

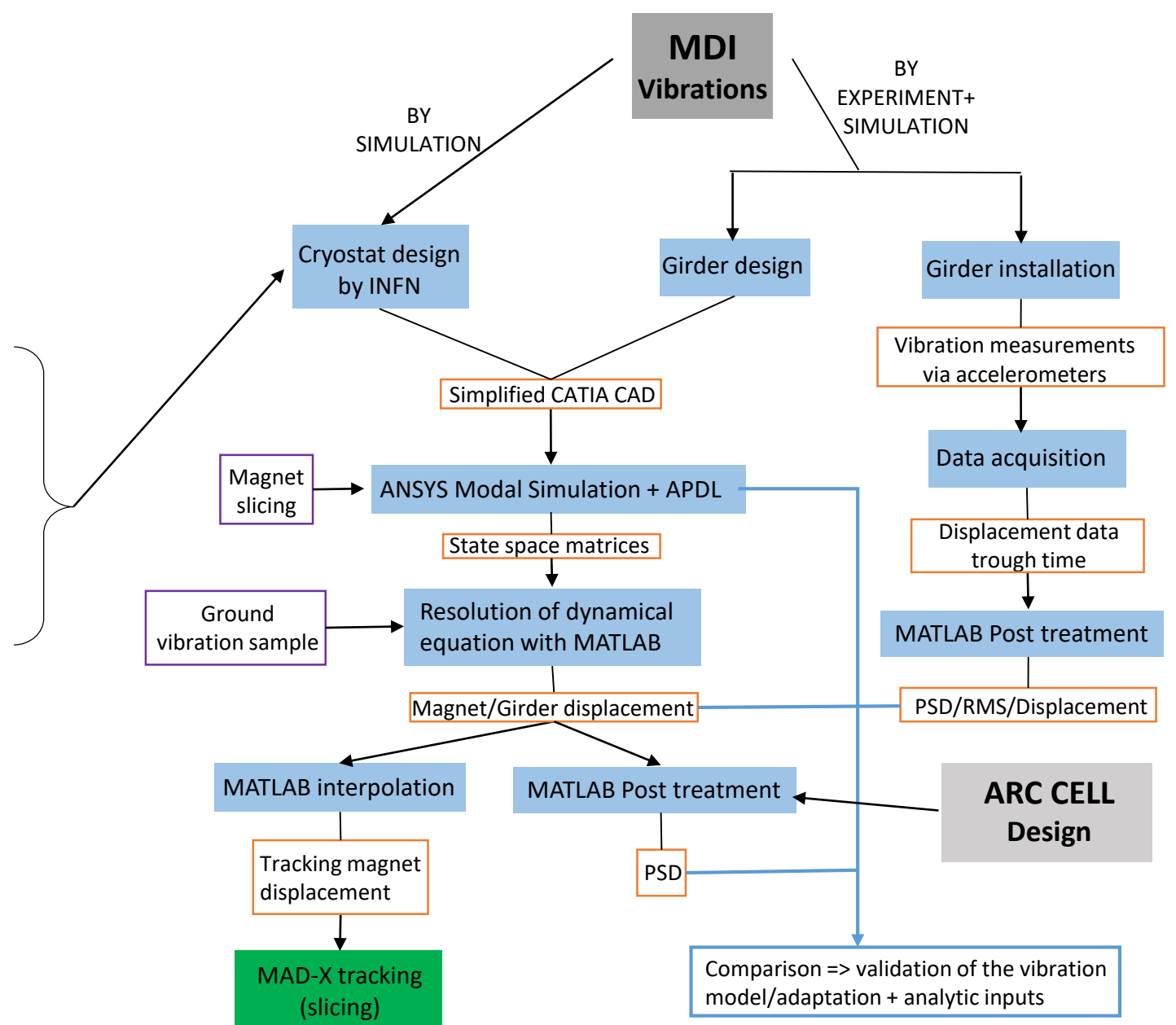
