

FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea



PREMIÈRE EXPÉRIENCE
DE PHYSIQUE
SUR LE PREMIER
FAISCEAU
DE IPHI

ROSCOFF 2017 - POTTIN Bruno

L'ACCELERATEUR IPHI

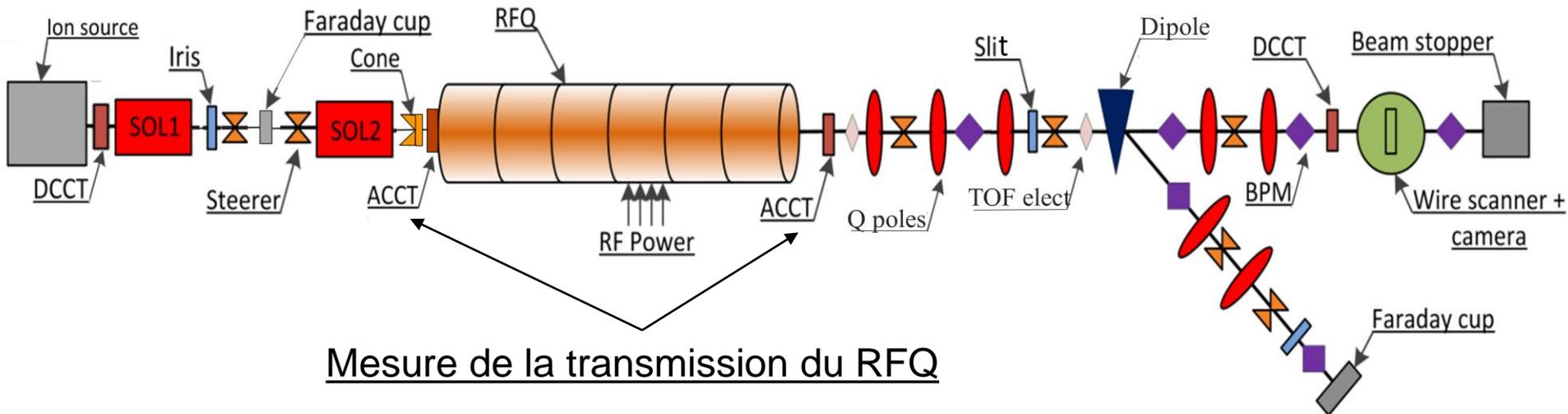
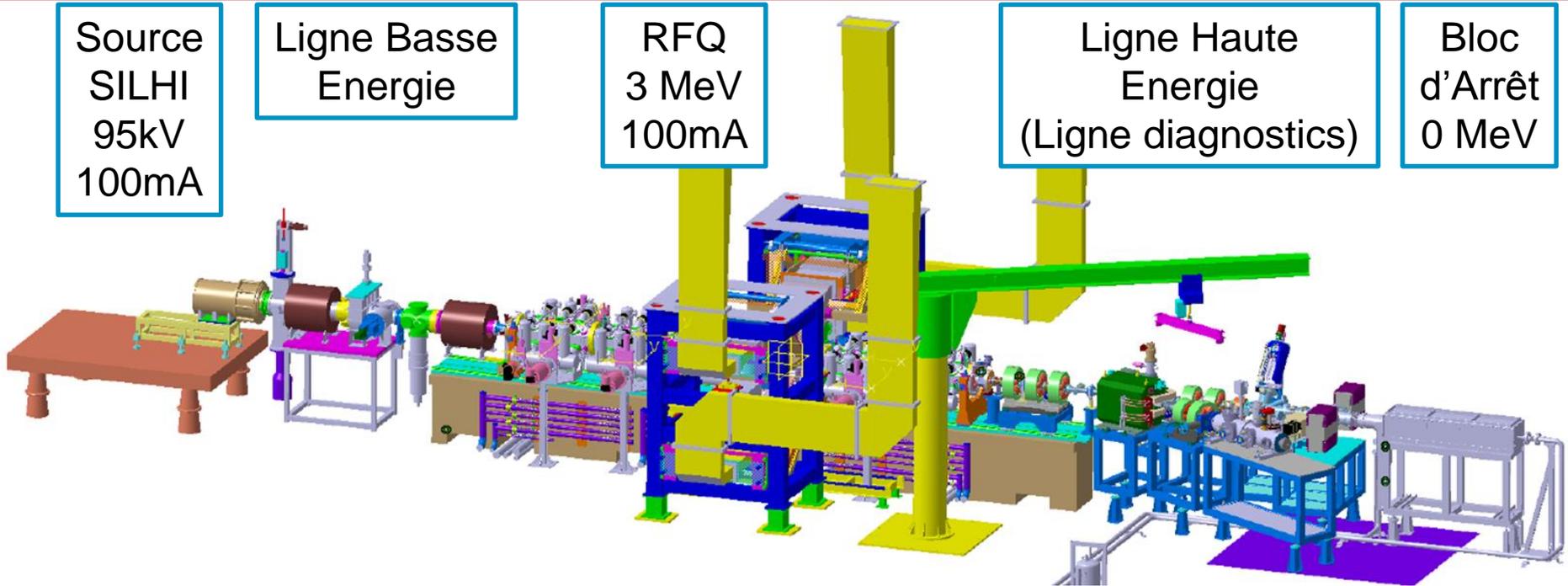
Source
SILHI
95kV
100mA

Ligne Basse
Energie

RFQ
3 MeV
100mA

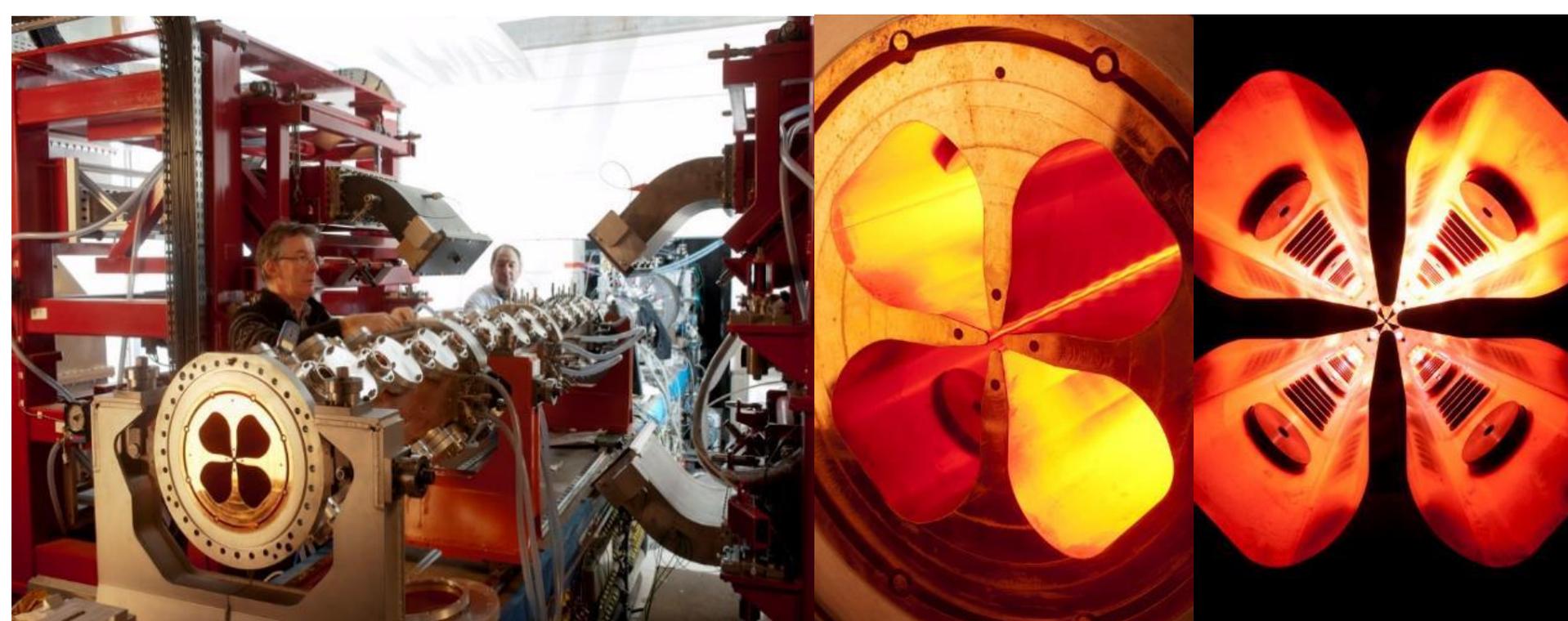
Ligne Haute
Energie
(Ligne diagnostics)

