Service Développement &
Technologies Mécaniques

Bureau d'Etudes
Damien LE GUIDEC (leguidec@lal.in2p3.fr)
Michel BALTAZAR (baltazar@lal.in2p3.fr)
Samatan, le 17/10/18

ANF : Ecole mécanique de l'IN2P3 « Impression 3D METAL 2018 »

Retour d'expérience sur le « Soufflet à doigt RF » de l'Equipex ThomX

SOMMAIRE

Introduction : Tour d'horizon des « Soufflets à doigts RF »

1. Le « Soufflet RF » traditionnel
   a) Intégration à ThomX
   b) Détails mécaniques
   c) Développement mécanique
2. Le « Soufflet RF » imprimable
   a) Description & Spécifications
   b) Contrainte de réalisation
   c) Les étapes restantes

Conclusion : Comparaison & Commentaires

Remerciements

INTRODUCTION : Tour d'horizon des « Soufflets à doigts RF »

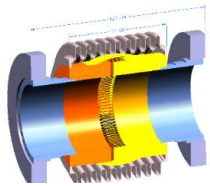
Un ensemble fortement intégré

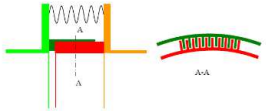
Un « Soufflet RF » est un ensemble mécanique passif qui permet de connecter les différentes sections d'un Anneau, pour assurer principalement :

- La continuité électrique
- La continuité de la géométrie de la Chambre dans laquelle circule le faisceau
- La continuité de l'UHV
- Une flexibilité entre les deux sections connectées, selon 5 degrés de libertés

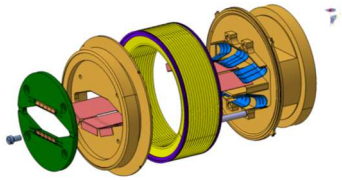
2 familles d'accélérateurs : Cryogénique & « Chaude » (= T°amb.)…

… donc 2 familles de « Soufflet RF » avec leurs spécificités propres

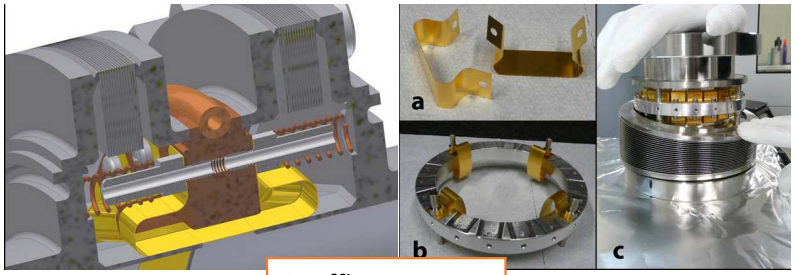




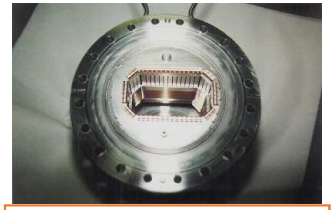
Soufflet RF à capacité – KEK



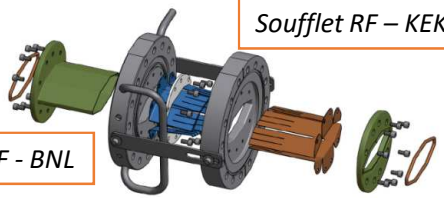
Soufflet RF – SOLEIL



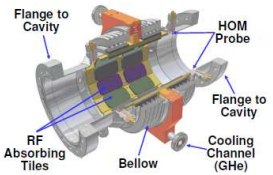
Soufflet RF - ALBA



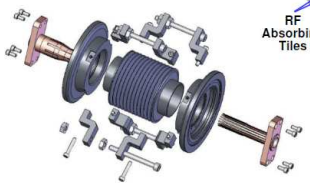
Soufflet RF – KEKB / PEPII



Soufflet RF - BNL



Soufflet absorbeur – ERL Cornel

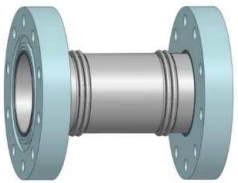


Soufflet RF – KEKB / SLAC

Perceptions ≠ selon les disciplines

Physicien machine : source majeure d'instabilité faisceau & de destruction !
Vidiste : 1e source de surface dégazante
Electronicien : …
Mécanicien : ensemble hautement intégré, non standard & mobile