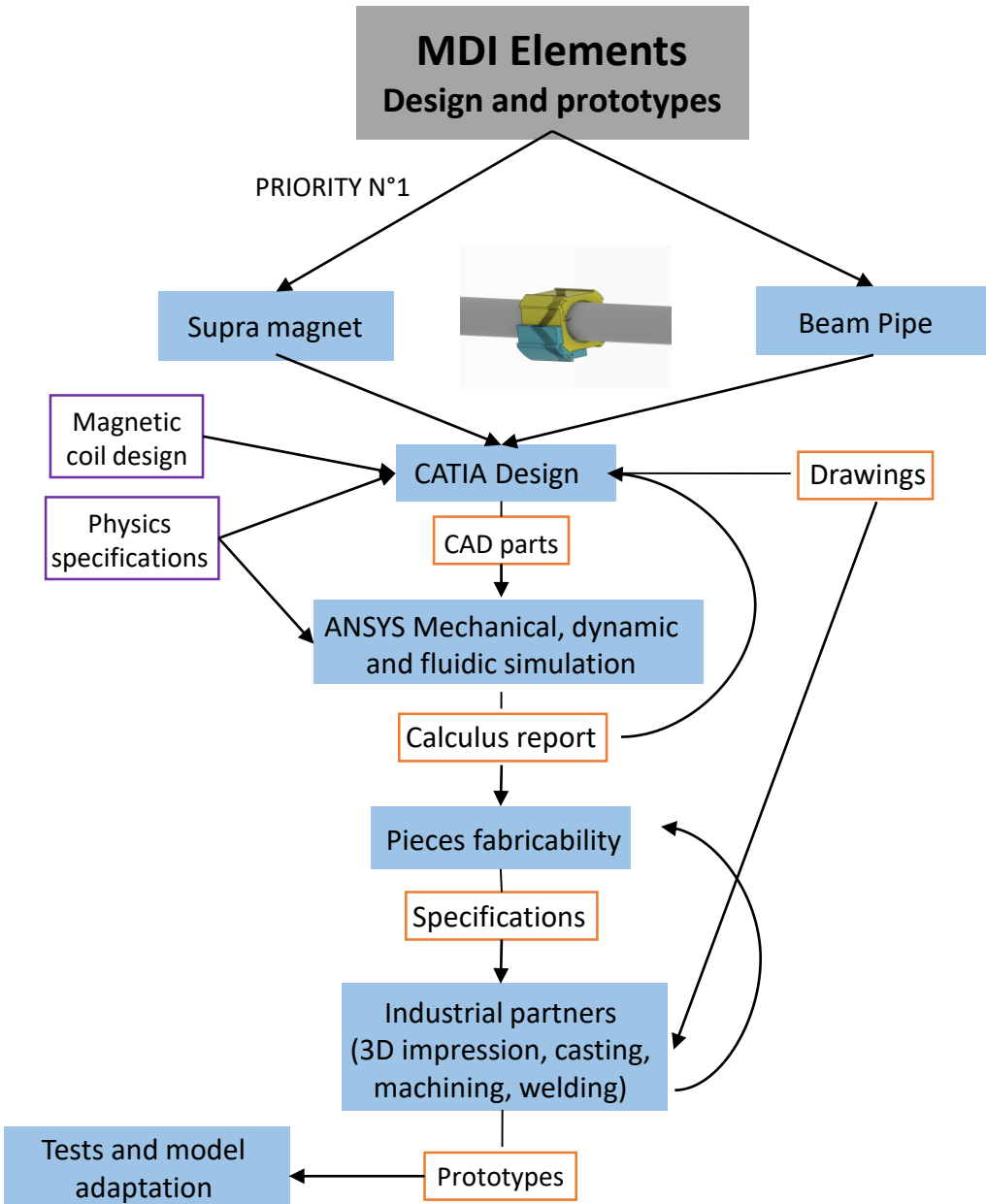
# R&D ACCELERATEURS at LAPP