Bloc
d'Arrêt
0 MeV



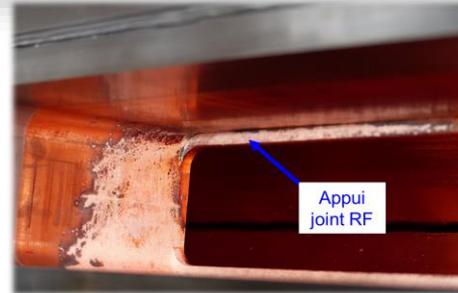
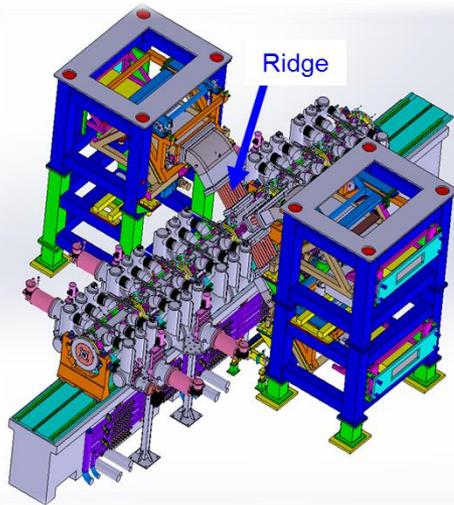
CARACTERISTIQUES DU RFQ IPHI

- RFQ 4 lames / $f = 352 \text{ MHz}$ / $E = 95 \text{ keV}$ à 3 MeV
- 6 m de long avec 6 sections d'1 m en 4 poles brasées (2 majeurs et 2 mineurs), 96 pistons, 60 ports de pompage
- $10 \mu\text{m}$ de tolérance après usinage et positionnement après brasage
- 2 klystrons de $P > 1 \text{ MW}$
- 268 canaux de refroidissement pour maintenir la géométrie durant le fonctionnement



CONDITIONNEMENT RF DU RFQ IPHI APRÈS RÉPARATION DES JOINTS RF

RAPPEL



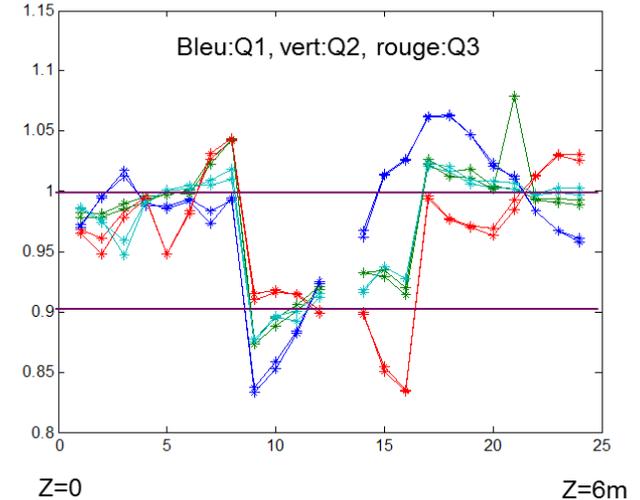
1 segment = 2 sections

à $T=26^{\circ}\text{C}$:

- Avant destruction des joints RF, $f=352.056\text{MHz}$
- Après destruction des joints RF, $f=351.976\text{MHz}$ et la tension dans le segment S2 est 10% plus faible que dans S1 et S3
- Après réparation des joints RF, $f=352.155\text{MHz}$ et la tension dans le segment S2 est 11.6% plus grande que dans S1 et S3

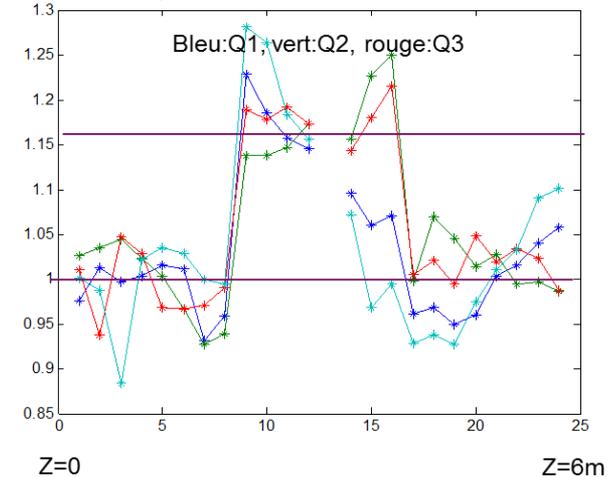
Tension dans le RFQ avec joints RF HS dans les entrées RF de Q2 et Q3

