

- IONS STABLE – SOURCE 60 GHz

T. André¹, J. Angot¹, M. Baylac¹, P. Sole¹, T. Thuillier¹, F. Debray²,
I. Izotov³, V. Skalyga³

¹Université Grenoble-Alpes, CNRS-IN2P3, Grenoble Institute of Engineering (INP), LPSC, 38000 Grenoble, France

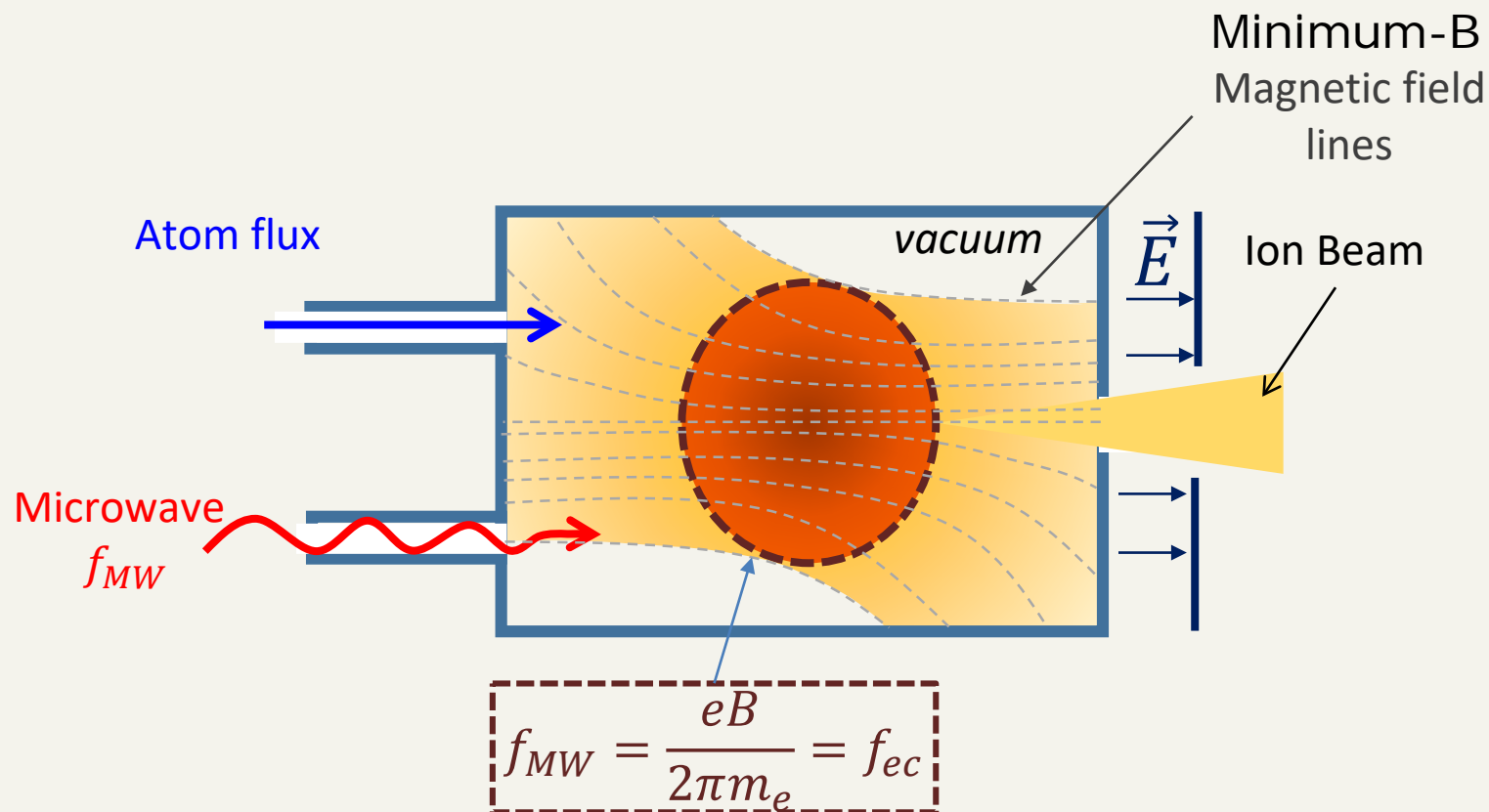
²LNCMI, CNRS-UGA-UPS-INSA, 25, avenue des Martyrs, 38042 Grenoble, France

³Institute of Applied Physics, RAS, 46 Ulyanova St., 603950 Nizhny Novgorod, Russian Federation



Journées R&T IN2P3, 4-6 Octobre 2021, Orsay

Source d'Ions à la résonance cyclotronique Electronique (ECRIS)



