Fabrication additive et tenue au vide

Comparer la **tenue au vide** de tubes à **embouts KF et CF** réalisés en **fabrication additive** par **différents procédés** avec des tubes de géométries identiques réalisés en **fabrication standard**

Matériaux	Procédés	Brides	Etanchéité
Inox 316 L	SLM EBM	KF CF	Viton Aluminium Cuivre
Titane TA6V	CLAD		

Tube à embout KF

Partenaires :

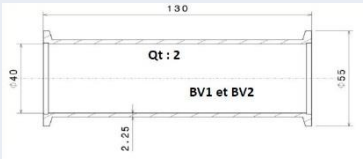
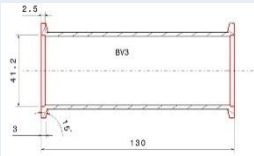
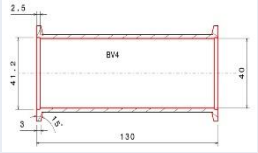
- Société BV Proto
- Société AGS Fusion

Tube à embout CF

Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, G. Sattonnay**

1 - Test d'étanchéité et de dégazage (vide poussé) - tubes KF

- Détection de fuites
- Comparaison tubes F.A. / tube standard

Vacom	BV1/AG1/AG2	BV2	BV3/AG3	BV4/AG4
Fabrication standard (tube témoin)	Brut de FA	Brut de FA Post-traitements usuels du fabricant	Usinage des portées de joints et surface interne brut de FA	Usinage des portées de joints et de la surface interne
Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF
Joint Viton	Joint Viton	Joint Viton	Joint Viton	Joint Viton
				

Tubes fabriqués par BV Proto et AGS Fusion (F.A. SLM)

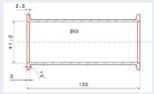
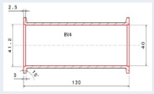
1 - Test d'étanchéité et de dégazage (vide poussé) - tubes KF

Installation de test avec détecteur et jauges

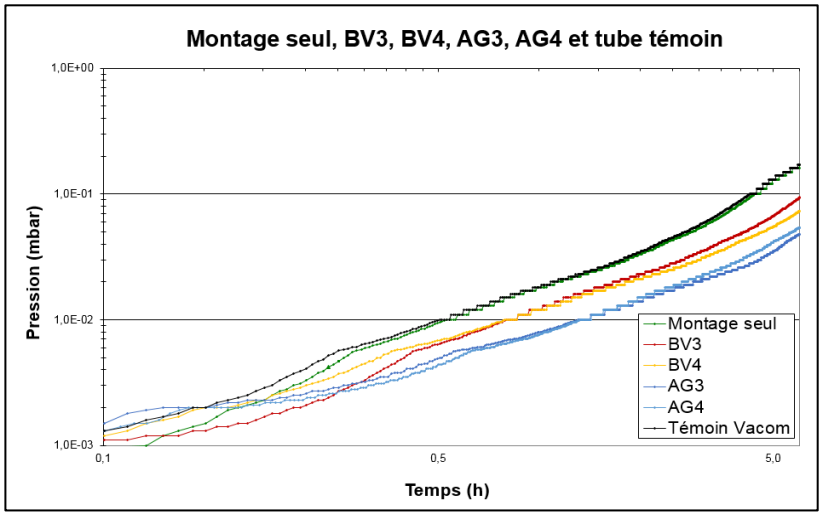
- Test de fuite à l'hélium
- Descente en pression jusqu'au vide limite
- Mesure de la remontée de pression en vide statique