Mechanical studies and prospects

2024

# FCC group Mechanical activities

- Mechanical Step
- Mechanical Input/Output
- Physics/instruments Input



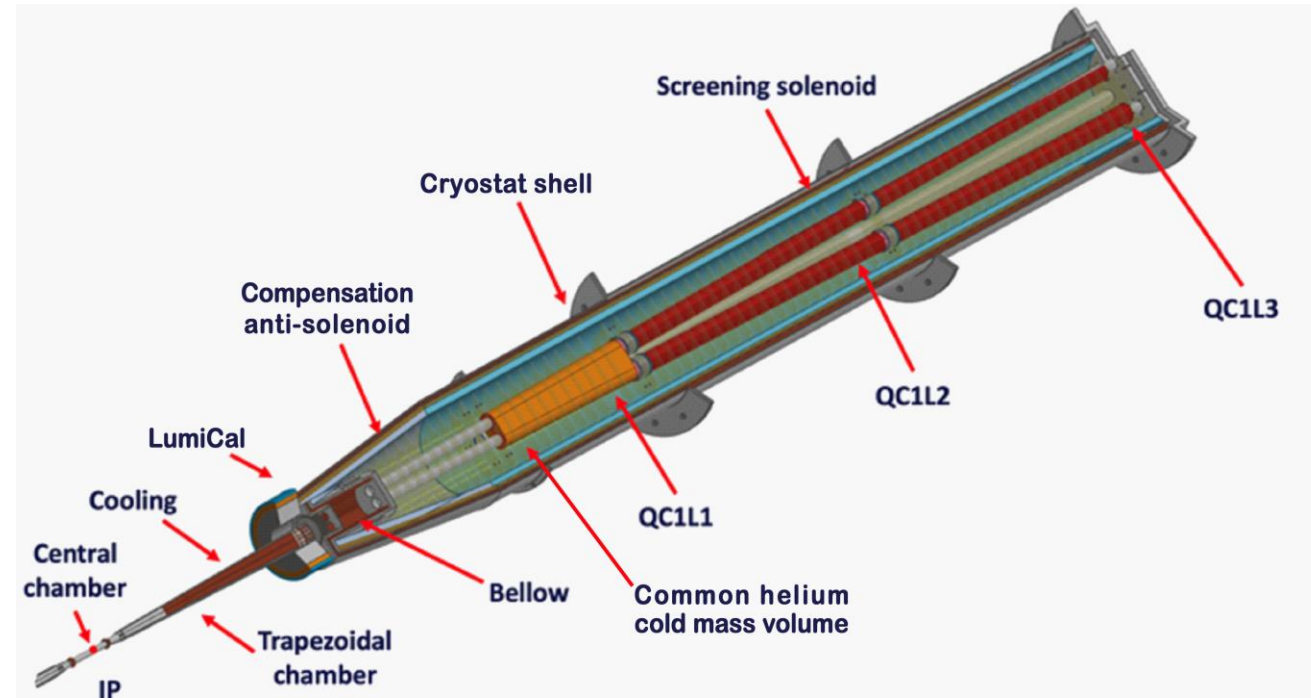
# I – MDI VIBRATIONS

## Contexte

- MDI => sujet aux vibrations du sol produits par la machine elle-même ainsi que par son environnement => impact sur la stabilité et l'alignement du faisceau de particules
- LAPP => impliqué dans la modélisation de ces vibrations et de ses impacts.

## Objectifs

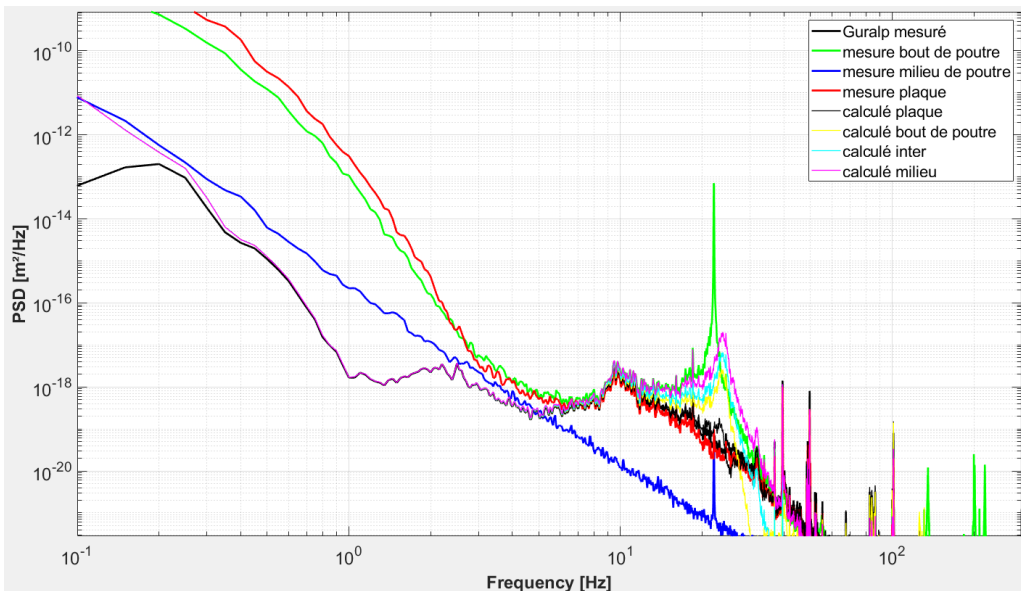
- Développer un modèle numérique
  - étudier l'impact des vibrations du sol sur le déplacement des aimants et donc du faisceau.
  - Design conçu par l'INFN sera ensuite testé aux vibrations en l'injectant dans notre modèle numérique.
- Développer un modèle expérimental
  - comparer, améliorer et valider le modèle numérique.