Mais le risque est commun



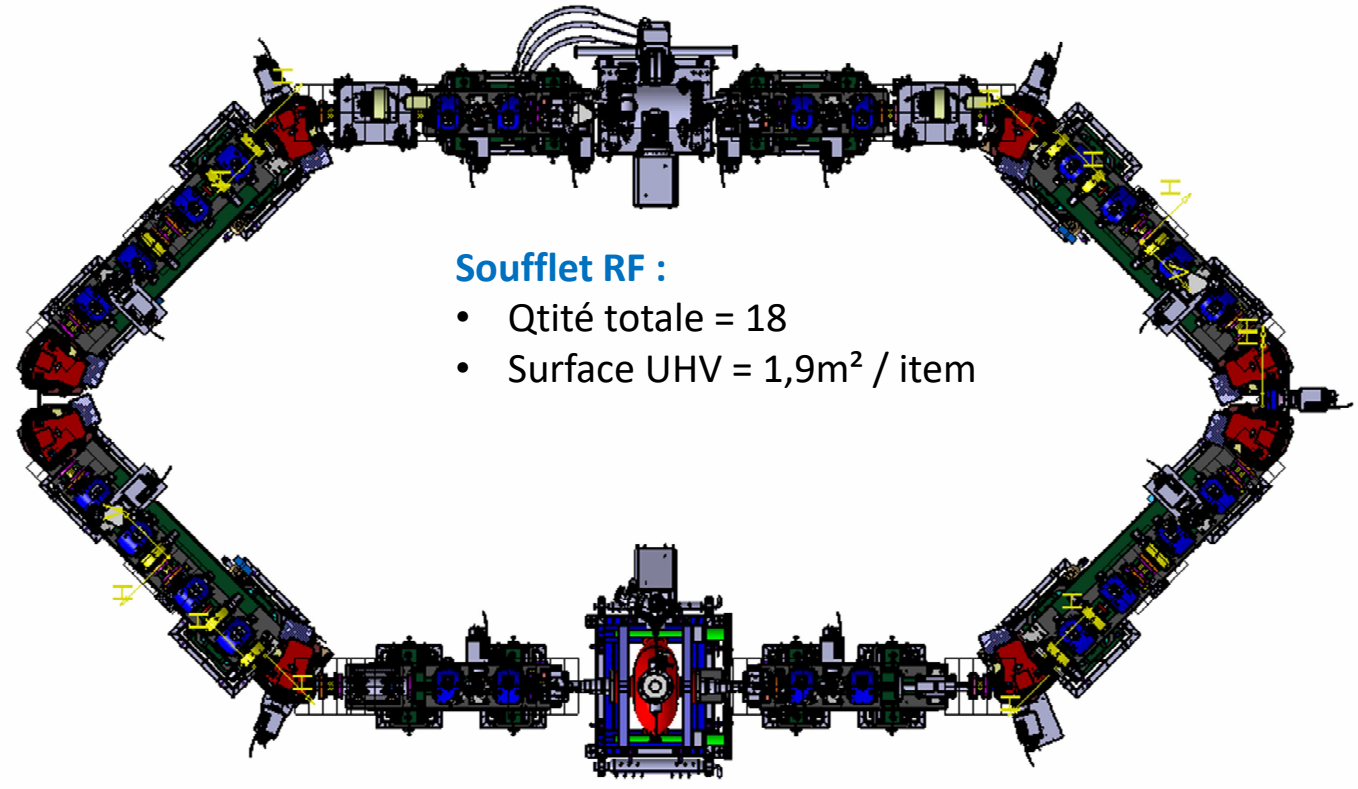
Soufflet faible impédance - JLab

Métiers de la Mécanique

Conception UHV / Cryo., Usinages traditionnels, Tôlerie, Chaudronnerie, Métallurgie, Métrologie & Mesures Physique

