

R&D ACCELERATORS AT LAPP

Mechanicals studies and prospect

FCC HTS Quadrupoles and Beam pipe : Design and Fabrication

Matthieu Marchand, Laurent Brunetti,
Gaël Balik, J.P. Baud, Isabelle De Bonis, Agnès Dominjon, Giovanni Lamanna,
Freddy Poirier

11.09.2024



- MDI
 - Responsabilité du LAPP de la task 4 (non officialisée...)
 - Responsabilité de la sub-task « Vibration study » (ingénierie & physique faisceau)

FCC **FCC-ee MDI activity plan** only known contributions shown **Draft (23/06/2022)** **Confidential**

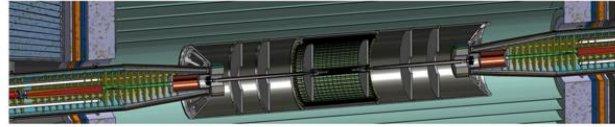
Task 0. Coordination (INFN, SLAC)

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Task 1. 3D engineering design of IR and MDI mechanical layout with integration (INFN-LNF)</p> <p>1.1 Beam pipe design INFN, TE-VSC?</p> <p>1.2 Cryogenic Magnets integration inputs from TE-MSC?</p> <p>1.3 Shielding against hard SR & collision debris input from BE/ABP?, SY-STI?,EA? PED?</p> <p>1.4 IP detectors integration, i.e. lumical, VXD, support & alignment & maintenance & cabling in coll. with PED</p> <p>1.5 Vacuum sys. integration TE-VSC</p> <p>1.6 Supporting structures design INFN, LAPP</p> <p>1.7 Thermal simulations INFN</p> <p>1.8 Management of electrical and hydraulic connections/routing</p> <p>1.9 Mechanical IR assembly, disassembly & repair procedures</p> <p>1.10 Project Design Management</p> <p>Key deliverables: 3D CAD model of whole IR ; Preliminary structure design; Thermal and mechanical simulations; Civil engineering requirements (CERN); Prototypes (IR vacuum chamber INFN), alignment devices (CERN)</p> | <p>Task 2. BG, beam loss & rad. (CERN, EPFL, INFN, SLAC)</p> <p>2.1 Top-up injection backgr. incl. beam-beam and dedicated collimation, masking and shielding; comparing backgr. situation for different injection schemes BE/ABP, DESY?</p> <p>2.2 SR bkg with masking & shielding optim. SLAC, BE/ABP,TE-VSC, SY-STI?, PED</p> <p>2.3 Other single-beam BG(res.gas, Touschek, thermal γ) BE/ABP?</p> <p>2.4 Beam losses and backgr. from collisions processes: beamstrahlung, $\gamma\gamma$ collisions, bhabha, luminosity, including spent beam tracking and shielding optimization PED, BE-ABP?, EPFL?</p> <p>2.5 Software tool development, link MDI codes and FCCSW PED, BE/ABP</p> <p>2.6 Simulation evaluation of backgrounds in detectors and mitigation PED</p> <p>2.7 Tail collimation BINP, KEK?, BE/ABP? & machine protection strategy TE-MPE</p> <p>2.8 Collimation scheme and strategy incl. IR collimators BE/AB, DESY?</p> <p>2.9 Shielding of IR magnets against collision debris, BE-ABP, BE-EA?, SY-STI?</p> <p>2.10 Handling of incident beamstrahlung (diagnostics?) SY-STI, SY-BI, TE-VSC</p> <p>2.11 Beam abort system: requirements, abort gaps, signal processing, etc.</p> <p>2.12 Protection against rare devastating events e.g. dust</p> <p>2.13 Mask + collimation hardware design SY-STI</p> <p>2.14 Geant4 model +/- m from IP, PED</p> <p>2.15 Neutron radiation in IR area, Fluka, SY-STI?</p> <p>Key deliverables: Masking, shielding, collimation systems; Injection scheme(s), Background sustainability by detectors; Machine protection strategy</p> | <p>Task 3. Conceptual design of IR elements/systems (BINP, BNL?, CERN, INFN, MIT, NBI, SLAC, CERN)</p> <p>3.1 IR Magnets design w. field map (solenoid compensation), supports, spatial tolerance, el.-magn. forces, OP conditions (TE-MSC?, MIT, BNL?, PSI?, INFN?, BINP?)</p> <p>3.2 Cryostat design, dimensioning cooling systems – TE-MSC? INFN?</p> <p>3.3 Luminosity calorimeter & lumi. meas. including alignment NBI, PED, INFN</p> <p>3.4 Vertex detector & possibly other IP detectors EP detector</p> <p>3.5 IR beam abort sensors (SY-BI?, PED,)</p> <p>3.6 Remote vacuum connection DESY?, TE-VSC, INFN?</p> <p>3.7 IR vacuum system, coatings & possible HOM absorbers TE-VSC, SLAC</p> <p>3.8 IR beam diagnostic devices, Beamstrahlung monitor SY-BI, SY-STI, EPOL</p> <p>3.9 Shielding experimental environment? SY-STI?, BE-EA?, EP?</p> <p>Key deliverables: Prototypes (EE magnets, remote vacuum connection)</p> <p>Task 4. Alignment tolerances & vibration control (LAPP)</p> <p>4.1 Alignment specifications BE/ABP, LAPP</p> <p>4.2 Alignment/survey strategy & requ'ts – BE/GM, BE/ABP ..</p> <p>4.3 Vibration study, stabilization strategy, etc. – LAPP</p> <p>4.4 Feedback systems for beam collision adjustment ; feedback to maintain luminosity with top-up injection- UOX</p> <p>Key deliverables: Alignment/survey strategy; Stabilization strategy; IP Feedback design</p> <p>Task 5. Heat Load Assessment (INFN, SLAC, CERN)</p> <p>5.1 Resistive wall</p> <p>5.2 Geometric impedance, HOM heat load, HOM absorbers</p> <p>5.3 Heat load from SR, Beamstrahlung, radiative Bhabhas SLAC, BE-ABP, TE-VSC</p> <p>5.4 Electron clouds BE/ABP/CEI ?</p> <p>5.5 Cooling of detector elements</p> <p>Key deliverable: Thermal power budget</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

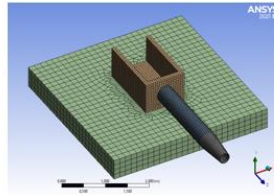
➤ A partir de mi-2021: mise en place de l'intégration de la dynamique des 'aimants + supports' dans les simulations optiques
 -> 2 CDDs : E. Montbarbon (post-doc) et S. Grabon (CDD IR)

Mechanics : methodology of the dynamic behavior evaluation

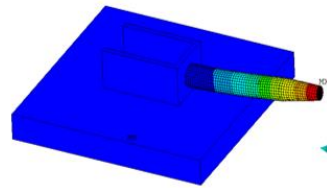
The final assembly is complex and not enough achieved to be evaluated



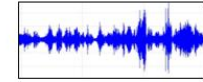
- Development of a methodology on a simple geometry inspired by a known case: **SuperKEKB**



Finite elements model under ANSYS of a simple structure

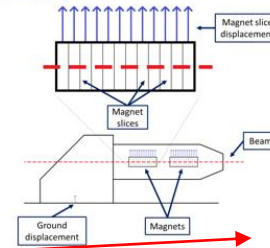


Modal analysis and state-space matrices calculation



n output temporal displacements files: calculated at the optics magnet slices and at the MAD-X sample time

Exploitation of the state system under Matlab

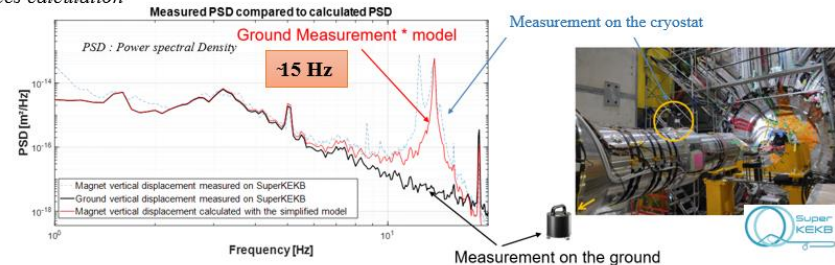


➤ En synergie avec l'équipe physique

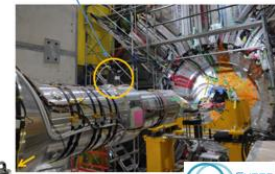


Test of the method on a prototype

For more details, S. Grabon's presentation: <https://indico.cern.ch/event/1064327/timetable/>



Measurement on the ground
FCC IS 2023 Rome



- Le processus est développé, il est basé sur une structure simple avec une dynamique équivalente au cryostat SuperKEKB
- En attente des éléments du MDI (cryostat, aimants, luminomètre...)
- A finaliser côté optique faisceau (MAD-X)

