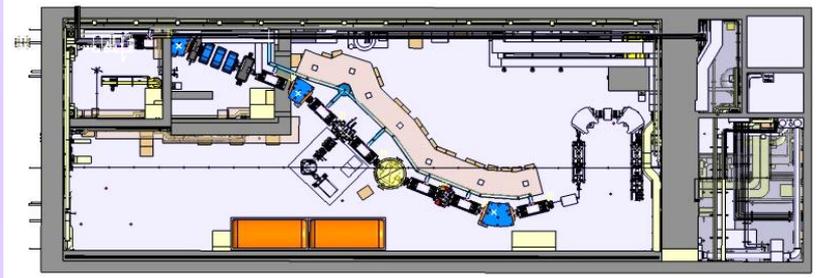
Pressions moyennes requises

NFS: 10kW, D+

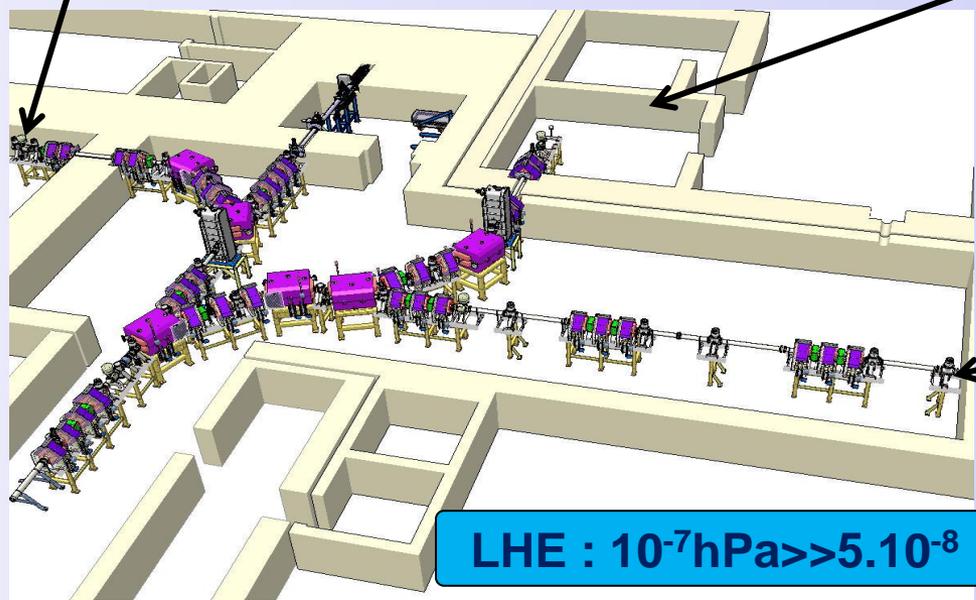


$1 \cdot 10^{-6}$ mbar

S3 : ~ 10kW (Q/A)



$5 \cdot 10^{-8}$ mbar



LHE : 10^{-7} hPa >> $5 \cdot 10^{-8}$

Phase 2



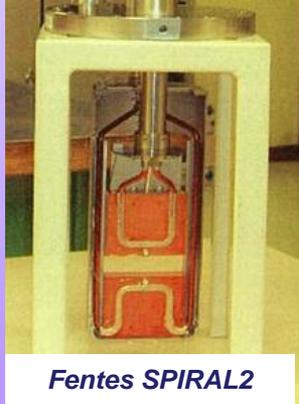
10^{-6} >> 10^{-8} mbar

Flux à pomper

Dégazage localisé diagnostiques, fentes...

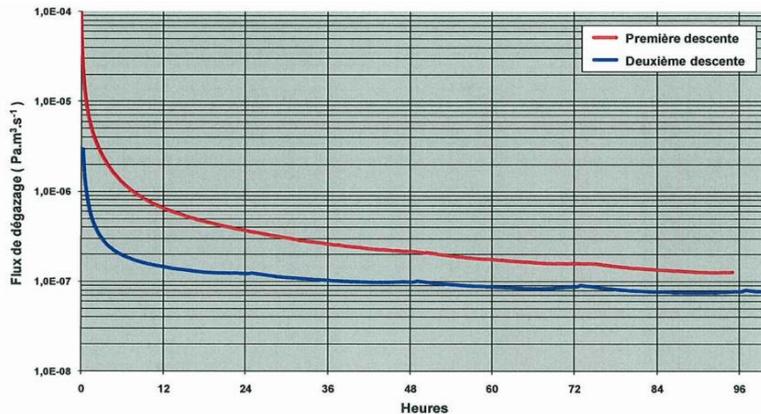


Banc de mesure
(GANIL)

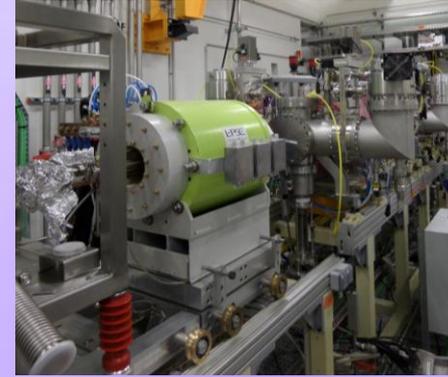


Fentes SPiRAL2

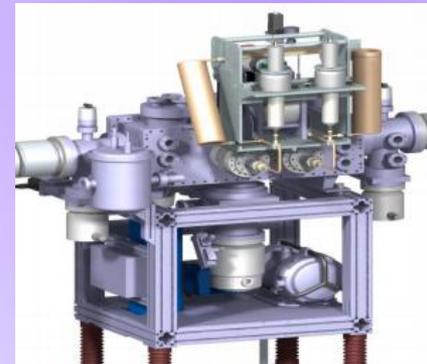
Mesure quantitative du flux de dégazage



Gaz support (sources, détecteurs, ...)



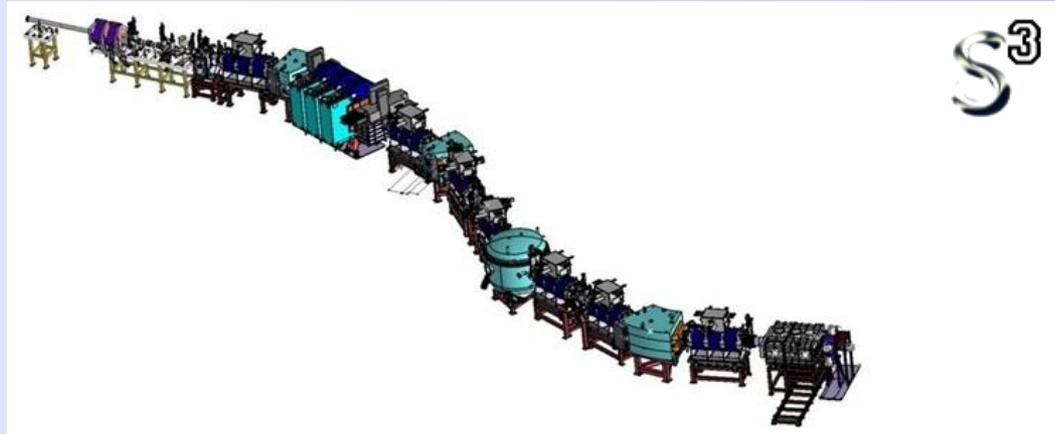
Source d'ions SPiRAL2
(LPSC Grenoble)



RFQ cooler SHIRAC
(LPC Caen)

Rendement :

- Phénomène complexe (ions, cible, énergie, charge...)
- Faisceaux SPIRAL2 -> cas le plus pénalisant !!!
- Valeur du rendement $10^0, 10^2, 10^3, 10^4$?