1. Le « Soufflet RF » traditionnel

Le « Soufflet RF » traditionnel : Intégration à ThomX



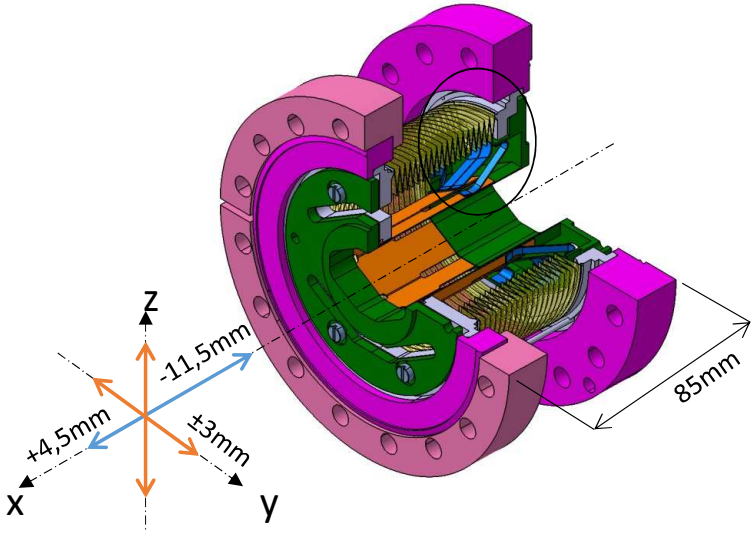
Soufflet RF :

- Qtité totale = 18
- Surface UHV = 1,9m² / item

Anneau de stockage :

- Circonférence = 18m
- Surface dégazante ≈ 38 m²

Les Soufflets RF représentent ≈ 90% des surfaces dégazantes de l'Anneau.



Spécifications Techniques du besoin

Magnétisme :

- Perméabilité magnétique µR < 1,010

Continuité RF :

- Saut de section ou « Gap » toléré = 0,5 ± 0,1 mm
- Variation de section ou pente maximale admissible : α = 10°

Continuité électrique :

- Pression d'appui des lames ressort sur les Doigts RF : entre 150 et 180 g

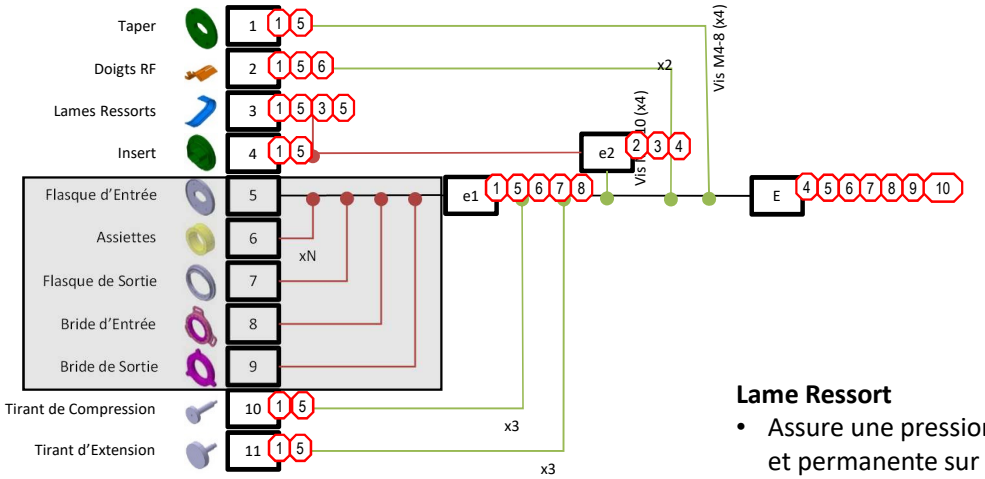
Flexibilité :

- Course longitudinale = +4,5 / -11,5 mm
- Course transversale = ± 3 mm

Interfaces :

- Encombrement longitudinal : L = 85 mm
- Passage des vis coté soufflet
- Série de 20 Soufflets « à Doigts RF »

