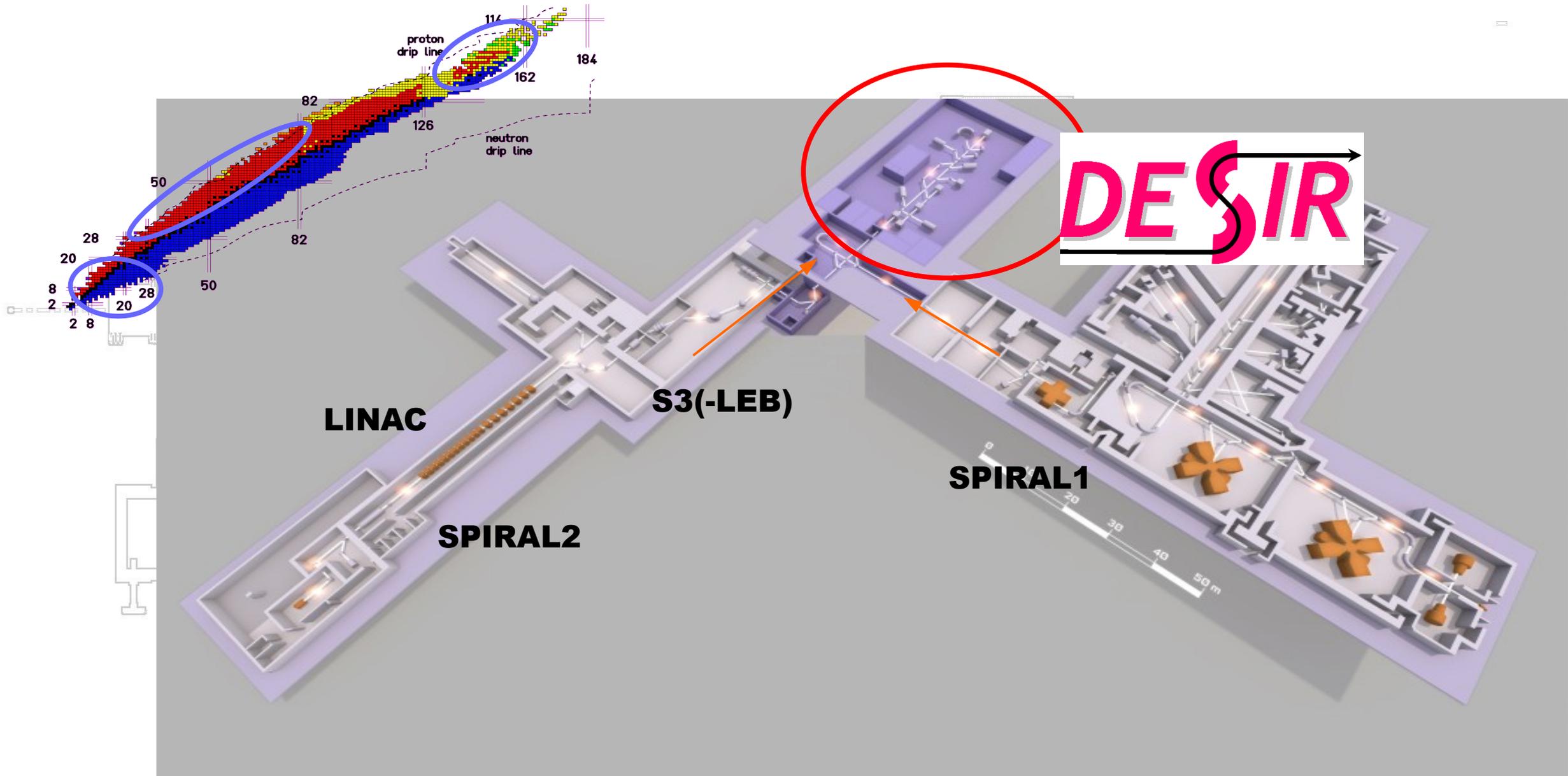


A technical drawing of an ion buncher, showing a long horizontal structure with various components and supports. The drawing is rendered in a light gray line-art style. A large, rounded rectangular box is superimposed over the center of the drawing, containing text. The background is red with green diagonal stripes in the top-left and bottom-right corners.

# General Purpose Ion Buncher

RFQ cooler-buncher pour DESIR

*Journée Technologique - Audric HUSSON*







## Objectifs :

1. Amélioration des paramètres optiques des faisceaux d'ions

2. Mettre en paquets les ions  
*opération en mode continu ou en paquet*

3. Diminution de la dispersion en énergie  
Diminution de la dispersion en TOF }  
*faisceaux en paquets*

Réduction de l'émittance transverse

*(cf. présentation HRS – Julien)*

Réduction de l'émittance longitudinale

## Objectifs :

1. Amélioration des paramètres optiques des faisceaux d'ions

2. Mettre en paquets les ions  
*opération en mode continu ou en paquet*

3. Diminution de la dispersion en énergie  
Diminution de la dispersion en TOF  
*faisceaux en paquets*

## Contraintes :

- avoir la plus grande transmission possible  
→ 2 types d'extraction possible 3keV et 30keV

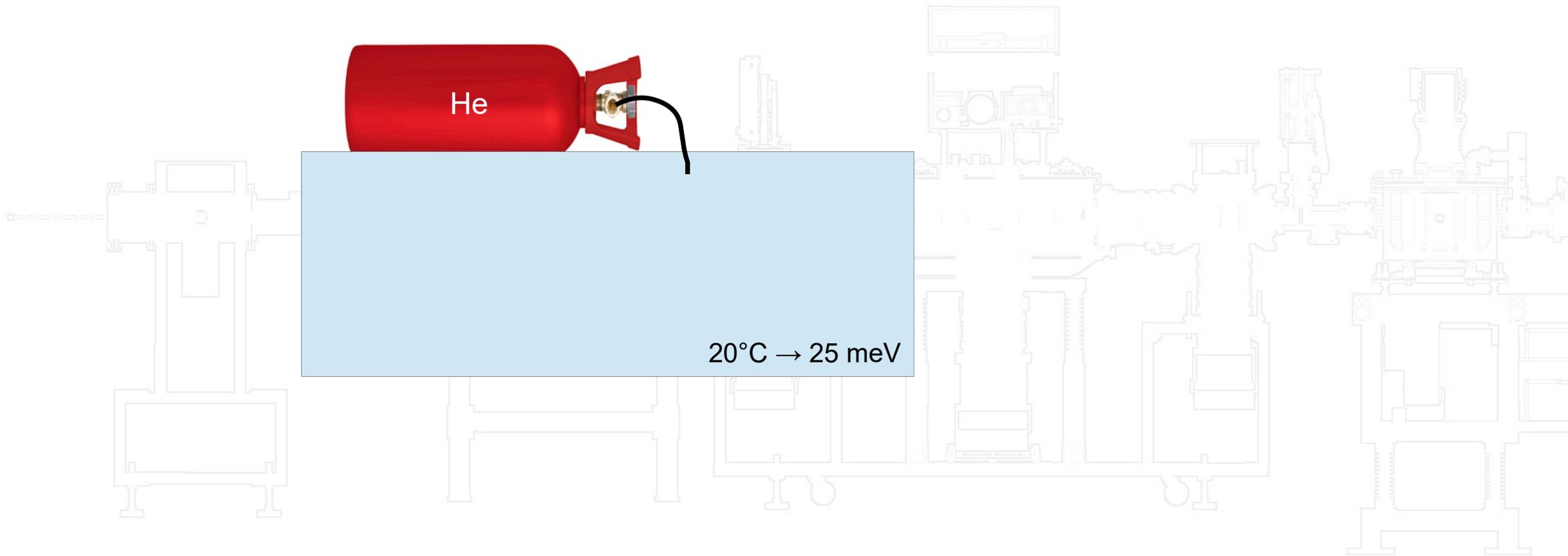
- intensité faisceaux :  
1-2 ions /s →  $10^8$  ions /s  
paquet →  $10^6$  ions /paquet maximum

- grande variété d'ions, masses différentes  
→ de ~5 uma à ~250 uma

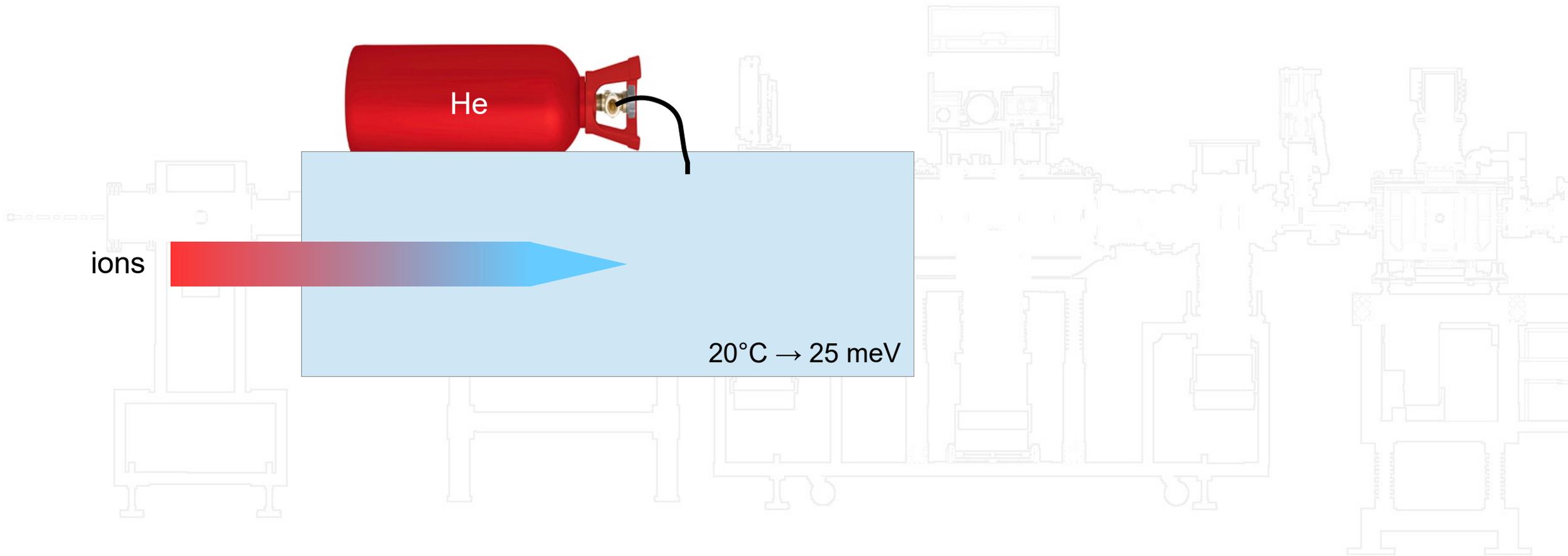
- expérimentales :

Setups	Energy dispersion	Time dispersion
Laser spectroscopy	< 1 eV	< 10 $\mu$ s
Penning trap	~ eV	~ $\mu$ s
MR-ToF-MS	< 40 eV	< 100 ns