1 - Test d'étanchéité et de dégazage (vide poussé) - tubes KF

	Taux de fuite (mbar.l/s)	Vide limite (mbar)	Température (°C)	Flux volumique (mbar.l/s)	« Conformité »
Montage seul	-	$1,5.10^{-5}$	25,8	$2,9.10^{-6}$	-
Tube BV1	$> 10^{-5}$	$1,7.10^{-4}$	25	$4,6.10^{-4}$	Non
Tube BV2	$> 10^{-5}$	$8,6.10^{-4}$	23,5	$1,4.10^{-3}$	Non
Tube BV3	-	$1,2.10^{-5}$	23,5	$2,6.10^{-6}$	À confirmer
Tube BV4	-	$1,2.10^{-5}$	23,9	$2,3.10^{-6}$	À confirmer
Tube Témoin	-	$1,8.10^{-5}$	23,8	$3,8.10^{-6}$	-
Tube AG1	$> 10^{-5}$	$8,5.10^{-4}$	27,5	$1,4.10^{-3}$	Non
Tube AG2	$4,8.10^{-7}$	$1,2.10^{-3}$	23,2	$2,1.10^{-3}$	Non
Tube AG3	$6,2.10^{-8}$	$1,5.10^{-5}$	22,5	2.10^{-6}	À confirmer
Tube AG4	-	$9,6.10^{-6}$	22,8	$1,3.10^{-6}$	À confirmer

Vacom	BV1/AG1/AG2	BV2	BV3/AG3	BV4/AG4
Fabrication standard (tube témoin)	Brut de FA	Brut de FA Post-traitements usuels du fabricant	Usinage des portées de joints et surface interne brut de FA	Usinage des portées de joints et de la surface interne
Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF
Joint Viton	Joint Viton	Joint Viton	Joint Viton	Joint Viton
				

- **Usinage des portées de joints**
- Pas de problèmes d'étanchéité
- Vide limite entre **2.10^{-5} et 1.10^{-5} mbar**
- **Remontée de pression semblable à celle du tube témoin**
- ***Pas de mesure du taux de dégazage***



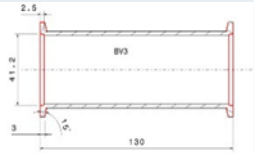
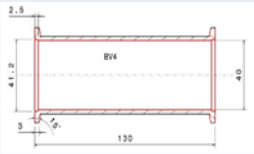
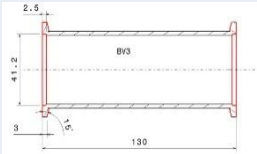
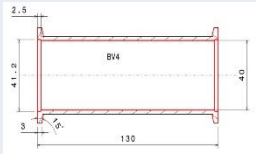
Courbes de remontée de pression

Article publié dans le "Journal of Physics"
http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/874/1/012097

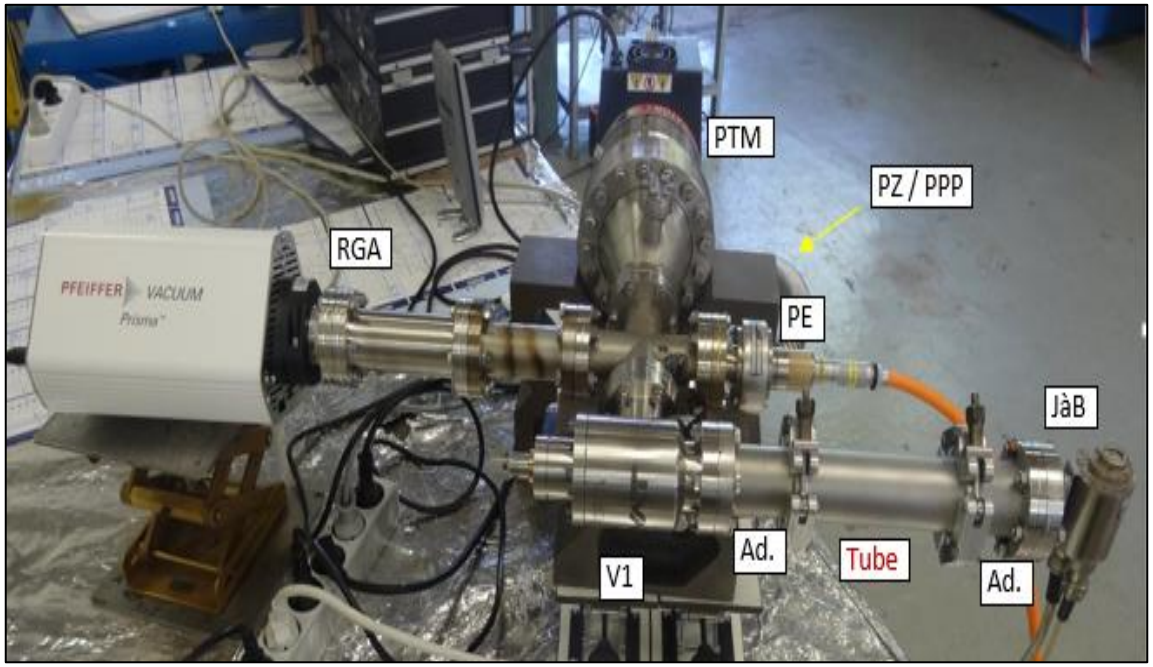
Auteurs :
S. Jenzer[1], M. Alves[1], N. Delerue[1], A. Gonnin[1], D. Grasset[1], F. Letellier-Cohen[1], B. Mercier[1], E. Mistretta[1], Ch. Prevost[1], A. Vion[2], JP. Wilmes[3] (1 : LAL - 2 : BV Proto - 3 : AGS Fusion)