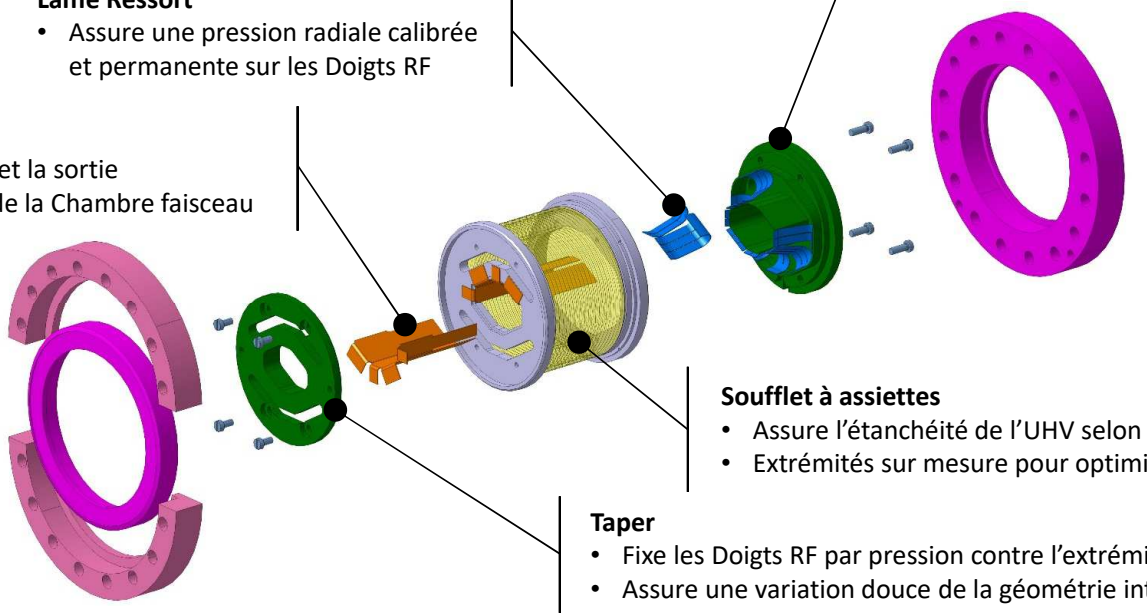
Le « Soufflet RF » traditionnel : Détails mécaniques



Doigt RF
- Assure la continuité électrique entre l'entrée et la sortie
- Assure la continuité de la géométrie interne de la Chambre faisceau

Lame Ressort
- Assure une pression radiale calibrée et permanente sur les Doigts RF

Cartouche
- Porte et intègre les Lames Ressorts
- Assure une variation douce de la géométrie interne



Soufflet à assiettes
- Assure l'étanchéité de l'UHV selon 5 ddl (torsion exclu)
- Extrémités sur mesure pour optimisation de la compacité

Taper
- Fixe les Doigts RF par pression contre l'extrémité du soufflet
- Assure une variation douce de la géométrie interne

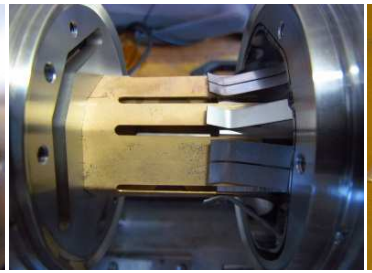
Nbre pièces = 12
Nbre opération de réalisation ≈ 45
Nbre de test = 30

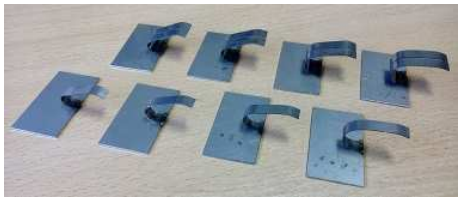
Le « Soufflet RF » traditionnel : Développement mécanique

R&D Prototype

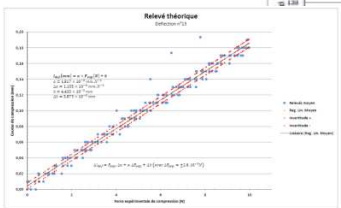
Qualification de toutes les spécifications de l'ensemble.

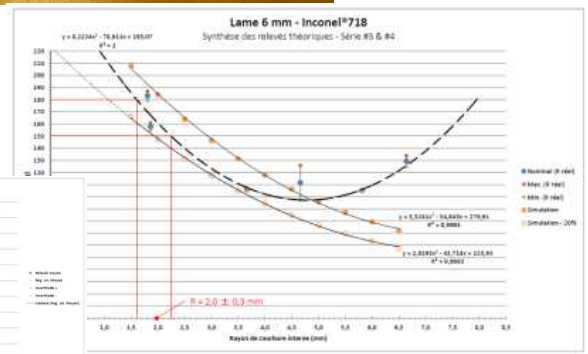
- Réalisation d'un Prototype intermédiaire, pour le montage des éléments interne
- Réalisation d'un Prototype complet
- Définition, de la métrologie associée
- Conception et réalisation mécanique d'un Banc de Test
- Mise en service et calibration des capteurs de force et de déplacement
- Mesures et essais à Patm. et sous vide primaire
- Post-traitement des résultats