2015/04/27 VQS2/VQS13 = 0.911



Tension dans le RFQ après changement des joints RF

iphi/2016/02/19/16/52 VQS2/VQS13 = 1.158



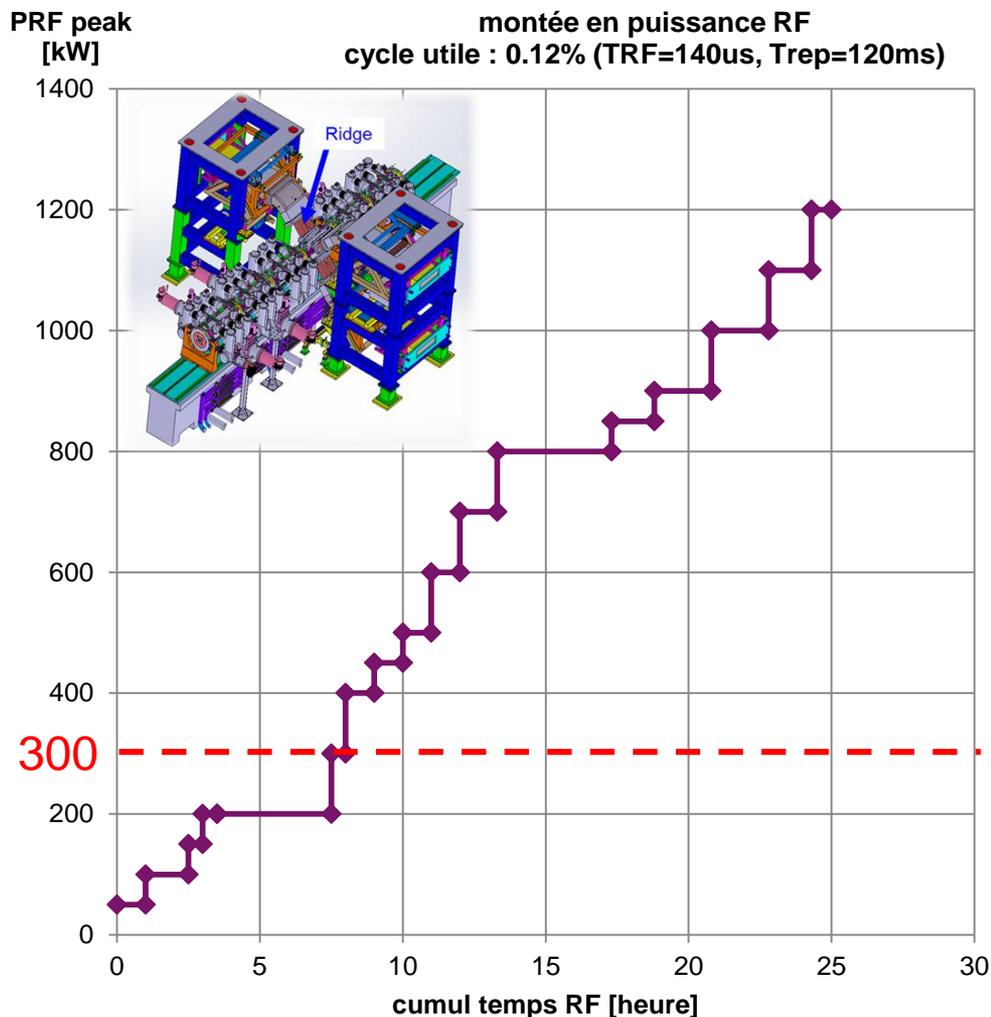
CONDITIONNEMENT RF DU RFQ IPHI APRÈS RÉPARATION DES JOINTS RF

Paramètre du conditionnement RF:

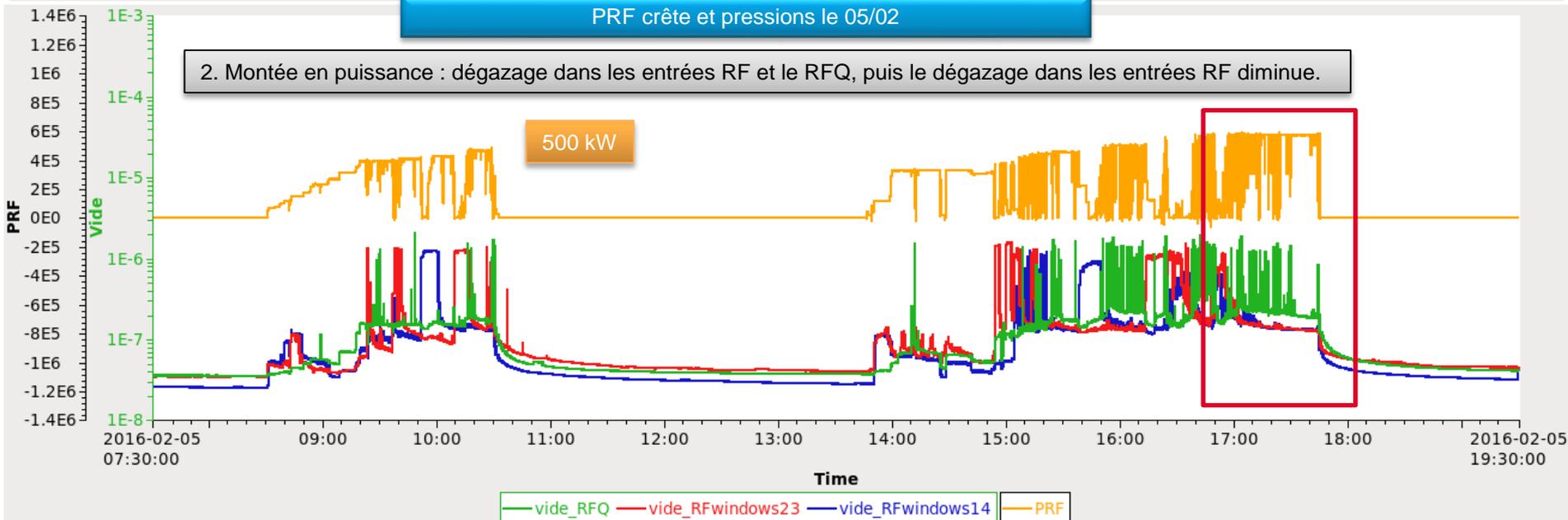
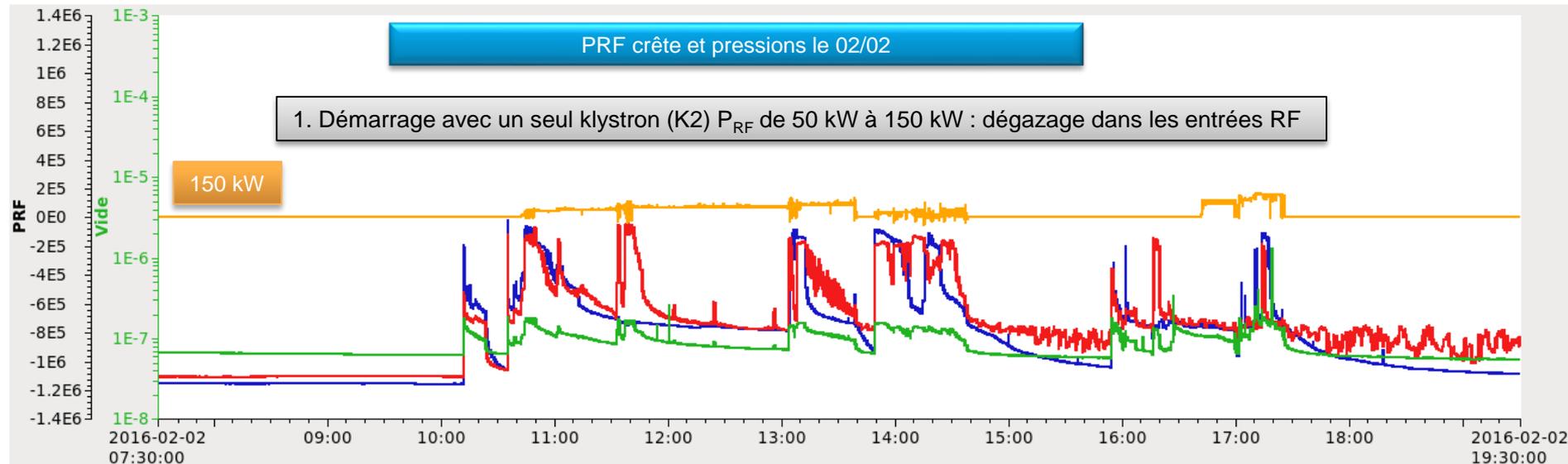
- Puissance RF appliquée en mode pulsé
- Durée du pulse $T_{RF}=140 \mu s$, période de répétition $T_{rep}=120 ms$
- La montée en puissance est contrôlée par :
 - la valeur de la pression : arrêt RF si $P > 1 \cdot 10^{-6} mbar$
 - la valeur de courant dans les pick-up électrons des entrées RF : arrêt RF si $I_{pu} > 10mA$