2 - Mesure du taux de dégazage (UHV) - tubes KF

- Mesure du taux de dégazage
- Spectres de masses

Vacom	AG3	AG4	BV3	BV4
Fabrication standard (tube témoin)	Usinage des portées de joints	Usinage des portées de joints et de la surface interne	Usinage des portées de joints	Usinage des portées de joints et de la surface interne
Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF	Bride DN40KF
Joint aluminium	Joint aluminium	Joint aluminium	Joint aluminium	Joint aluminium
				

2 - Mesure du taux de dégazage (UHV) - tubes KF



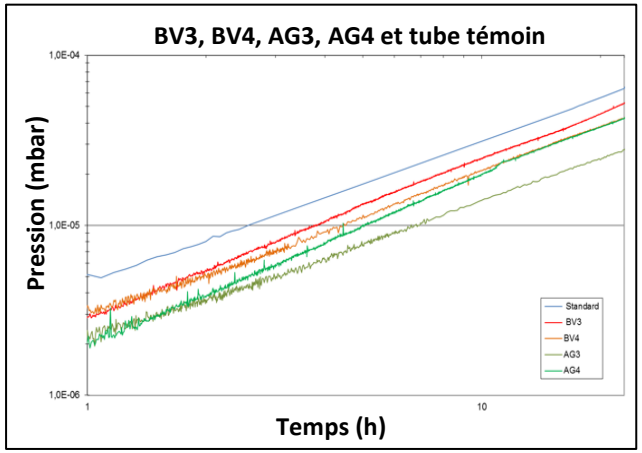
Montage de mesure du taux de dégazage

- Montage tout métal
- Joints aluminium
- Mesure de précision

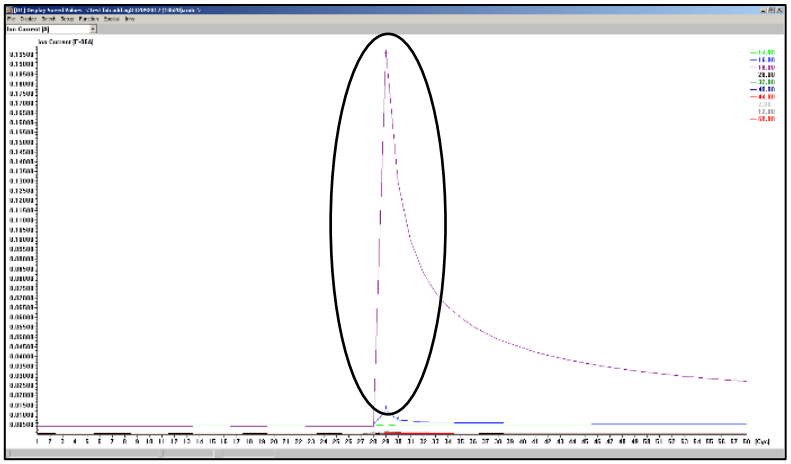
- Descente en pression pendant au moins 100h
- Mesure du taux de dégazage, « méthode par accumulation »
- Spectres de masse par RGA (Residual Gas Analyzer)