Multi-Mode Cavity

$$\lambda_{MW} \ll L_{cavity}$$

Motivations pour une source 60 GHz

Intensité du courant d'ions : $I \sim f_{ECR}^2$

- Source existantes : 28 GHz max
- Projets à 45 GHz (Chine, USA) => limitation technologique

Recherche de confinements magnétiques alternatifs au minimum-B classique = solénoïdes + hexapole

- Economie de coût, rupture technologique

Recherche amont pour les futurs générations d'accélérateur de particule

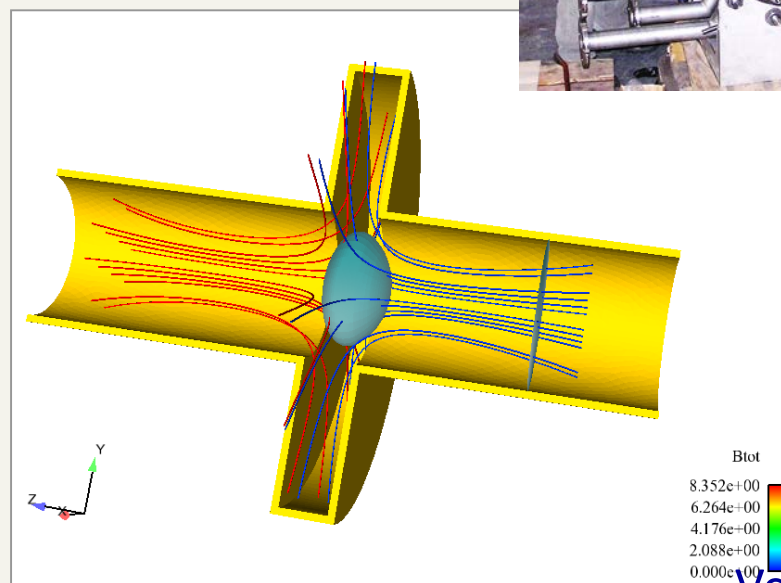
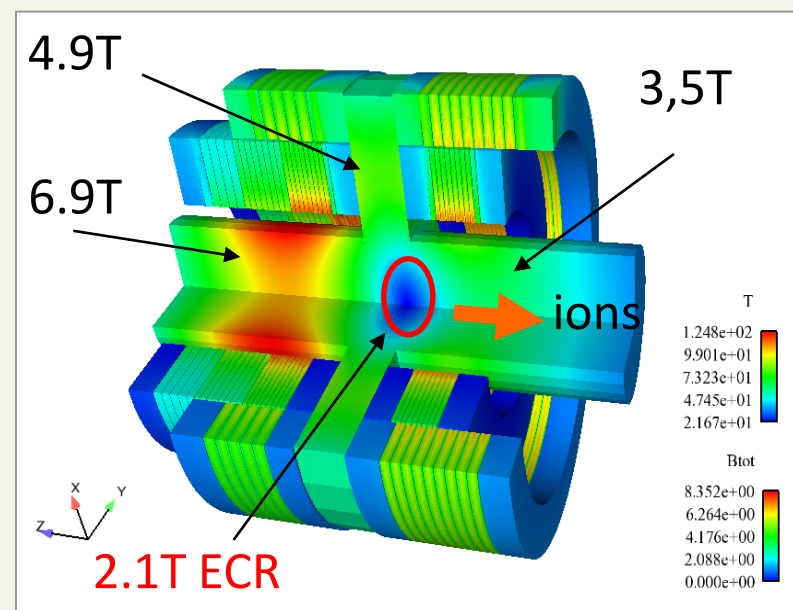
- Faisceau d'ion multichargés > 100 mA

Le plasma ECR reste mal compris

- Couplage microonde, confinement électrostatique des ions, anisotropie de la FDEE, instabilités cinétiques, ménisque d'extraction, etc
- De nombreuses études possibles en collaboration

Source 60 GHz - SEISM

- Issu de la R&D Eurisol Design Study (~2007-2011)
- Source utilisant la technologie polyhélice du LNCMI
 - 4 bobines formant un CUSP magnétique
 - Zone ECR 2,14 T fermée
 - 1^{ère} mondiale