Historique:

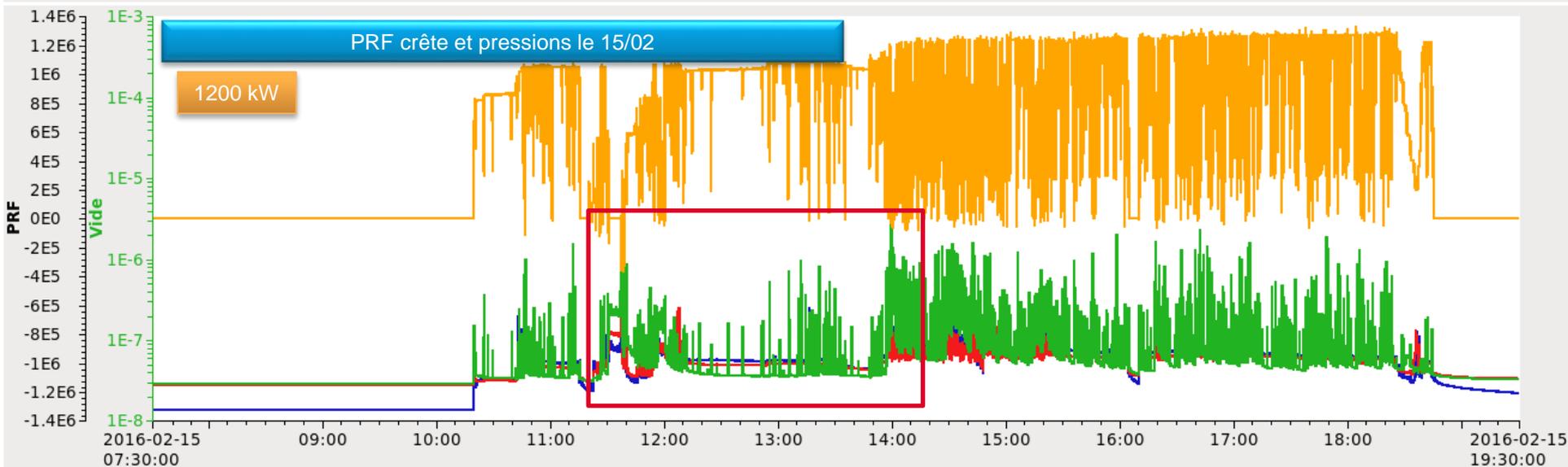
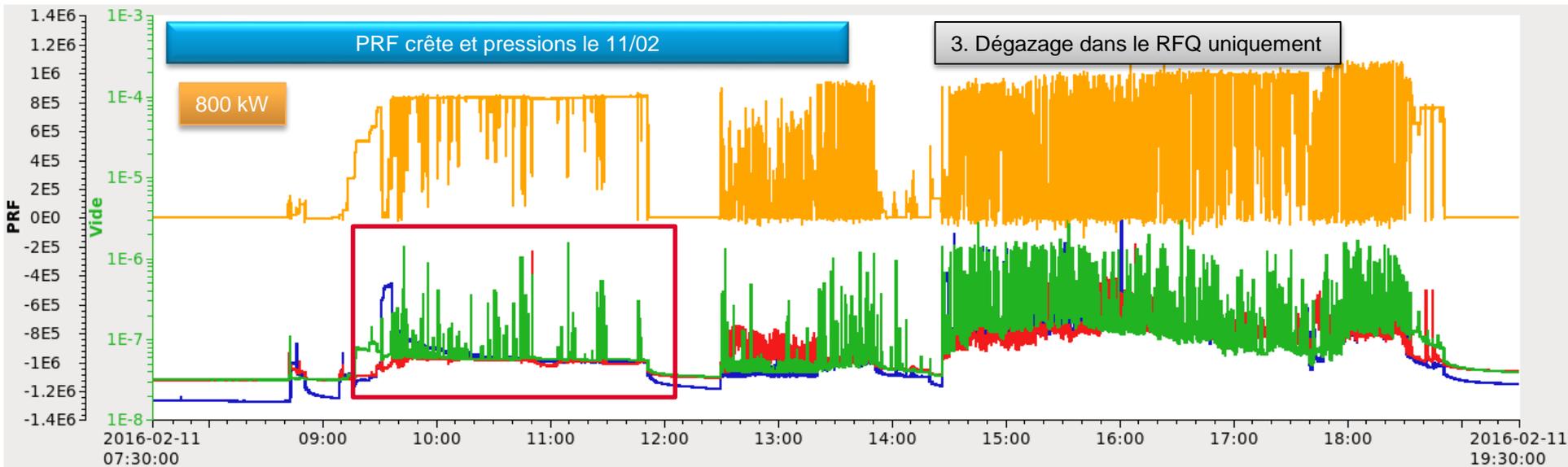
1. Démarrage avec un seul klystron (K2) P_{RF} de 50 kW à 150 kW : dégazage dans les entrées RF
2. Montée graduelle de la puissance avec les deux klystrons jusqu'à $P_{RF}=1.15 MW$
 - au dessus de $P_{RF}=300 kW$, dégazage dans les entrées RF et le RFQ, puis après 30 minutes, le dégazage dans les entrées RF diminue.
3. Obtention puissance nominale $P_{RF}=1.2 MW$: dégazage dans le RFQ uniquement
4. $P_{RF}=1.2 MW$ avec peu de dégazage



CONDITIONNEMENT RF DU RFQ IPHI APRÈS RÉPARATION DES JOINTS RF



CONDITIONNEMENT RF DU RFQ IPHI APRÈS RÉPARATION DES JOINTS RF



Time

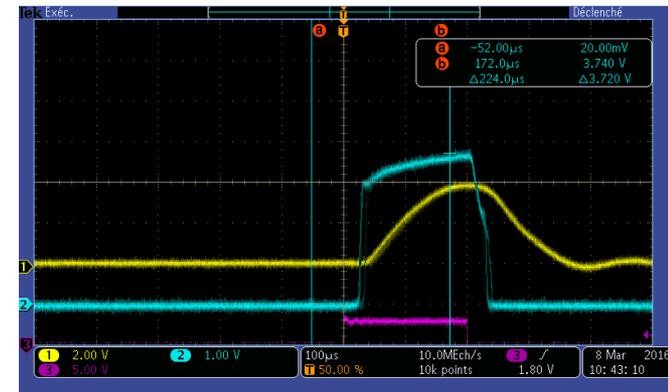
— vide_RFQ — vide_RFwindows23 — vide_RFwindows14 — PRF

- La montée à la puissance nominale (avec un cycle utile de 1 E-3) s'est effectuée assez rapidement : 25 h
- Le vide de base dans le RFQ s'est amélioré (8 10E-8 mbar à 2 10E-8 mbar)
- L'injection du faisceau n'augmente pas le nombre de claquages même si le gaz de la source fait remonter la pression à 1 10E-7 mbar
- Le conditionnement RF n'est pas terminé : il y a encore beaucoup de claquages RFQ et de courant dans les pick-up électrons des entrées RF, surtout quand on augmente la largeur du pulse RF.