2 - Mesure du taux de dégazage (UHV) - tubes KF

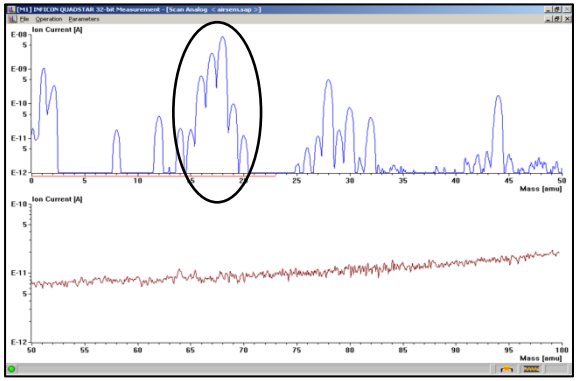
- Vide atteint entre : **4.10^{-9} mbar < P < 9.10^{-9} mbar**
- **Taux de dégazage semblable à celui du tube témoin**
- Gaz résiduel : principalement de la vapeur d'eau
- **Spectres de masses semblables à celui du tube témoin**



Courbes de remontée de pression



Suivi de masses



Spectre de masses

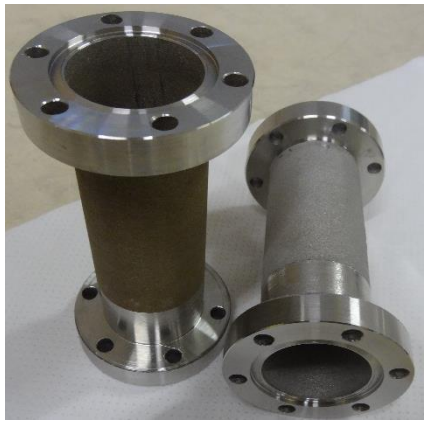
Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, , G. Sattonnay**

3 - Test d'étanchéité, mesure du taux de dégazage (UHV) - tubes CF

- Détection de fuites
- Mesure du taux de dégazage
- Spectres de masses

BV5	BV6
Usinage des portées de joints et surface interne brut de FA	Usinage des portées de joints et de la surface interne
Bride DN40CF	Bride DN40CF
Joint cuivre	Joint cuivre

2 tubes de chaque sorte



BV5

BV6

Usinage des portées de joints (couteaux) → **F. Gauthier** (LAL)

Joints en <u>cuivre recuit</u>

Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, , G. Sattonnay**

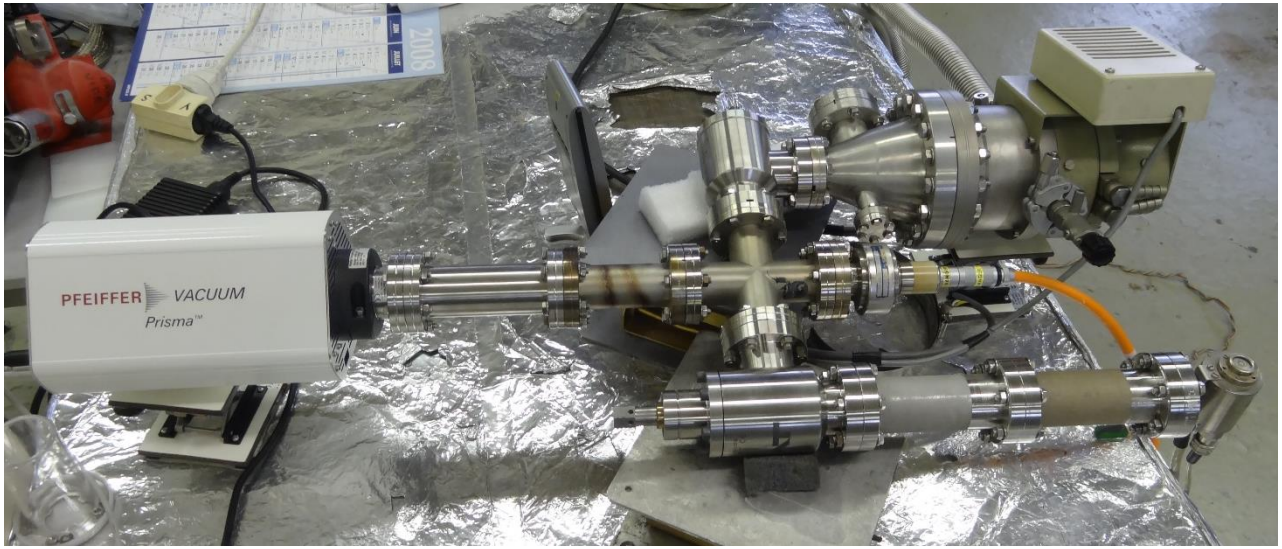
3 - Test d'étanchéité (vide poussé) - tubes CF