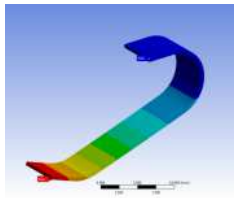
3 sets MAQUETTE

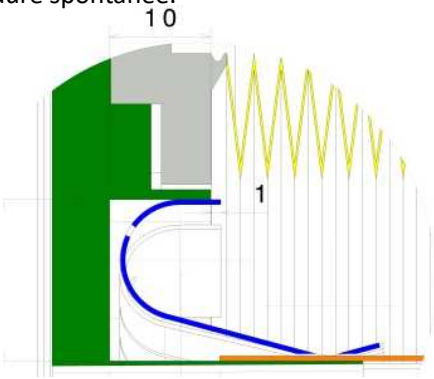




R&D Maquettes

Force de pression sur les « Doigts RF » comprise entre 150 et 180g, pour garantir le contact électrique et minimiser le risque de soudure spontanée.





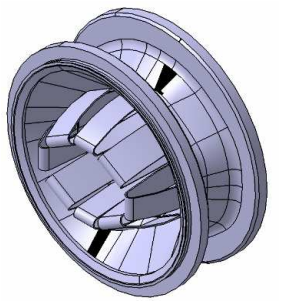
$F_{Pression} = 165g \pm 15g$

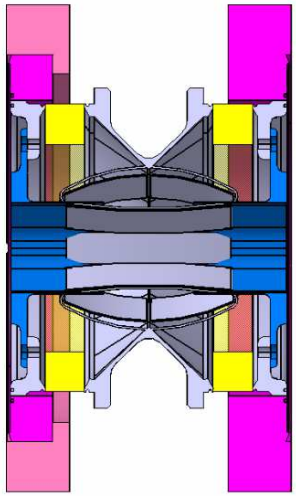
- Réalisation de maquettes
- Mesures et essais de pression
- Comparaison avec modèle théorique
- Définition des paramètres nominaux et des intervalles de tolérances

2. Le « Soufflet RF » imprimable

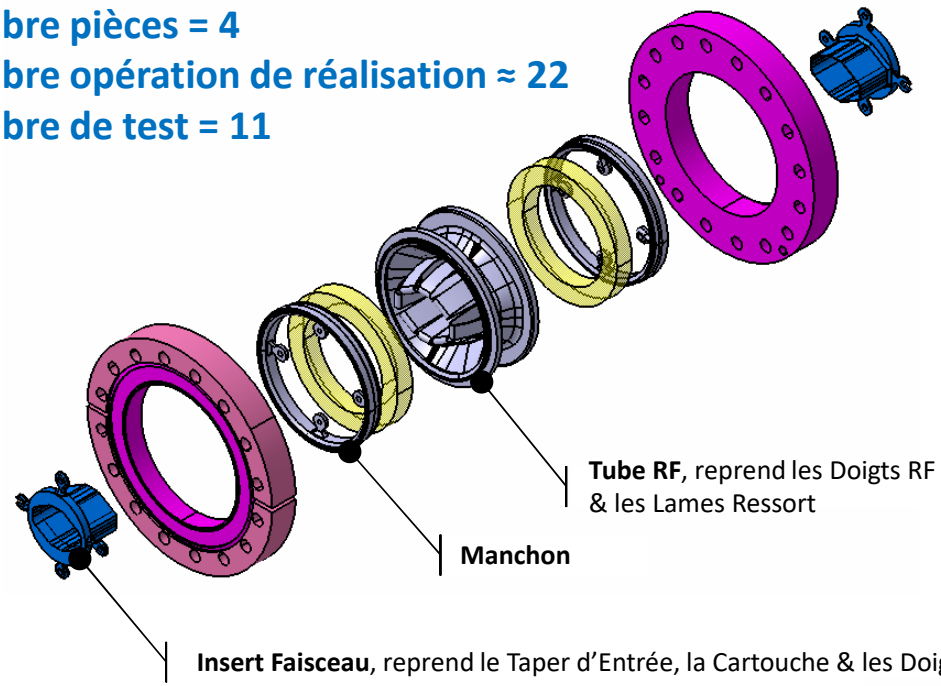
Le « Soufflet RF » imprimable : Contraintes de réalisation

Toutes les pièces sont réalisables en traditionnelle, sauf une !