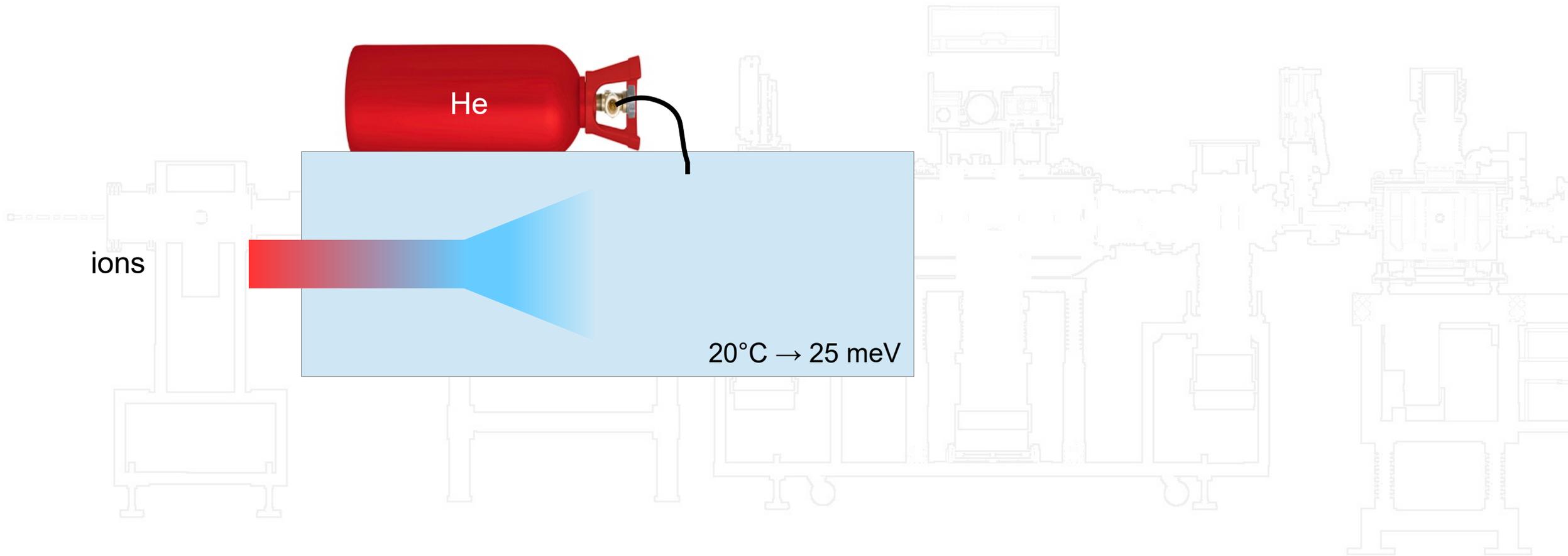
# GPIB – Représentation thermodynamique



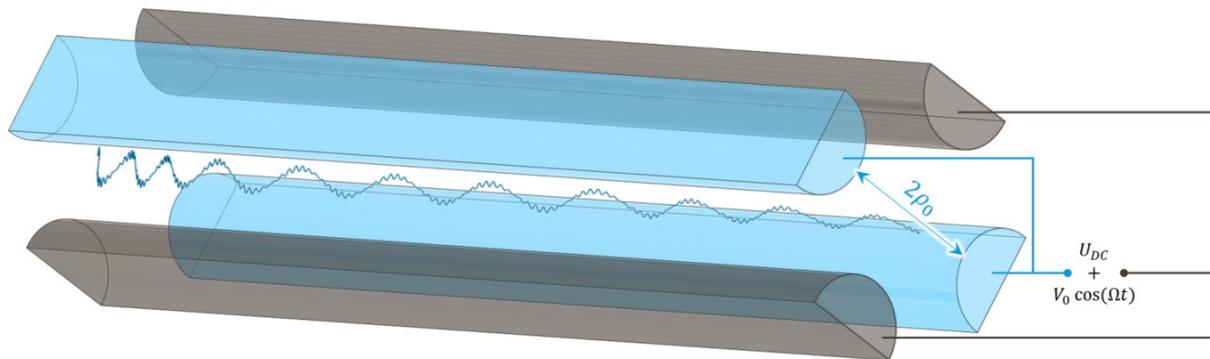
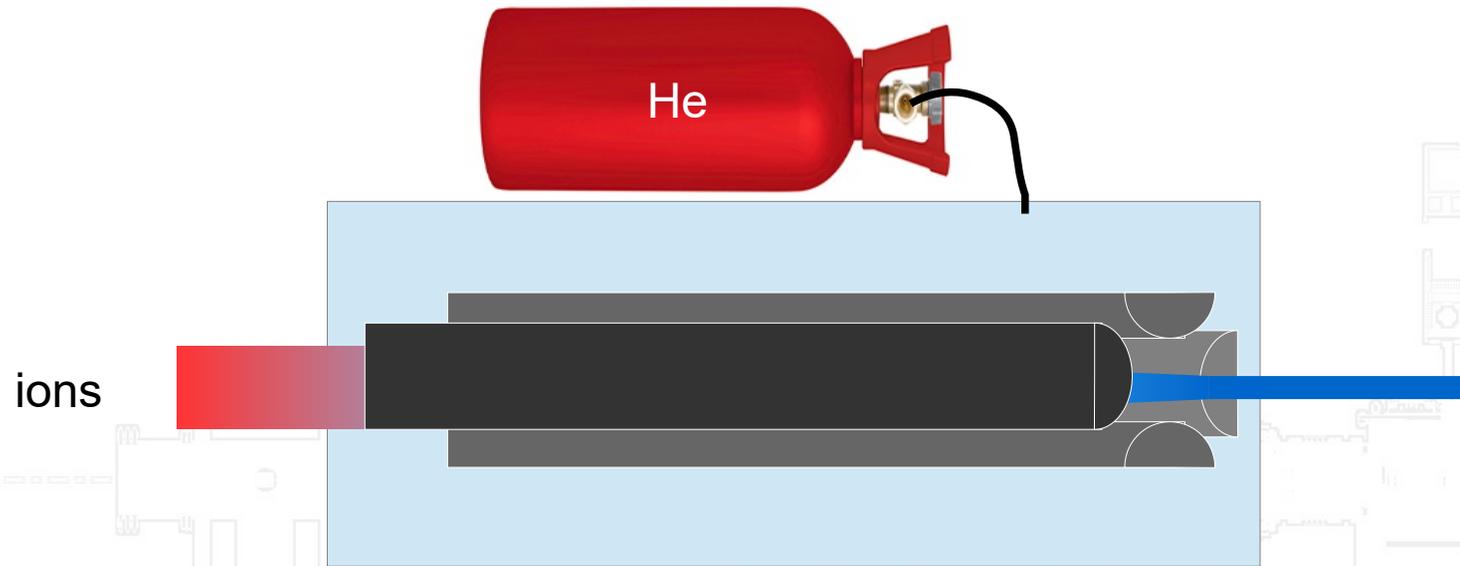
# GPIB – Représentation thermodynamique