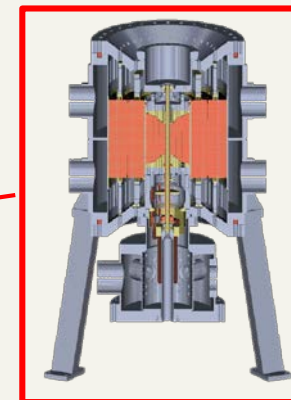


Vchambre ~38 cl

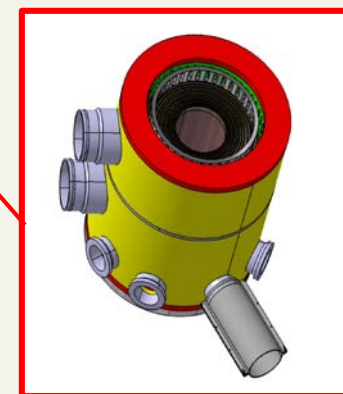
Installation au LNCMI-G

Experiment installed at GHMFL Grenoble

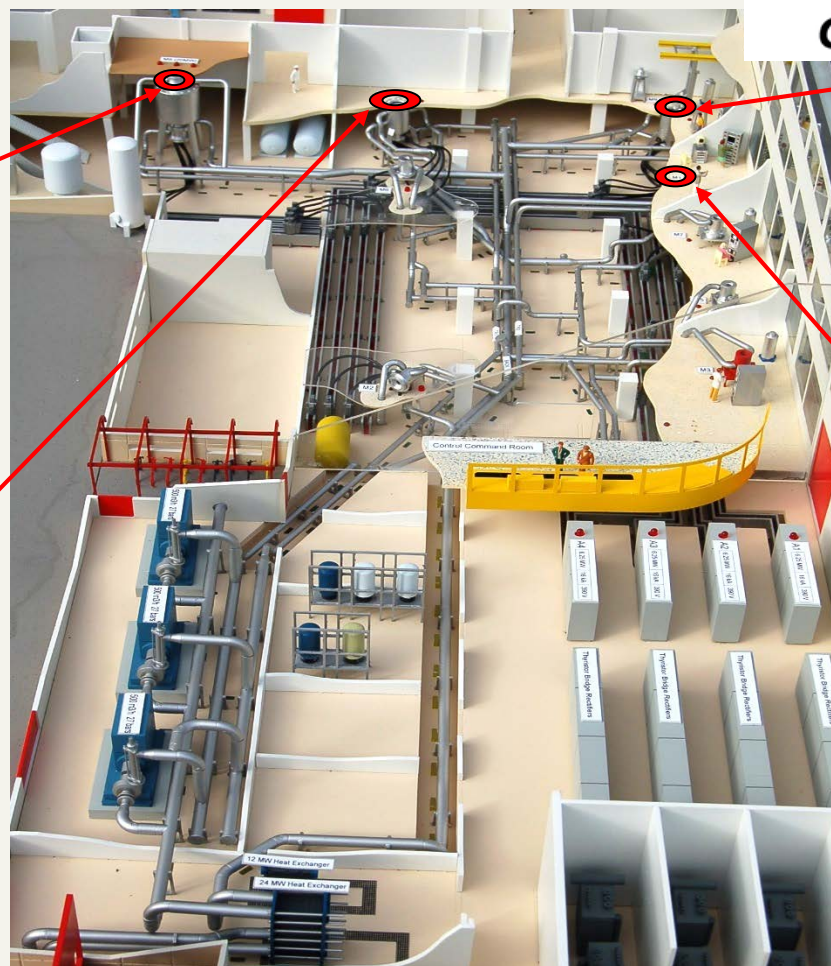
- 2x30000 A-400V
- 2x150 l/s – 20 bars



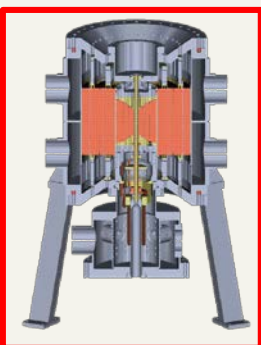
32 T / 34 mm
(34 T May 2007)