# I – MDI VIBRATIONS

## Avancement

- Le modèle numérique
  - modèle avec ANSYS et MATLAB (S.GRABON) => génération des déplacements et des PSD d'une géométrie quelconque provoqués par un échantillon de vibration (récupéré dans le cadre des mesures du SuperKEKB).
  - Familiarisation avec le modèle numérique et lancement de plusieurs exemples de calcul => prêt à analyser les déplacements et les PSD des aimants.
- Le modèle expérimental
  - Création d'une expérience simple avec une poutre et plusieurs capteurs (S.GRABON) => étudier son déplacement suite aux déplacement du sol.
  - Remontage de la poutre dans les locaux du LAPP => Plusieurs essais effectués dans différentes configurations  
=> Les PSD obtenus comparés à ceux du modèle numérique.  
=> Résultats convergent et montrent une bonne cohérence du modèle numérique.



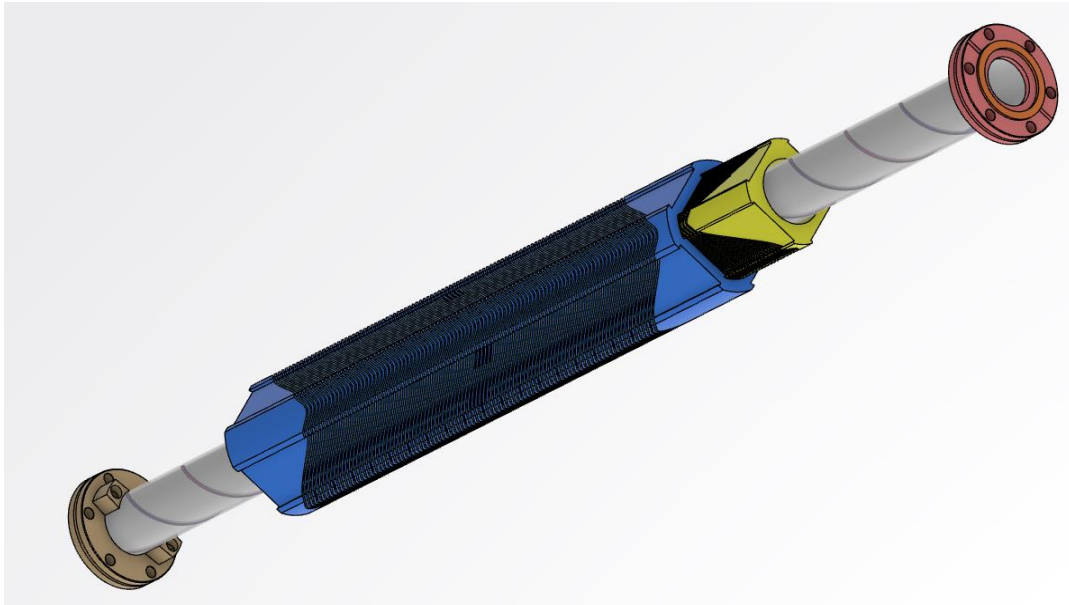
## Problématique et stratégie

- Interpoler les résultats du modèle numérique en données traitables par MAD-X => quantifier l'impact des déplacements des aimants sur le faisceau => prendre en main le modèle développé par S. Grabon et le tester avec l'équipe des physiciens.
- Aller plus loin dans la vérification du modèle numérique => réaliser plus de mesures avec la poutre pour vérifier les déplacements dans les 3 axes.
- Injecter le design du MDI dans notre modèle numérique => étudier son comportement => attendre le design en cours de conception par l'INFN