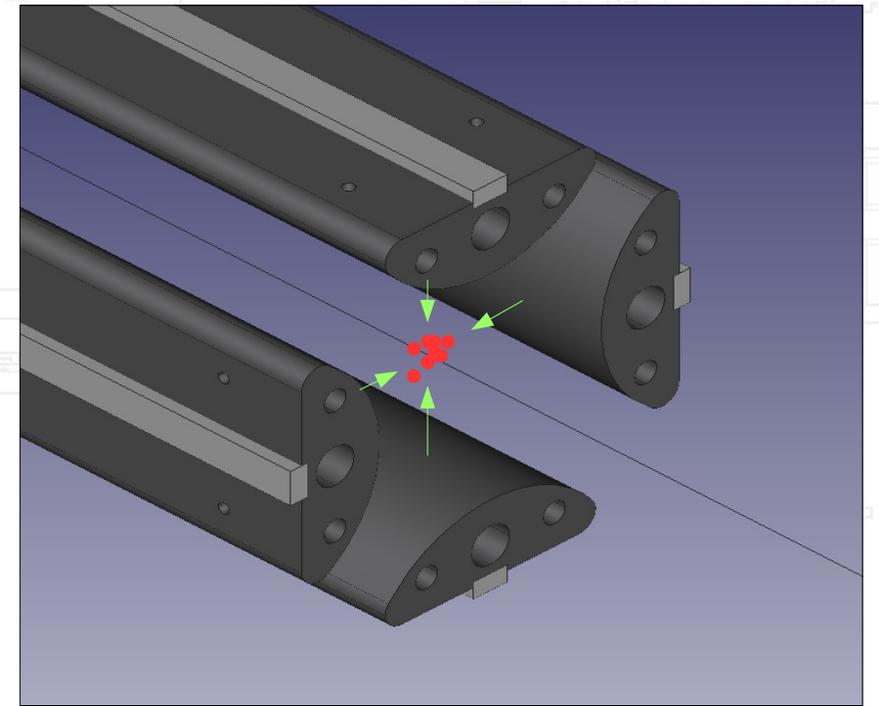
# GPIB – Représentation thermodynamique



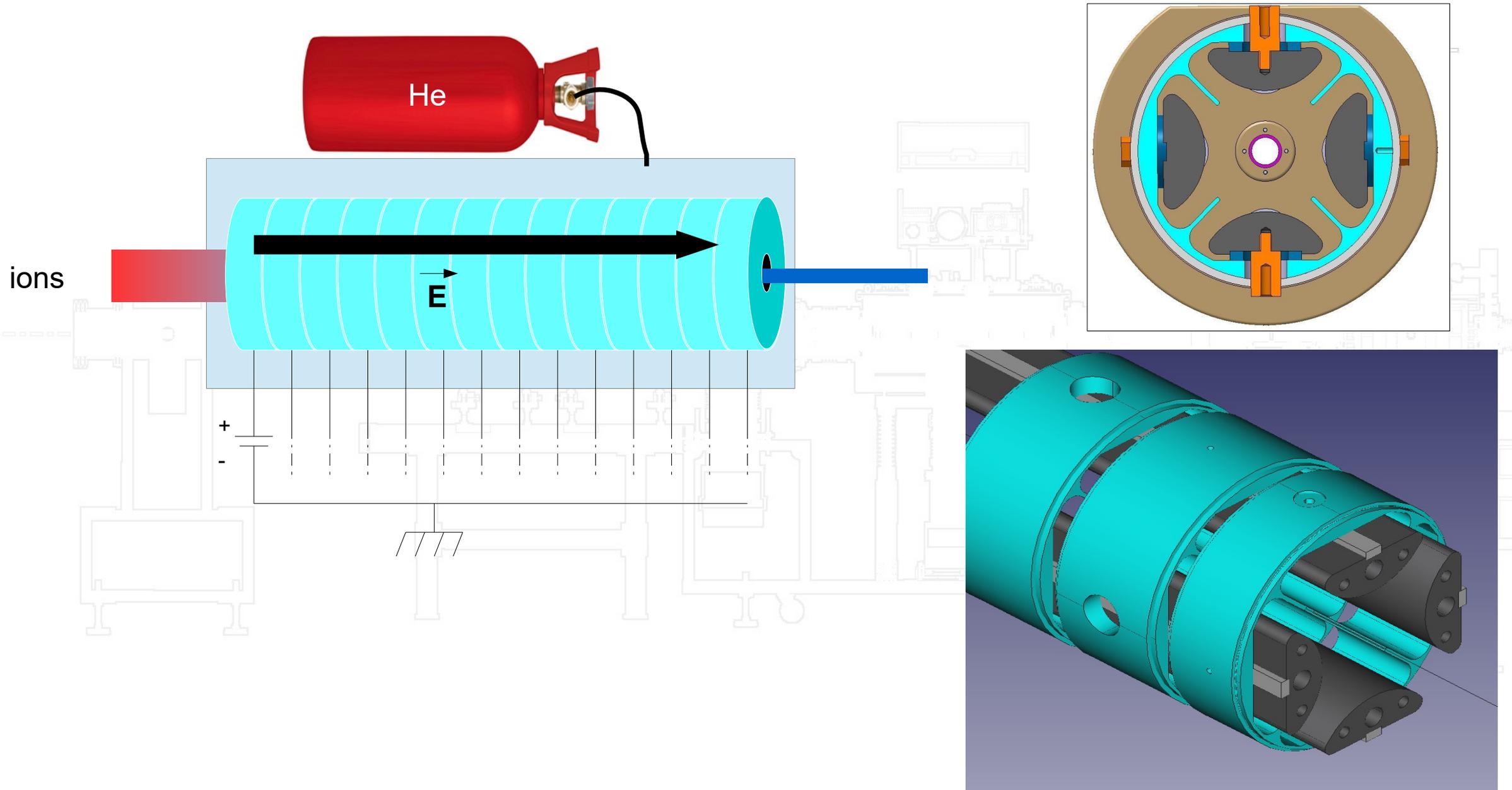
# GPIB – Principe général



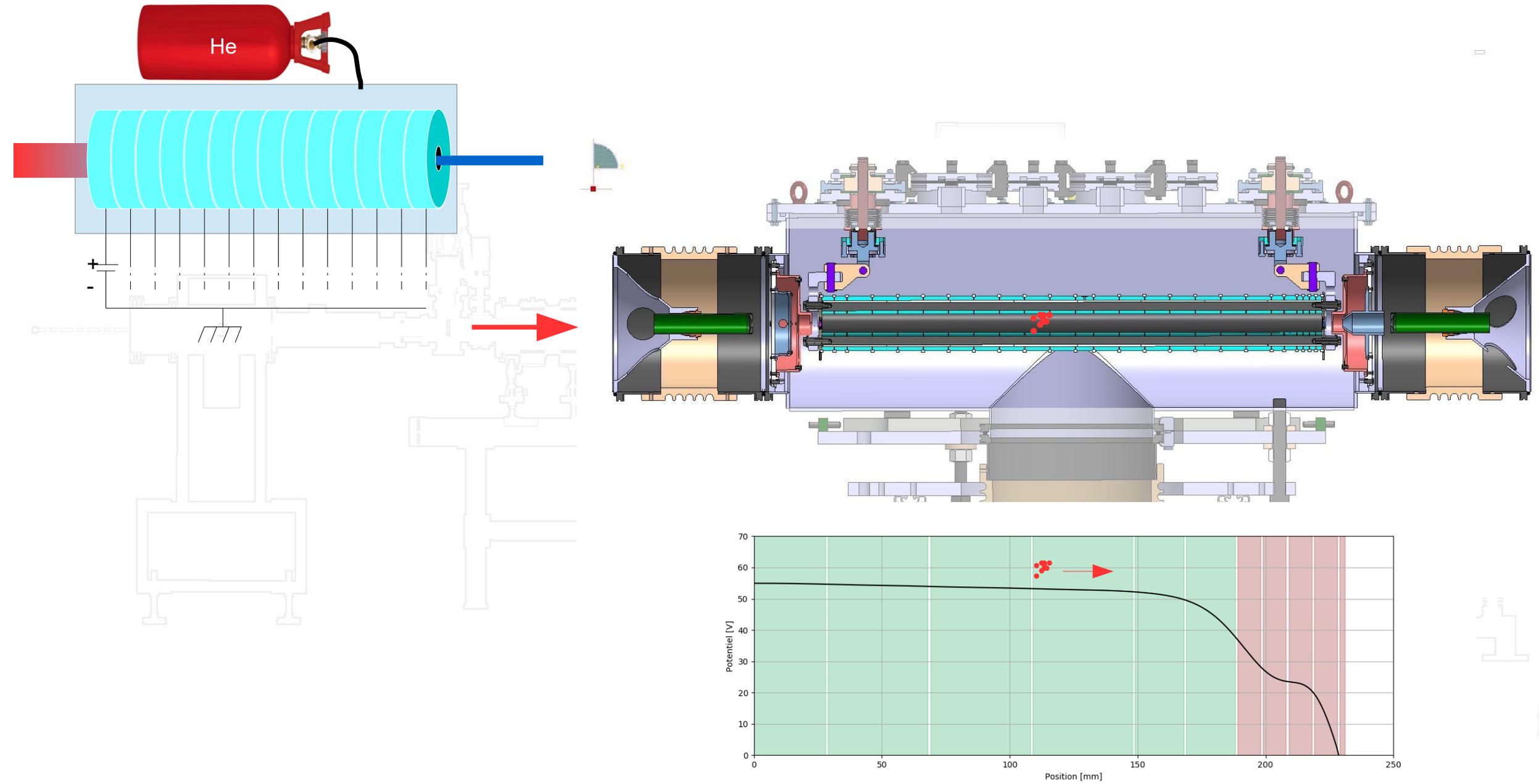
M. Gerbaux, Joliot Curie school 2021 – Ion traps in nuclear physics