pression inatteignable + volume de gaz

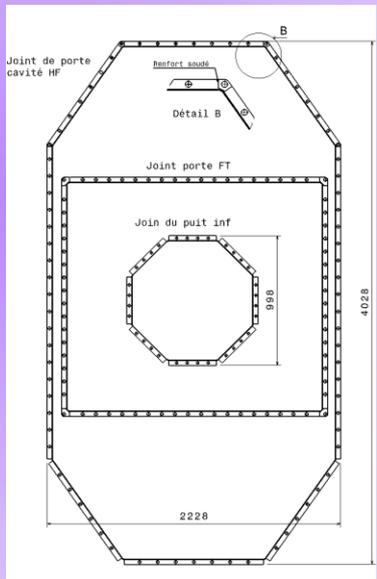
- Collaboration avec GSI : focus sur expérience FISIC : 10^{-11} hPa (INSP)
- Optimisation pour minimiser le rendement

Etanchéité avec joints métalliques

- CF (par défaut)
- Diamant (type GANIL)
- torique métallique



Joint lame (RFQ)



Joint diamant CSS GANIL

Etat de surface (RGA -> rien au-dessus de 45 inférieur à 1/500 du pic 18)



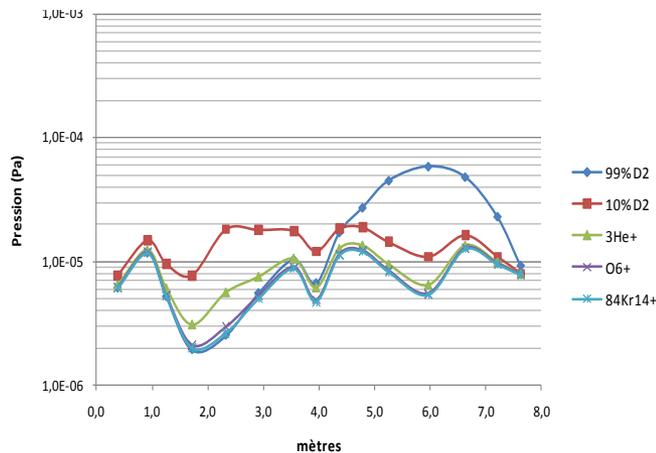
Etuvage si nécessaire 48@120° C

Analogie equations Vide/ circuits électriques

Nombreuses Itérations (faisceaux,
configuration)

Optimisation des équipements

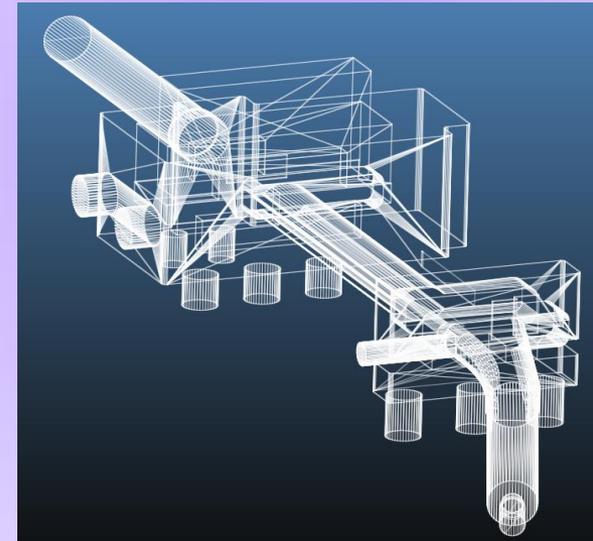
Configuration finale : 4GC + 2 GT



Monte Carlo (Régime Moléculaire)

Conductances des géométries
complexes

Transmission des gaz

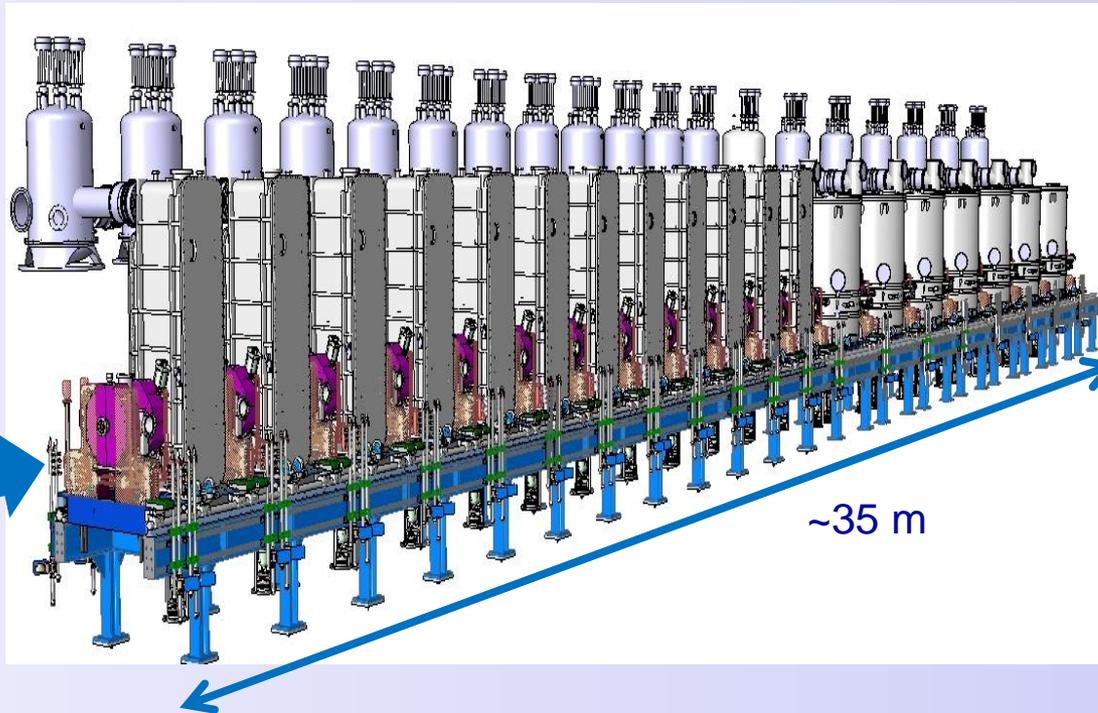


Modélisation beam dump S3 avec Molflow
(code développé par R.KERSEVAN, M. ADY)

Contraintes :

- Transmission du faisceau
- Proximité cavités Supra
- Sûreté

- Matériel compatible ISO 6 ou pouvant être nettoyés
- Pompage du H₂ & He
- Prévidage lent
- Limitation des polluants -> Étuvage 48h@150° C