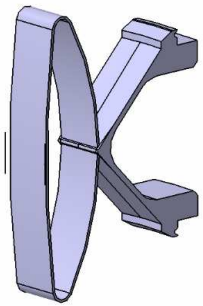


Nbre pièces = 4
Nbre opération de réalisation ≈ 22
Nbre de test = 11

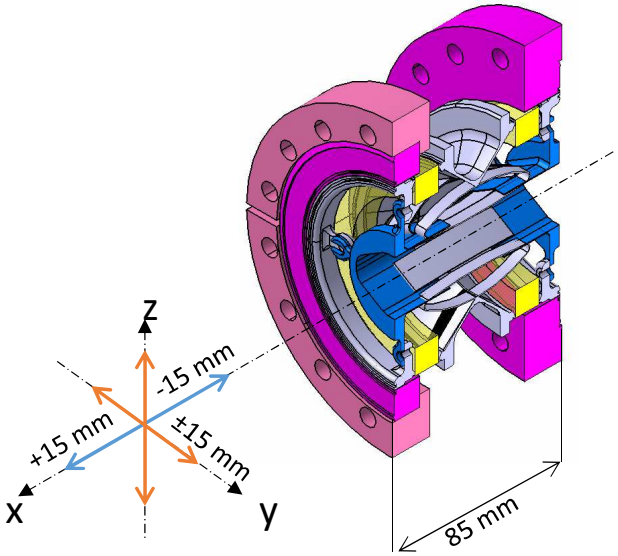


Reste à faire…

- Lever le verrou UHV
- Calibrer les force de pression des « nouveau » Doigts RF
- Garantir l'« imprimabilité »



Objectif : doubler les capacités de déplacement



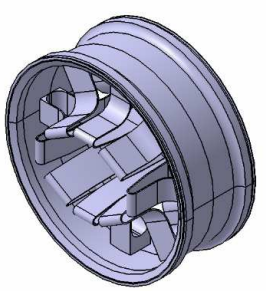
Quelques spécifications :

Déplacement :	x2 selon (Ox)
	x3 selon (Oy) & (Oz)
Surface UHV :	= 0,31 m²

≈ -75% de superficie dégazante à l'échelle de l'Anneau.

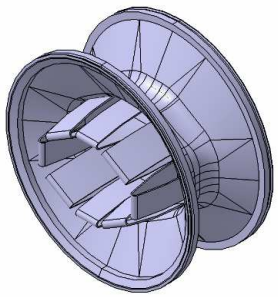
Le « Soufflet RF » imprimable : Contraintes de réalisation

Fonctionnel



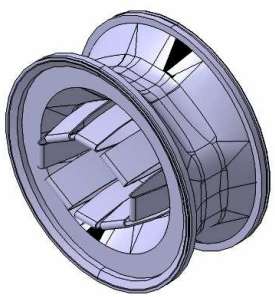
$m = 0{,}216\ kg$
$V = 2{,}73.10^{-5}\ m^3$

Impossible sans support interne

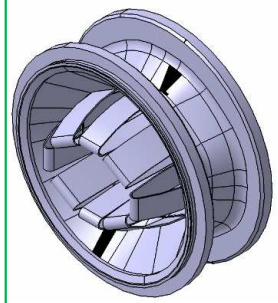


$m = 0{,}146\ kg$
$V = 1{,}90.10^{-5}\ m^3$

Possible mais support interne



$m = 0{,}609\ kg$
$V = 7{,}80.10^{-5}\ m^3$



$m = 0{,}384\ kg$
$V = 4{,}90.10^{-5}\ m^3$

Contrainte de Conception

- Modèle 3D : que des ajouts de matières
- Parachèvement : toutes les reprises à l'extérieur

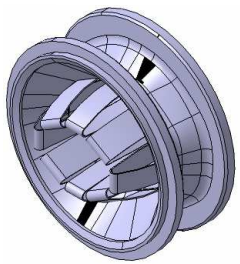
1. Modélisation du fonctionnel
2. Optimisation des formes
3. Ajout des références

Support

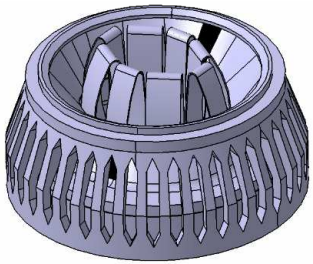
Contrainte de Support

- Dépoudrage
- Rapport Utilité / Masse ?