10 MW 25 T
Sept 2007



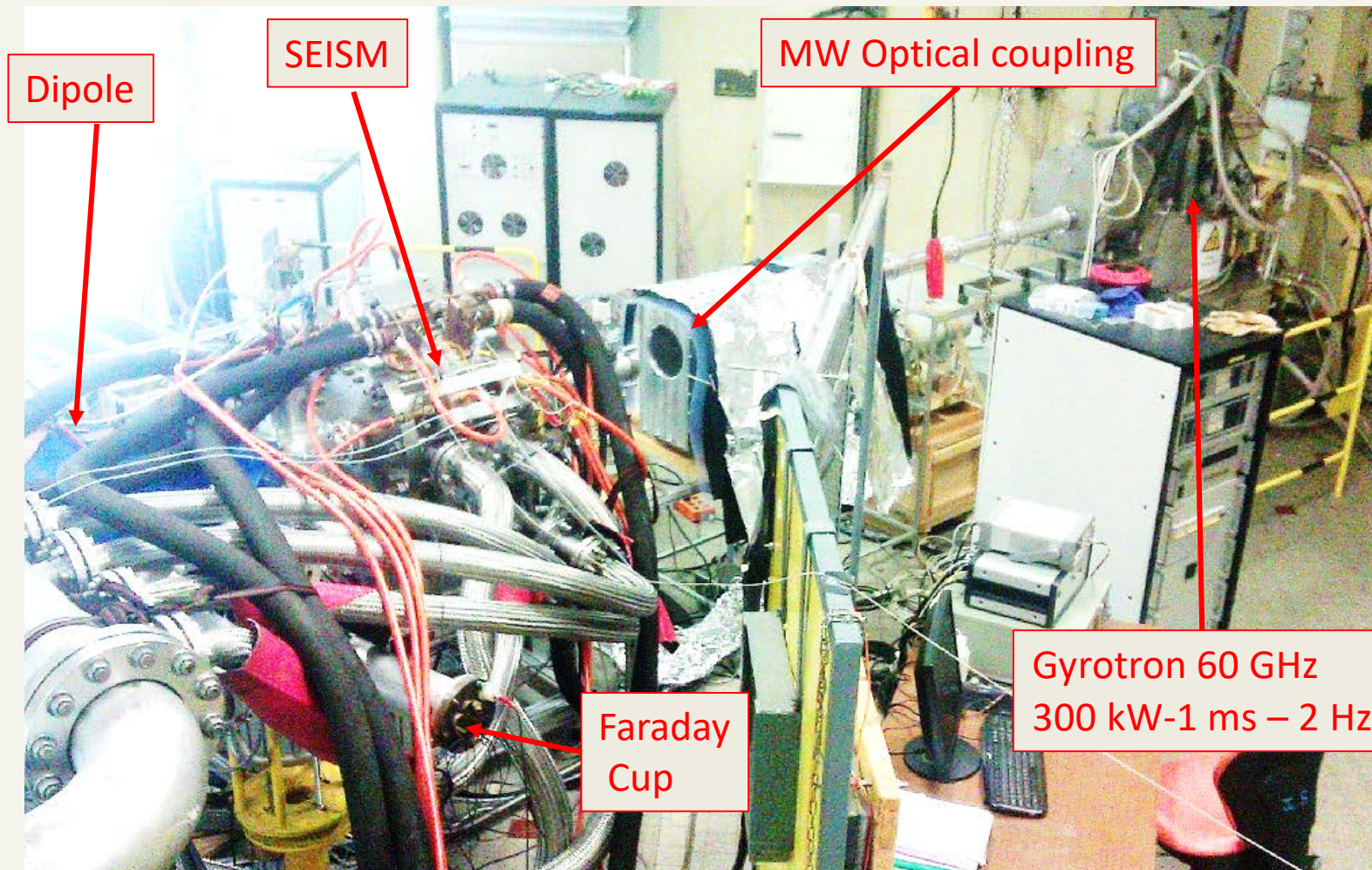
20 T / 160 mm



28 T / 50 mm