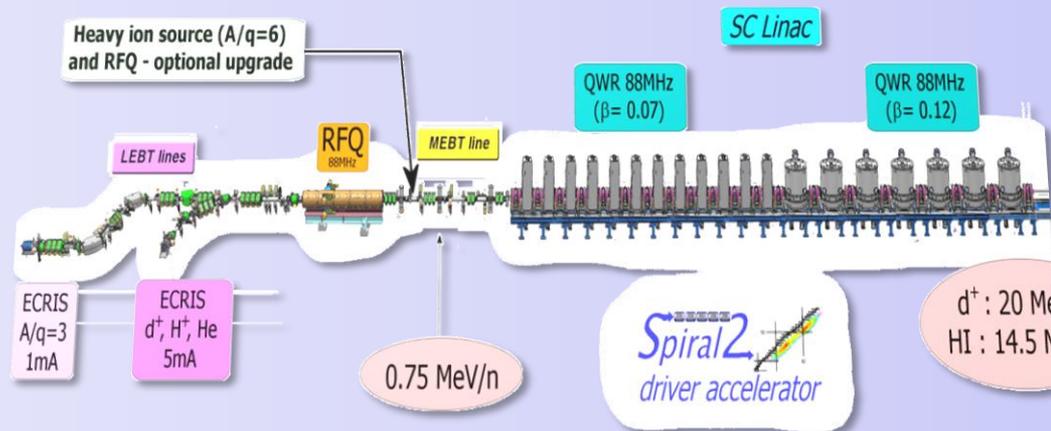


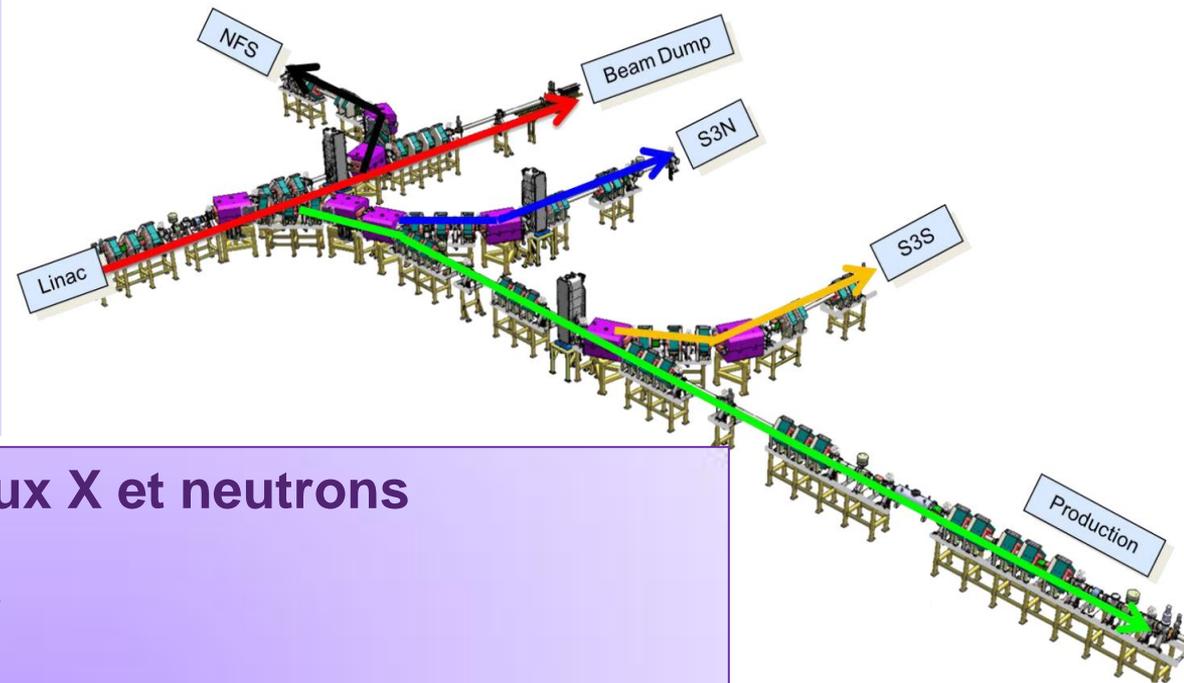
Interventions sous flux laminaire

Contraintes :

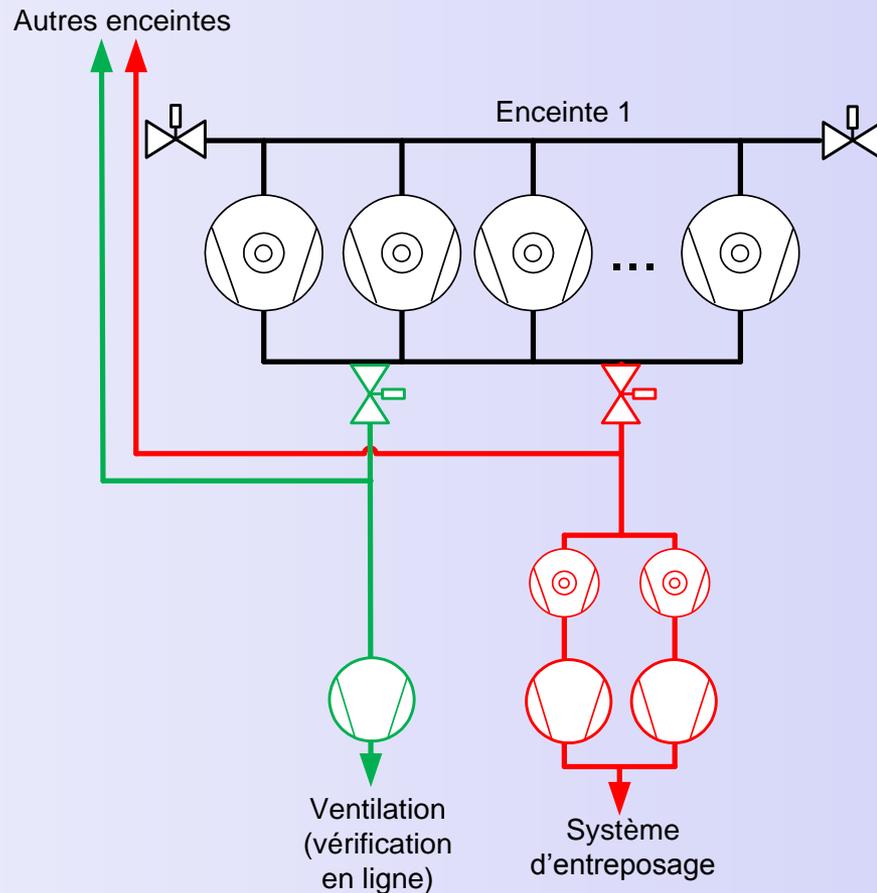
- Transmission du faisceau
- Proximité cavités Supra
- Sûreté

- Tenue principalement aux X
- Ensemble : Tenue aux rayonnements jusqu'à 10^3 Gy
 - Électroniques déportées
 - Pompes primaires sèches (spiraux)
 - Maintenance sur site
 - Pompage cryogénique + turbo





- Tenue principalement aux X et neutrons
 - Doses intégrées $\geq 10^4$ Gy
 - Limiter la dose reçue par les intervenants (objectif : 2 h.mSv)
 - Maintenance limitée (courte ou préventive) ou impossible
 - Optimisation des interventions (nombre équipement & fréquence, matériaux plus résistants)
- Exl : Pompes à paliers magnétiques si possible (longueur de câble)



Caractéristiques du système de Vide

- **Etanche**
- **Pompes Turbomoléculaires**
 - Limitation des points chauds (générés par les pompes cryogéniques)
 - Confinement de la radioactivité dans l'entreposage
- **Pompage primaire centralisé**
 - 3 Pompes a vis
 - Moléculaires pour H₂, He
 - Canalisation sur 80m de ligne

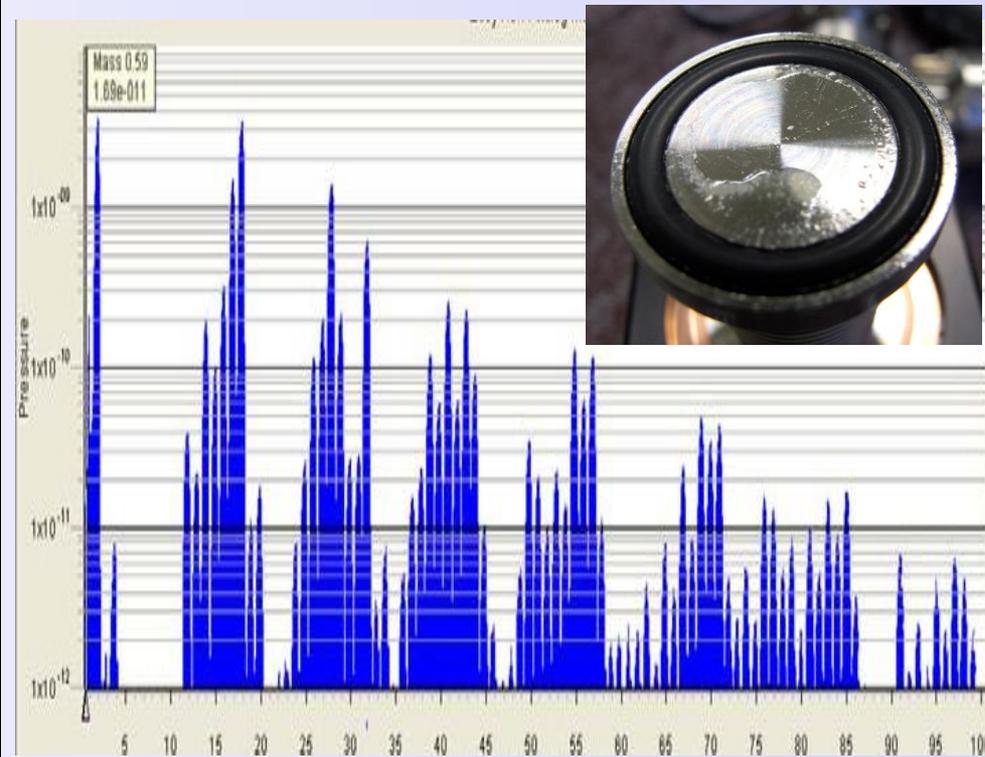
Problématique EPDM

Avantage :

