

## Motivation

Les sources d'ions ECR présentent la capacité d'augmenter le courant extrait de manière proportionnelle à la fréquence de chauffage. Le prototype de source d'ions ECR compact, appelé SEISM, opérant en mode pulsé à 60 GHz est présenté. Le prototype utilise un cusp magnétique pour confiner le plasma. Cette géométrie magnétique simple, a été choisie pour permettre l'utilisation de bobines polyhéliques (développée au LNCMI) pour générer le confinement magnétique. La structure de champ magnétique conçue et construite présente une surface de zone ECR fermée de 2,1 T, adaptée au fonctionnement avec un gyrotron de 60 GHz, capable de délivrer des impulsions micro-ondes de 1 ms de 300 kW de puissance. Les précédentes expériences effectuées au LNCMI ont démontré avec succès l'établissement du champ magnétique nominal et l'extraction de faisceaux d'ions ayant une densité de courant allant jusqu'à ~ 1 A/cm<sup>2</sup>. La présence de pic « d'afterglow » a aussi été observée, et il a démontré pour la première fois l'existence d'un confinement d'ions avancé dans une source d'ions ECR. Les perspectives d'expériences et de développement d'un nouvel instrument de grand volume capable de produire des ions multichargés sont présentés.

## Fonctionnement d'une source ECR

- Un solénoïde et un sextupôle crée une structure magnétique  $B_{ECR}$

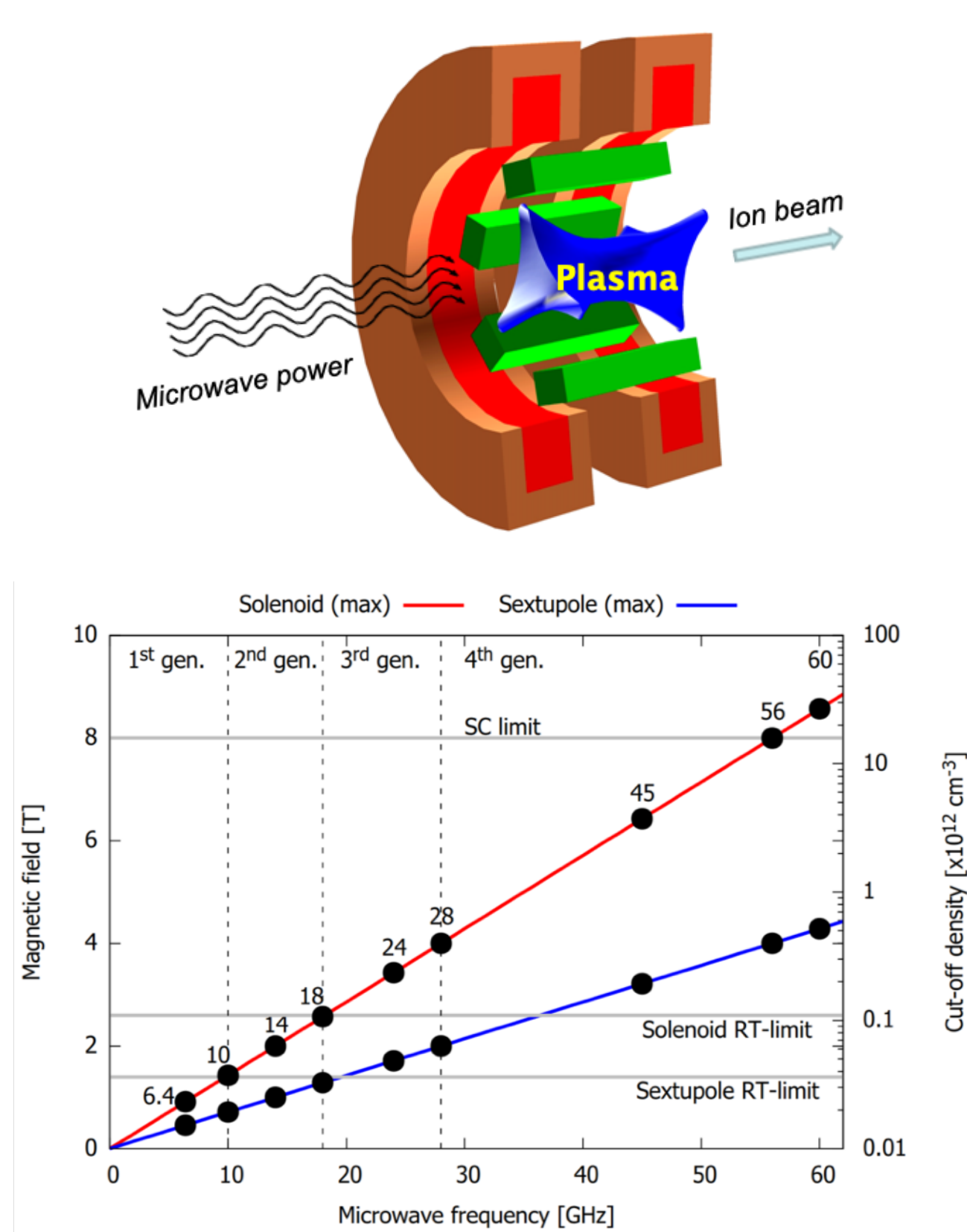
- Un onde Haute Fréquence ( $\omega_{HF}$ ) est injecté dans la source