➤ Conferences and Workshops:

- S. Grabon, "Modelling process for vibrations estimations", FCC Week 2022, Paris, <https://indico.cern.ch/event/1064327/timetable/>
- E. Montbarbon, "First studies of final focus quadrupoles vibrations of the Z lattice of FCC-ee", in Proceedings of International Particle Accelerator Conference (IPAC23), Venizia, Italia.
- L. Brunetti et al, "Towards mechanics and optics evaluation of the vibrations effects for the FCC-eeMDI", FCC Week 2023, Londres, UK, <https://indico.cern.ch/event/1202105/>
- L. Brunetti et al, "Towards mechanics and optics evaluation of the vibrations effects for the FCC-eeMDI", CEPC workshop in Nanjing, 2023, <https://indico.ihep.ac.cn/event/19316/>
- L. Brunetti et al, "LAPP activities: ground motion, vibration models, simulations, SuperKEKB", FCCIS workshop, Roma, 2023, <https://indico.cern.ch/event/1326738/timetable/>

▪ Banc de tests à Frascati (présentation de Manuela à FCC week 2022 à Paris)

FCC 02/06/2022 FCC WEEK 2022 Manuela Boscolo 26

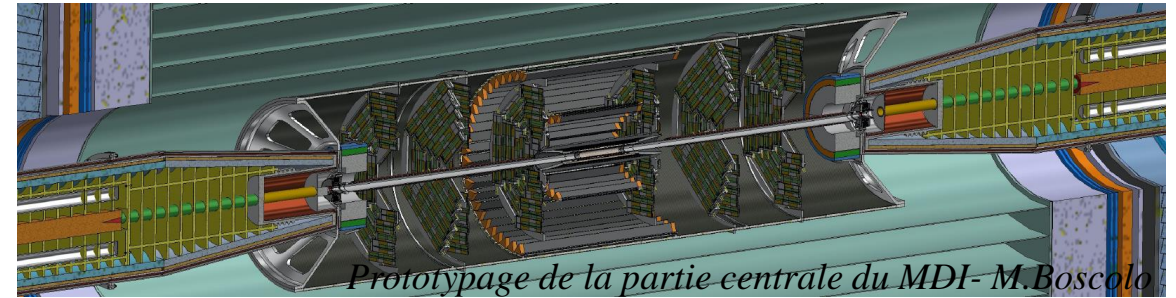
Proposal for mock-up of the IR

step1

- Central IP vacuum chamber
 - test the cooling system and the vacuum system
- AlBeMet162 – steel transition
 - study the shape of the transition, EBW process
- Bellow
 - vacuum and thermal tests
- Welding
 - EBW for elliptical geometry

step2

- Trapezoidal vacuum chamber with remote vacuum connection
- QC1
- cryostat
- beam pipe and quadrupole and cryostat support
- vibration and alignment sensors

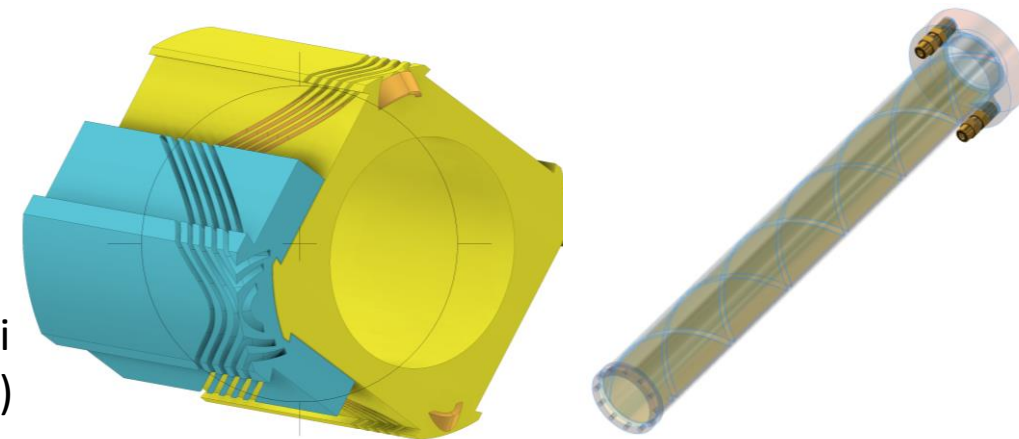
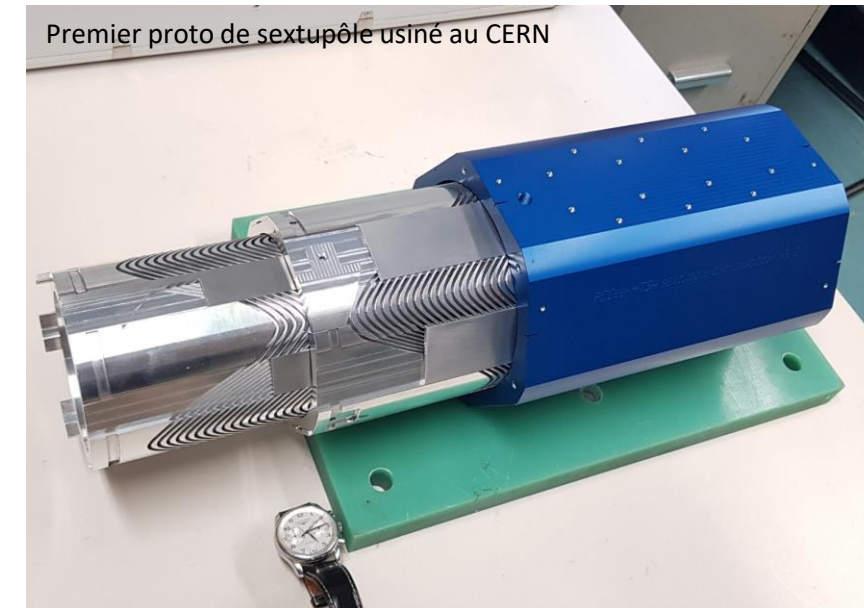


Implication du LAPP sur le prototype MDI ne sera qu'à moyen / long terme -> veille technologique et adaptation des modèles vibratoires pour l'optique faisceau

▪ Chronologie de l'évolution des activités : envie de réaliser du prototypage / banc de tests en lien avec l'optique faisceau

- Début 2023 : MoU LAPP/IN2P3 – CERN arc cell avec une implication sur la partie mécanique (études modales puis dynamiques) et une ouverture éventuelle sur l'instrumentation et la mécatronique (ex: positionnement)
- Fin mars 2023 : départ de Stanislas Grabon qui venait de finaliser l'étude mécanique MDI
- Juin 2023 : l'équipe arc-cell nous confirme le maintien de la collaboration malgré les soucis RH
- Novembre 2023 : arrivée de Matthieu Marchand – reprise des travaux de Stanislas jusqu'à fin 2023
- Fin 2023/Début 2024 : rencontre avec l'équipe arc cell qui a entre temps finalisé son équipe ingénierie et qui souhaite que le LAPP se réoriente sur l'étude des effets faisceaux de la dynamique des arcs
- Fev. 2024 : en accord avec Angeles et Frank Z., le LAPP débute l'étude de faisabilité de l'aimant HTS QC1L1 (priorité) et le tube à vide refroidi du cryostat MDI -> été 2024
 - Volonté historique du LAPP de s'impliquer sur la partie aimant
 - Eléments stratégiques à forte responsabilité et visibilité et challenges très intéressants
 - Réalisations, tests et en lien avec l'optique faisceau