Expérience 60 GHz au LNCMI (2014)

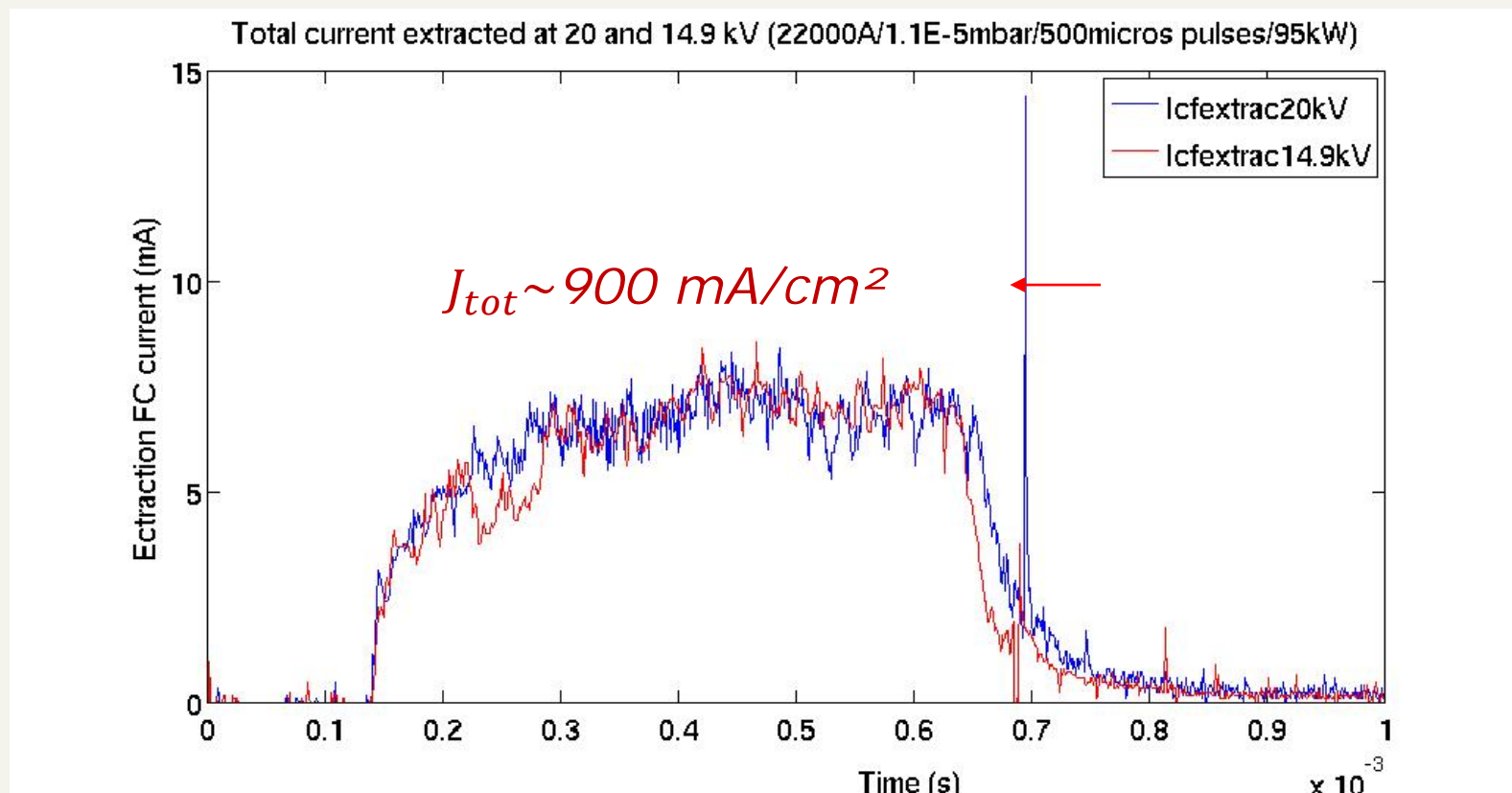
Trouvez la source!