- Condition de résonance cyclotronique électronique :

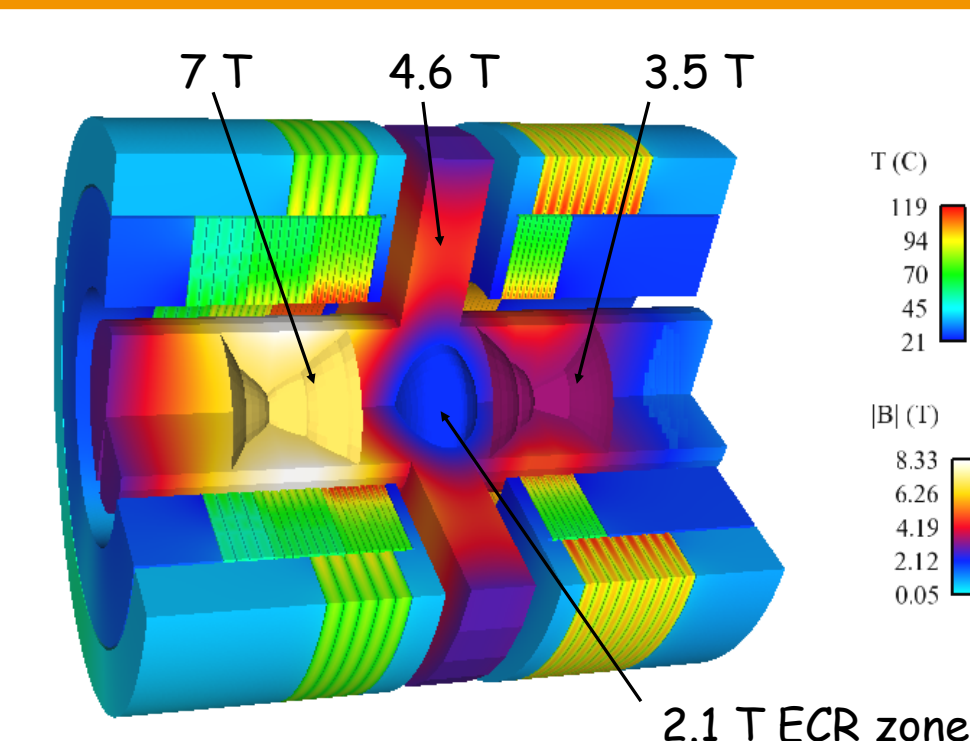
$$\omega_{HF} = \omega_{EC} = \frac{e B_{ECR}}{m_e}$$

- Loi d'échelle pour le courant extrait :

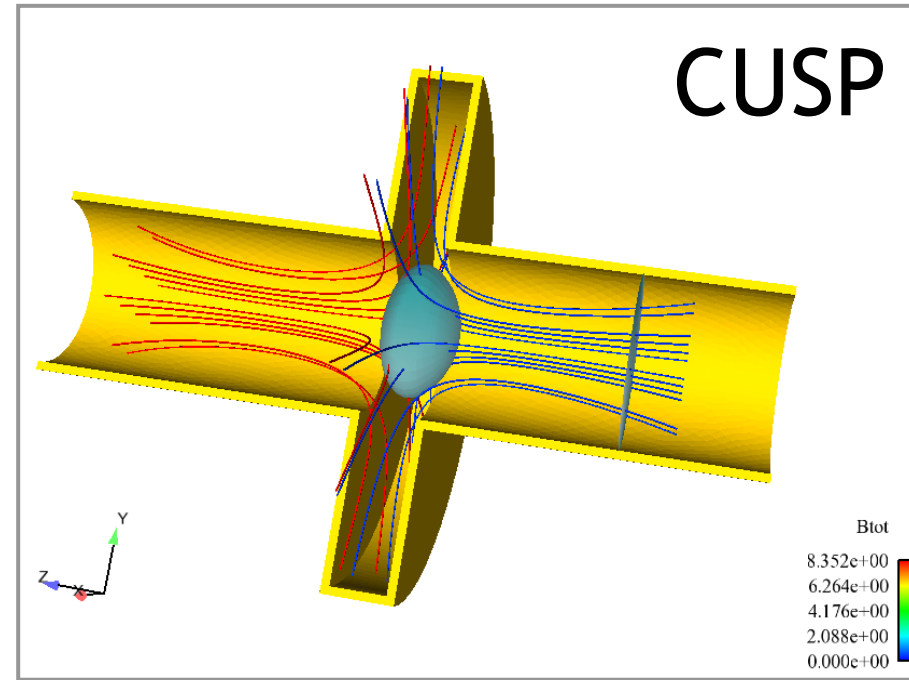
$$I \propto \omega_{HF}^2 \propto B_{ECR}^2$$