## II – AIMANT HTS

### Contexte

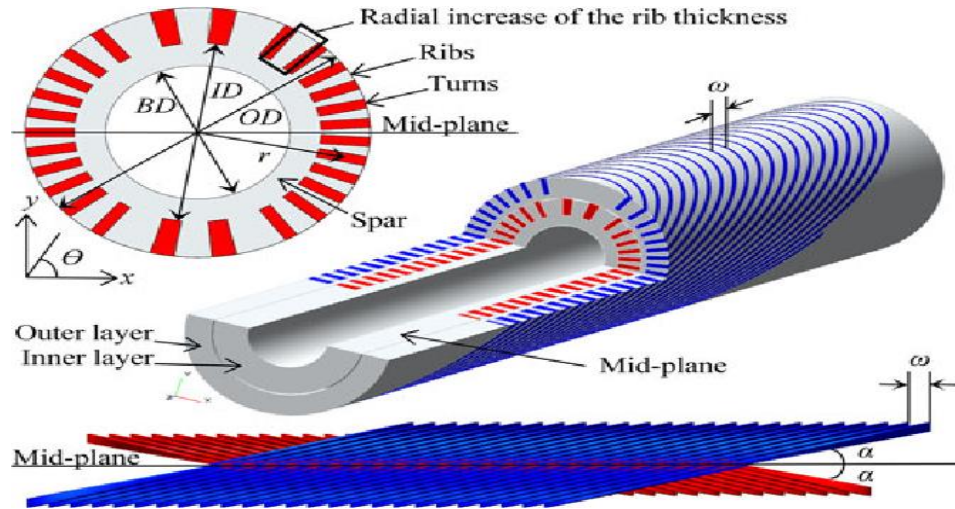
- M. Koratzinos et CERN => développement d'un aimant HTS, pièce clé du FCC
- LAPP => positionnement sur le quadripôle, dernier aimant de la chaîne de focalisation, et sur une section du tube à vide.



### Objectifs

- Aimant HTS
  - en collaboration avec le CERN, conception et réalisation du prototype en développant les partenariats industriels
  - participation aux essais (à froid, conductivité, ...)
- Tube à vide
  - en collaboration avec le CERN, conception et réalisation d'une section du tube
  - Tests => en eau, vibratoire, à vide, ...
  - Montage sur le banc de test à Frascati

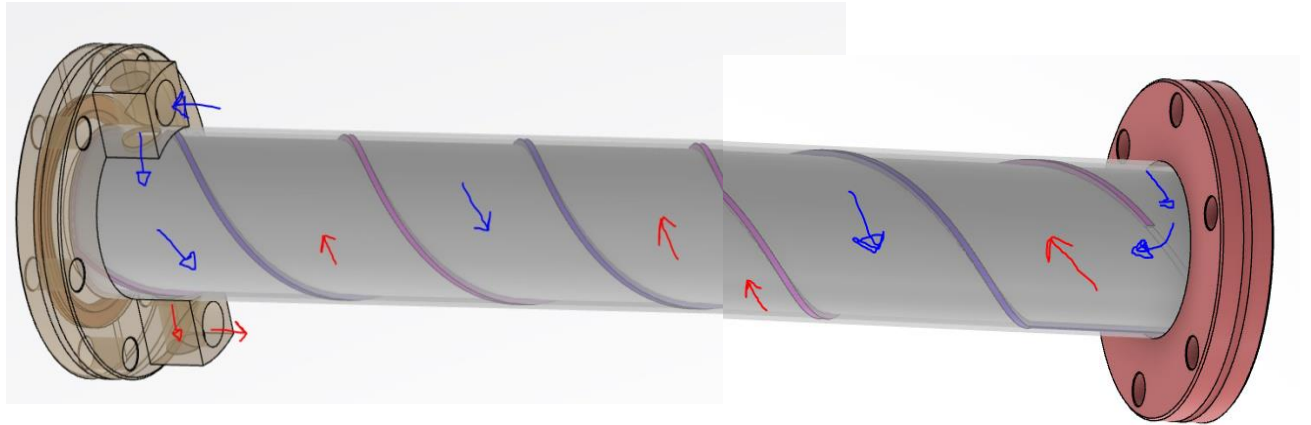
## II – AIMANT HTS



### Présentation

- Aimant HTS
  - Aimant supraconducteur à haute température ( $>30^{\circ}\text{K}$ ) => deux pièces glissées l'une dans l'autre et bobinées de manière opposée
  - Aimant CCT => bobinage à l'intérieur d'une gorge inclinée