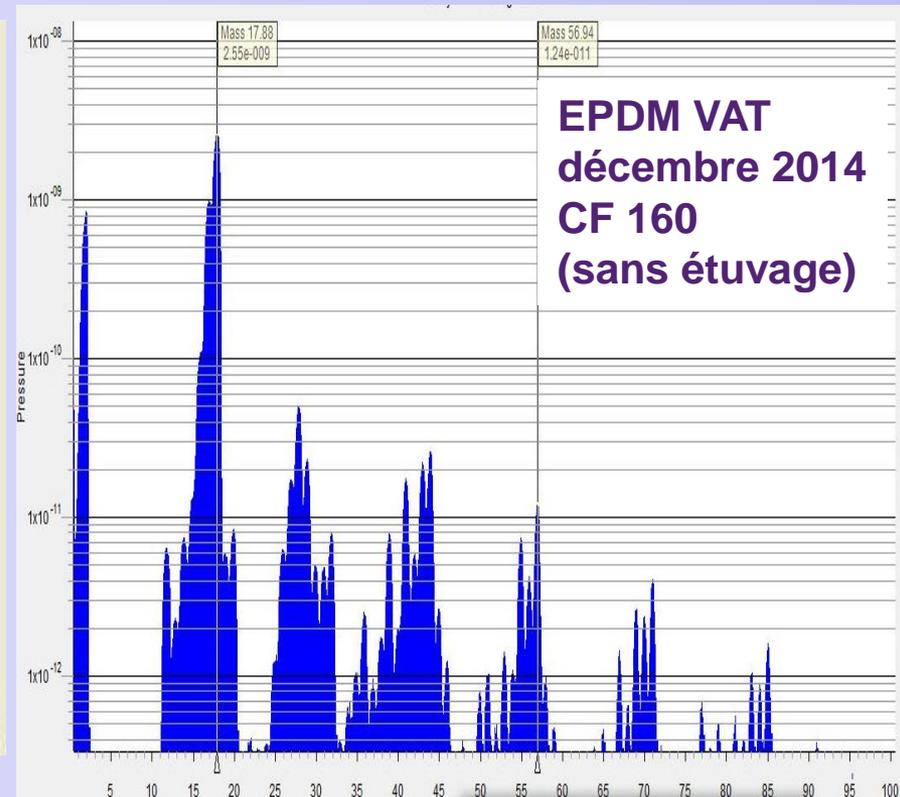
tenue aux rayonnements : 10^5 Gy

Inconvénients :

- Nombreuses références
- Comportement sous vide poussé mal connu



Section chaude vanne VAT EPDM fin 2012



EPDM VAT
décembre 2014
CF 160
(sans étuvage)

Confinement des matières radioactives (FIP n° 2)

Systèmes de Vide

- **L'enceinte à vide est la première barrière de confinement**
->Monitoring des pressions des enceintes
 - **Contrôle des rejets**
-> système d'entreposage
- **Limitation du risque du transfert de la contamination à travers les lignes faisceau**
-> système de vanne rapide

**Equipement
Important pour la
protection**

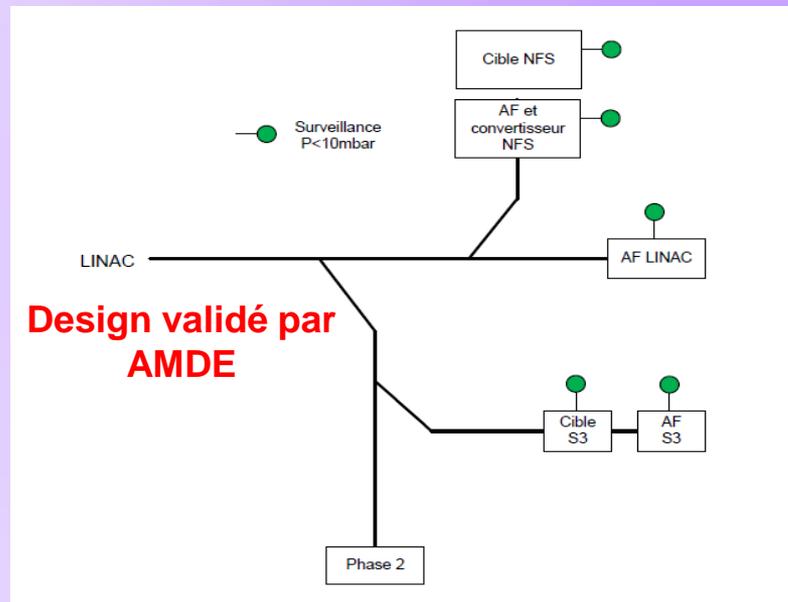
Conception suivant
PAQ SPIRAL2

Ensemble du système de vide participe au confinement de la matière radioactive

Étanchéité doit être garantie

-> (gestion documentaire pour conception + exploitation)

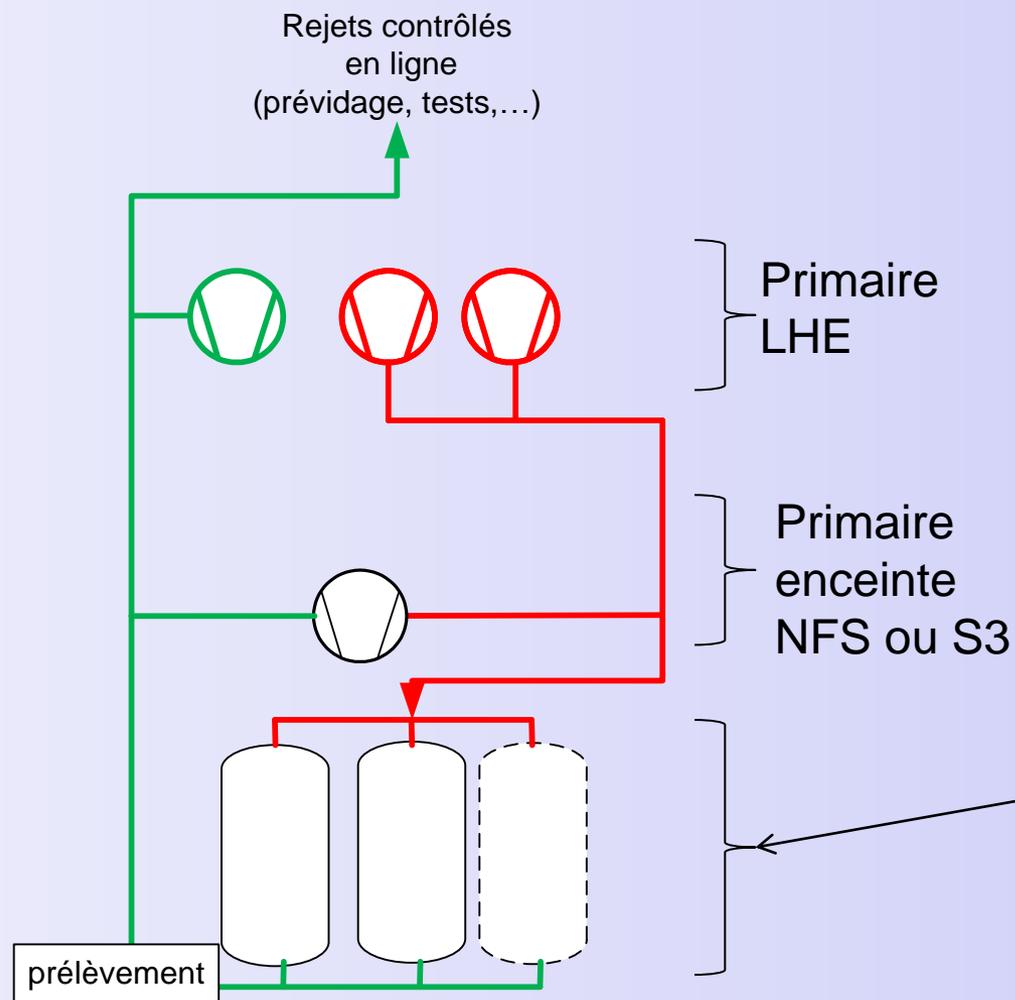
EIP : « Surveillance de pression »