## Prototype SEISM



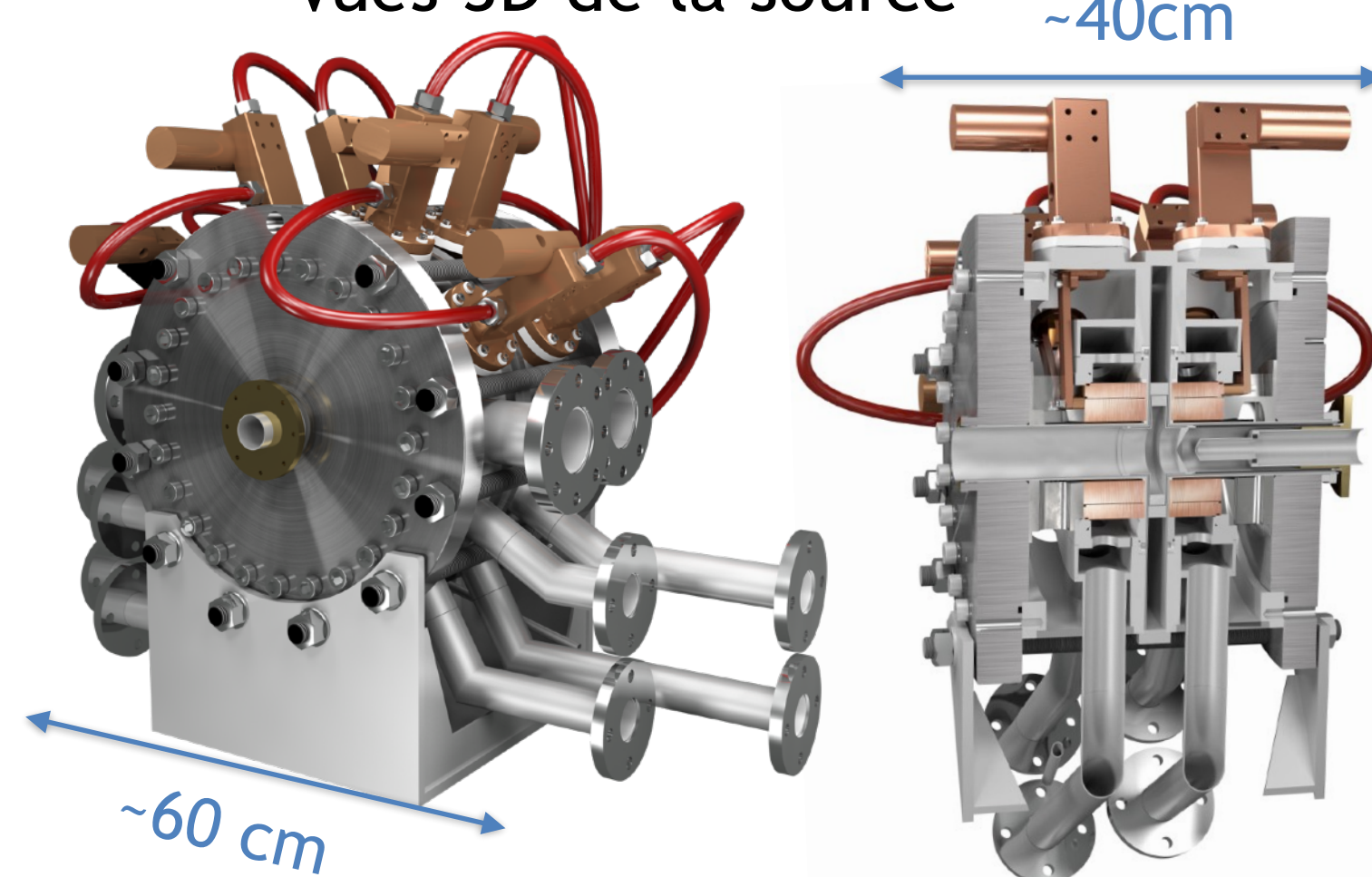
Simulation magnétique de la source



### Paramètres d'opération :

- Courant :
  - 30000A
  - Densité de courant max : J~650 A/mm<sup>2</sup>
- Puissance électrique : P~ 5 MW
- Refroidissement à l'eau déionisée :
  - Débit d'eau ~ 20 l/s
  - P<sub>in</sub> = 27 bars ; P<sub>out</sub> = 4 bars