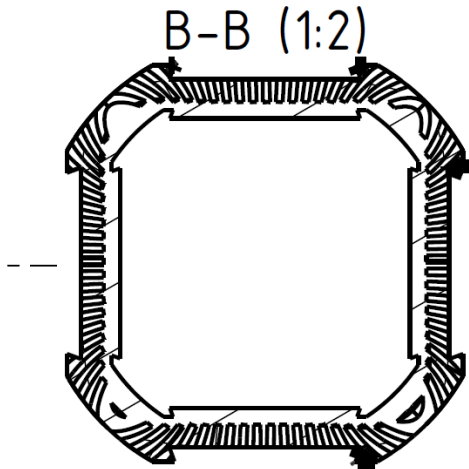
- Tube à vide
  - Section qui passe dans le quadripôle => tube spiralé pour refroidissement par flux d'eau
  - Relié à deux brides



## II – AIMANT HTS

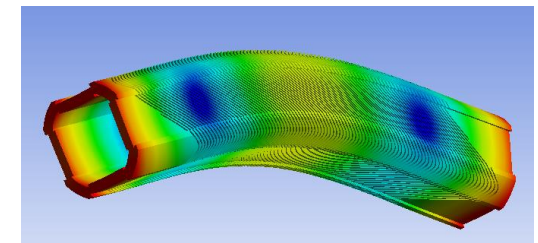
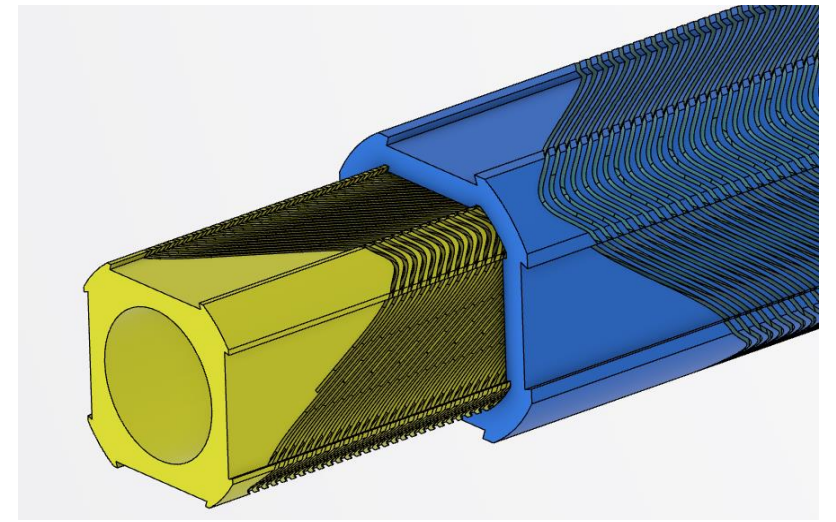
### Progression

- Aimant HTS
  - Dégagement des spécifications mécaniques
    - Gorge inclinée et étroite => usinage 5 axes
    - Epaisseur de la pièce => suffisante pour garantir rigidité et fabricabilité
    - Forme interne complexe
    - Dimensions => problématique pour usinage => plusieurs sections
    - Système assemblage des deux corps et des tronçons
    - Tolérance et état de surface => dimensions critiques



- Conception sous CATIA => fichiers CAO et plans pour simulation et industriels
- Simulation numérique ANSYS => étude modes de déformation (flèche et fréquence) => réaction aux efforts d'usinage
- Process de fabrication
  - Usinage 5 axes (surface et gorges) d'un bloc d'aluminium / impression 3D du corps suivi d'un usinage 5 axes des gorges / fonderie + usinage
  - Découpe fil pour forme interne ou 3D directement
  - Plusieurs sections de 200mm à assembler mécaniquement