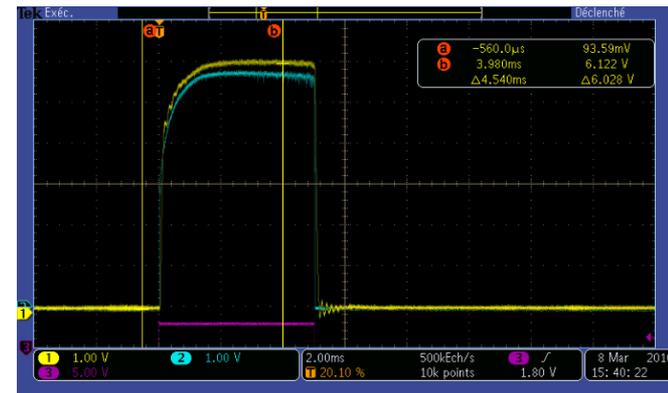
- Optimisation du faisceau en parallèle du conditionnement RFQ
- Premier réglage avec un pulse de 200 μs à 5 ms à 14 Hz
- Avec la cage de Faraday (mesure de courant), on détecte la somme de toutes les espèces (H^+ , H_2^+ , H_3^+)
- Pulse long (5 ms) : temps de montée très court au début du pulse puis 1 ms pour atteindre le plateau
- Proportion H^+ : 20% avec pulse de 200 μs , 75% avec celui de 5 ms
- *→ Nous avons pris la décision de travailler avec le pulse long (qqes ms) et de sélectionner la fin du pulse pour le RFQ afin d'avoir la meilleure proportion de protons avec la source et ensuite le cône*

A 200 μs pulse from the SILHI source (blue curve)

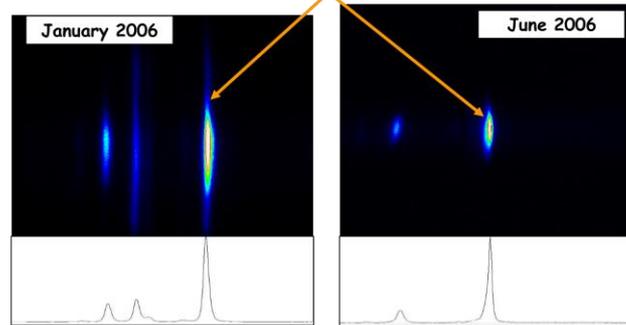
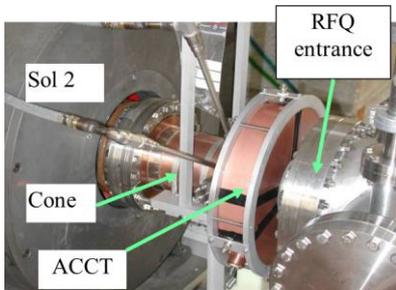


Cône de sélection des particules à l'entrée du RFQ
 Pour minimiser la quantité de particules parasites (H_2^+ and H_3^+) injectées dans le RFQ, un cône a été désigné pour intercepter les particules avant l'entrée dans le RFQ.

A 5 ms pulse from the SILHI source (blue curve)



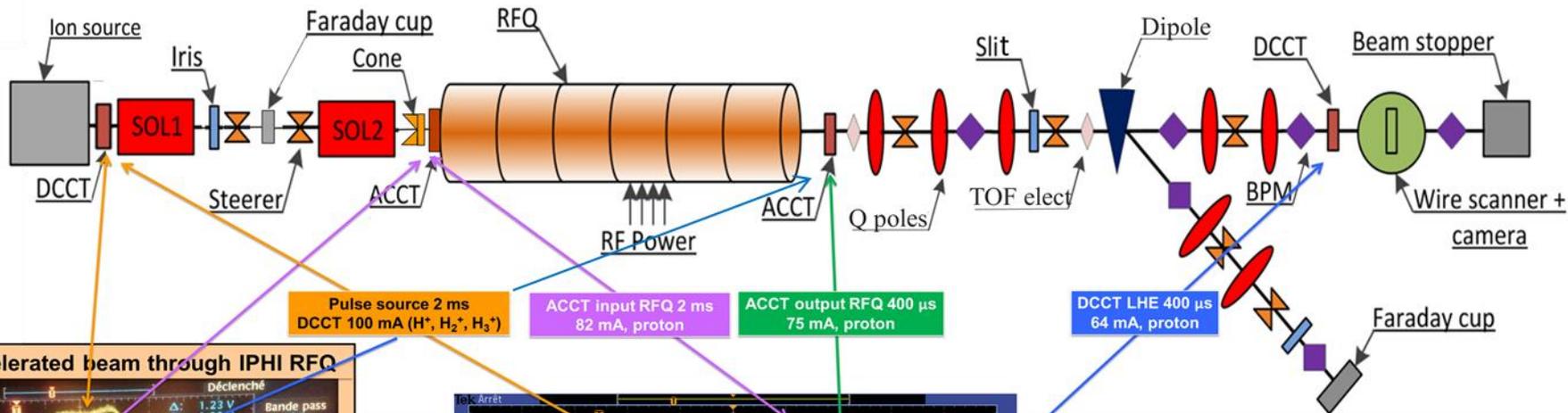
$\text{H}\alpha$ Balmer line of H_2 at 656.2 nm



Without cone

After the cone
 H_2^+ and H_3^+ disappeared

PREMIER FAISCEAU DE IPHI



First accelerated beam through IPHI RFQ

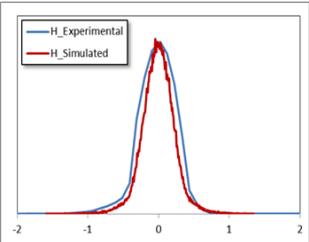
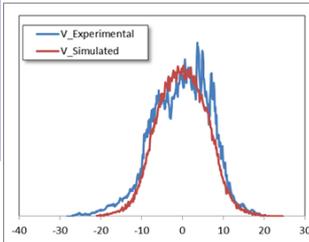
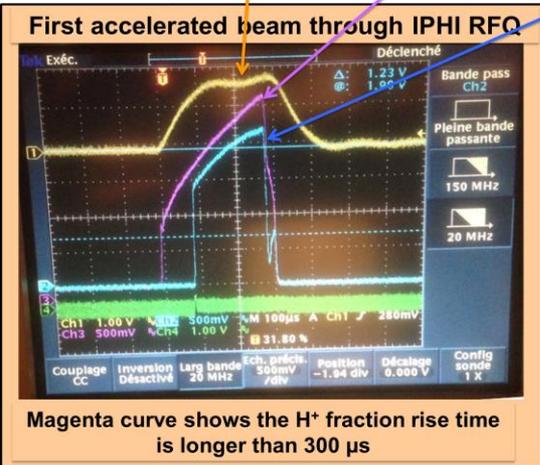
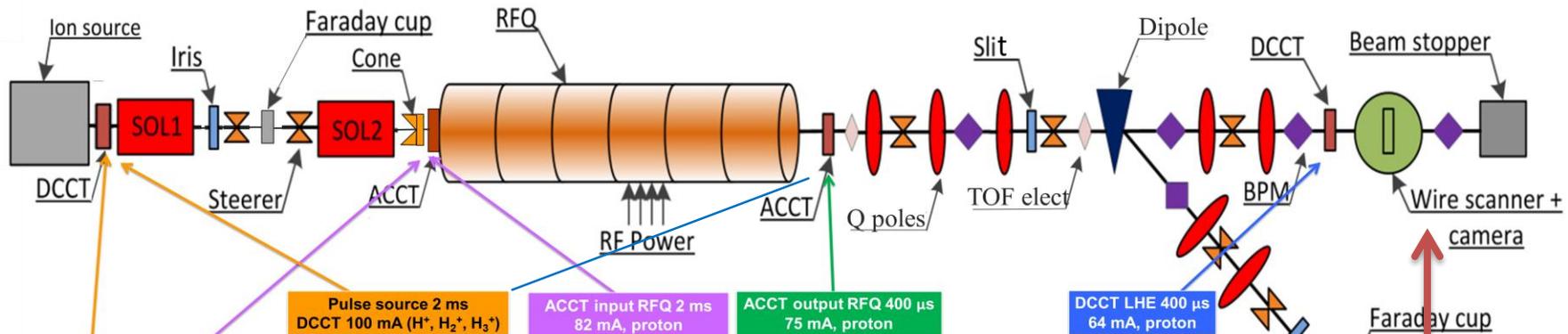