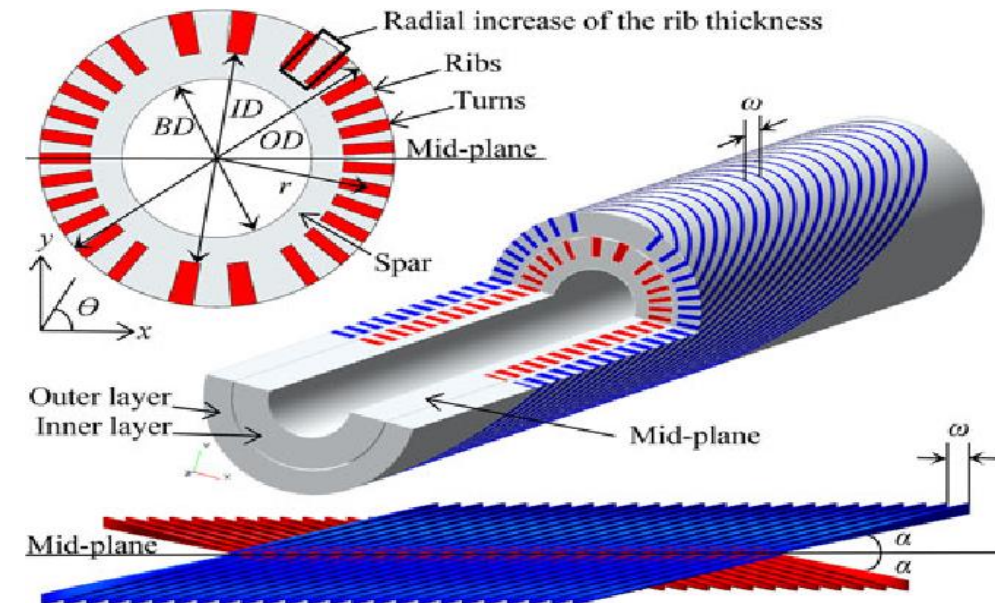
- Première rencontre avec M. Koratzinos (PSI/CERN), F. Zimmerman (Deputy FCC CERN) et Angeles le 13-02-2024.
 - Prototypage et premiers tests à froid d'un sextupôle HTS réussi en 2023.
 - Besoin d'une équipe de recherche sur le design et le prototypage d'un quadripôle HTS + tube à vide précédent celui de la chambre à l'IP => contraintes mécanique et physiques différentes.
 - Quadripôle et tube en work package => même système, problématiques communes et partenaires industriels communs.
 - "It is really state-of-the-art and will establish FCC as a world-class player in this field." M.Koratzinos
- Etude de faisabilité (fin été 2024) :
 - Design, simulation, mise en plan
 - Méthode de fabrication, cahier des charges et partenaires industriels
 - Devis et budget
- Collaboration actuelle:
 - LAPP: M. Marchand (expert, CAO, calculs et simulation), L. Brunetti (coordination & expert) et aide de G. Deleglise (resp. service méca)
 - CERN/PSI : M. Koratzinos (supra) et A. Thabuis (CAO & calculs)
 - INFN : interface avec F. Fransesini



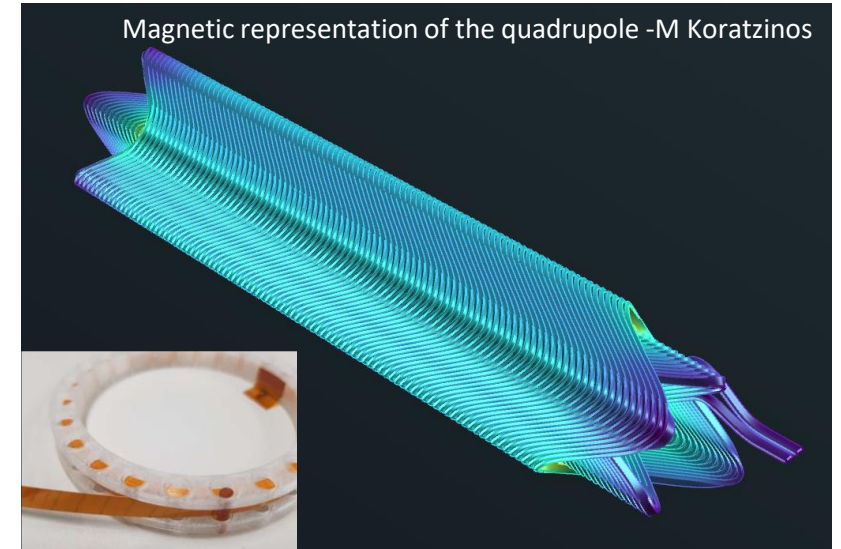
Premier design du quadripôle et du tube

Un quadripôle supraconducteur à haute température (HTS)

- Aimant supraconducteur HTS => température de fonctionnement autour des 30°K (contre 2°K pour des supra classique).
- Quadripôle CCT (Canted Cosine Theta) => un design particulier de bobinage de la partie supra => utilisation de deux champs solénoïdes opposés. Le ruban HTS est bobiné à l'intérieur d'une gorge inclinée.



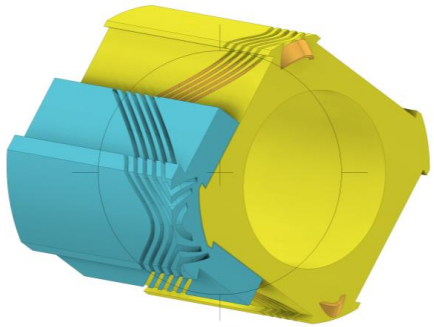
Example of a 2-layer CCT magnet layout with rectangular cable - L. Garcia Fajardo



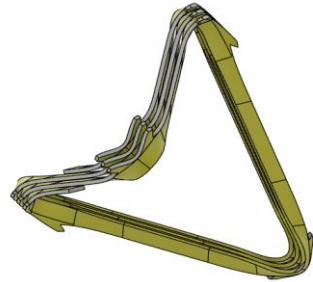
Un design basé sur le champ magnétique

- M. Koraztinos défini le champ magnétique nécessaire de l'aimant, donc la forme/dimension du bobinage => la structure l'aimant est conçu autour du bobinage.
- Fortes contraintes de design et de fabrication => forme, dimensions, méthode de fabrication, tolérances, état de surface, ...

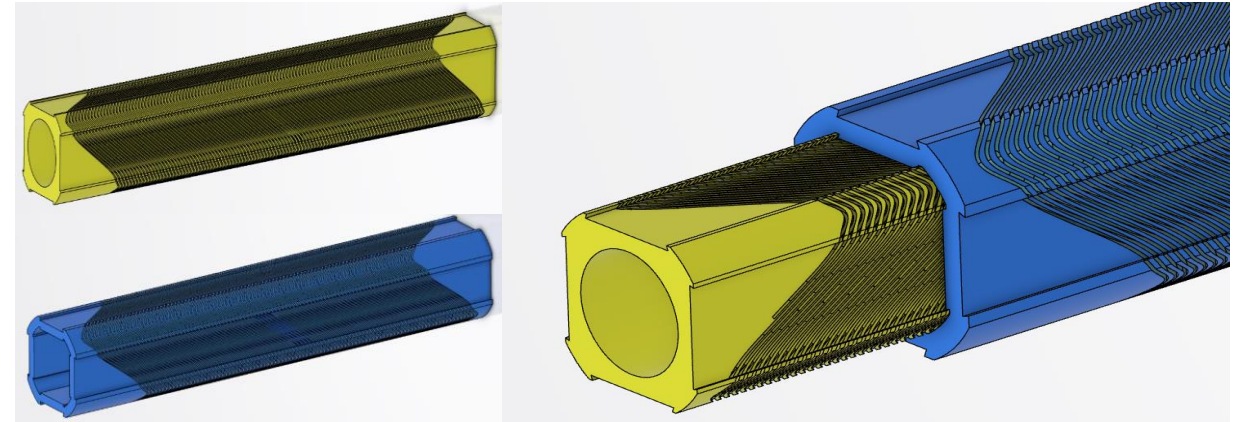
Un design reconstitué en CAO



CAO donnée par Mike



Bobinage extrait



Aimant reconstitué aux dimensions souhaitées par la physique

Un design aux fortes contraintes dimensionnelles => identification des défis de conception

- Dimensions

- Pièce en aluminium => deux corps distincts à la forme rectangulaire
- Pièce longue, fine et avec peu de matière
- **Longueur => prototype 400mm / pièce finale 700mm**
- Cylindre interne => diamètre 40mm
- Diamètre corps supérieur => 84mm
- Diamètre corps inférieur => 65mm

- Gorge de bobinage

- Gorge unique inclinée et étroite
- 4 à 8mm de profondeur, inclinée de 0 à +/- 60°
- 0,9mm de largeur et espacé de 1.8mm

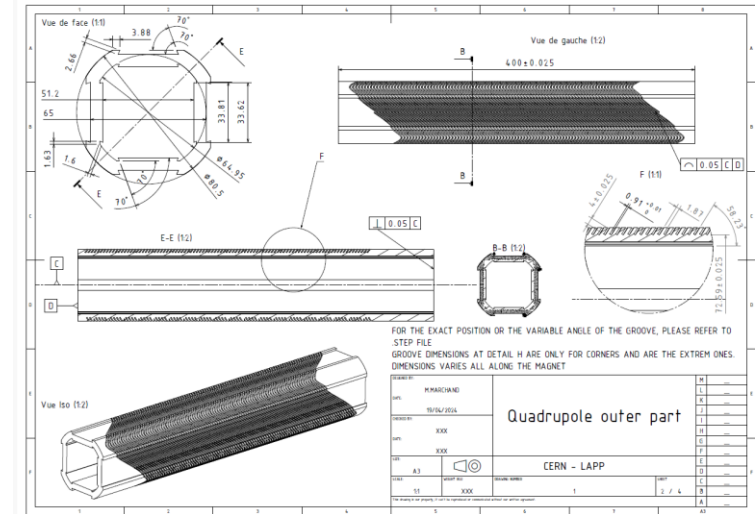
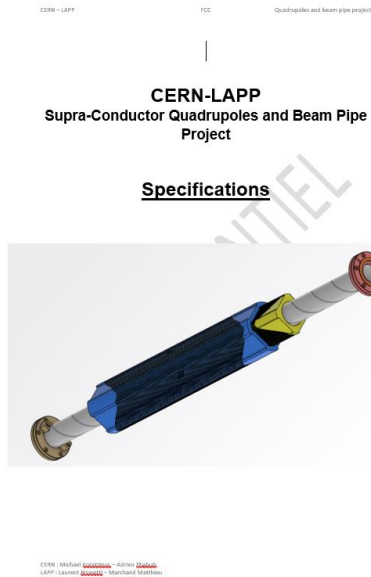
- Précision