- **Test de fuites réalisé directement sur le montage de mesure**

→ Montage étanche

Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, , G. Sattonnay**

3 - Mesure du taux de dégazage (UHV) - tubes CF

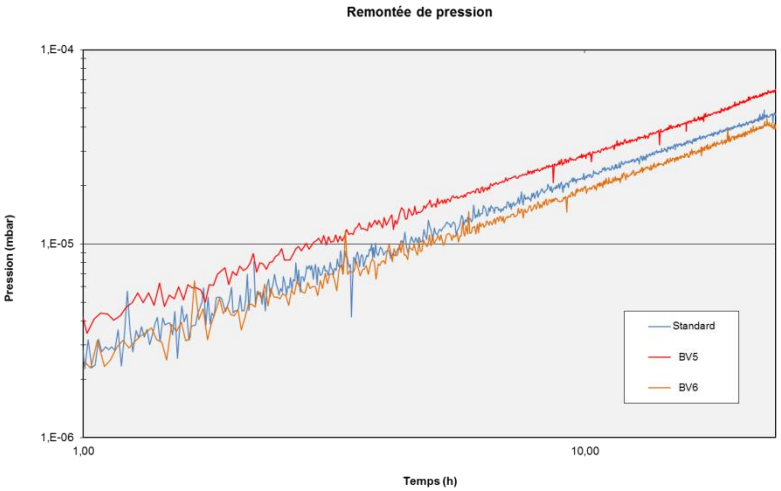


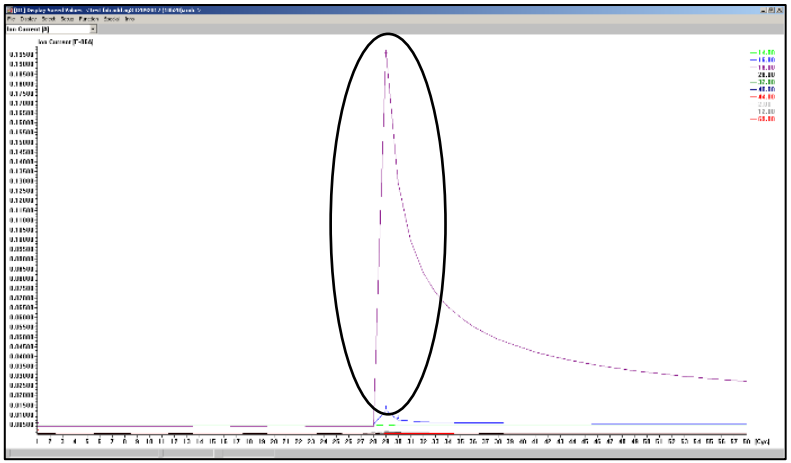
- Montage tout métal
- Joints cuivre recuit
- Mesure de précision

- Descente en pression pendant au moins 100h
- Mesure du taux de dégazage, « méthode par accumulation »
- Spectres de masse par RGA (Residual Gas Analyzer)

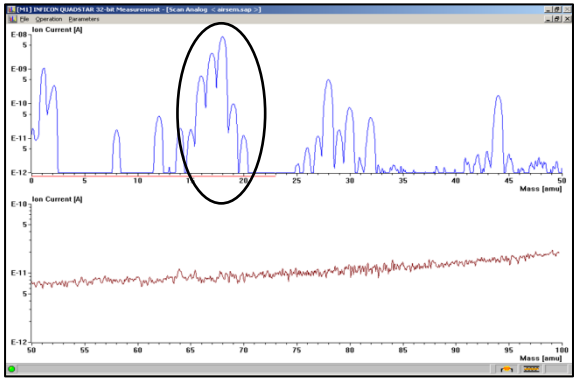
3 - Mesure du taux de dégazage (UHV) - tubes CF