Magenta curve shows the H⁺ fraction rise time is longer than 300 μs



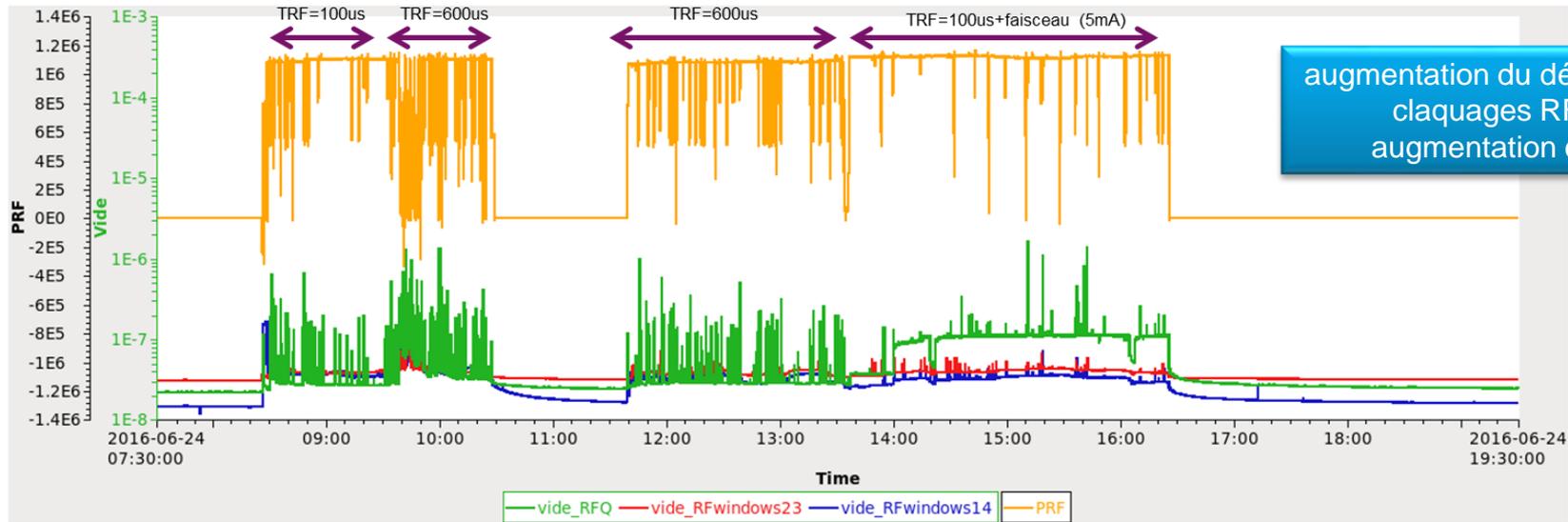
Transmission	Simulated	Experimental
RFQ	98 %	91 %
LHE	100 %	85 %

- Le pulse de la source a été élargi à 2 ms pour que les 400 μs de RF soient à la fin du pulse source où la proportion de H⁺ est meilleure
- Mesure de la transmission RFQ avec les deux ACCT : correct pour un premier faisceau

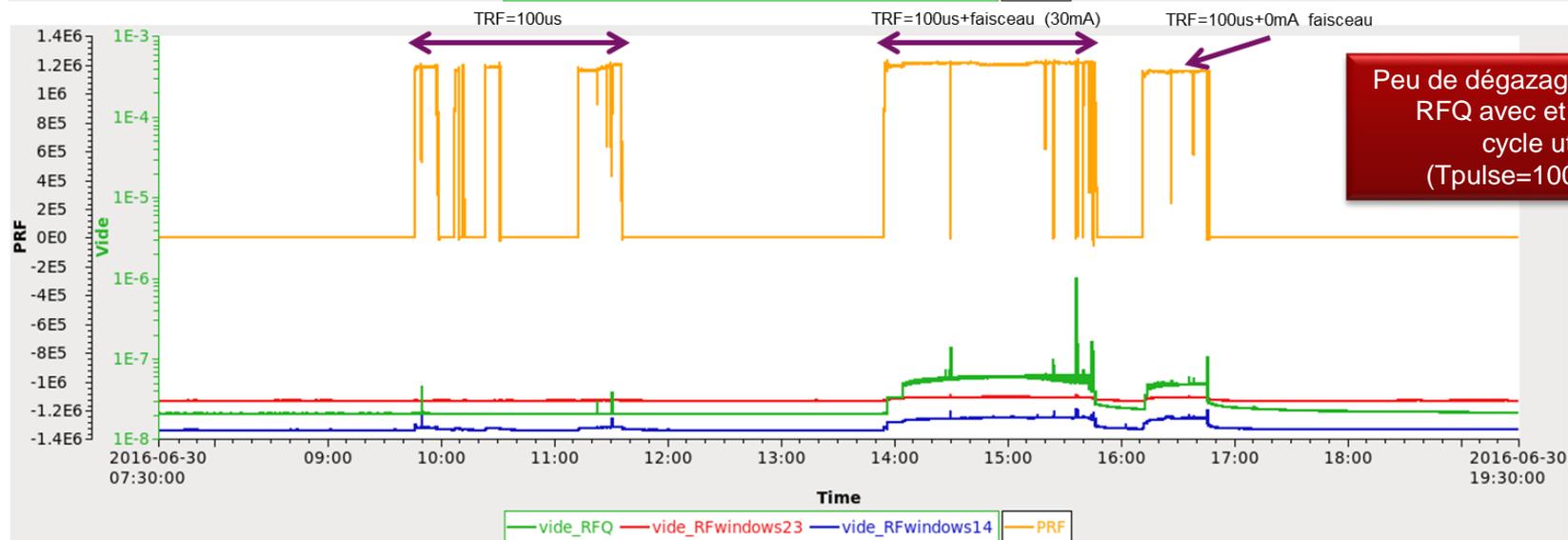


H & V beam profiles Simulated & Measured

- Les mesures de profils mesurés par le Wire Scanner sont proches des simulations
- L'énergie nominale de 3 MeV a été confirmé par le scan fait avec le dipôle