- Pas de contact entre les 2 corps => 0,3mm d'écart
- Tolérances dimensionnelles jusqu'à +/- 0,01mm
- Un état de surface inconnu => suffisant pour ne pas abimer le ruban HTS
- Un système d'assemblage à déterminer => stopper la translation entre les deux corps

Bilan => trouver la bonne méthode de fabrication et le(s) bon(s) partenaire(s) industriel(s) pour respecter toutes ces contraintes

Process de fabrication et recherche d'industriels

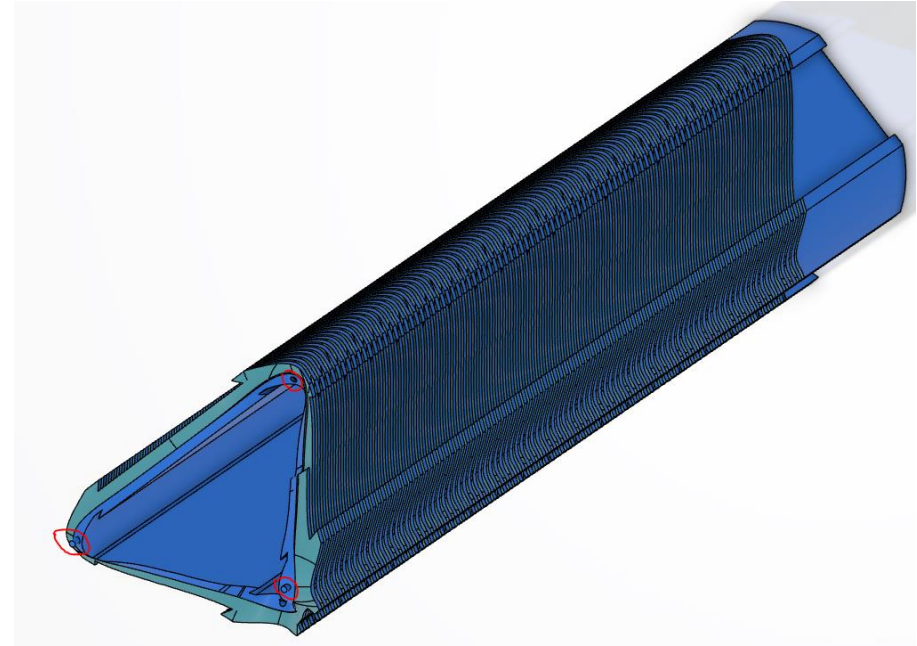
- Une première mise en plan et une rédaction d'un cahier des charges précis => une base pour discuter avec les industriels.
- Une première simulation vibratoire pour les problématiques d'usinage.
- Identification de plusieurs entreprises pour la fabrication de l'aimant
 - En impression 3D
 - En usinage 5 axes et électroérosion
- Un bilan peu engageant
 - Impression 3D trop peu précise au vue des dimensions => état de surface insuffisant.
 - Les machines des industriels ciblés sont insuffisantes => soit trop peu précises, soit trop petites.
 - Un budget important => risque d'itérations des prototypes



Bobinage du sextupôle

Un design évolutif

- Pour pallier aux contraintes dimension/précision de l'usinage => fabriquer l'aimant en deux sections.
- Coupe centrale qui suit la forme du bobinage et une indexation assurée par un système de plot/alésage.
- Des pièces de dimensions réalisables par les machines 5 axes existantes avec une précision suffisante.
- Un maintien dans la machine lors de l'usinage possible grâce aux extrémités pleines.



Stratégies d'amélioration

- Design => Mike ouvert à augmenter les épaisseurs de la gorges pour faciliter l'usinage => trouver le meilleur compromis + possibilité de « lisser » la gorge au niveau de la coupe => un seul passage pour éviter les erreurs d'alignement.
- Industriels => contacter directement les constructeurs de machines => identifier les industriels facilement + Savoy international => un industriel à fort potentiel => 3D + usinage simultané.
- Pré-prototypage en projets étudiants via USMB => réduire les besoins d'itération.

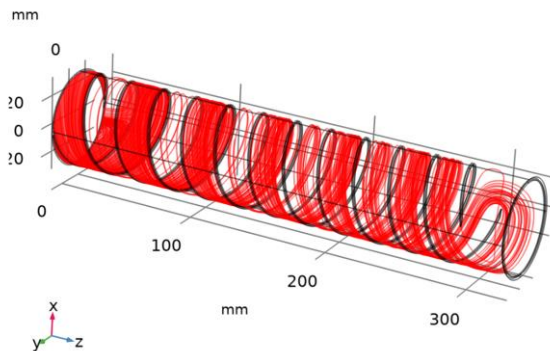


Un tube à vide soumis aux contraintes de son environnement

- Tube à vide précédent celui développé par l'INFN, à l'intérieur du cryostat et avant l'IP
- Radiation du faisceau émet de la chaleur => refroidissement du tube
- Trop peu d'espace entre le tube et l'aimant => incorporation du système de refroidissement directement dans le tube
- Très peu d'espace dans le cryostat pour les arrivées/sorties fluide proche de l'IP => l'entrée et la sortie du fluide calorimétrique se fait sur la même extrémité à l'extérieur du cryostat

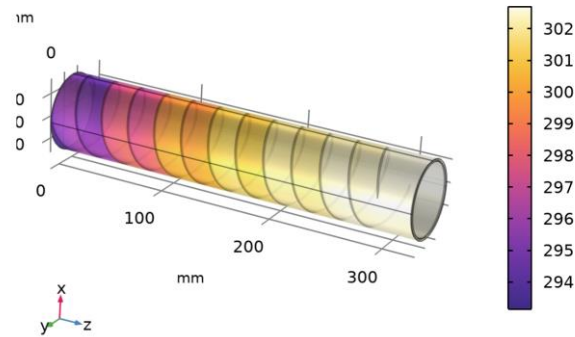
Premières simulation du tube –M.KORATZINOS

$p_{inlet}=0.1 \text{ MPa}$, $Q_0=100 \text{ W}$ Streamline: Velocity field

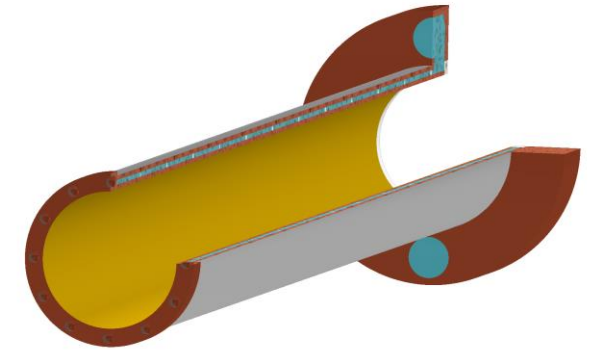


Streamline: Velocity field

$p_{inlet}=0.3 \text{ MPa}$, $Q_0=100 \text{ W}$ Surface: Temperature (K)

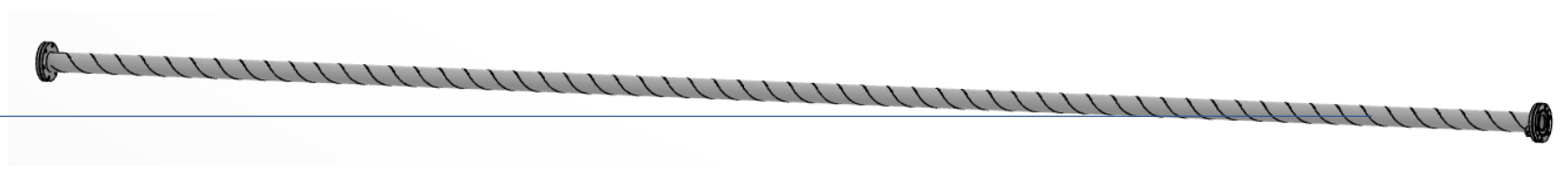


Surface: Temperature (K)