- Vide atteint entre : **8.10^{-9} mbar < P < 1.10^{-8} mbar**
- **Taux de dégazage semblable à celui des tubes témoins**
- Gaz résiduel : principalement de la vapeur d'eau
- **Spectres de masses semblables à celui des tubes témoins**





Suivi de masses



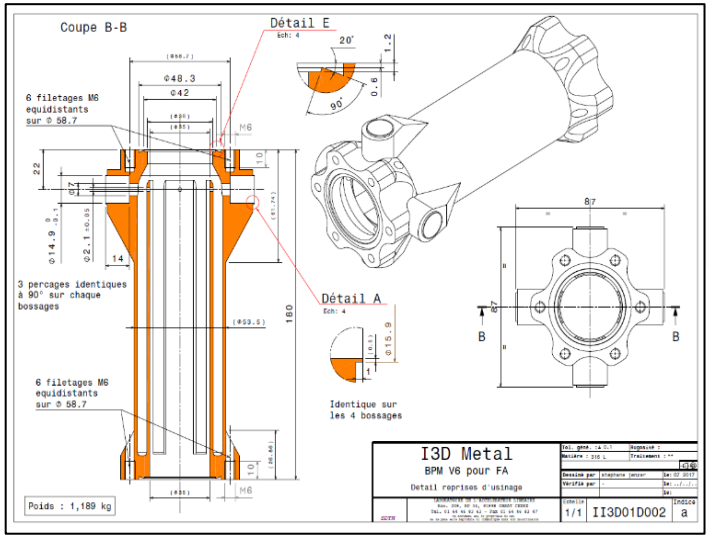
Spectre de masses

Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, , G. Sattonnay**

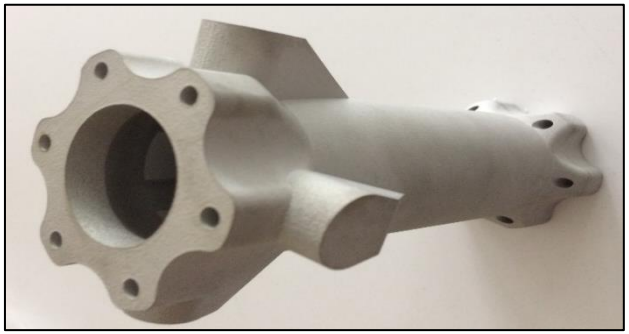
4 – Test d'étanchéité, mesure du taux de dégazage (UHV) - BPM