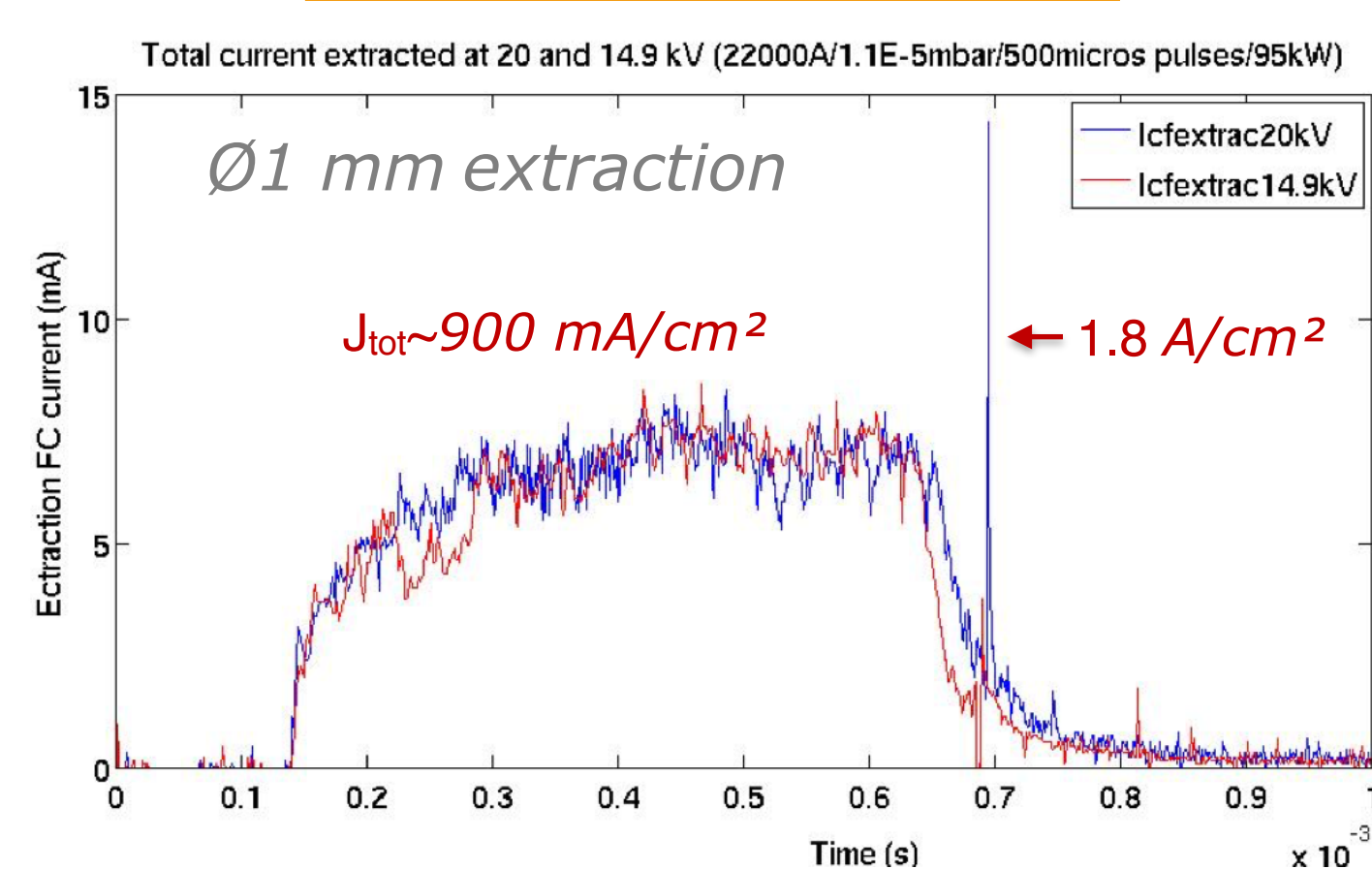
Vues 3D de la source



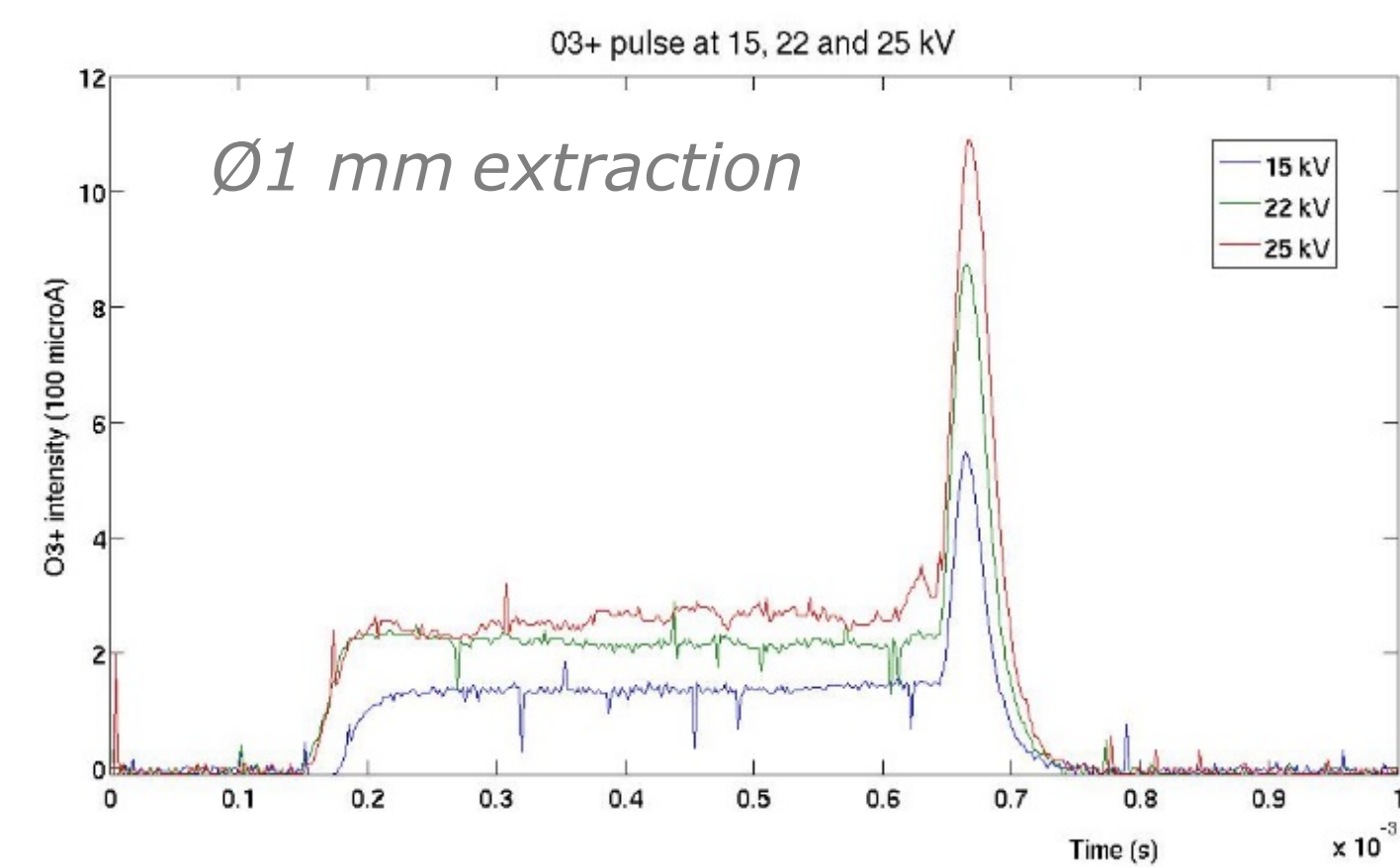
## Résultats et perspectives

### Résultats précédent

#### Courant total extrait



#### Courant O3+



Première observation d'un pic d'afterglow dans une configuration en CUSP ECR

### Prospectives 2020

#### Mise à jour des équipements :

- Réorganisation de l'implantation du dispositif expérimental :
  - Ajout d'un pont roulant 2 axes
  - Modification des arrivées d'eau industrielles
- Améliorer la transmission :
  - Ajout d'un triplet de quadropoles
  - Remplacement du dipole (ouverture plus importante)
- Modifications de certains composant de la source
  - Re-fabrication de la chambre à plasma (amelioration du vide)
  - Modification des électrodes d'extractions

#### Objectifs des sessions expérimentales en 2020 :

- Mesures d'émission
- Mesures en fonction de la pression du plasma
- Mesure de la fonction de distribution des électrons et du flux de rayon X
- Etudes des instabilités plasma