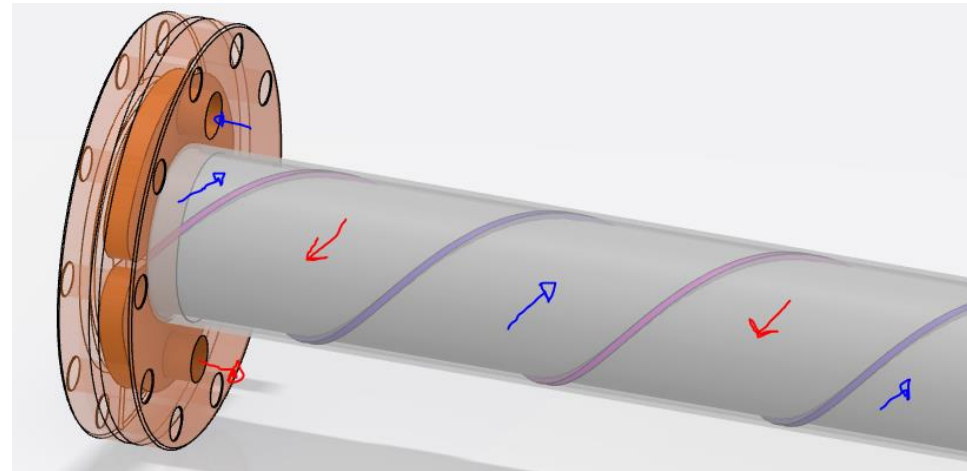


Un tube à vide au design particulier

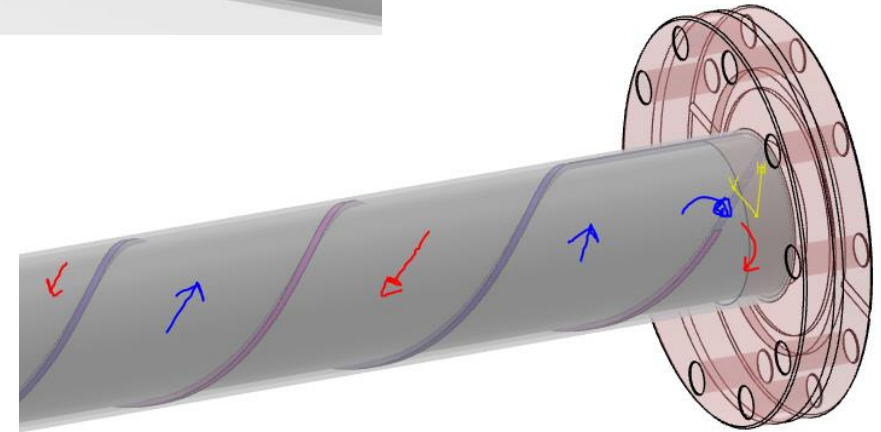
- Une structure interne en double hélice pour permettre l'aller-retour du fluide
- Deux brides sur mesures pour relier ce segment aux autres segments du FCC
- Une bride dotée de conduits et incorporée au tube pour assurer l'entrée/sortie du fluide
- Des simulations thermiques, mécaniques et fluidiques nécessaires



Un design reconstitué en CAO



Bride modifiée



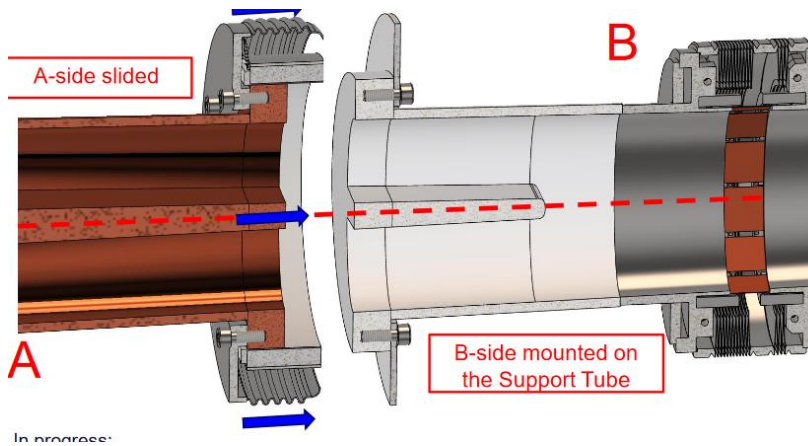
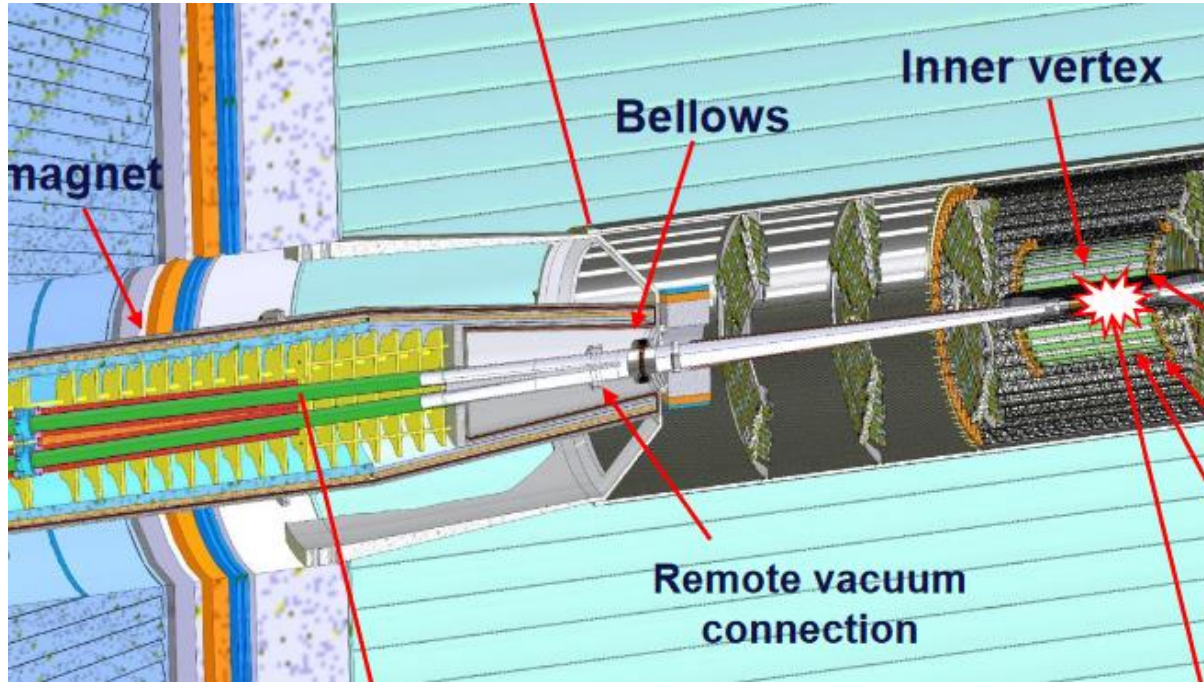
Un design aux fortes contraintes => identification des défauts de fabrication

- Contraintes extérieures fortes

- Fluide => eau
- Vide primaire à l'extérieur, ultra vide à l'intérieur
- Acier inoxydable => rigidité + corrosion
- Etanche et hermétique
- Un flux de 1m/s à 20°C en entrée
- 1040W/m² à dissiper

- Dimensions

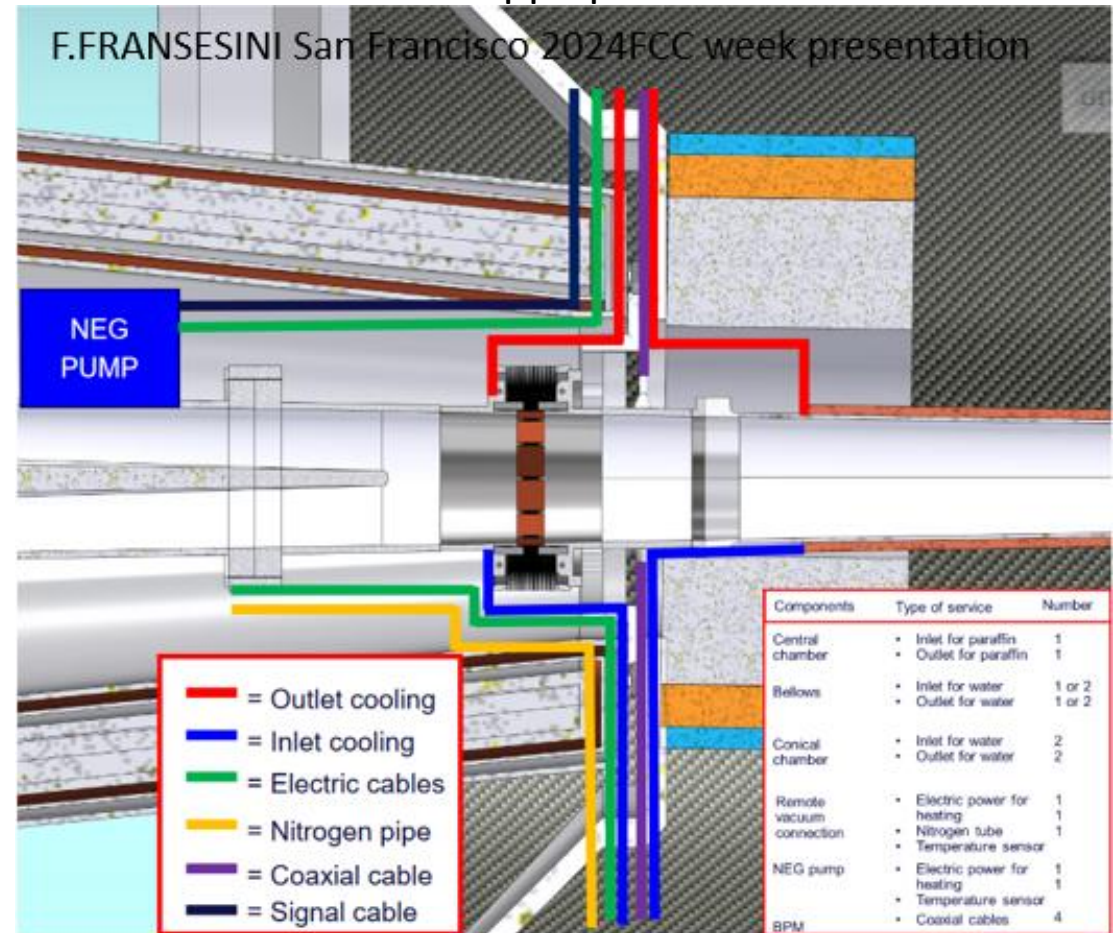
- longueur => 3 mètres
- Diamètre interne => 30mm
- Diamètre externe => 36mm
- Epaisseur des parois=> 1mm
- Brides => 90mm diamètre + 13mm d'épaisseur + alésage 1/8" pour connecteurs hydrauliques + 6 alésages pour fixation sur autres brides
- Un état de surface suffisant pour un bon débit