Résultats

Obtenus en 1 semaine de RUN en 2014 , expérience interrompues suite au court circuit causé par un fil métallique présent dans le circuit d'eau

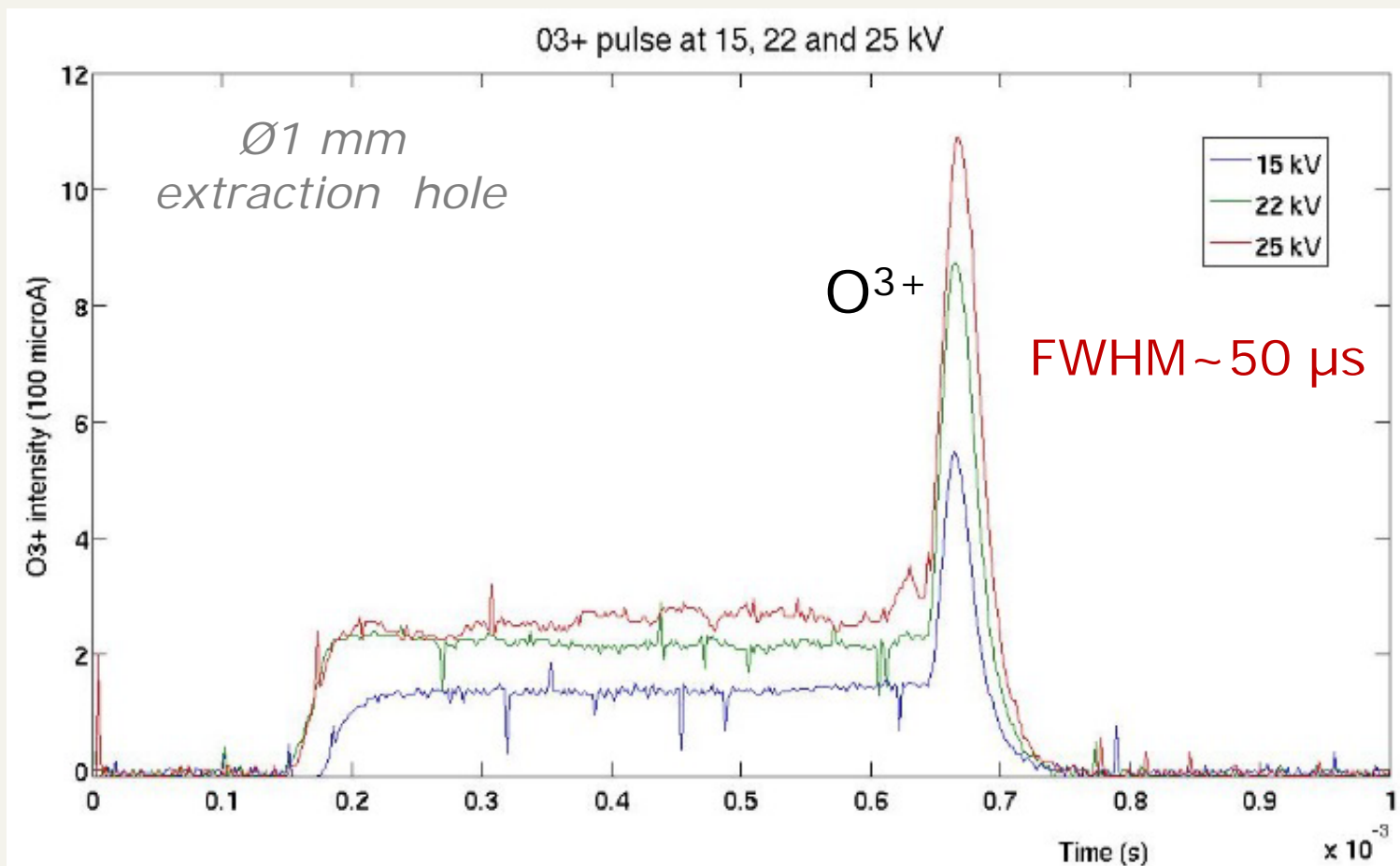
- Trou électrode plasma \varnothing 1mm
- Densité de courant ~ 900 mA/cm² en plateau