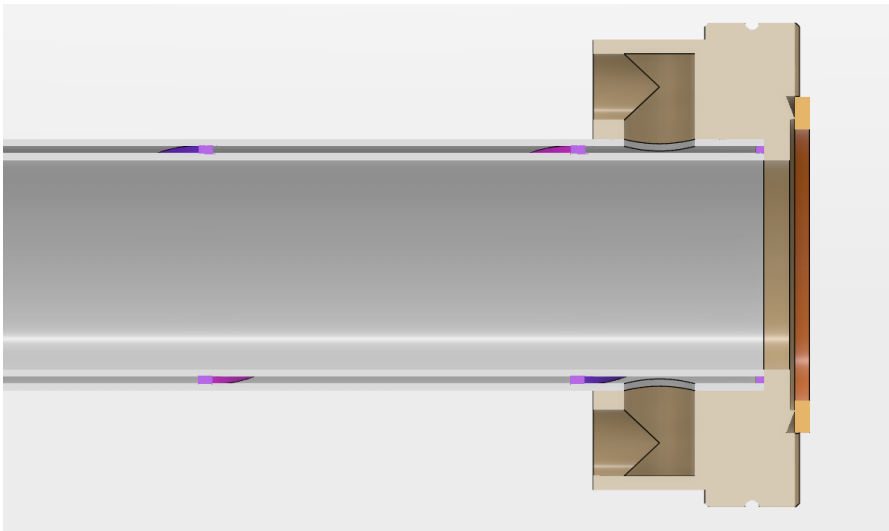
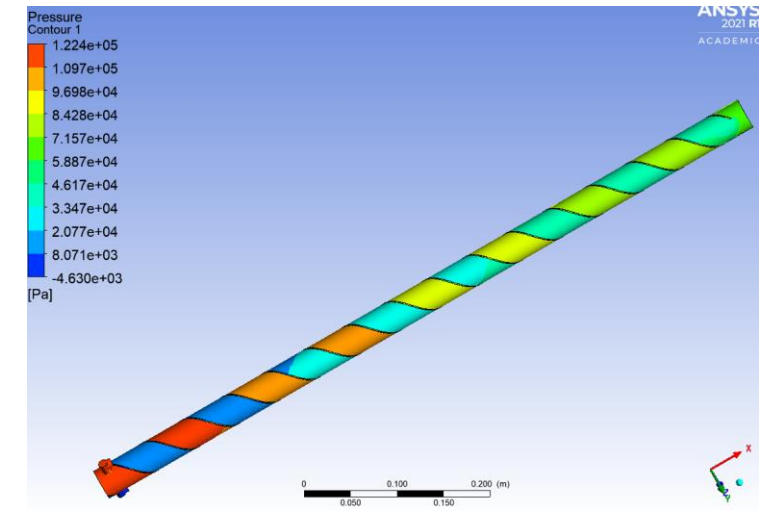
- Rencontre et dialogue avec un panel d'industriels => couvrir tous moyens de fabrication => étude de fabricabilité => process de fabrication et design se précisent au fil des discussions => Rédaction d'un [rapport technique](#) pour faciliter les échanges



## II – AIMANT HTS

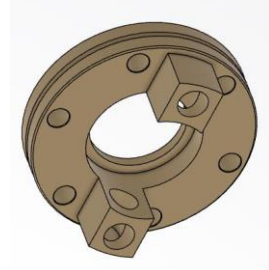
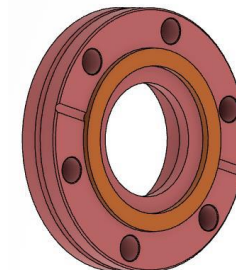
### Progression

- Tube à vide
  - Dégagement des spécifications mécaniques
    - Matériaux et dimension => garantir la rigidité
    - Dimension importante => assemblage plusieurs tronçons (100mm)
    - Usinage => effort de coupe et de serrage peuvent déformer la pièce => adaptation des dimensions + impression 3D
    - Brides => faites sur mesure avec système hydraulique intégré
    - Raccords hydrauliques



- Conception sous CATIA => fichiers CAO et plans pour simulation et industriels
- Simulation numérique ANSYS => étude thermique, statique, fluide, modale => données de  $t^\circ$ , pressions, vitesse, contraintes, turbulences, diamètres => adaptation du design et précision pour la fabrication
- Process de fabrication
  - Impression 3D du tube inférieur avec spirale => tronçons courts
  - Rabotage des tronçons entre eux
  - Soudage FE des tronçons rabotés au tube supérieur
  - Brides usinage ou 3D
  - Soudage par FSW des brides au tube