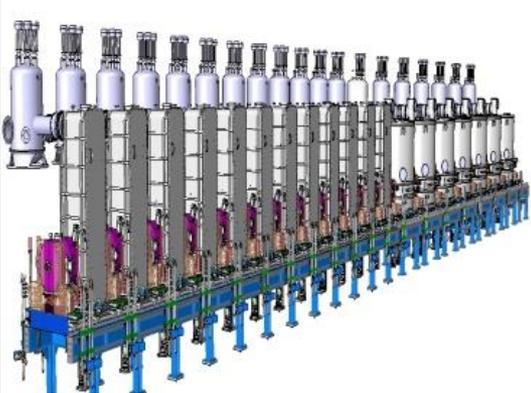
Caractéristiques :

- ❑ 5 systèmes
- ❑ 2 capteurs redondants par enceinte
- ❑ Seuil : 10mbar
- ❑ Evacuation si dépassement du seuil

Étude détaillée en cours



- Système d'entreposage**
- Système étanche
 - < Patm
 - Dispositif de dilution en ligne de H2 en ligne (<1%)
 - 2 ou 3 réservoirs de 2m3
 - exl de cycles :
5 jours de remplissage + 3 jours décroissance + contrôle + rejet



Accélérateur non maintenable si contaminé

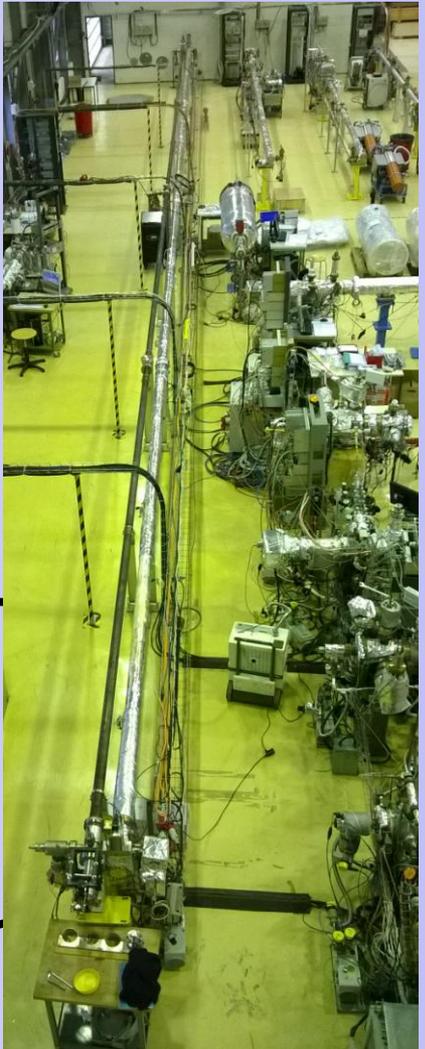
Vitesse :
 $400 < 2000 \text{ m/s} ?$



(configuration du banc de test préliminaire détaillé « **Leak propagation dynamics for the HIE-ISOLDE superconducting LINAC** » by M.Ady, P.Chiggiato, M.Hermann, R.Kersevan, G.Vandoni, D.Ziemianski)

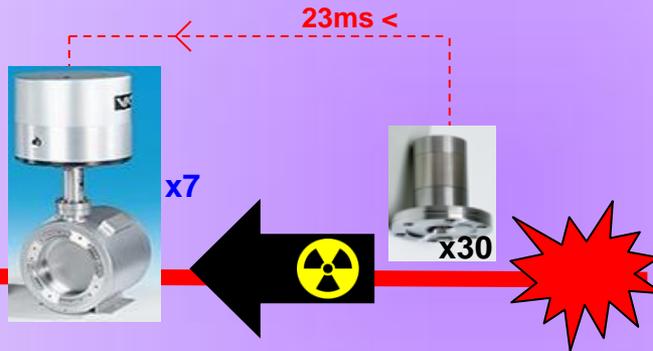


Pendule pour qualification vannes rapides

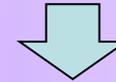


Bâtiment 113, (CERN)

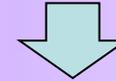
Minimize the risk of transfer contamination



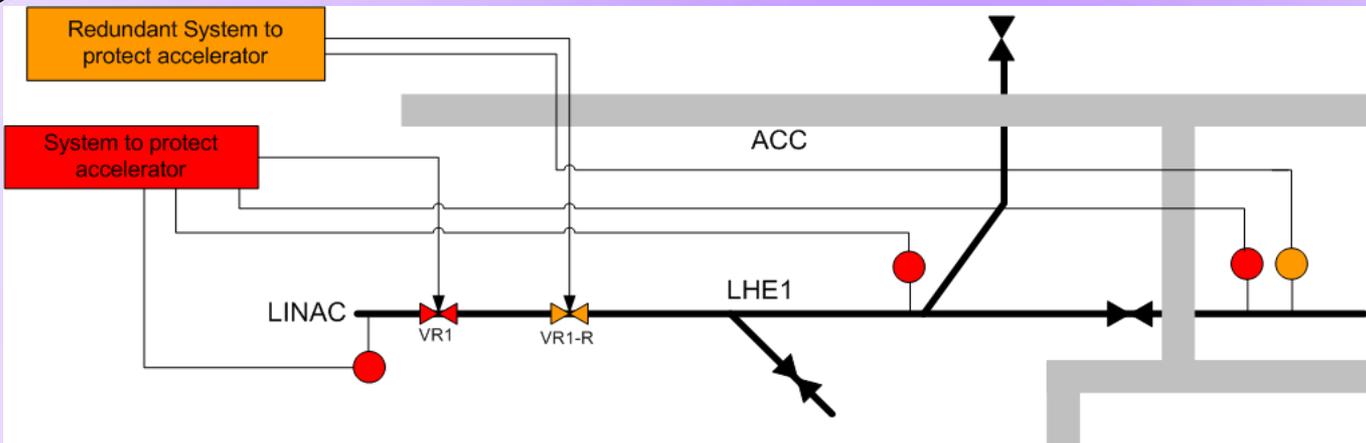
Conception : 1000m/s



Après test CERN : 900m/s



Tests sur ligne : ? m/s + effets réels



Fonctionnement et schémas validés lors d'une AMDE pour chaque configuration

Caractéristiques

- 6 systèmes (configuration en fonction du chemin du faisceau)
- temps de fermeture : $10 \ll 25$ ms
- Seuil de déclenchement : $P > 10^{-2}$ hPa
- couplé au système de coupure faisceau (Système EIP)

Recette de 4 systèmes lundi !