***Application aux accélérateurs** : réalisation d'un BPM (beam position monitor)*

- Mesure du taux de dégazage
- Spectres de masses



Plan de reprise après fabrication additive



BPM réalisé en fabrication additive - BV Proto

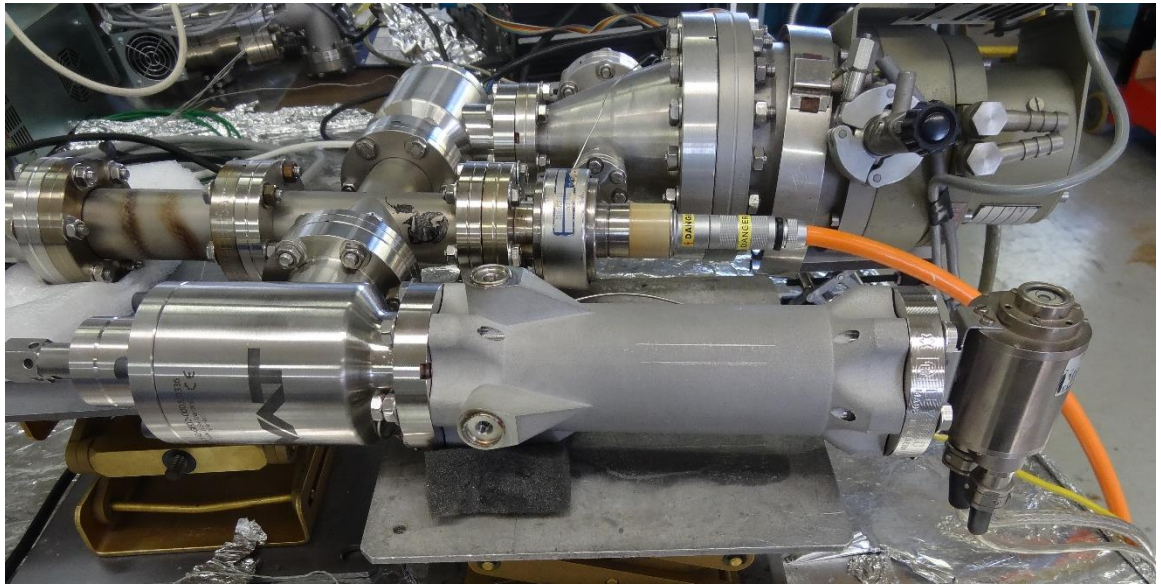
Usinage des portées de joints (couteaux) → **F. Gauthier** (LAL)

Joints en <u>cuivre recuit</u>

Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, , G. Sattonnay**

4 – Test d'étanchéité et mesure du taux de dégazage (UHV) - BPM

- Test de fuite à l'hélium → OK (joints élastomères)



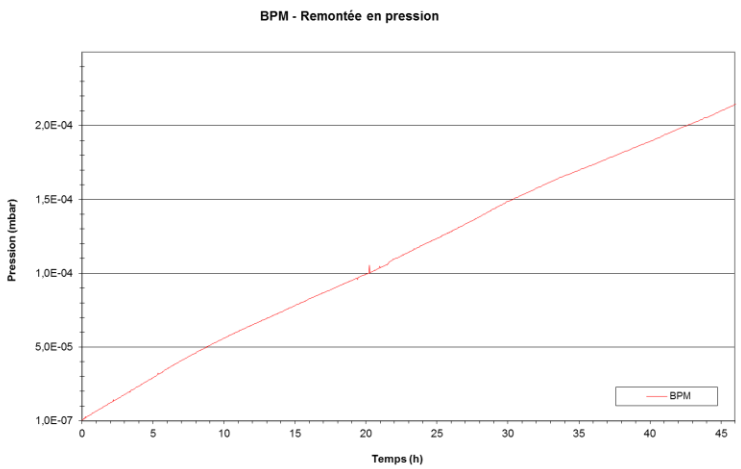
- Montage tout métal
- Joints cuivre recuit
- Mesure de précision

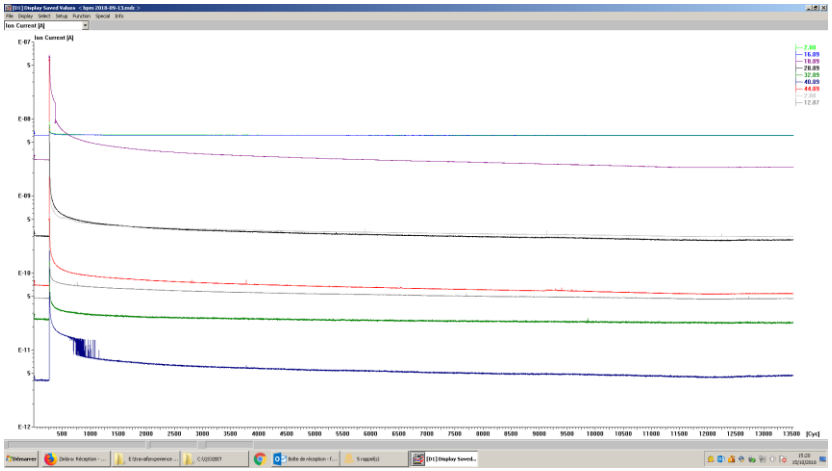
- Descente en pression pendant au moins 100h
- Mesure du taux de dégazage, « méthode par accumulation »
- Spectres de masse par RGA (Residual Gas Analyzer)

Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, , G. Sattonnay**

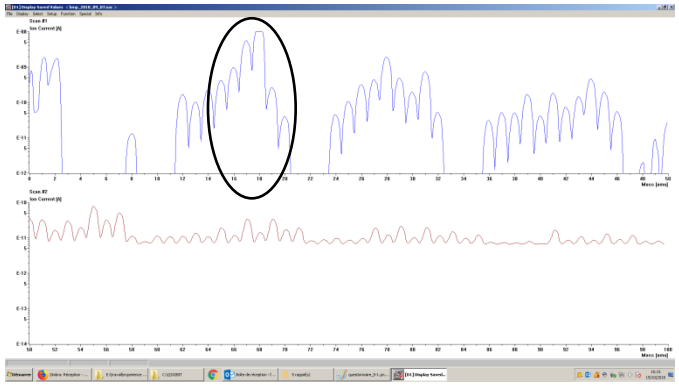
4 - Mesure du taux de dégazage (UHV) - BPM

- Vide atteint : **P = 1,2.10^{-8} mbar**
- **Taux de dégazage semblable à celui des tubes testés**
- Gaz résiduel : principalement de la vapeur d'eau
- **Spectres de masses semblable à celui des tubes testés**





Suivi de masses



Spectre de masses

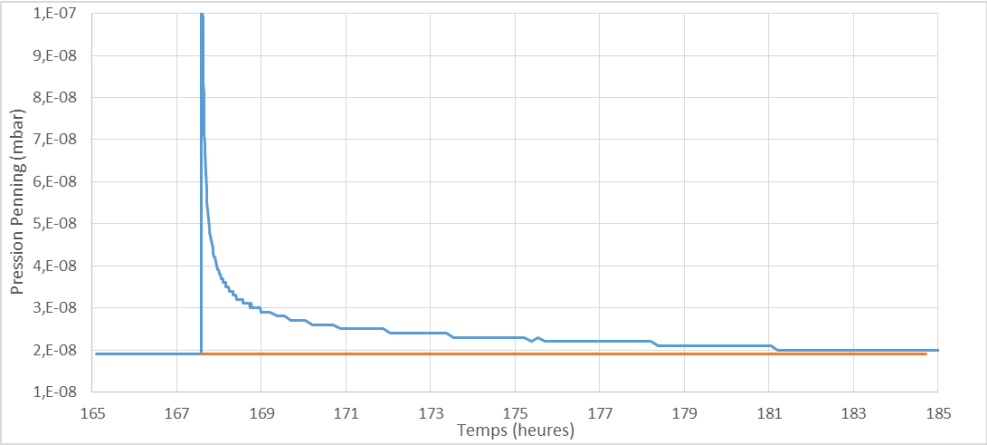
Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, , G. Sattonnay**

5 - Mesure dynamique du taux de dégazage (UHV)

Méthode par accumulation : Phénomènes d'adsorption

Méthode dynamique

- Pompage pendant 100 heures
- Accumulation (*pièce en vide statique*)
- Ouverture vanne et pompage du flux accumulé (*relevé de la pression en continu*)



$$\tau = \frac{S_{eff}}{T_a * S_i} * \int_{t_0}^{t_1} P(t)dt$$

S_{eff} : capacité de pompage effective

T_a : temps de cumul

S_i : surface interne de la pièce

→ *Résultats : Taux de dégazage de l'ordre 10^{-10} mbar.l/s.cm^2 (éq. N2)*

Groupe technologies vide et surfaces du LAL : **M. Alves, S. Bilgen, D. Grasset, F. Letellier, B. Mercier, É. Mistretta, , G. Sattonnay**

Perspectives et évolutions

- Mesures de tubes en inox 316L (SLM) en salle thermo statée.
- Tests d'étanchéité et mesures de tubes en inox 316L (CLAD) (L.M.S, OPT'ALM)

Laboratoire de **M**écanique des **S**olides (CLAD)

Machine ARCAM (EBM)

- Tests d'étanchéité et mesures de tubes en Titane (EBM)
- …