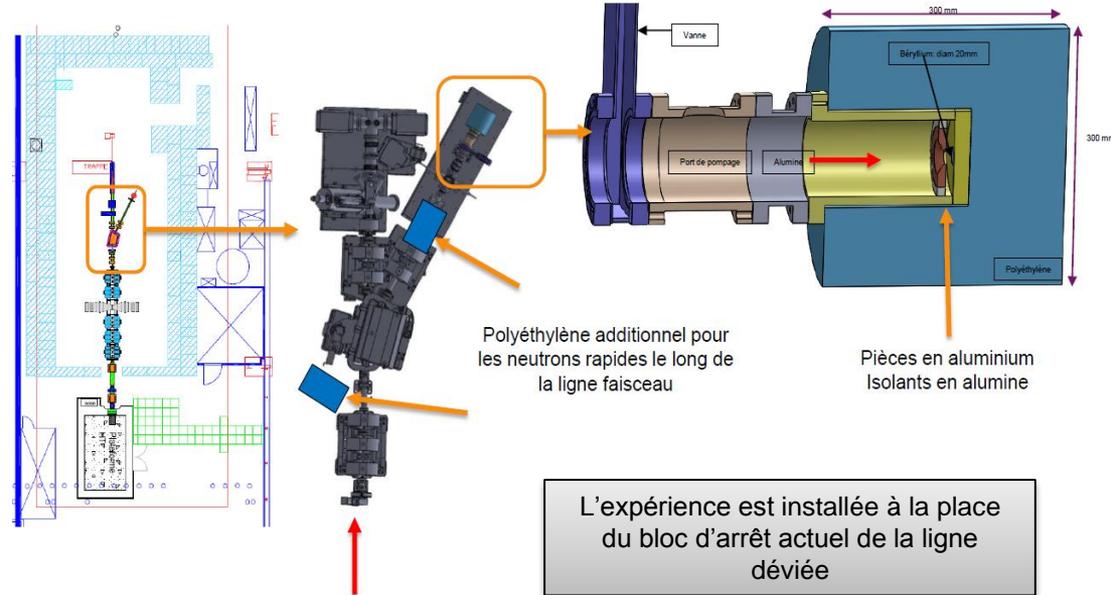
augmentation du dégazage et des claquages RFQ avec augmentation cycle utile



Peu de dégazage et de claquages RFQ avec et sans faisceau cycle utile 1 E-4 (Tpulse=100us, Trep=1s)

Dispositif expérimental

- Expérience SACM – SPhN – LLB : Mesurer le flux et le spectre des neutrons produits par une cible en Béryllium et un modérateur Polyéthylène
- La puissance faisceau était limitée à 10 W pour limiter le flux de neutrons au flux prévu pour 300 kW de protons → Nickel (dimensionnement de la casemate : $T < 10^9$ n/s)
- $I_{\text{peak}} = 30 \text{ mA}$, $T_{\text{pulse}} = 100 \mu\text{s}$, 1 Hz
→ $\langle I \rangle = 3 \mu\text{A}$, 9 W



Test d'étanchéité



Modification de la ligne déviée

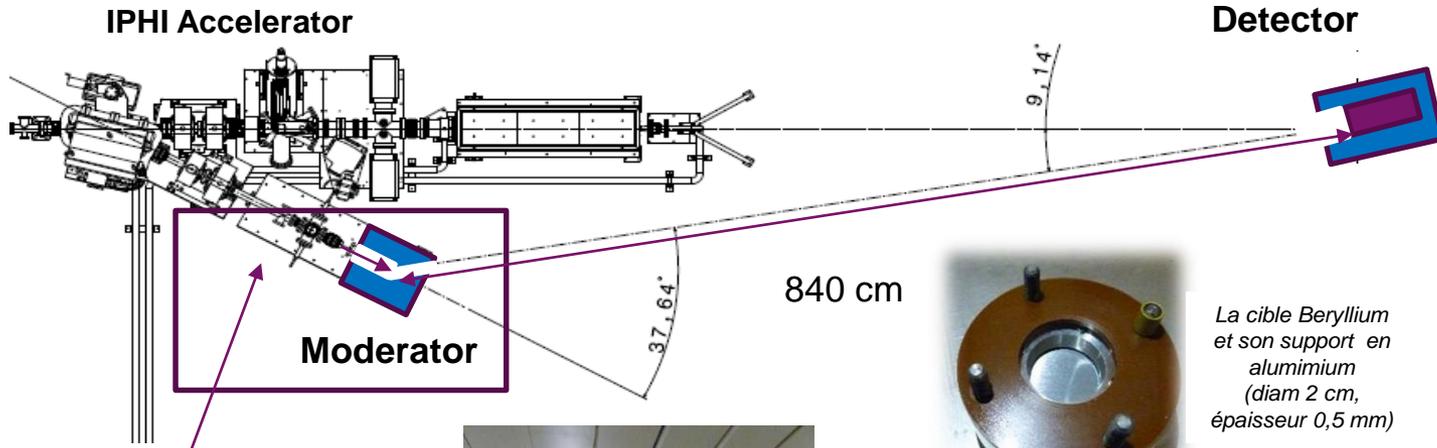


Montage de la manip



Manip prête

PRODUCTION ET MESURES DE NEUTRONS SUR IPHI

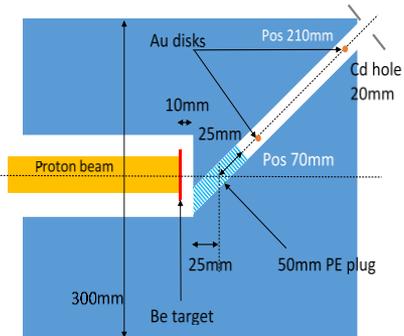


La cible Beryllium et son support en aluminimium (diam 2 cm, épaisseur 0,5 mm)



Mesure du spectre des neutrons par temps de vol (détecteur He à 8m40)

Proton beam 3 MeV

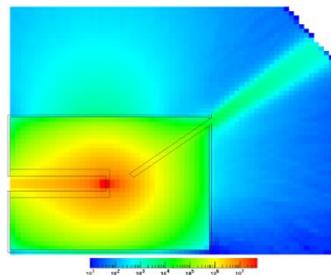


Modérateur en polyéthylène



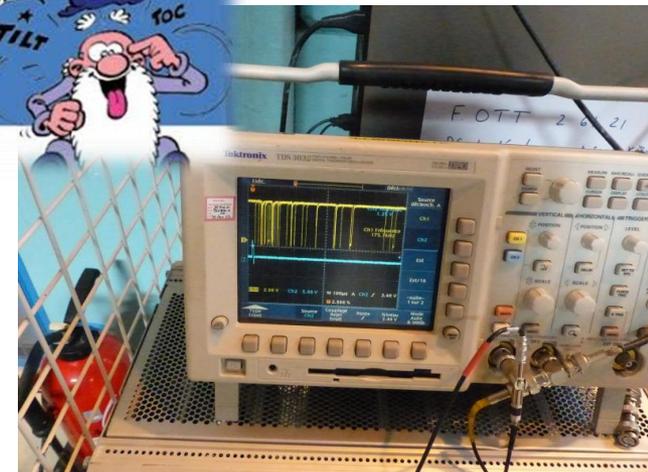
Mesure du flux dans le modérateur par activation de pastilles d'Or (10 min d'irradiation)