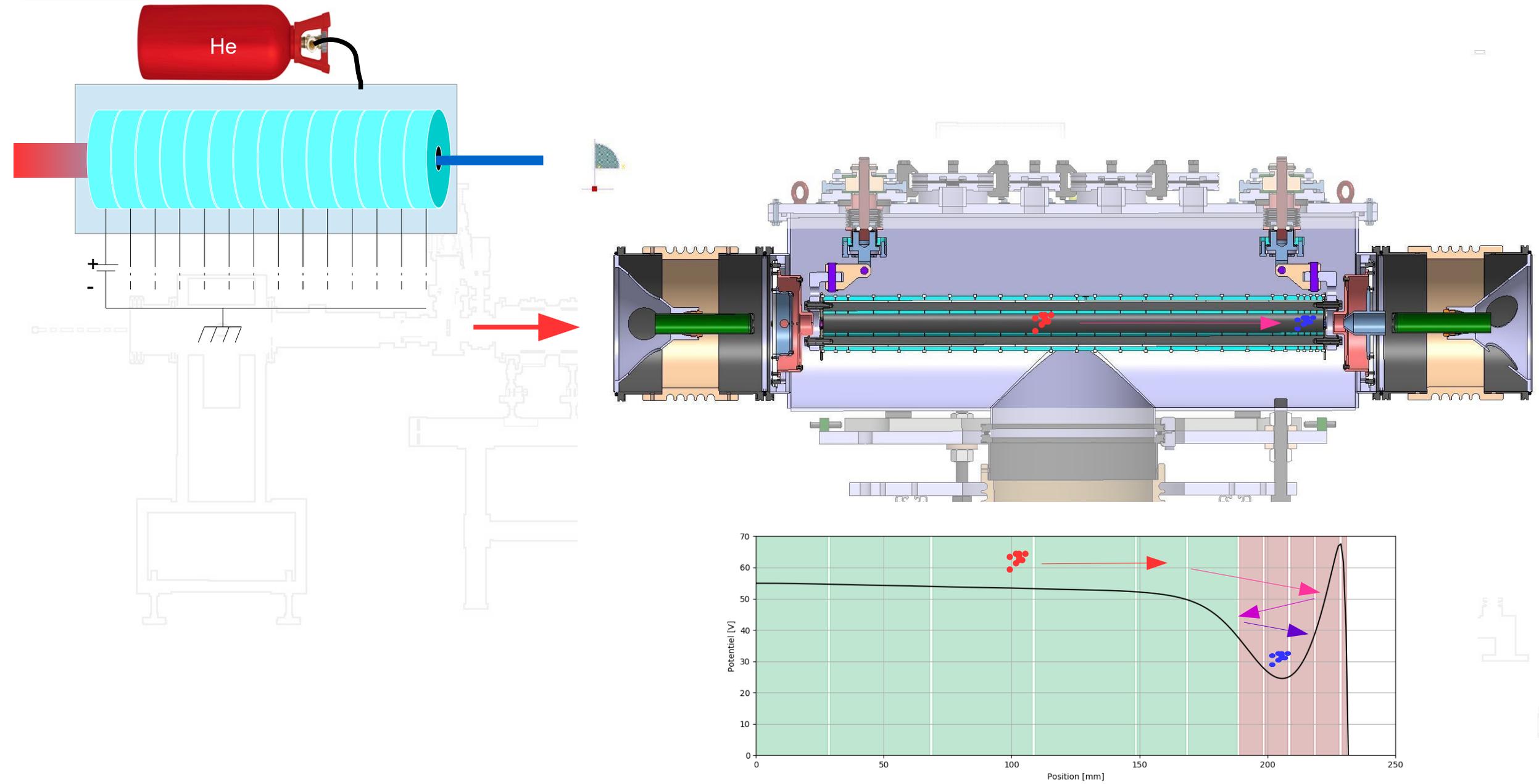
# GPIB - Principe général



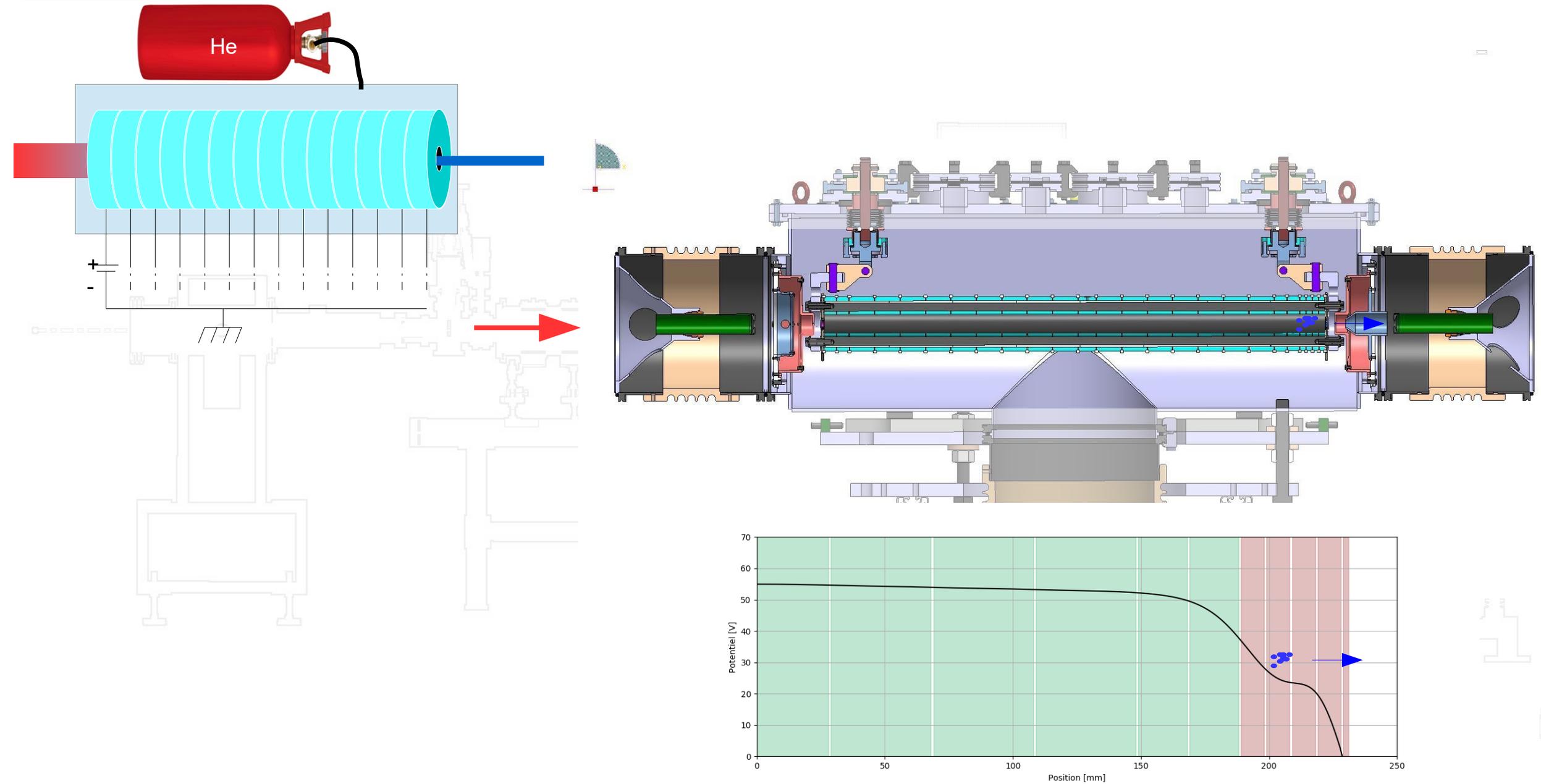
# GPIB - Principe général



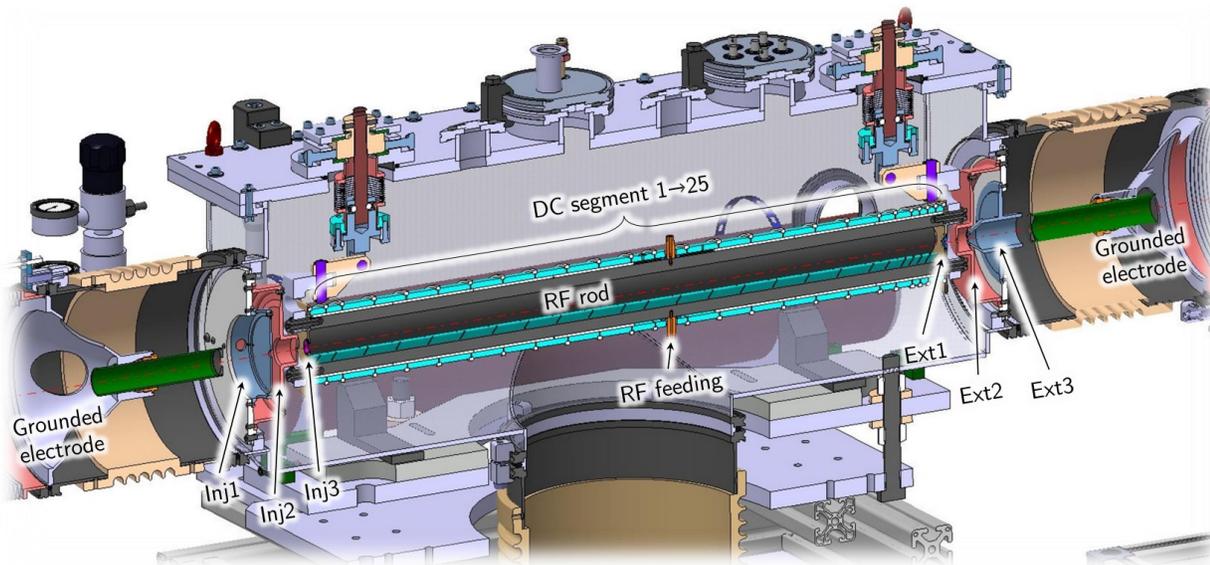
# GPIB - Principe général



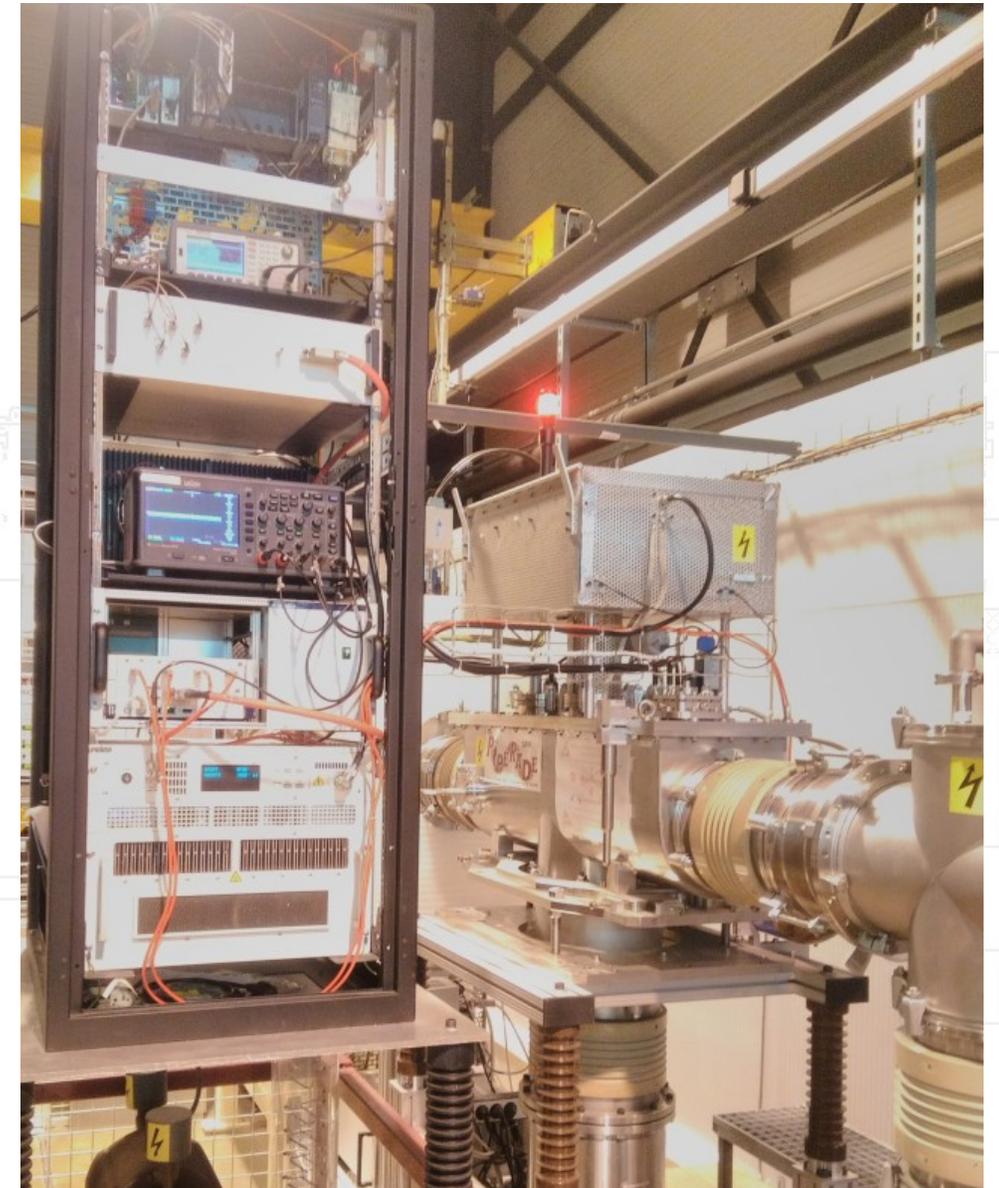
# GPIB - Principe général



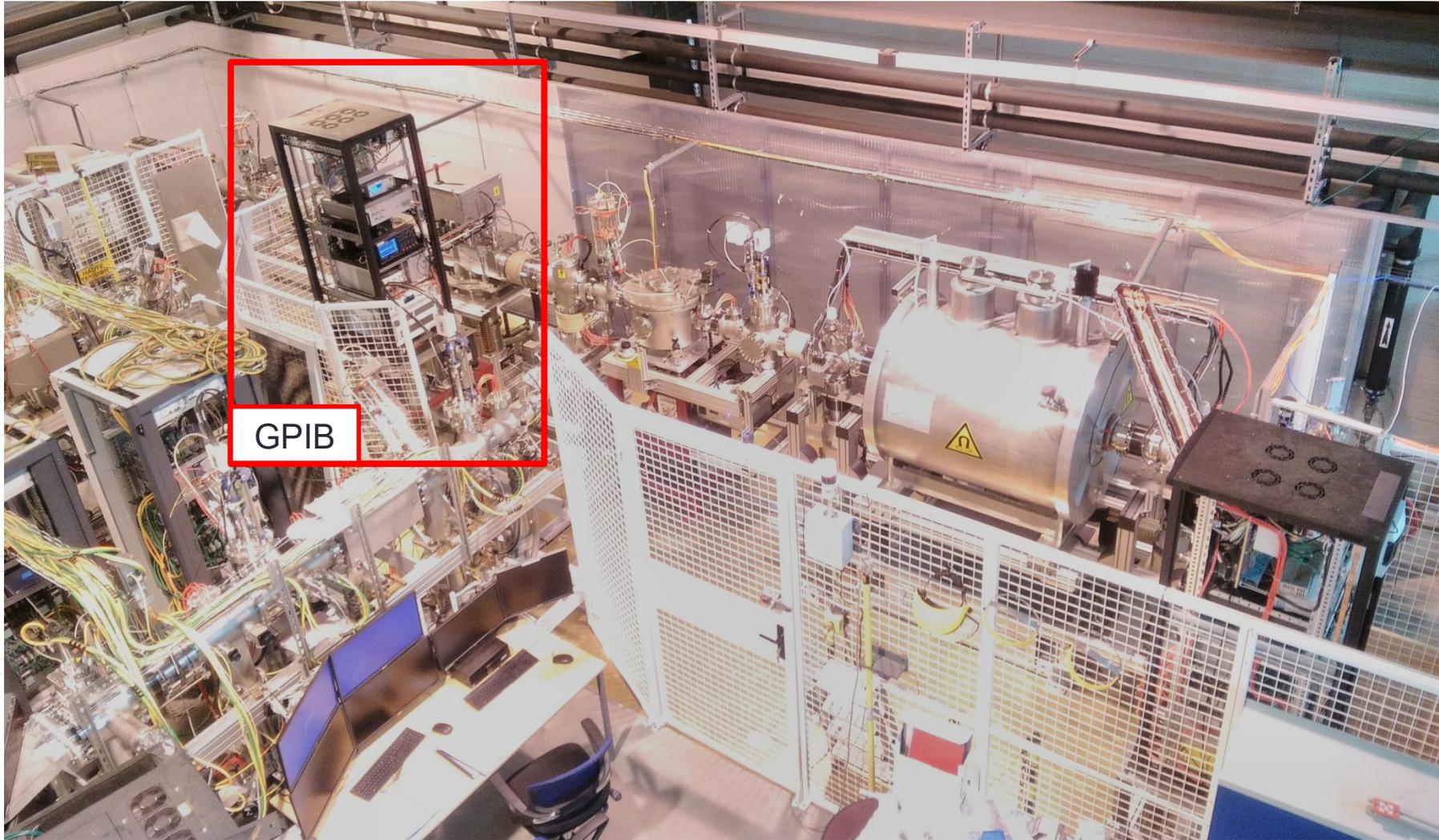
# GPIB - Système expérimental



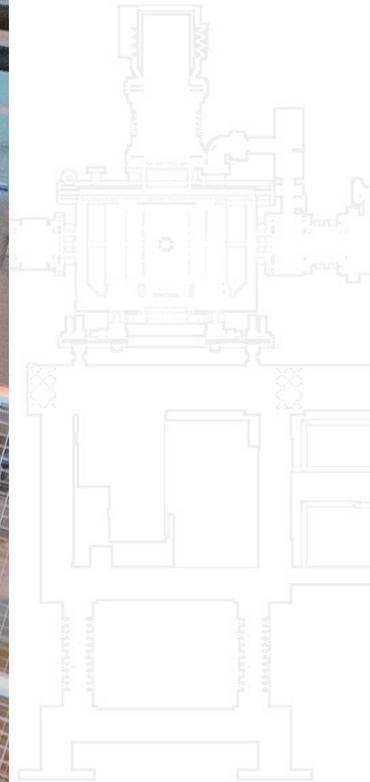
The General Purpose Ion Buncher : a radiofrequency quadrupole cooler-buncher for DESIR at SPIRAL2, Gerbaux et al, to be published soon