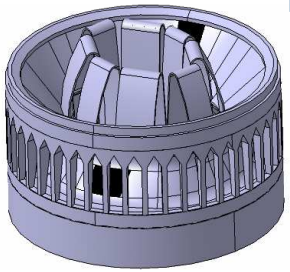
1. Ajout de surépaisseurs
2. Création des supports
3. Optimisation des supports



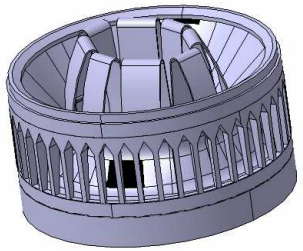
$m = 0{,}389\ kg$
$V = 5{,}00.10^{-5}\ m^3$



$m = 1{,}258\ kg$
$V = 16{,}13.10^{-5}\ m^3$



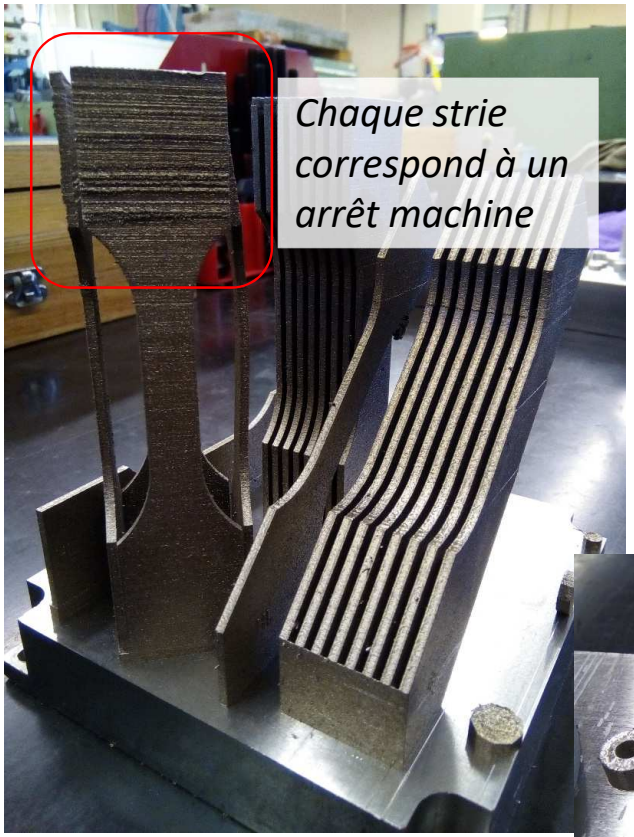
$m = 0{,}706\ kg$
$V = 9{,}05.10^{-5}\ m^3$



$m = 0,409\ kg$
$V = 6{,}30.10^{-5}\ m^3$

14h

Le « Soufflet RF » imprimable : Contraintes de réalisation



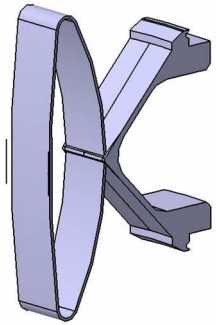
1 arrêt machine
= 1 couche de poudre en plus