#### Futur de l'expérience :

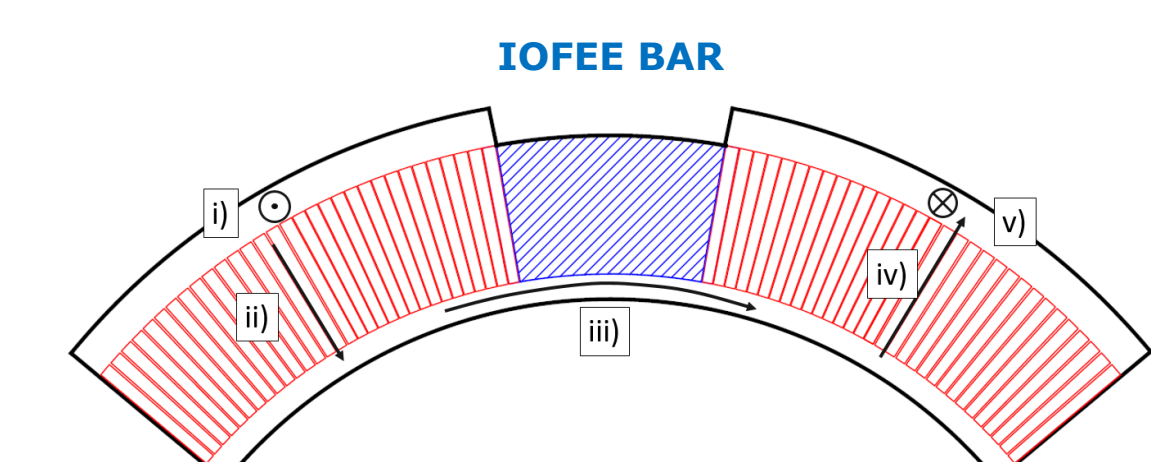
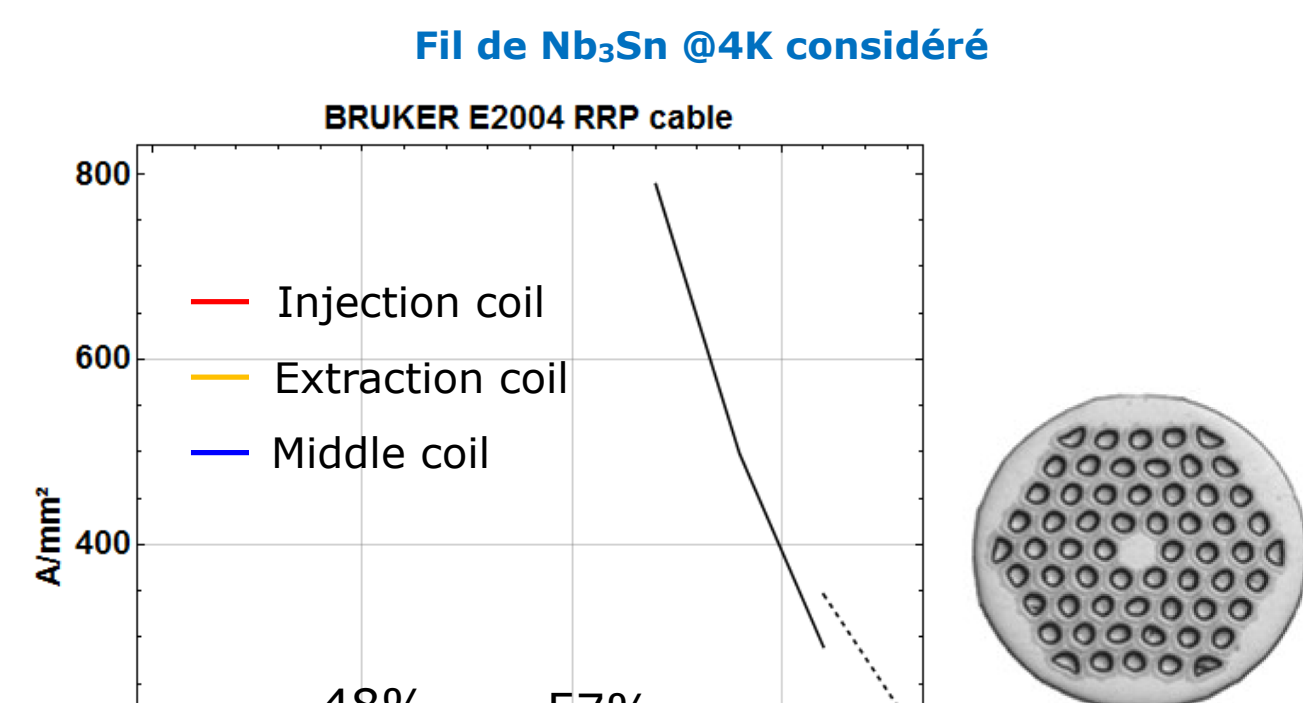
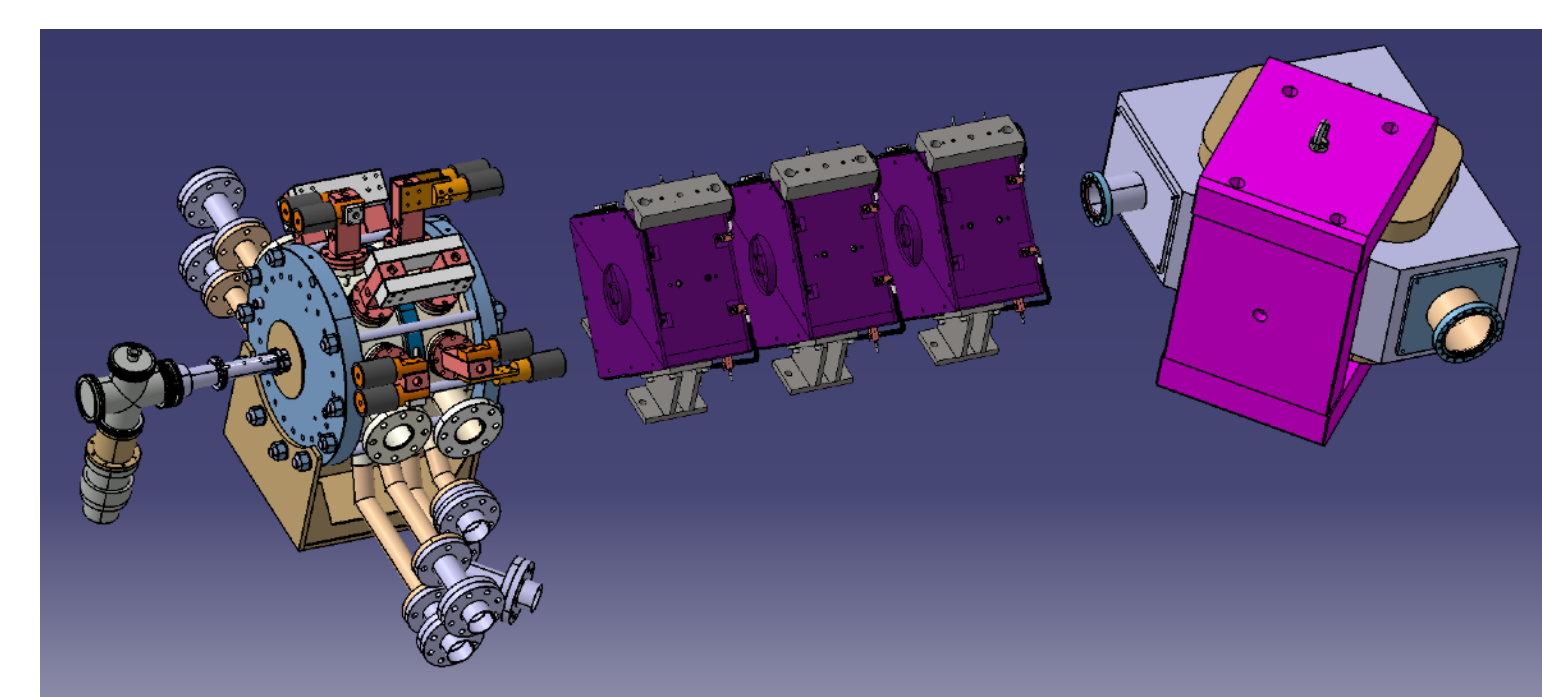
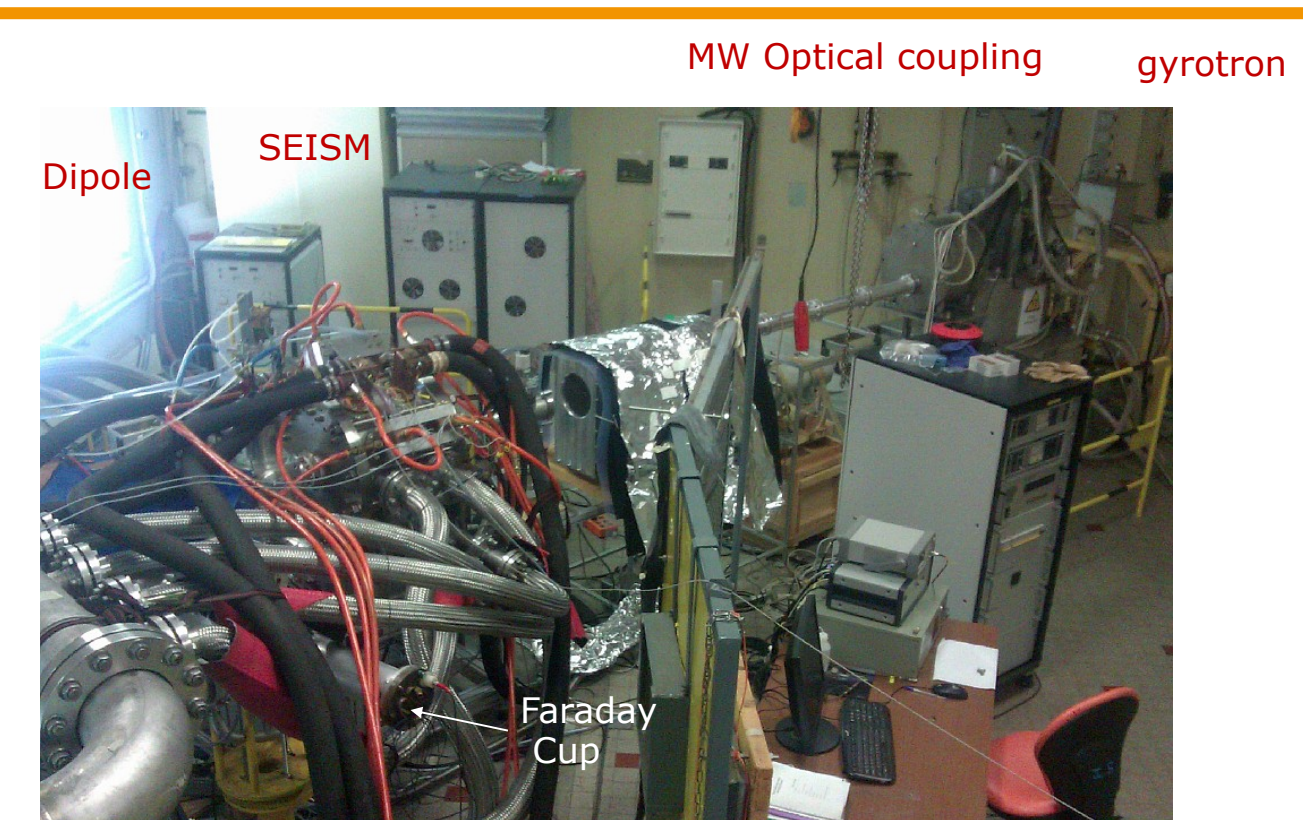
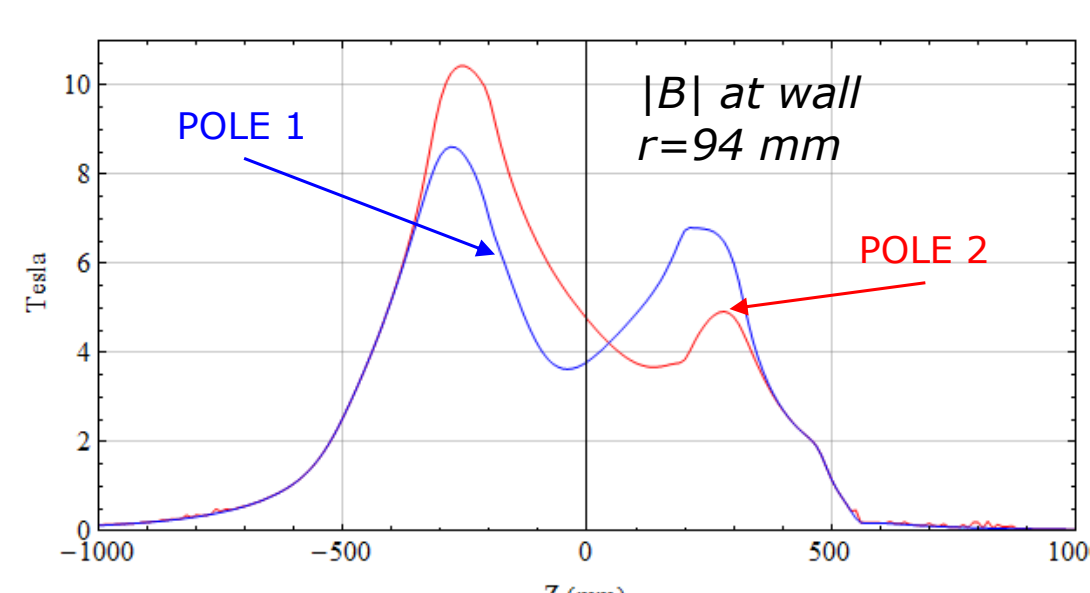
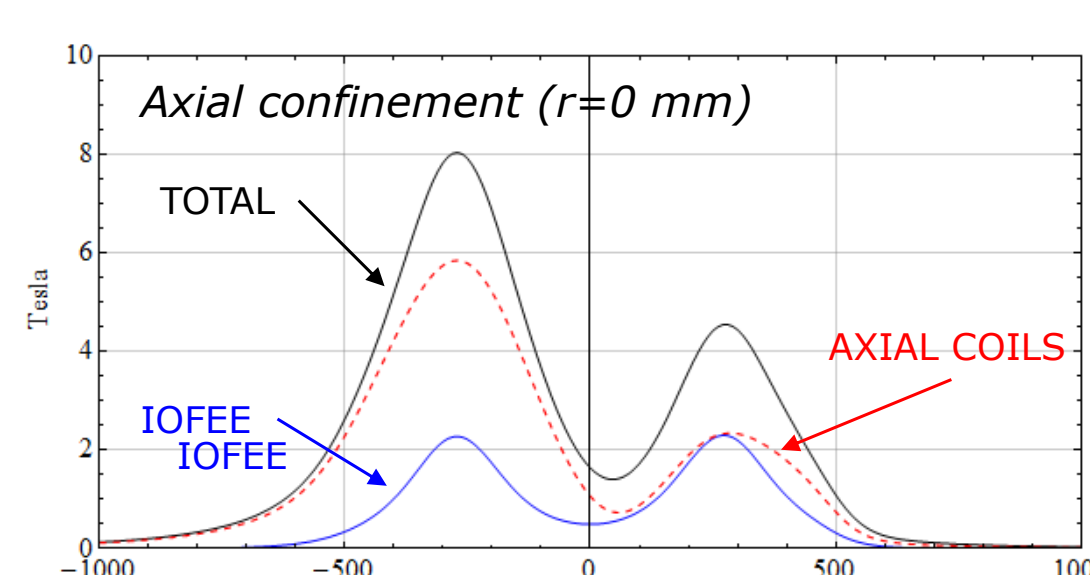
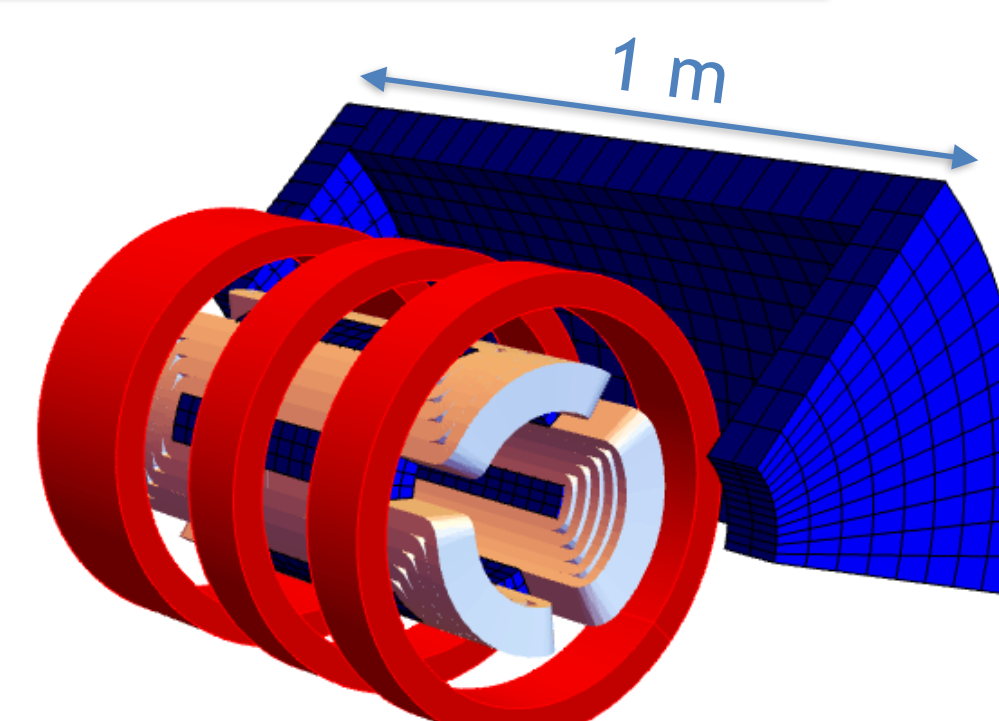
- Effectuer une recherche novatrice pour la prochaine génération d'accélérateurs
- Profiter des installations du LNCMI
- Pousser plus loin la technologie polyhéliques et construire une source à minimum B de grand volume avec un hexapole (longueur : 530 mm, rayon : 94 mm)
- Projet à faible risque : usinage du cuivre pour l'hexapole, solénoïdes supraconducteurs axiaux

#### Objectifs des futures études :

- Production de faisceau d'ions multichargés très intense en mode continu et pulsé
- Physique des plasmas ECR
- Transport faisceau
- Collaboration avec d'autres équipes (Plasma, Astrophysique, ...)

Ces travaux profiteraient à la communauté lorsque Nb<sub>3</sub>Sn sera plus mature et fiable pour construire une ECRIS de 60 GHz entièrement supraconducteur

### Prospectives futures



Circuit de refroidissement en accord avec les contraintes du LNCMI

$\Delta P \sim 6$  bars ;  $Q \sim 50$  l/s ;  $\Delta T_{\text{eau}} \sim 20^\circ\text{C}$  ;  $\Delta T_{\text{Cu}} \sim 40^\circ\text{C}$   
Puissance totale  $\sim 11.7$  MW