Design INFN tube central était évolutif (paraffine -> eau)

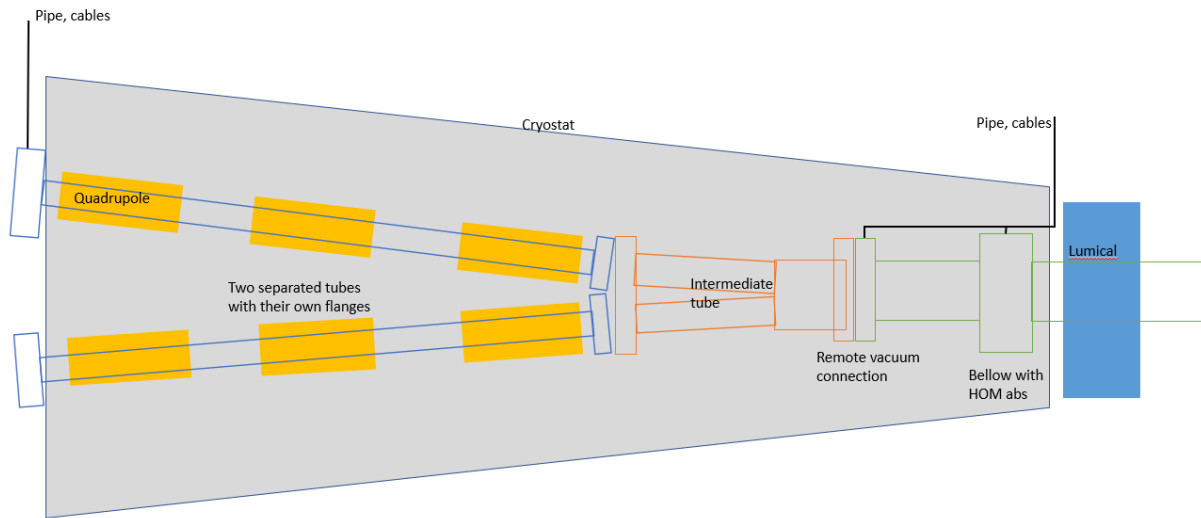
MDI => interface entre nombreux autres éléments

- Aimants
- Squeleton
- Cryogénie et refroidissement
- Les autres sections du tube à vide => au point d'interaction développé par l'INFN



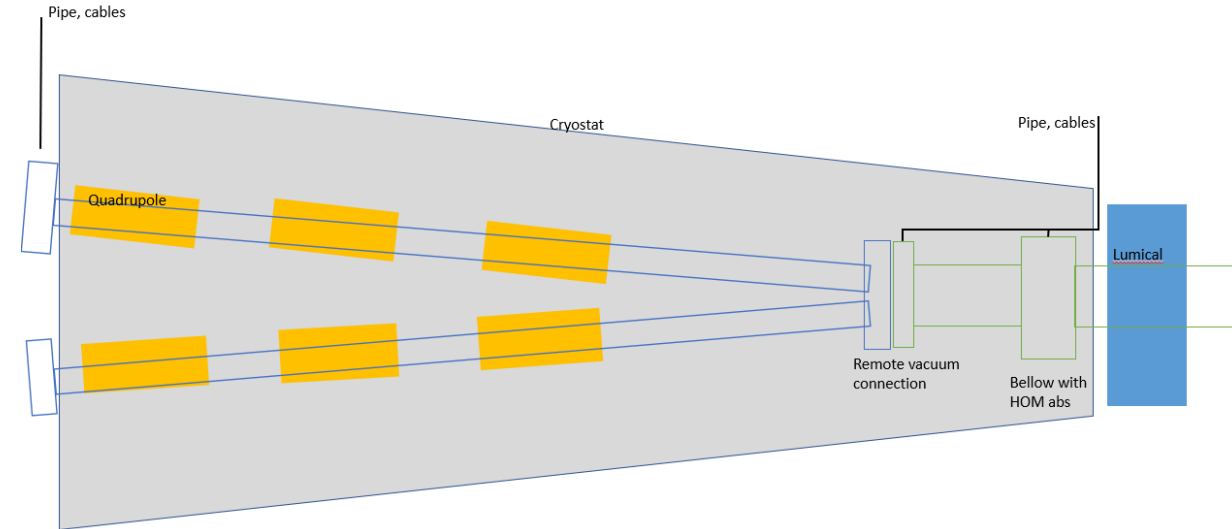
L'intégration des différents éléments du MDI

- La jonction entre le tube à vide du cryostat et celui de la chambre à l'IP est un défi technologique => peu d'espace et deux tubes distincts se transforment 1 un seul tube pour la collision
- Une forte collaboration entre les équipes (LAPP – INFN) est nécessaire
- Deux solutions envisagées pour l'instant



1^{er} possibilité => celle actuellement considérée

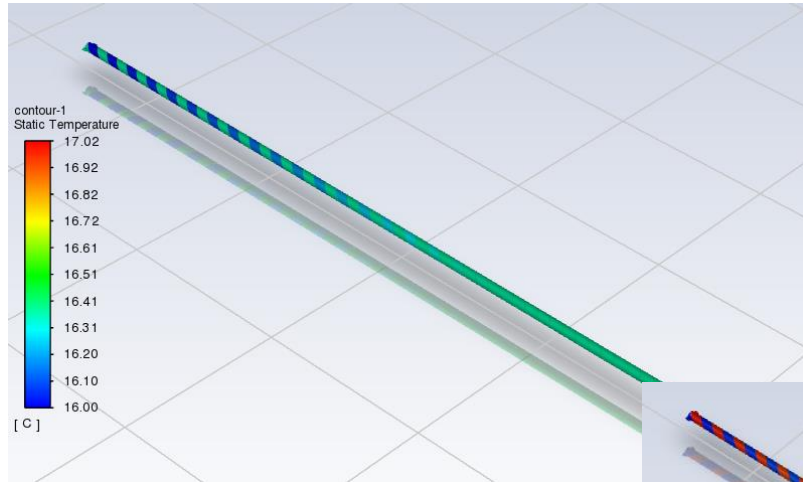
- Un tube intermédiaire pour faire la jonction avec le tube de la chambre
- Comment refroidir le tube intermédiaire ?
- Assemblage simplifié



2^{ème} possibilité

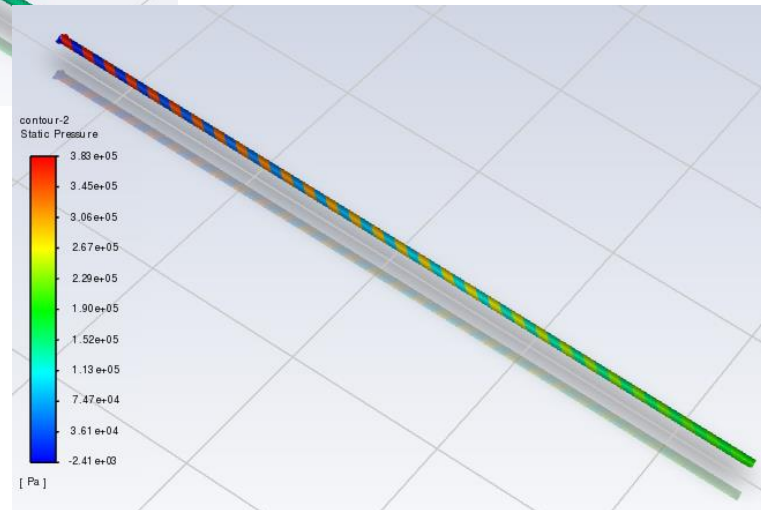
- Pas de tube intermédiaire
- Le tube du cryostat pourrait bénéficier des accès d'eau de ceux de la chambre => pas d'aller-retour
- Assemblage complexe + bride unique à concevoir