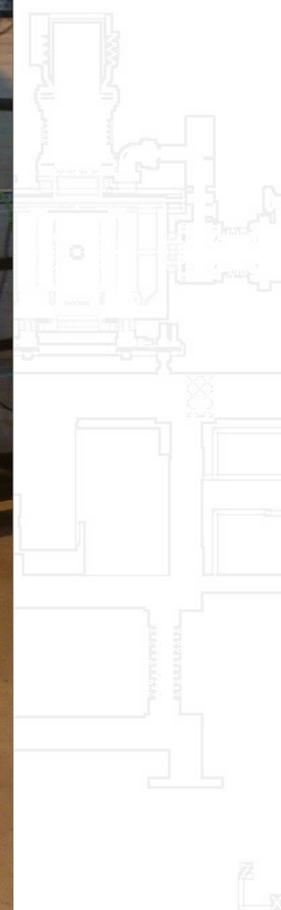
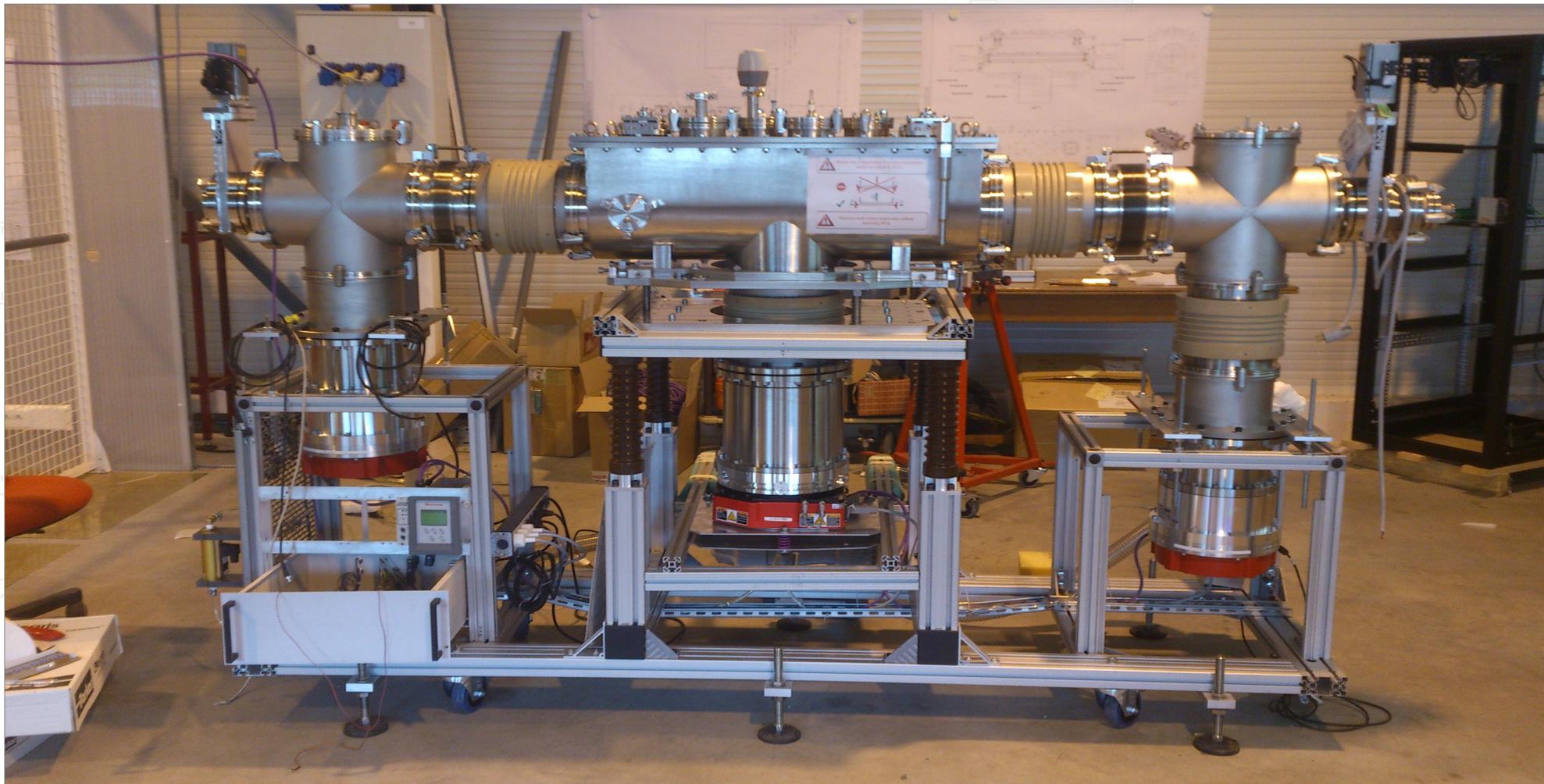
# GPIB - Système expérimental