- Rencontre et dialogue avec un panel d'industriels => couvrir tout moyen de fabrication => étude de fabricabilité => process de fabrication et design se précisent au fil des discussions => Rédaction d'un [rapport technique](#) pour faciliter les échanges





## II – AIMANT HTS

### Contacts industriels pour prototypage

#### ➤ Panel industriel

ENTREPRISE	DESCRIPTION	BENEFITS	DRAWBACKS	STATUS	PROSPECTS
Akant Meca	Usinage (CNC 5 axes) => Usinage de la gorge inclinée	Proximité (74) et déjà travaillé avec le LAPP	Peu valorisable	Première rencontre faite	Envoyer plus de données pour établir un process de fabrication réalisable
Stirweld	Friction steer welding => Assemblage des sections du tube et soudage des brides	Proximité (74) et déjà travaillé avec le LAPP et GANIL Forte expertise technologie du vide		Première rencontre faite	
Initial 3D	Impression 3D => Fabrication des aimants et du tube	Proximité (74) et déjà travaillé avec le LAPP	Peu réactif	En attente de retour	
Savoy international	Impression 3D avec usinage intégré => Fabrication forme complexe de l'aimant (intérieur et gorges) avec usinage simultané pour rectification	Proximité (74) Unique sur le marché, facilement valorisable Pourrait résoudre les problèmes de fabrication	Peu réactif	Première rencontre en cours d'orga	
Techmeta	Soudage par faisceau d'électron => Assemblage des sections du tube et soudage des brides	Proximité (74) Forte expertise technologie du vide		Première rencontre faite	Envoyer plus de données
Fonderie Mathieu	Fonderie => Production des corps pleins de l'aimant		Eloigné (71)	En attente de retour	
DMM	Machines découpe fil => Production de la forme intérieure complexe de l'aimant	Grande capacité des machines Assez proche (01)		En attente de retour	
CETIM	Centre de compétences industrielles => 3D, usinage, fonderie, bureau études, soudage, ...	Maitrise de tous les process Proximité (42/74)	Sous-traitance	Première rencontre faite	Pas de suite car total sous-traitant

- Financement à étudier par M. Koratzinos (projet CHART) via le CERN
- Souci de licensing pour l'aimant HTS (discussion Angeles – PSI)
- Risque d'itérations de prototypes => coût élevé

## II – AIMANT HTS

### Collaboration avec USMB pour près-prototypage

- Capacité interne limitée => prototypage au LAPP impossible (seule piste passage de la 3 axes en 4 axes)
  - Rencontre avec le SYMME (avril 2024) => important moyen impression 3D (métal et polymère), de caractérisation de pièce (vibratoires, matière) et métrologie
  - Rencontre avec IUT GMP (avril 2024 avec G.Deleglise) => important moyen usinage (5 axes, découpe fil, coupe jet eau, ...)
- Utilisation des ressources de l'USMB => prototypage en dimension réduite avant de s'orienter vers industriels => réduction des itérations
  - Montée en compétence de l'équipe et du service
  - Collaboration/consortium à créer avec l'USMB => risque d'une temporalité supérieur sous-traitance
  - Besoin de libérer des ressources en interne => atelier et vacation

### Stratégies et perspectives

- Aimant HTS et tube à vide
  - Poursuivre études conception, simulation, fabrication => accentuer leur précision pour répondre à toutes les problématiques relevées => finaliser étude de faisabilité
  - Affiner le rapport technique et rédaction note de calculs => dialogue avec collab et industriel
  - Poursuivre échanges avec industriels => finaliser l'étude de faisabilité et début des premières itérations de prototypage
  - Proposer un design et une méthode de fabrication robuste aux industriels et à la collab => prototypage
- Présentation des travaux par M. Koratzinos au FCC week à San Francisco en juin
- Avancer sur le consortium USMB => près-prototypage avant de se lancer avec les industriels
- Besoin humains
  - Technicien à l'atelier pour se former et travailler sur le projet avec USMB
  - Eventuellement technicien conception en soutien



THANK YOU FOR YOUR  
ATTENTION