Des premiers résultats numériques => construction et validation du design

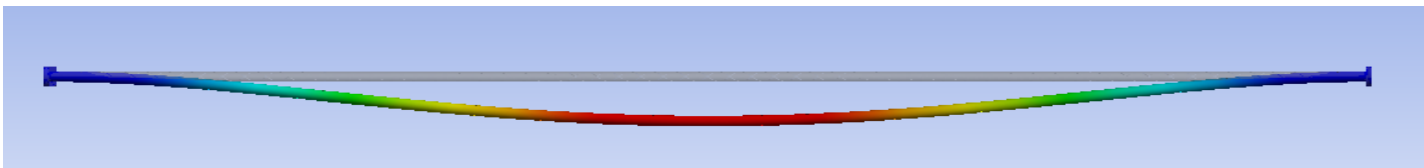


- Simulation fluide => Pression d'entrée à 4 bars

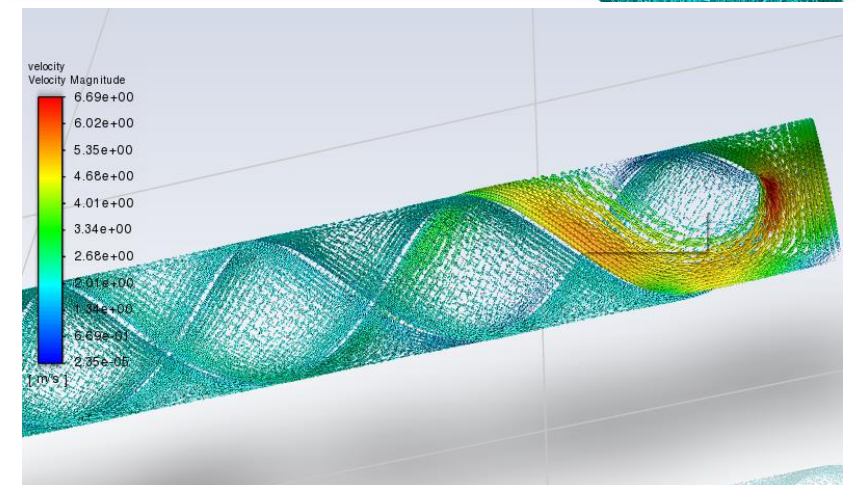
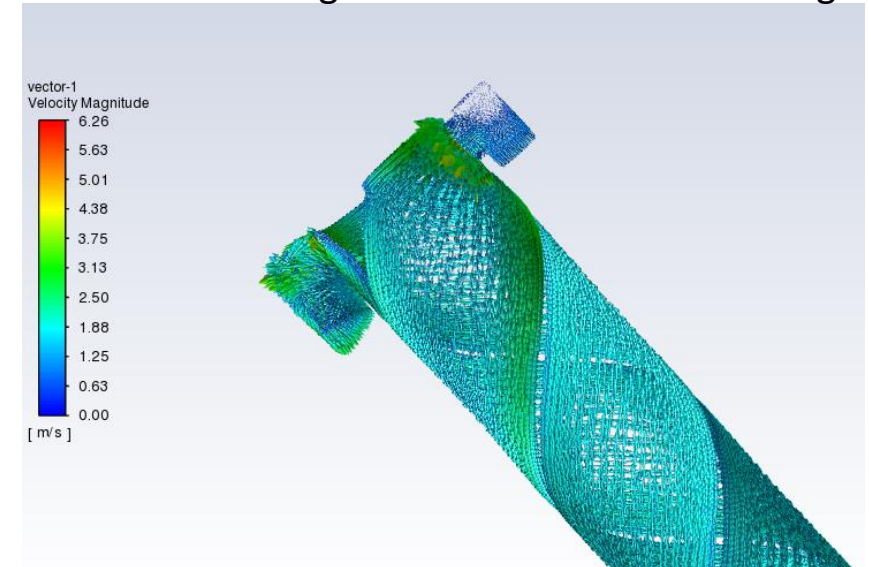
- Simulation fluide => Température de l'eau à la sortie de 20,5°C => résultats incohérents, amélioration de la simulation en cours



- Simulation statique et dynamique => contraintes et déplacements faibles (0,6mm - 5,5MPa) et premiers mode de vibrations (23 Hz)

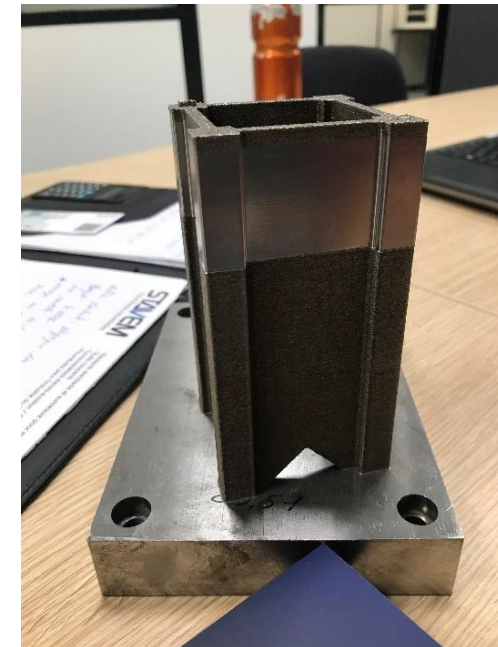
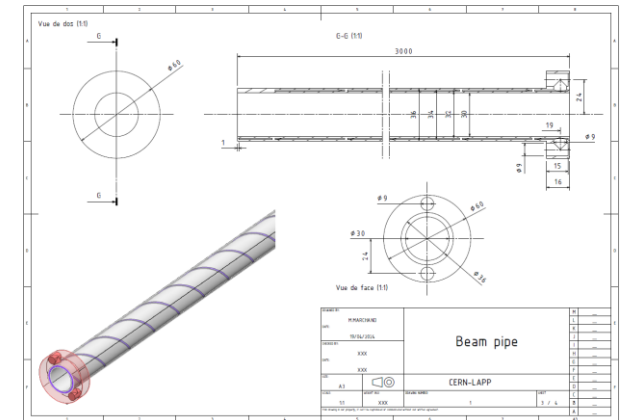


- Simulation fluide => Une vitesse de 1,5m/s, sauf aux points singuliers 6m/s => fortes turbulences à gommer en modifiant le design



Process de fabrication et recherche d'industriels

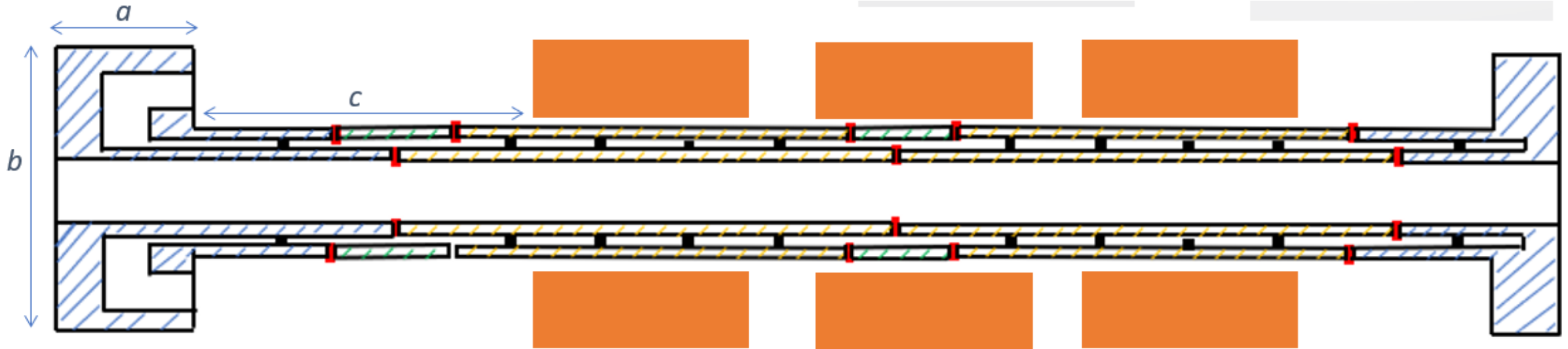
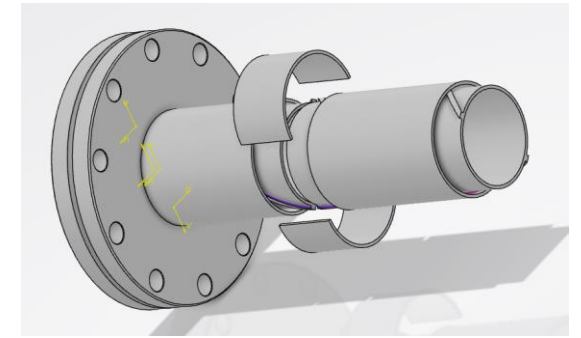
- Une première mise en plan et une rédaction d'un cahier des charges précis => une base pour discuter avec les industriels
- Identification de plusieurs entreprises pour la fabrication de l'aimant
 - En impression 3D
 - En usinage
 - Soudage
- Des points contraignants
 - Impression 3D => état de surface insuffisant et dimension réduite des machines
 - Usinage => déchirement de la tôle car épaisseur trop fine
 - Soudage => machines de précisions ont des capacités dimensionnelles réduites
 - Budget important => risque d'itérations de prototypes