Résultats

Observation de pics d'Afterglow

- Preuve de l'existence d'un confinement électrostatique des ions dans un CUSP ECR!

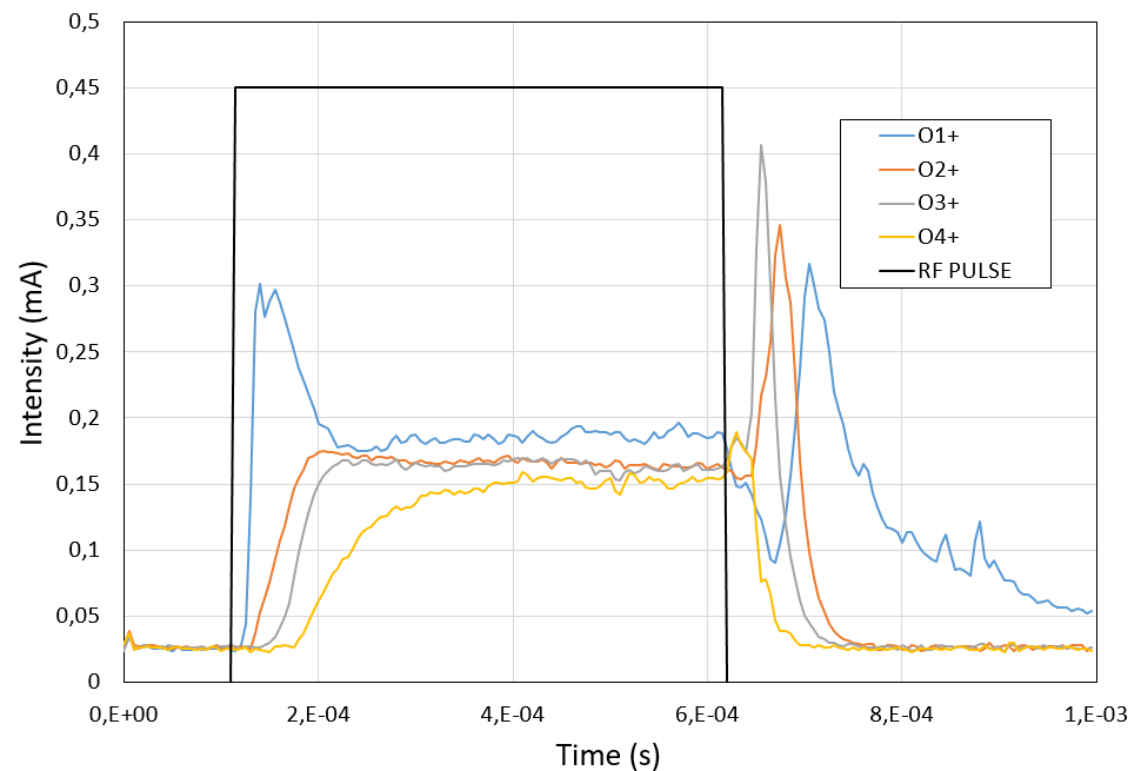


Résultats

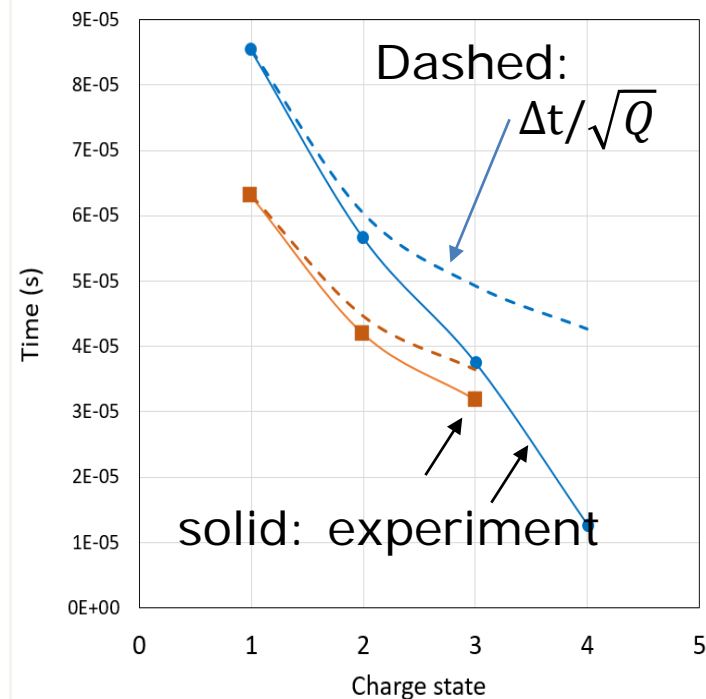
➤ Afterglow non synchrone !

- Origine semble non due à un champs électrique
- Ions issus de volumes différents dans la source?

SEISM - Afterglow delay with charge state



SEISM - Time of AFG extraction after RF end



Redémarrage projet 2019

- Réparation bobines
- Amélioration du transport des ions
 - Pont roulant
- Amélioration diagnostics



P. Sole, T. André



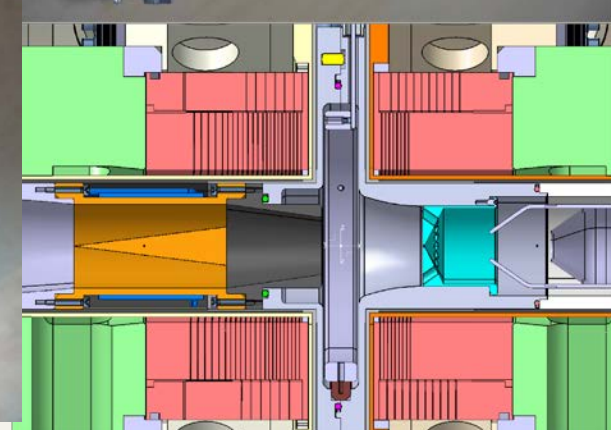
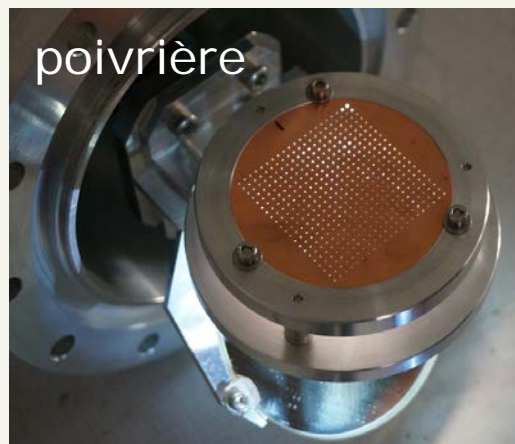
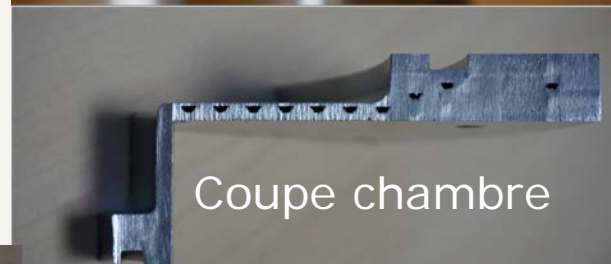
Campagne 2021

- Imminente !
 - 1^{er} pulse HF dans source le 01/10/21
- Etude paramétrique des performances de la source
 - Pression plasma, puissance HF, type de gaz, tension anneau polarisé vs courant d'ions
- Mesure d'émittances
- R&D matériau chambre plasma
 - Fabrication chambre aluminium méthode additive
- Etude du plasma
 - Mesure spectre électrons émis
 - Mesure spectre photons X