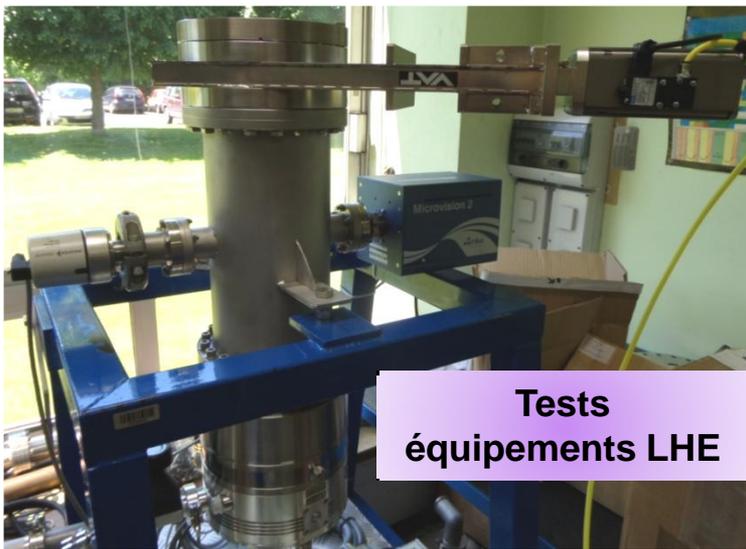
Démarrage LHE : 2015



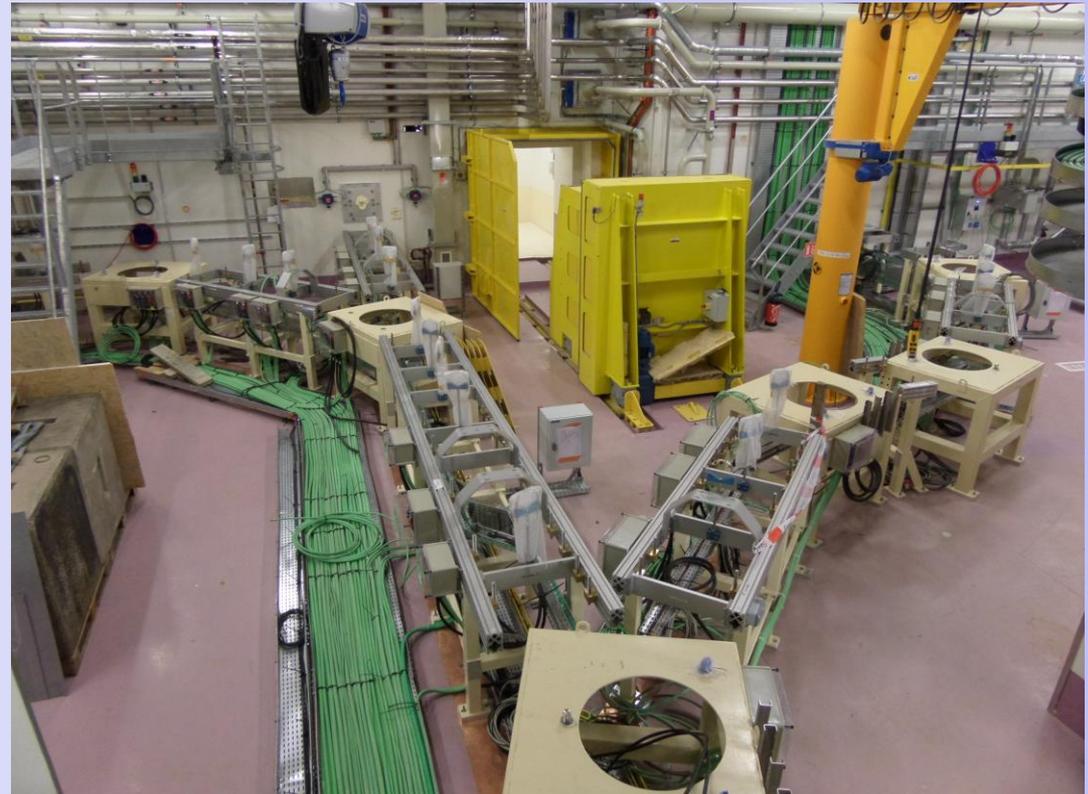
Chambre à Vide Inox

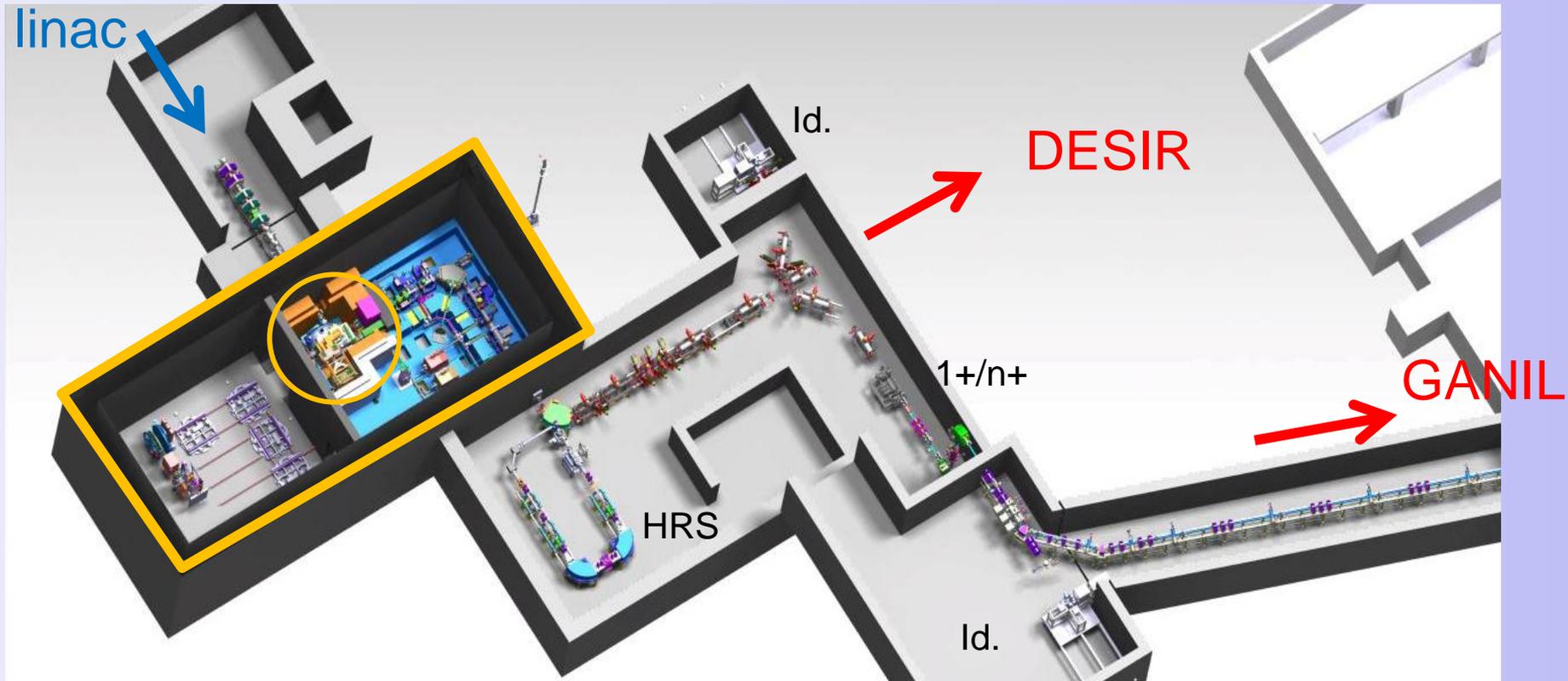


Prototype
tube
Aluminium



Tests
équipements LHE





Phase 2 : $2 \cdot 10^{-8} < P < 5 \cdot 10^{-7} \text{hPa}$

Zone production : critique en terme de sûreté
Activité : $\sim 10^{14}$ Bq
dont $\sim 80\%$ transmise par les gaz