Un process de fabrication bien défini

- Un tube séparé en nombreuses sections
- Des sections de tube réalisés en impression 3D
- Des brides aussi réalisées en impression 3D et avec départ de tube intégré

- Des sections assemblées par soudage au TIG/électrons
- Les aimants montés sur le tube avant la soudure de la dernière section



Stratégies d'amélioration

- Pré-prototypage en projets étudiants via USMB => réduire les besoins d'itérations
- Une collaboration forte avec l'INFN pour résoudre toutes problématiques d'intégration
- Solliciter expert FLUENT IN2P3 pour améliorer les simulations
- Améliorer le design des points singuliers pour réduire les turbulences
- Industriels => élargir le panel d'entreprise + Savoy international => un industriel à fort potentiel => 3D + usinage simultané
- Soudure => déterminer la meilleur technique

Bilan des principaux industriels

- Aimants + tube => De nombreuses entreprises couvrant tous les besoins de fabrications déjà rencontrés
- Tissu industriel local
- Plusieurs entreprises à fort potentiel déjà identifiées
 - DMG => constructeur de machines 5 axes grandes dimension
 - Tessier technique => usinage 5 axes

| ENTREPRISES | AIMANT | TUBE |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| SAVOY INTERNATIONAL | <u>Impression 3D</u> métallique en grandes dimensions avec <u>usinage en simultanée</u> + centre d'usinage | |
| AKANT MECA | <u>Usinage</u> 5 axes | |
| VUICHARD | <u>Usinage</u> 5 axes – expert en usinage de précision | |
| TECHMETA | | <u>Soudure</u> par faisceau d'électron – Expert en technologie du vide |
| STIRWELD | | <u>Soudure</u> par Friction Steer Welding – Expert en technologie du vide |
| USMB | <u>Usinage</u> 5 axes & électroérosion (IUT) – <u>Impression 3D</u> métallique (Polytech) | |
| INITIAL 3D | | <u>Impression 3D</u> métallique |
| DMM | <u>Découpe fil</u> par électroérosion – Grande dimension et de précision | |

Bilan de faisabilité

- Des pièces à fortes valeurs ajoutées
- Identification des défis technologiques à résoudre pour leur réalisation
- Les stratégies pour relever ces défis sont connues et semblent réalisables (compromis avec la physique à affiner)

Objectifs et stratégies:

- 1 à 2 ans
 - pré-prototypages local (USMB)
 - prototypage complet par industriels
 - Tests métrologie + vibratoires (inputs de l'optique faisceau) + assemblage
 - Premiers essais à froid (aimant) et en eau/vide (tube)
- > 2 ans =>
 - Fabrication de l'aimant final et des autres aimants du MDI
 - Montée en compétence sur la partie supra (embauche expert)? **Positionnement de l'IN2P3 sur la thématique supra?**
 - Fabrication du tube final, des autres tubes et assemblage final

Points à lever à très court terme:

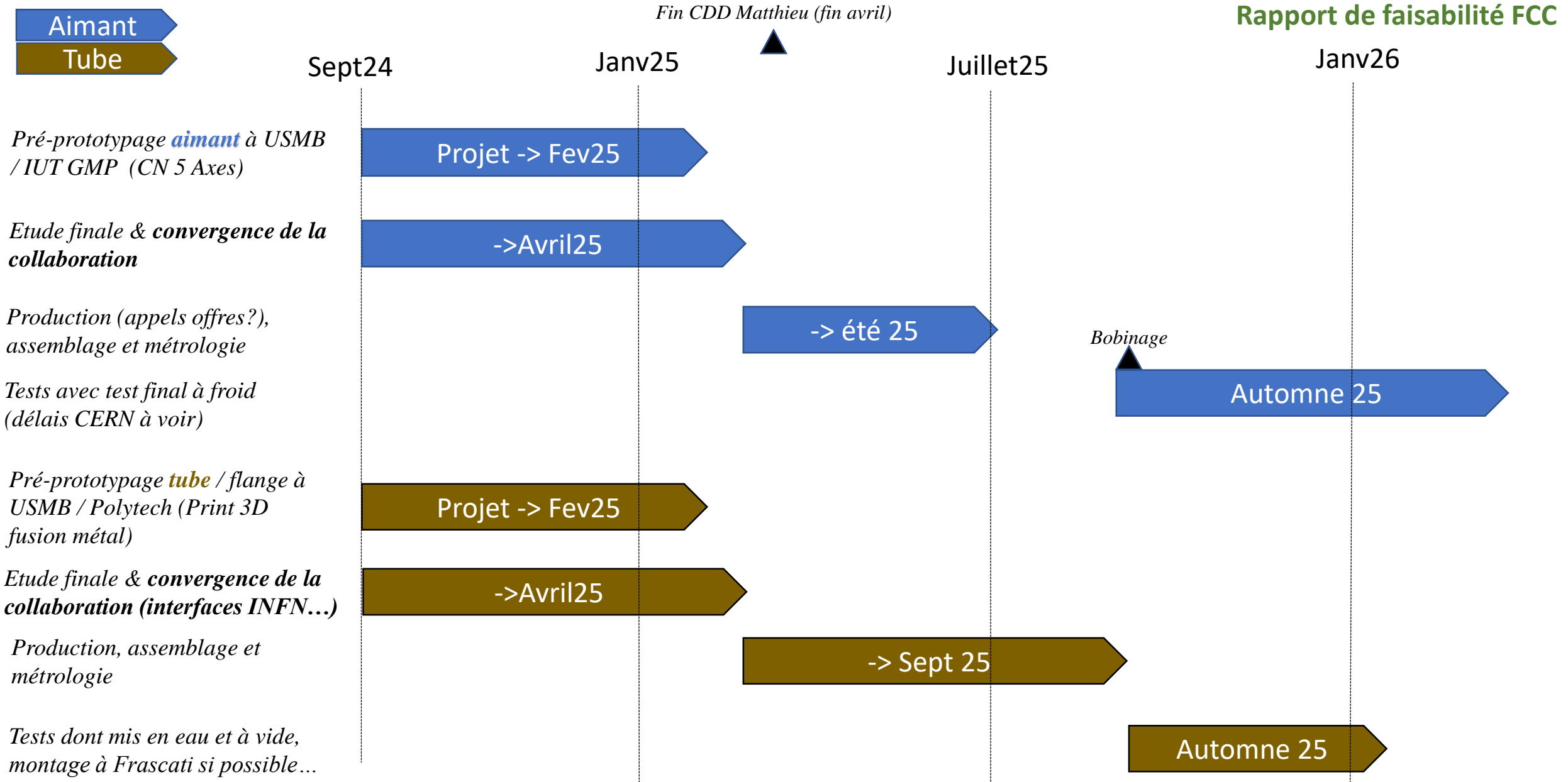
- Licensing de l'aimant HTS via une société de M. Koratzinos -> **consortium à mettre en place**
- **Responsabilité à officialiser** (blocage de Manuela) -> Réunion 26 Septembre
- **Budget** : CHART? (IN2P3?) – Minimum de 80K € pour l'aimant et 50K pour le tube (attention au risque d'itérations)

RH & collaboration

- **Fin de contrat de Matthieu**
- Le financement de EAJADE US n'est pas actuellement utilisé (BNL / aimant CCT -> PSI - CERN / aimant HTS)
- Renforcement de l'équipe en interne (IE,T) mais aussi en **recrutement externe CNRS à moyen terme** (>2 ans)
- Collaboration USMB à formaliser (experts techniques et mutualisation du parc machine)
- Co-auteur du rapport de faisabilité FCC-ee

➤ *Présentation M.Koratzinos à FCC Week à San Francisco en juin 2024 => <https://indico.cern.ch/event/1298458/timetable/>*

➤ *Présentation de ces activités au meeting FCC France Italie à Venise en Novembre prochain ? <https://agenda.infn.it/event/37960/>*





Thank you
for your attention!