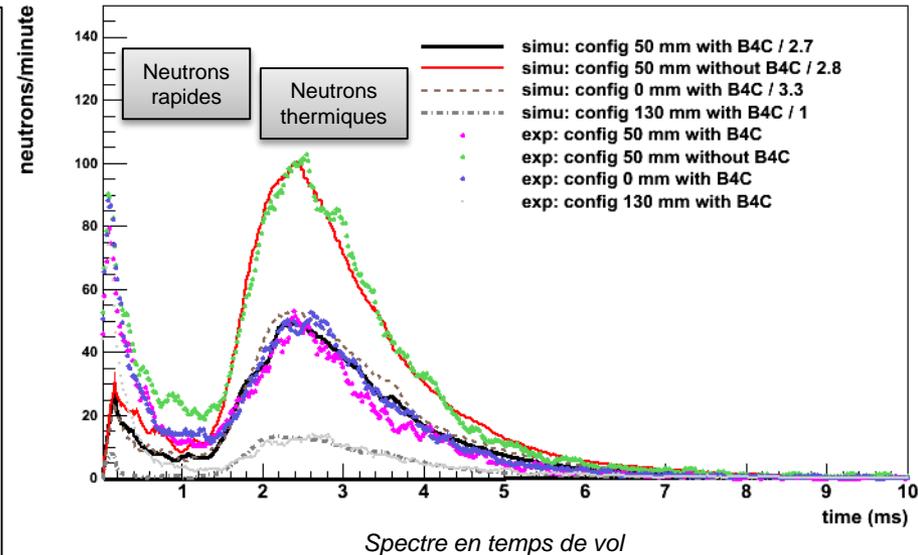
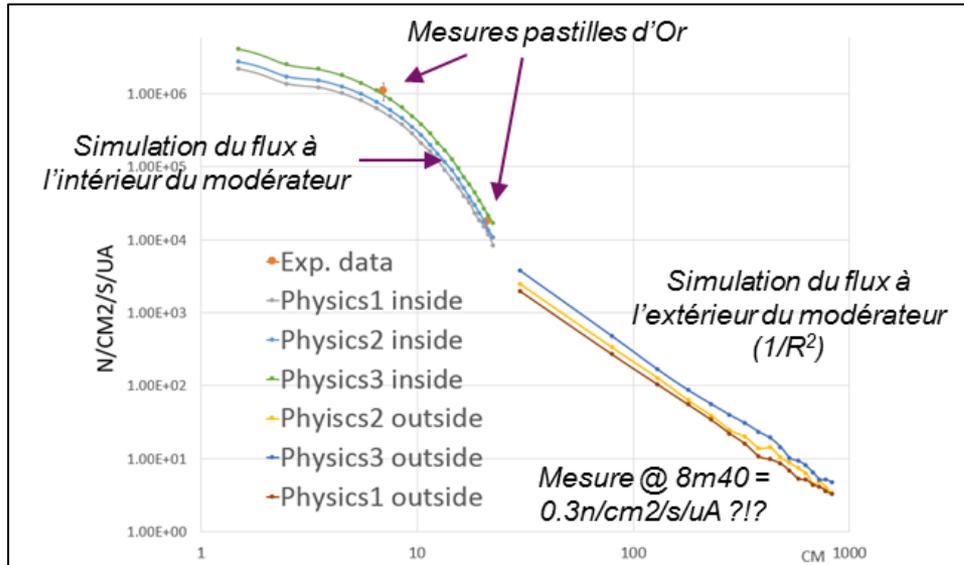
EUREKA!



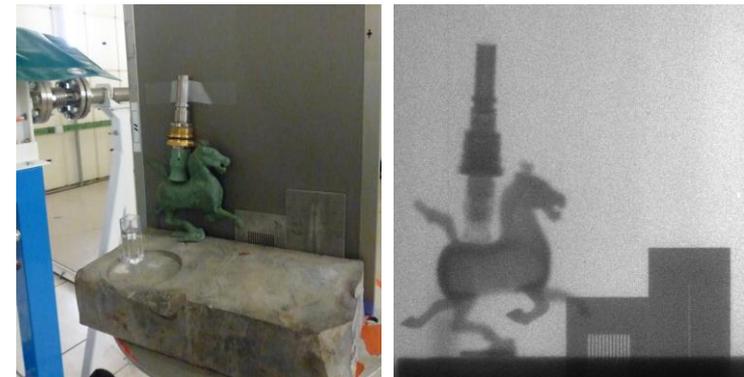
Simulation du flux de neutrons dans et à la sortie du modérateur

Bouffée de neutrons (pulse 100 μs @ 1 Hz)



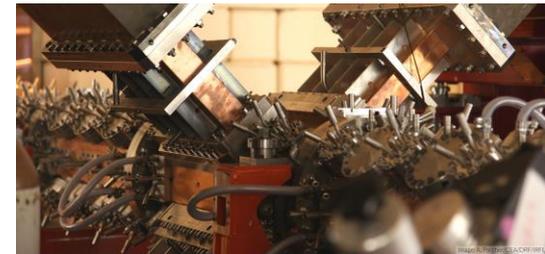
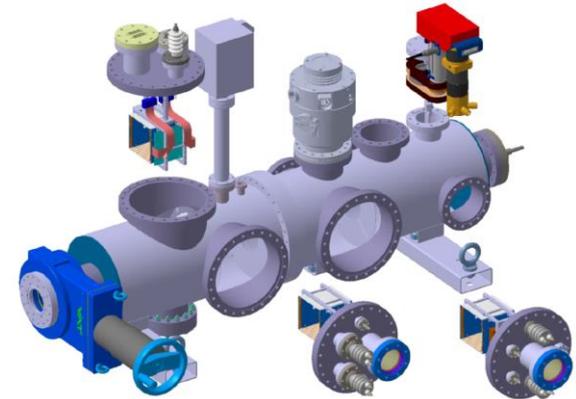


- Bon accord sur le flux dans le modérateur et sur la forme du spectre en temps de vol à 8m40
- Flux à 8m40 à comprendre (Simulation ? Alignement du détecteur ?)
- Test d'imagerie : dominée par gammas (démonstration par brique de plomb absorbante)



Imaging plate à 2m de la cible, exposition = 2h

- Redémarrage de IPHI à la mi novembre pour des tests de diagnostics pour ESS
- Nouvelle production de neutrons pour « comprendre » les mesures 2016
- Montée en puissance du faisceau de IPHI
- IPHI membre du réseau ARIES pour l'accueil et le financement de collaborateurs étrangers : <https://aries.web.cern.ch/ta>
Accelerator Research and Innovation for European Science and Society
- Projet IPHI-Neutrons :
 - Idée de *démonstrateur de la production et de l'utilisation de neutrons pour la recherche académique et les besoins industriels à l'horizon 2020* → approuvé par région IDF, sous réserve du vote finale
 - → Développements futures de sources compactes de neutrons



ELECTRON & PROTON BEAM TESTING

The Accelerator Research and Innovation for European Science and Society (ARIES) project offers funding for access to 5 European facilities under its Transnational Access scheme.

ANKA	<p>ANKA KIT, Germany</p> <p>Electrons between 0.5 - 2.5 GeV Adjustable electron bunch lengths Operator-defined bunch filling patterns</p>	FLUTE	<p>FLUTE KIT, Germany</p> <p>Electron energies of 7.6, 40 - 50 MeV Bunch length range 1 - 300 fs Charge range from 1 pC - 3 nC/bunch</p>
IPHI	<p>IPHI CEA Paris-Saclay, France</p> <p>3 MeV protons Duty cycle 1 ms/1 Hz to 100 mA/CW Neutron source at low flux 352 MHz RF test facility</p>	SINBAD	<p>SINBAD DESY, Germany</p> <p>Electron bunches of 0.1 - 20 pC charge to 100 MeV Bunch length of a few fs Available as of 2019</p>
VELA	<p>VELA STFC Daresbury, UK</p> <p>Electrons of 6 MeV, 10 Hz Pulses of 100 fs An upgrade to 40 MeV, 100 Hz is currently in progress</p>	  <p>For more details on the facilities and funding opportunities, please visit: https://aries.web.cern.ch/ta</p>	