Chambre plasma additive



Coupe chambre

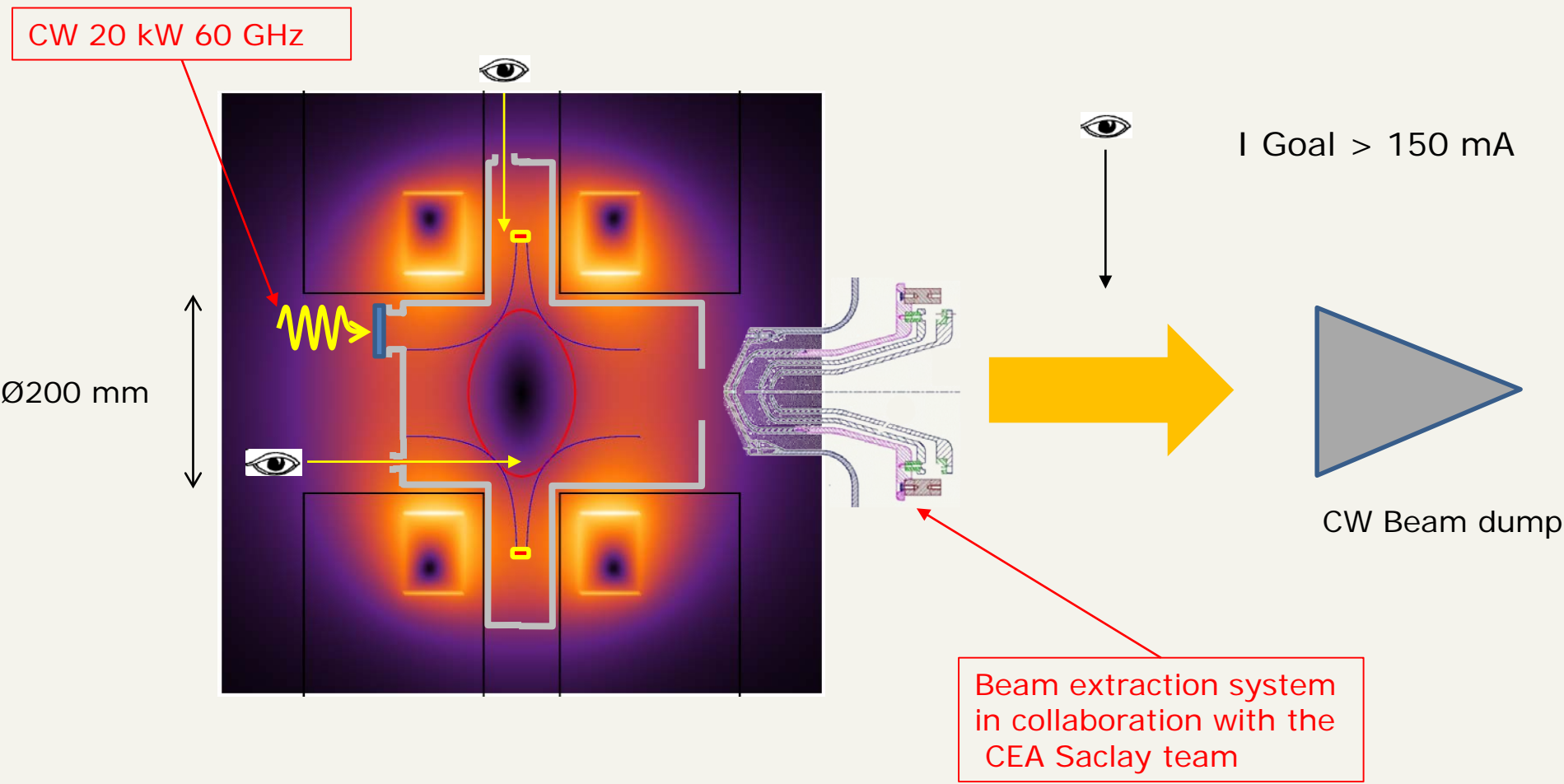


PACIFICS et Source 60 GHz

Equipex PACIFICS financé par l'ANR

- WP4 (CEA+IN2P3): Enhancement of high intensity beams for the next generation accelerators
 - 2021-2026, CEA+IN2P3
- Passage aimant CUSP en technologie supraconductrice
- Rapatriement manip au LPSC
- Amélioration Gyrotron : passage en émission HF continue
20 kW / 60 GHz
- Etude de production d'ions de moyenne charge très haute intensité
- Etude du plasma et comparaison simulation/expérience

Futur Banc 60 GHz @LPSC



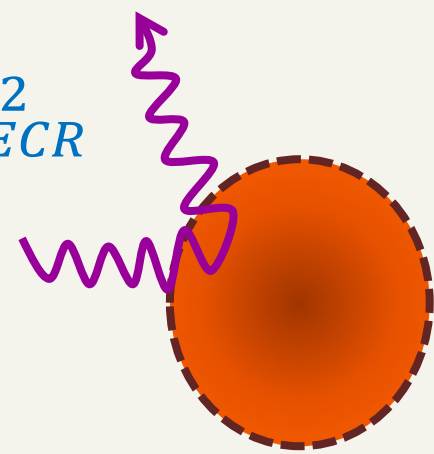
**MERCI POUR VOTRE
ATTENTION**

Frequency Scaling Laws

Plasma cut-off Density : $n_e \leq \frac{4\pi^2 m_e \epsilon_0}{e^2} f_{ECR}^2$

- Plasma is a high-pass filter

$I_{beam} \propto f_{ECR}^2 V_{ECR}$



Richard Geller