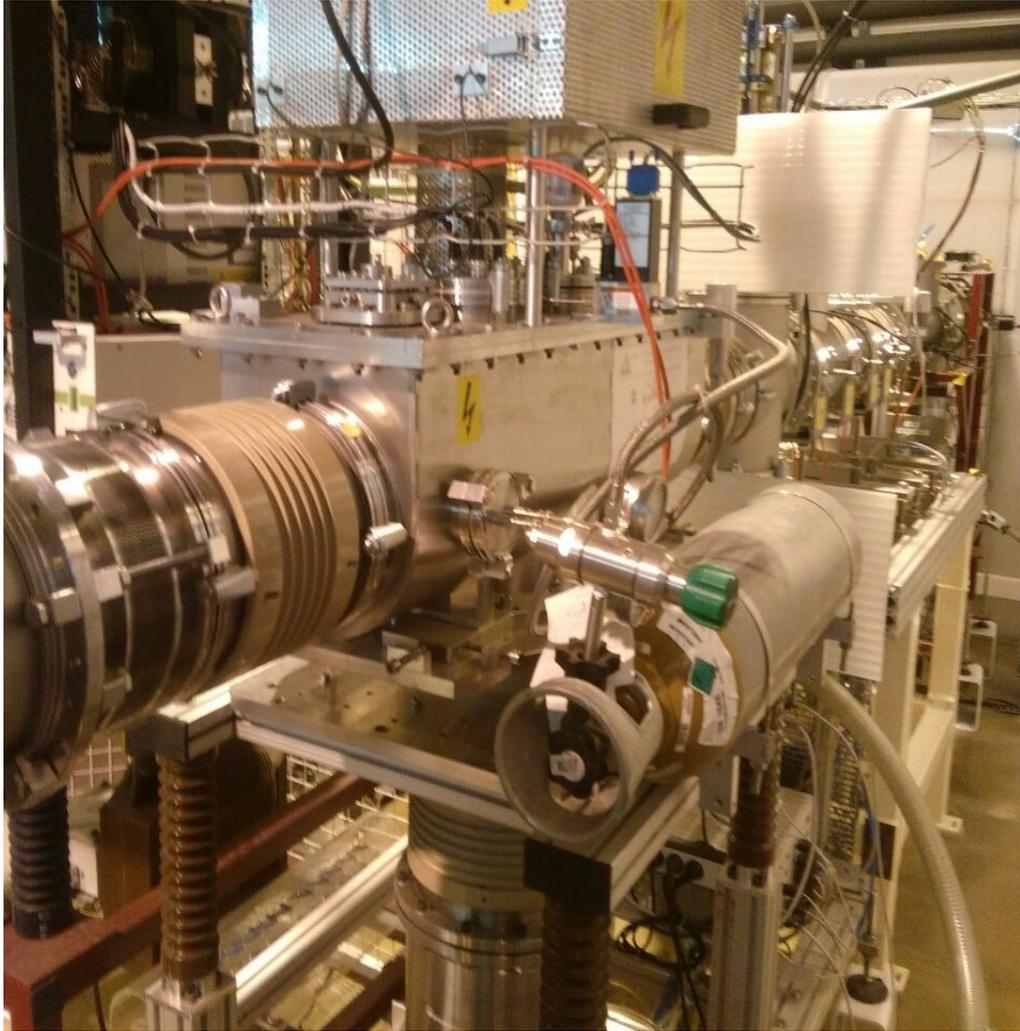


GPIB

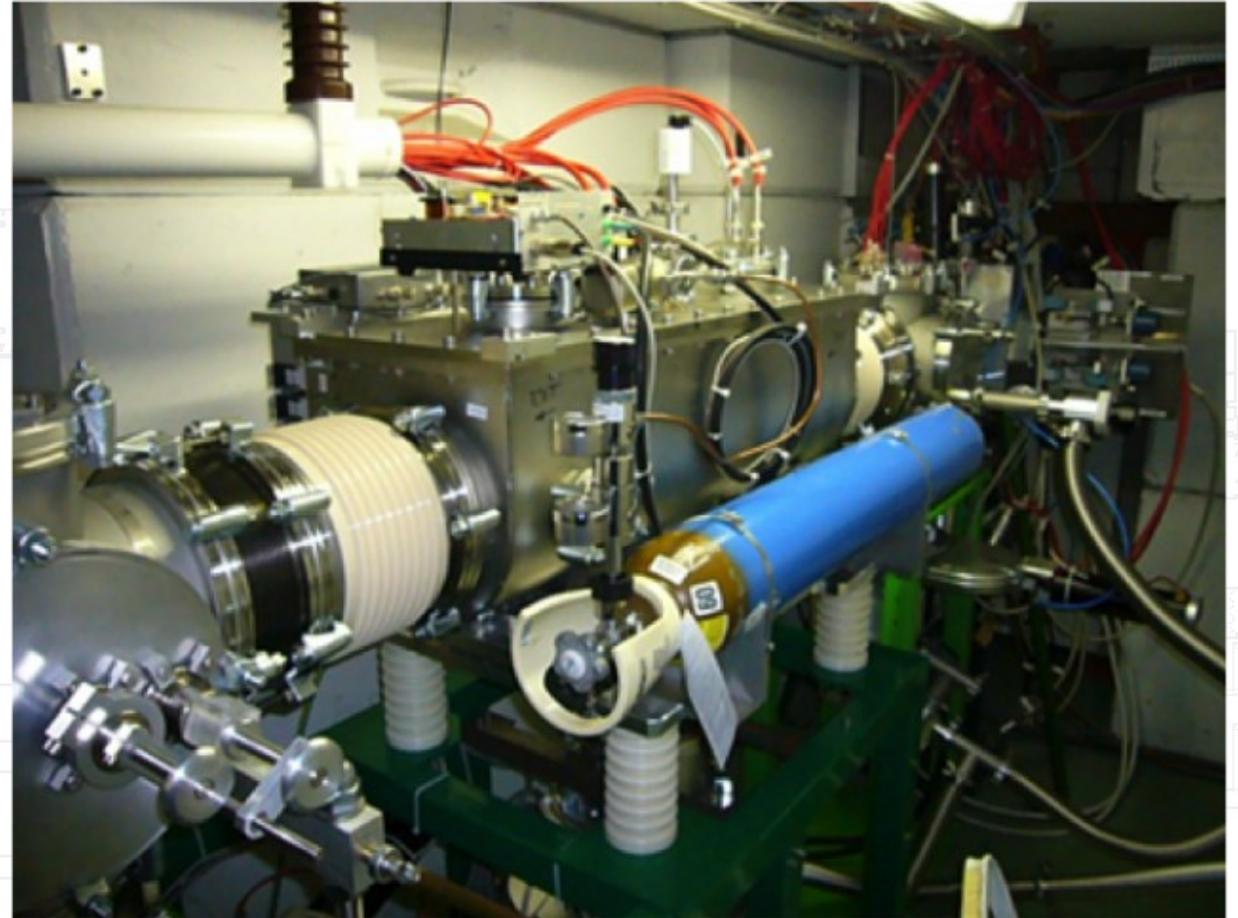


## GPIB - Développements techniques au CENBG





Cooler-Buncher GPIB @CENBG



Cooler-Buncher ISCOOL @ISOLDE/CERN

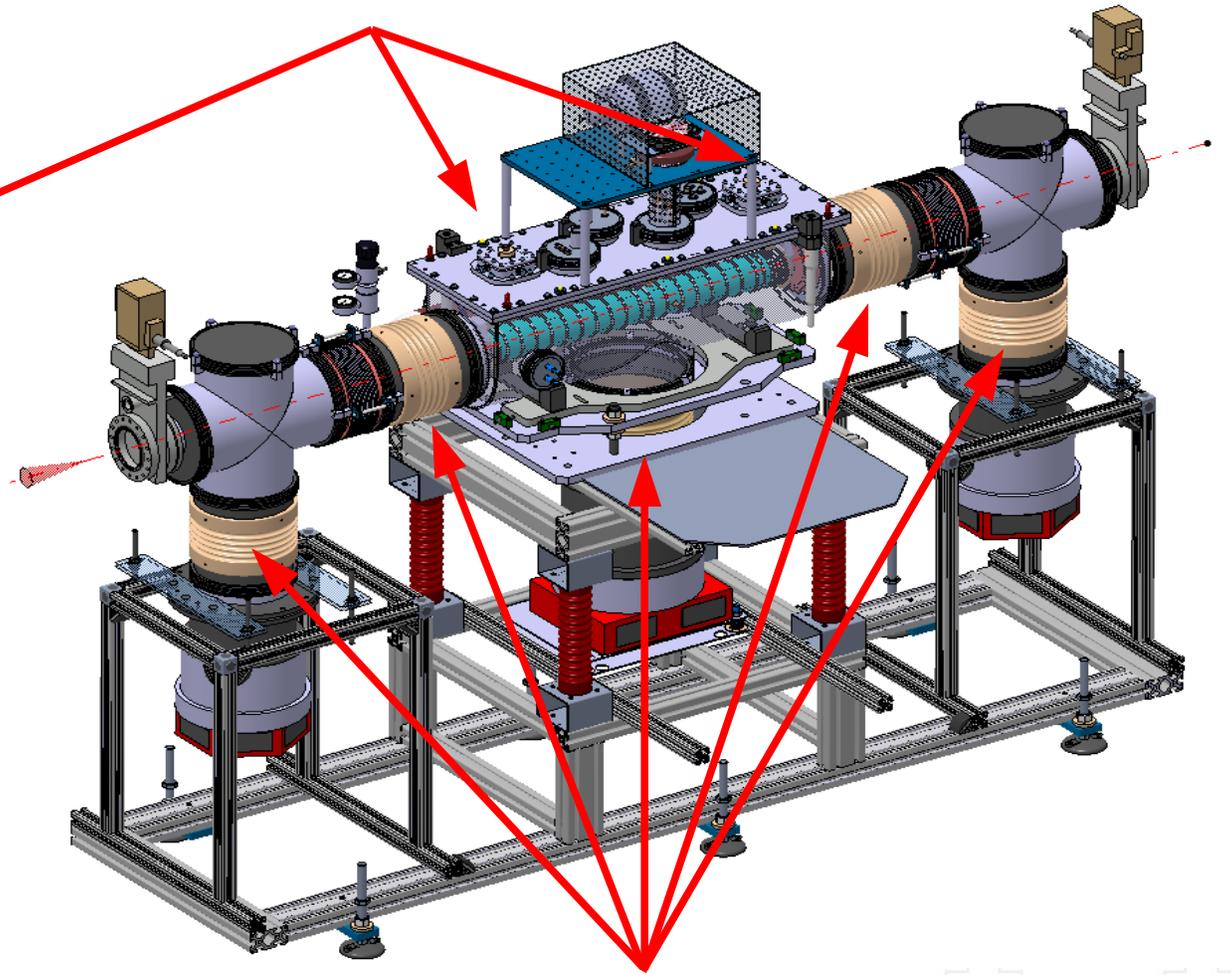
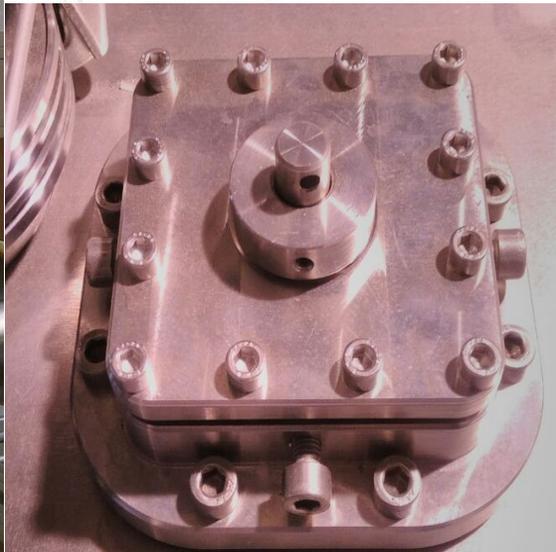
→ Dessin mécanique pré-existant et adapté

## Adaptations mécaniques : *service mécanique*

- système d'alignement de la tour d'électrodes
- isolants HT dimensionnés pour 60kV
- plateforme de soutien
- intégration générale

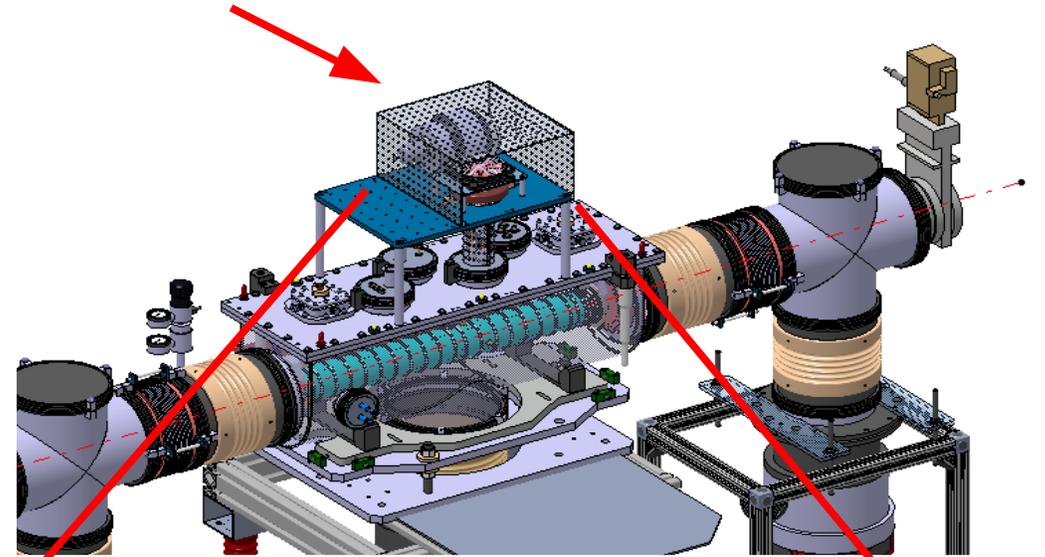
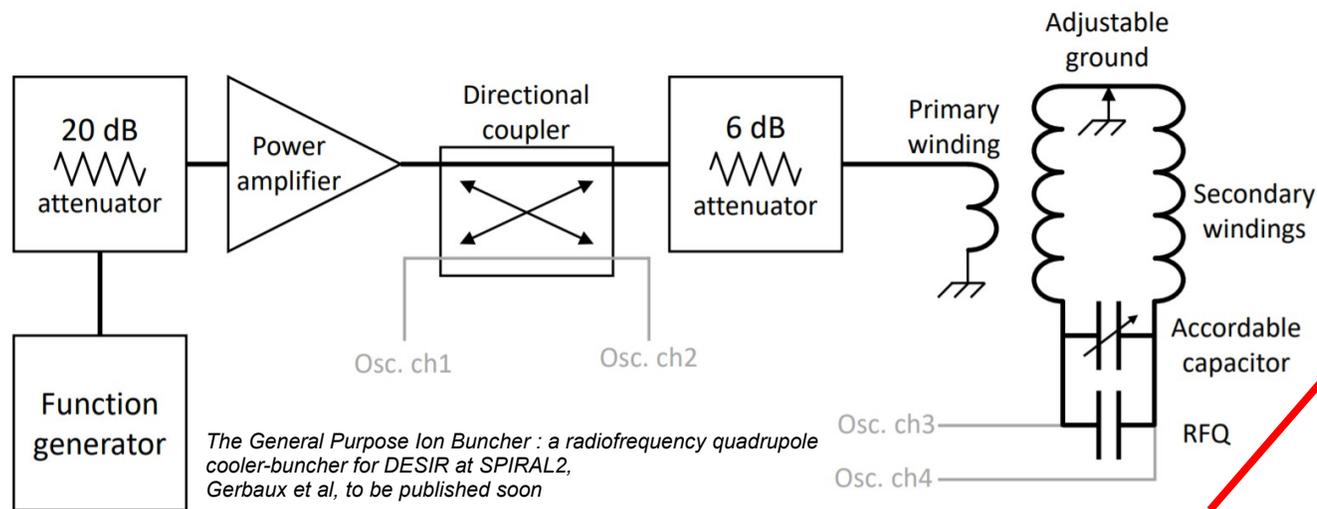