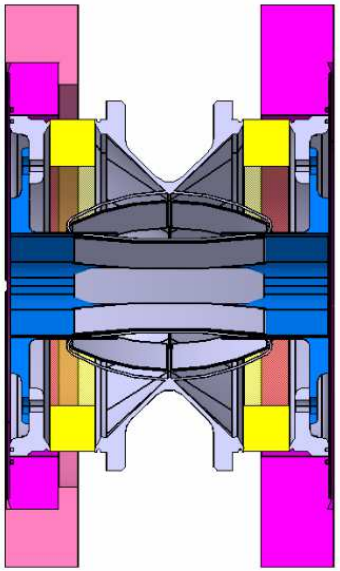
Epaisseur paroie = 0,3 mm

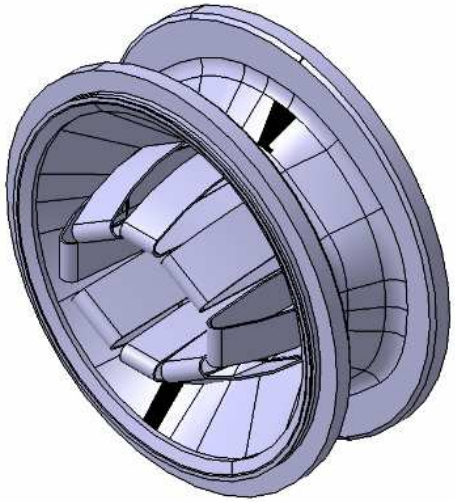
CONCLUSION

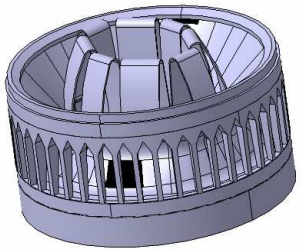
CONCLUSION : comparaison & commentaires

- **La conception,** plus complexe et pourtant plus simple et rapide
  - Utilisation poussée des outils CAO
  - Anticiper des éléments de référence
- **La R&D**, directe donc plus simple.
- **La mise en plan de détails…,**
  Fin de la cotation fonctionnelle ? Quelle mémoire ?
- **Les méthodes,**
  Fait à nouveau jeu égal avec la conception
  - Supports d'impression
  - Parachèvement à penser consciemment
- **Les opérations de reprise d'impression,**
  Peu (voir pas) de pièce I3DM fonctionnelle en l'état !
  Quelle différence faire entre support plein et pièce fonctionnelle ?
  - Avoir intégré des éléments de références et de fixation, utilisable brut d'impression
  - Idéalement, utilisation de support « lattice »
- **Les contrôles de réalisation,**
  Comment contrôler des éléments inaccessibles ?
  - Nécessité de prototyper la conception par petits morceaux.



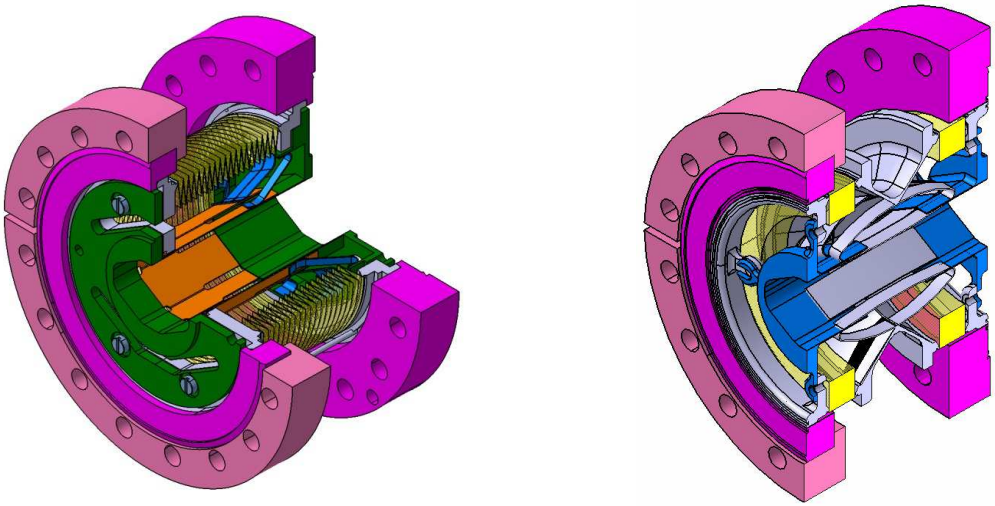






Nb : Sous condition de levée des verrous spécifiques… (Tribo., UHV, Cryo. ?)

Remerciement



Soufflet RF « imprimable » : Michel BALTAZAR

Soufflet RF « traditionnel » : Rémy DORKEL, Frédéric GAUTHIER & Bruno LELUAN

Banc de Test : Didier AUGUSTE, Michel BALTAZAR, Jean BONENFANT, Julien BONIS, Eric GUERARD, Emmanuel HERRY, Bruno LELUAN, Gabriel MERCADIER, Alice THIEBAULT & Olivier VITTEZ

Equipe Mécanique ThomX : Didier AUGUSTE, Bruno BORGO, Saïd BOUAZIZ, Denis DOUILLET, Alexandre GONNIN, Grégory IAQUANIELLO, Rodolphe MARIE & Yann PEINAUD

Equipe UHV ThomX : Manu ALVES, Denis GRASSET, Frédéric LETELIER-COHEN, Bruno MERCIER, Eric MISTRETTA & Christophe PREVOST

Equipe DEPACC : Cristelle BRUNI, Alexis GAMELIN, Pierre LEPERCQ & Hugues MONARD

Equipe SOLEIL : Lodovico CASSINARI, Christian HERBEAUX & Alexandre LOULERGUE