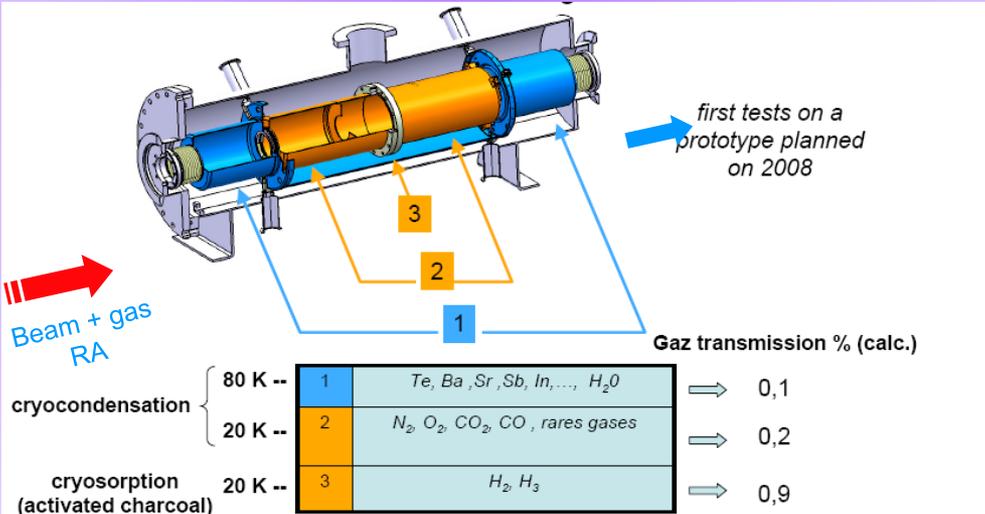
Système de
Vide

- ✓ assure la première barrière de confinement
- ✓ système d'entreposage pour permanent (3 mois)
et prévidage (rejet après contrôle)
- ✓ $1 \cdot 10^{-8} < P_m \text{ (hPa)} < 1 \cdot 10^{-5}$
- ✓ Pour zone de production
 - *maintenance par robots*
 - *Tenue aux rayonnement ($\rightarrow 10^5$ Gy/3months)*
- ✓ Le système de vide doit assurer la réduction du transfert des gaz radioactifs

But :

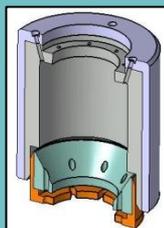
	Bq
1	6,3 10 ¹⁴
2	7,2 10 ¹³
3	1,6 10 ⁸

Gaz radioactifs produits
(UCx target 10¹⁴ f/s)



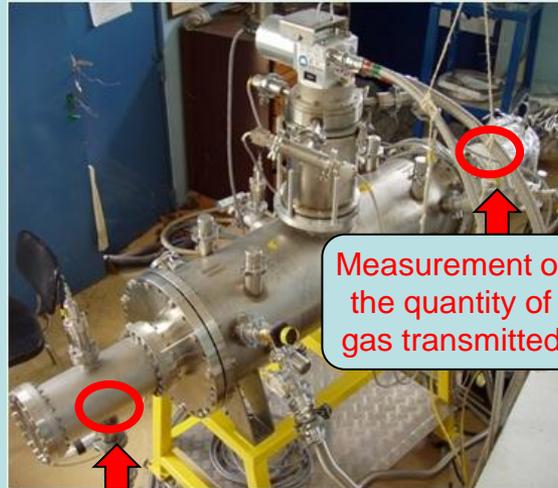
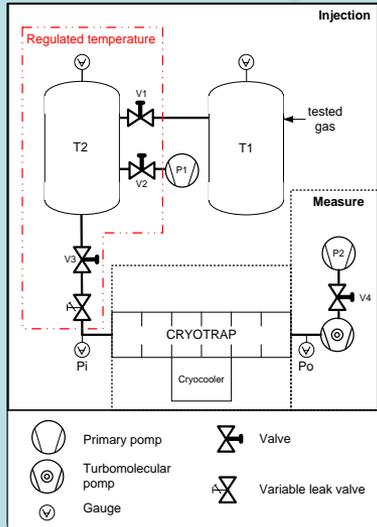
Thermal coupling

Principle : the coupling between the cryogenic head and cold screens is based on thermo-mechanical contraction of 1050 aluminium type between invar and Au4G aluminium type



Ref : NIM A 659 (2011) 14–20 'Development and test of a cryogenic trap system dedicated to confinement of radioactive volatile isotopes in SPIRAL2 post-accelerator'

Mesure de transmission pour H₂, CO₂ and N₂



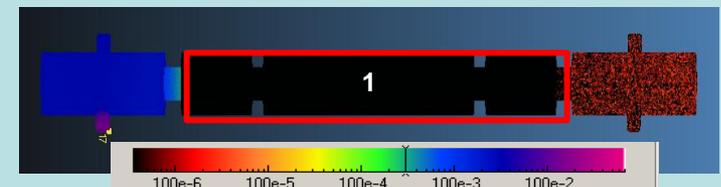
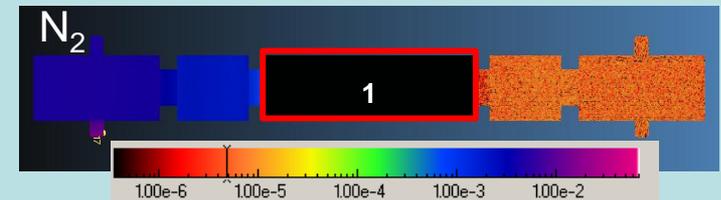
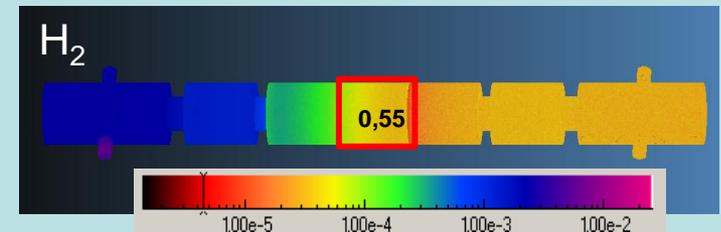
Measurement of the quantity of gas transmitted