Système d'alignement du GPIB



Modifications : *service instrumentation* B. Thomas, L. Daudin, L. Lasne

- système RF adapté pour atteindre 8kVp-p



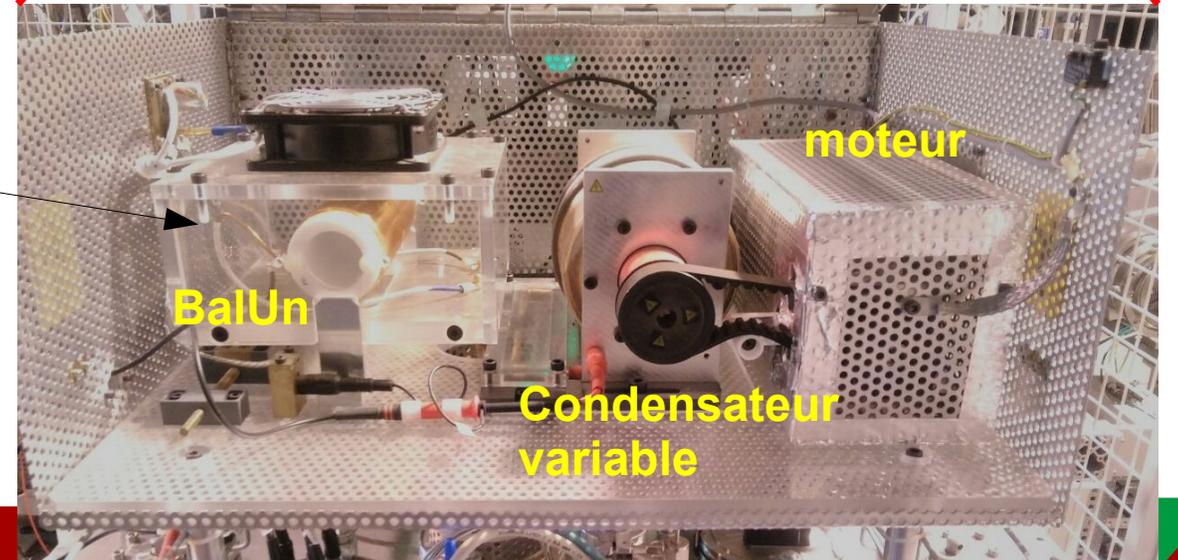
Adaptation des passages RF

Amplificateur de puissance 500W

→ 2021 : 2ème ampli 90W

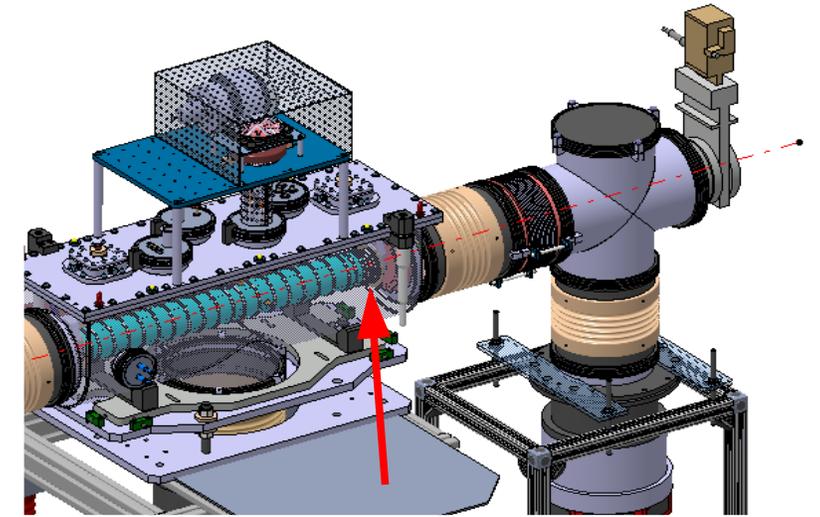
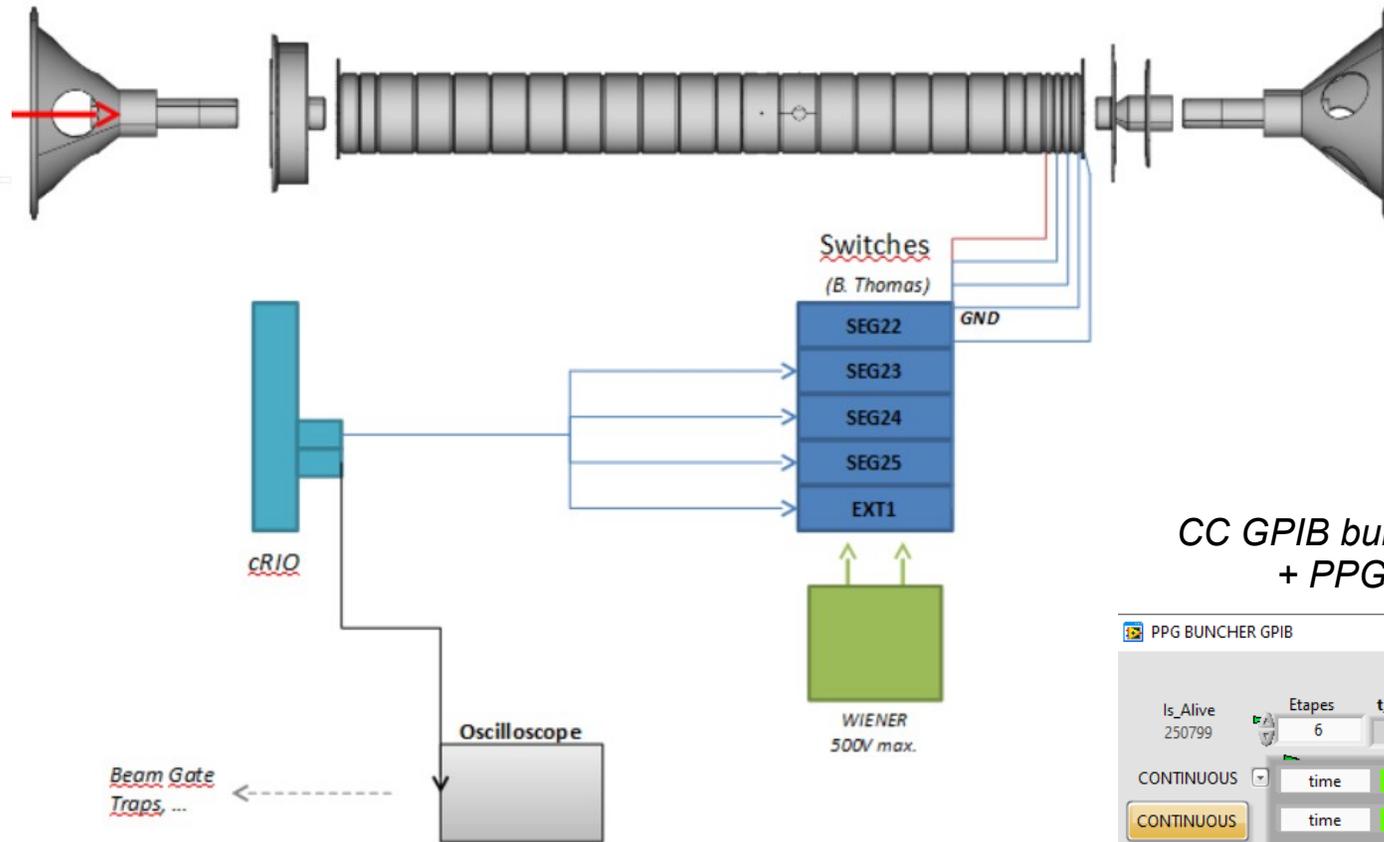
3 circuits symétriseurs BalUn

→ 3 gammes de fréquence

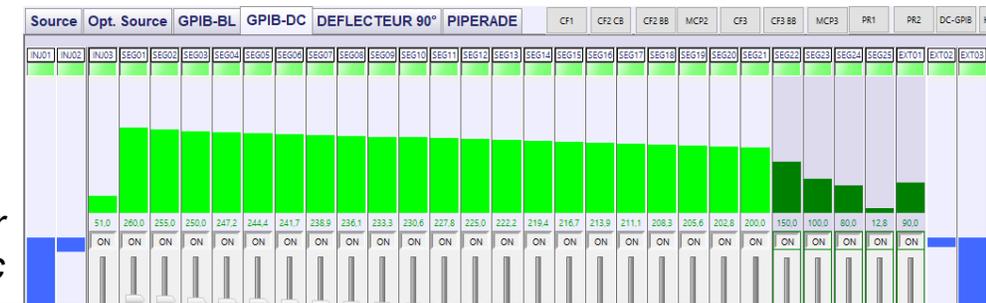


Modifications : *service instrumentation* B. Thomas, L. Daudin, L. Lasne, B. Lachacinski

- système RF adapté pour atteindre 8kVp-p
- commutateurs HT pour la mise en paquet + CC



CC GPIB buncher  
+ PPG sync



PPG BUNCHER GPIB

Is\_Alive: 250799

Etapes: 6, t\_Total (us): 500000

Mode	time	SEG22	SEG23	SEG24	SEG25	EXT1	TrigOscillo	BeamGate	Trig_Bunch	Stime
CONTINUOUS	10000	●	●	●	●	●	●	●	0	Stime:10000.000::256:0
CONTINUOUS	1	●	●	●	●	●	●	●	0	Stime:1.000::0:0
Periodic	489820	●	●	●	●	●	●	●	0	Stime:489820.000:0:0
State	10	●	●	●	●	●	●	●	0	Stime:10.000::272:0
Running	160	●	●	●	●	●	●	●	0	Stime:160.000::784:0
Start	9	●	●	●	●	●	●	●	0	Stime:9.000::272:0
Stop										