Injection of gas

Gas	Transmission (%)
CO ₂	0,012
N ₂	0,4
H ₂	0,9

Good accordance with safety goals

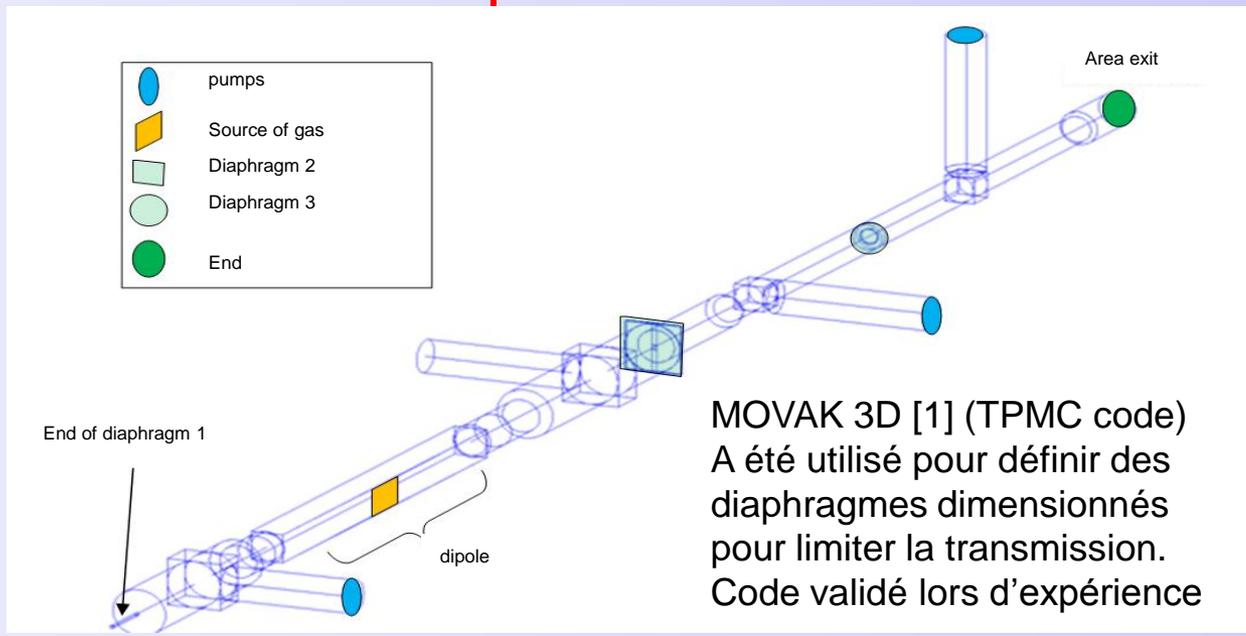
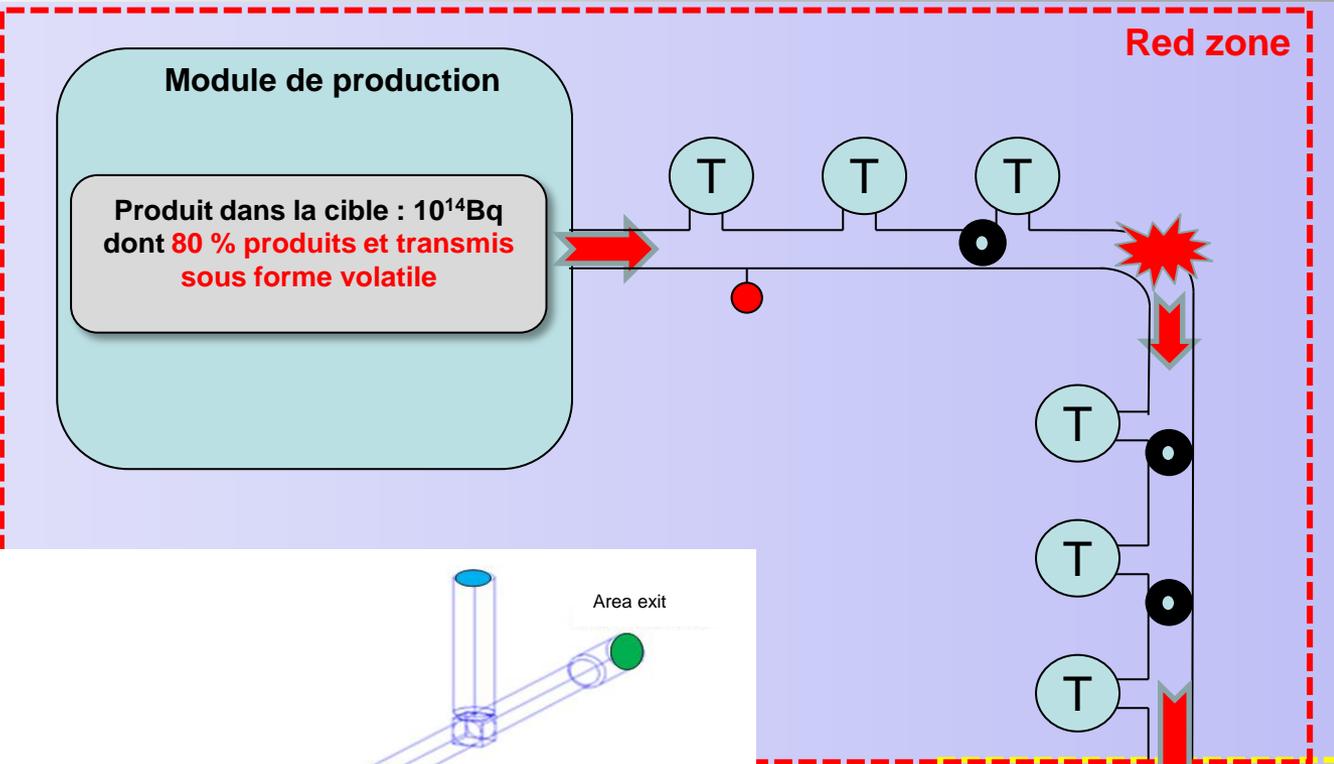
Calcul du coefficient de collage Molflow+



Count reflection mode (flow = 1)

Ready for nuclearization detailed studies

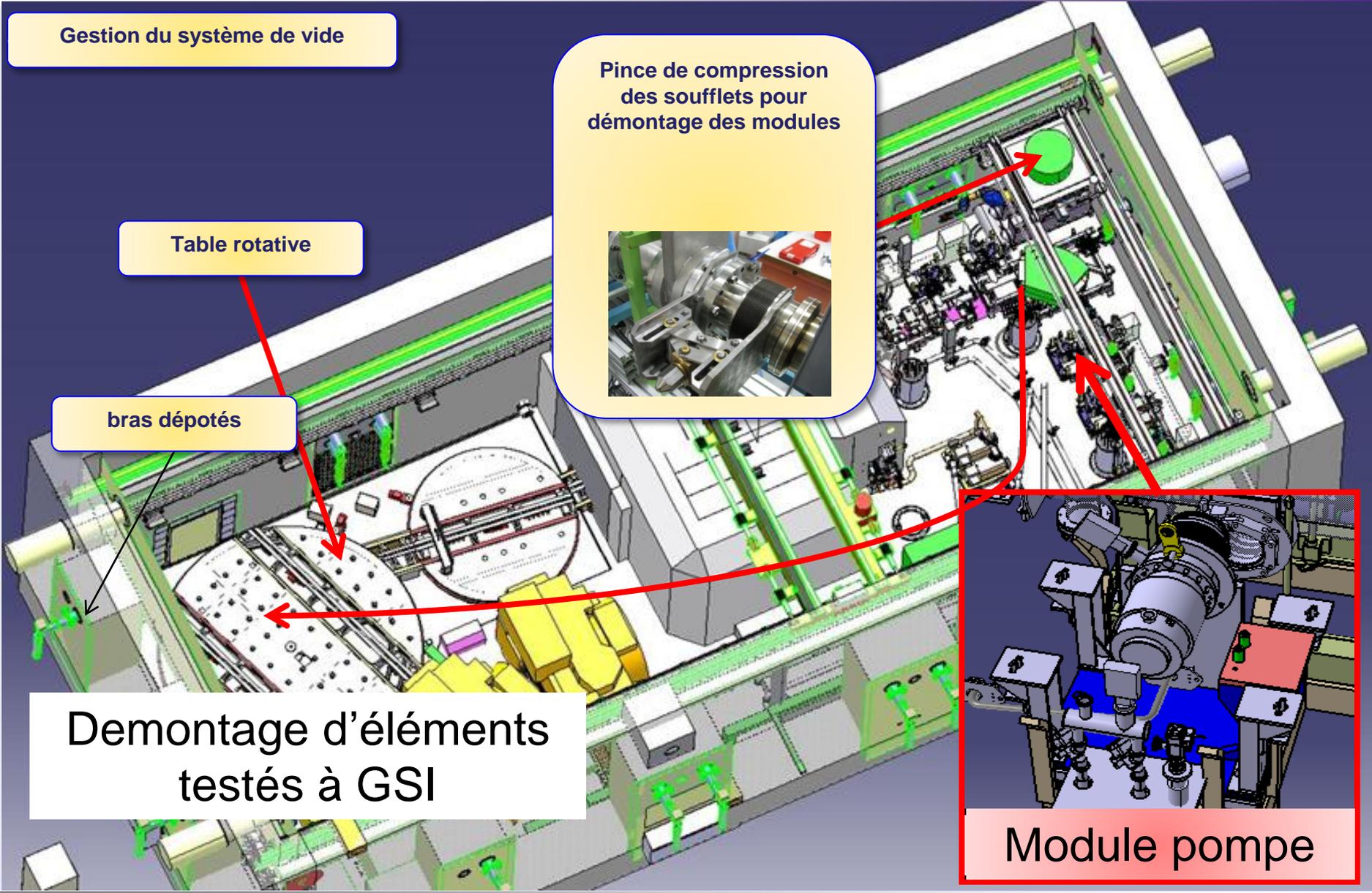
Pour la sûreté :
Le système de pompage contribue à la réduction de la transmission des gaz radioactifs



Zone jaune si la transmission des gaz est inférieure à 1000

Transmission calculée
 Depuis dipole : 0,4 %
 Depuis la cible : 0,001 %

[1] <http://www.lv-soft.com/neuheiten/neuentwicklungen/movak.htm>



Gestion du système de vide

Pince de compression
des soufflets pour
démontage des modules

Table rotative

bras dépotés

Demontage d'éléments
testés à GSI

Module pompe

SPIRAL2 phase 1



Merci pour votre attention !