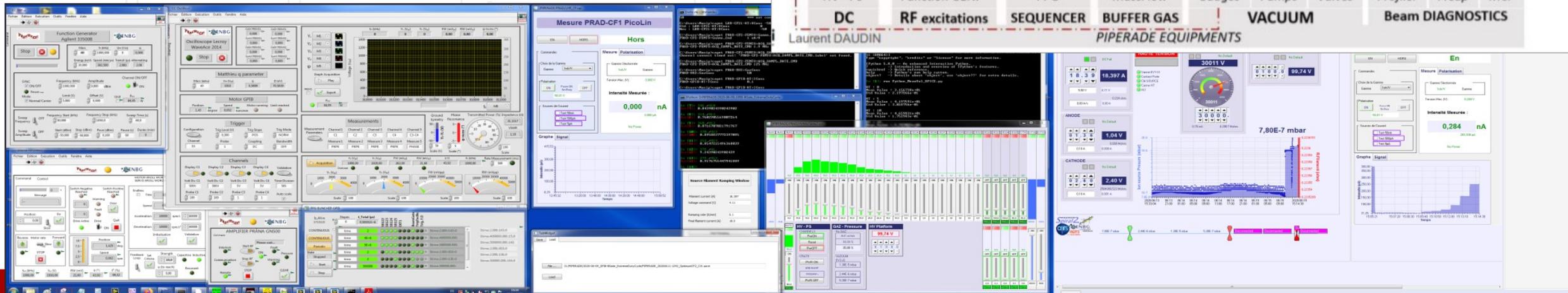
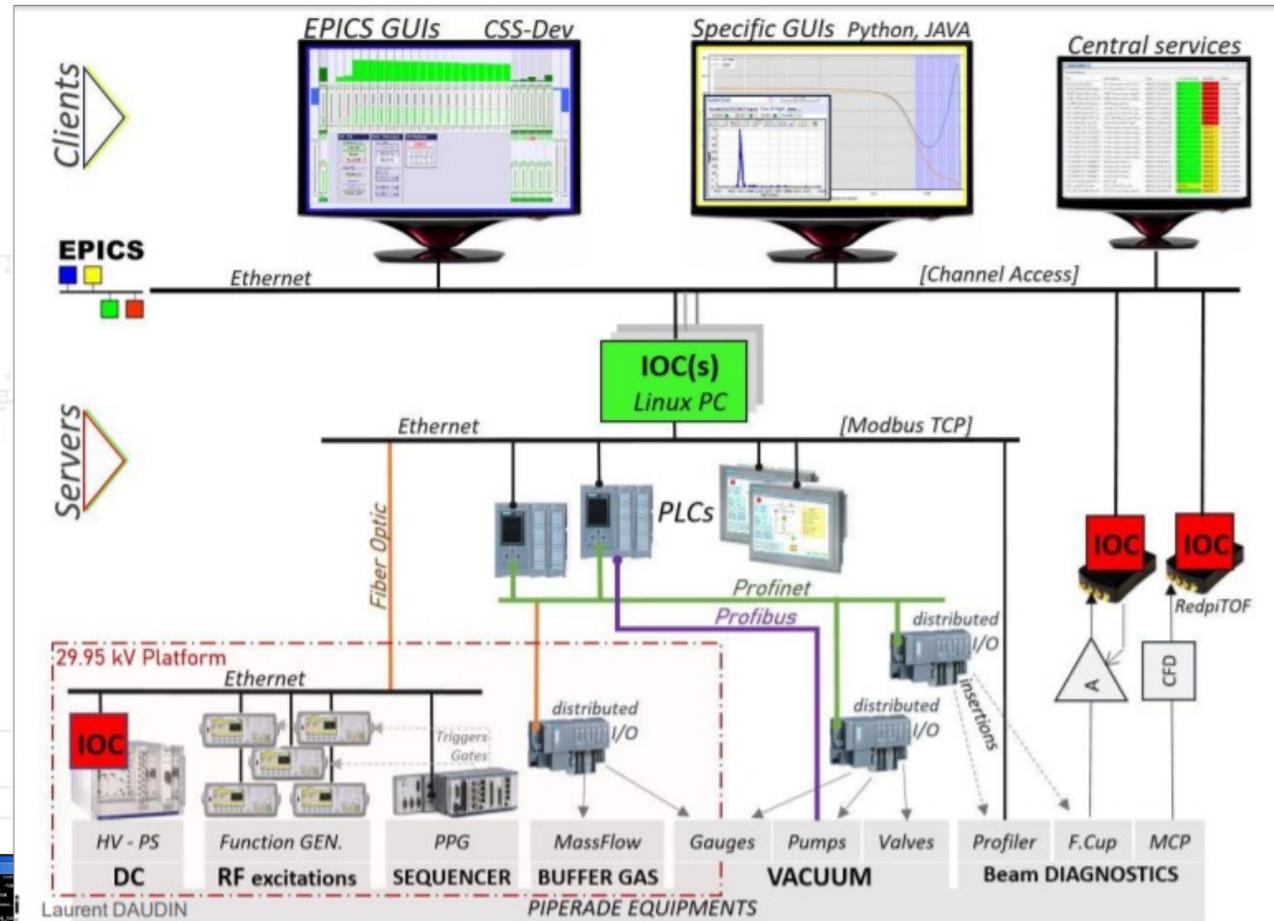
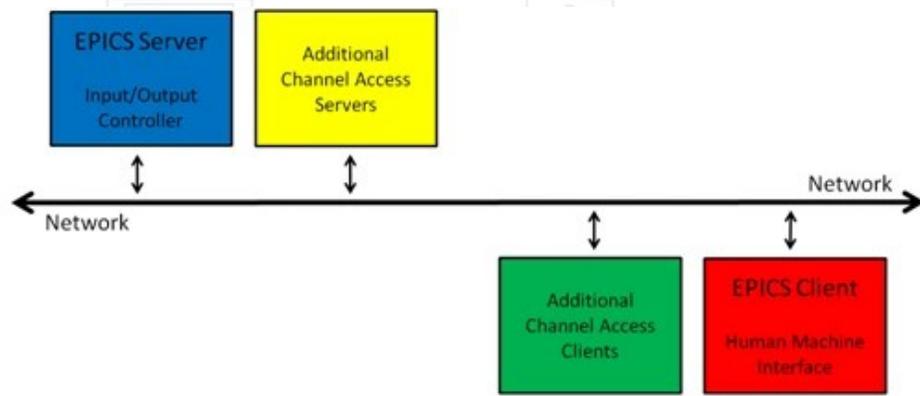
Stime:10000.000::256:0  
Stime:1.000::0:0  
Stime:489820.000::256:0  
Stime:10.000::272:0  
Stime:160.000::784:0  
Stime:9.000::272:0

# GPIB - Développements techniques

## Modifications : *service instrumentation*

L. Daudin,  
B. Lachacinski

- système RF adapté pour atteindre 8kVp-p
- commutateurs HT pour la mise en paquet
- contrôle-commande basé sur EPICS

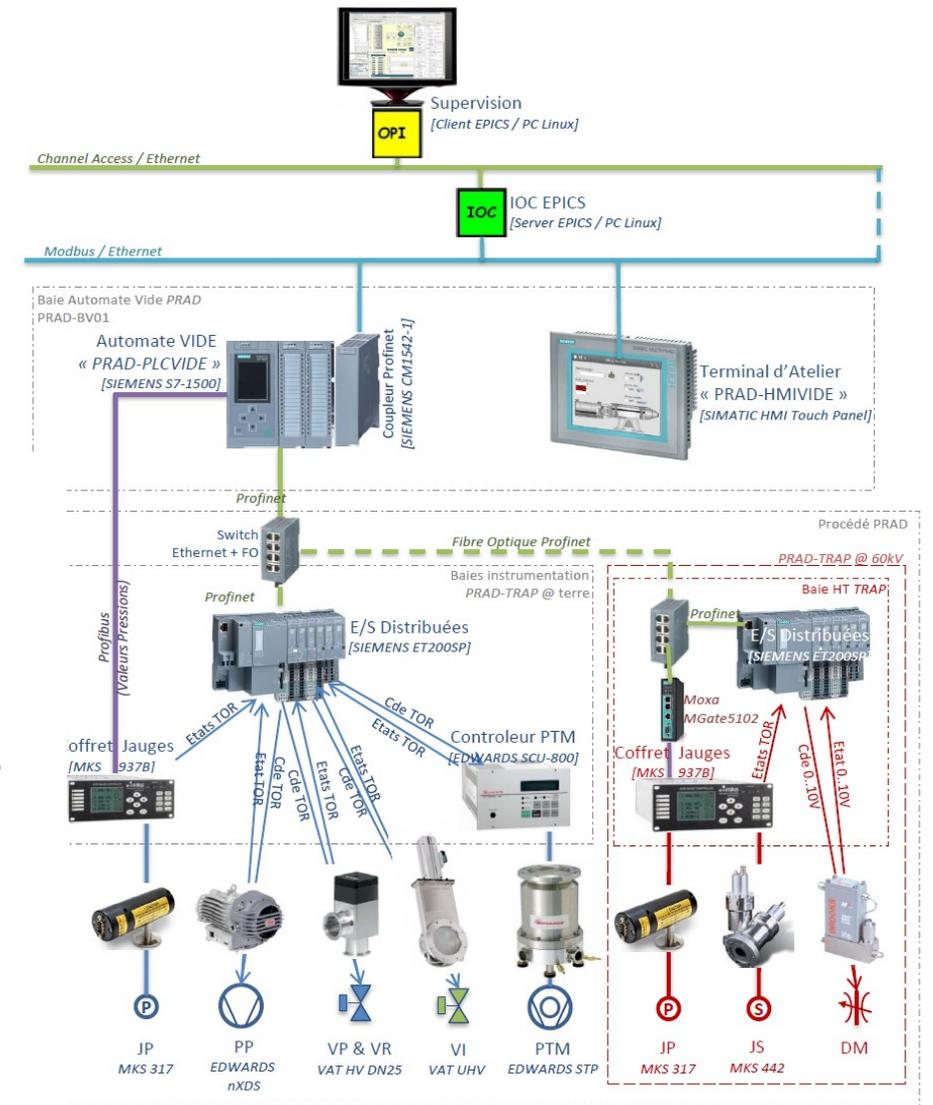
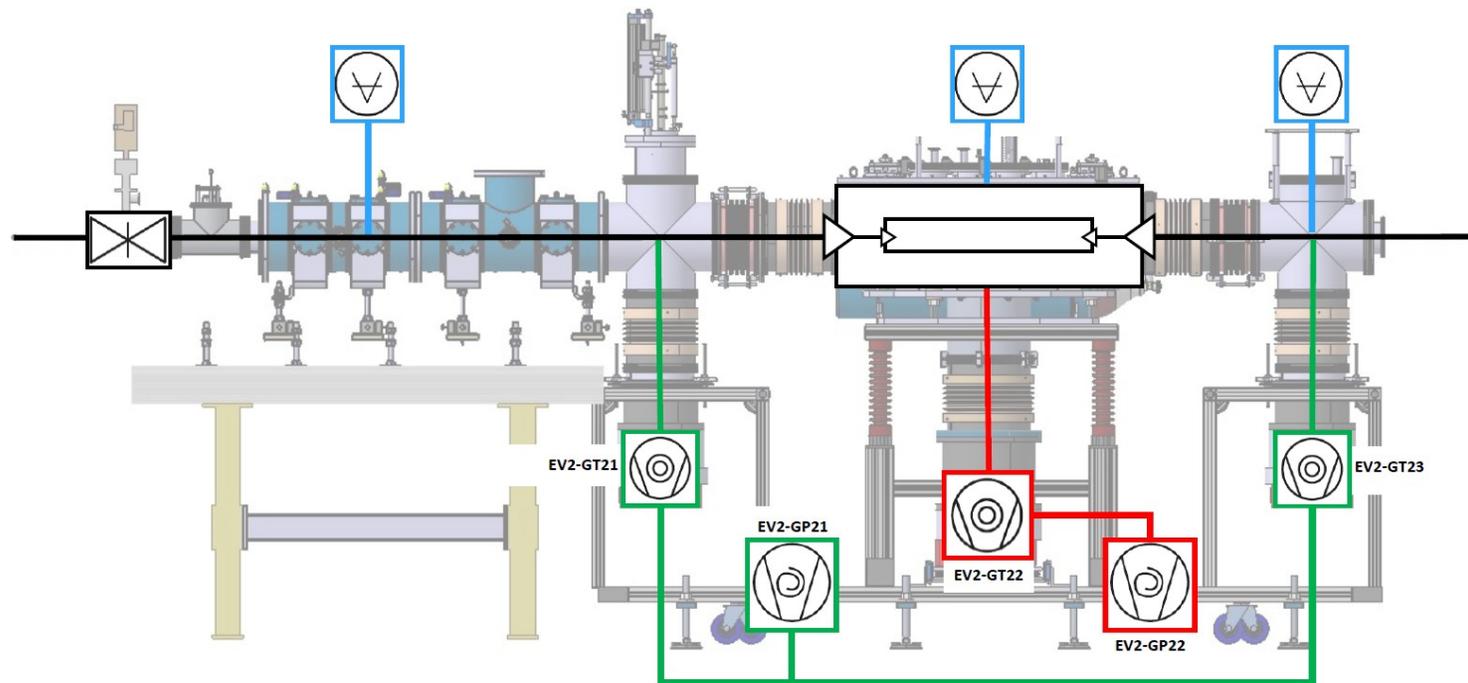


# GPIB - Développements techniques

## Modifications : *service instrumentation*

P. Alfaut

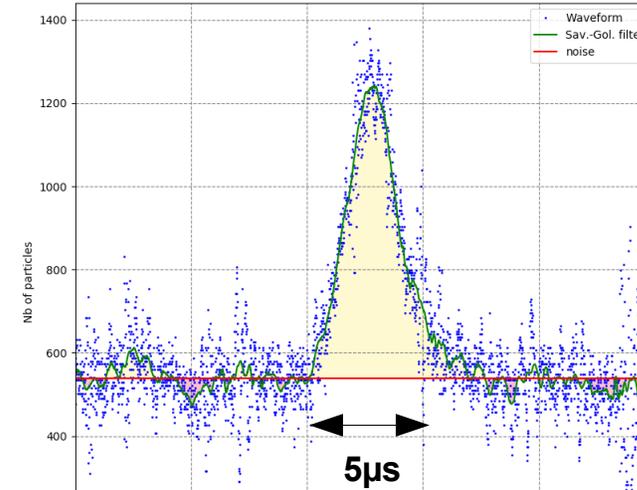
- système RF adapté pour atteindre 8kVp-p
- commutateurs HT pour la mise en paquet
- contrôle-commande basé sur EPICS
- système de pompage différentiel + automate



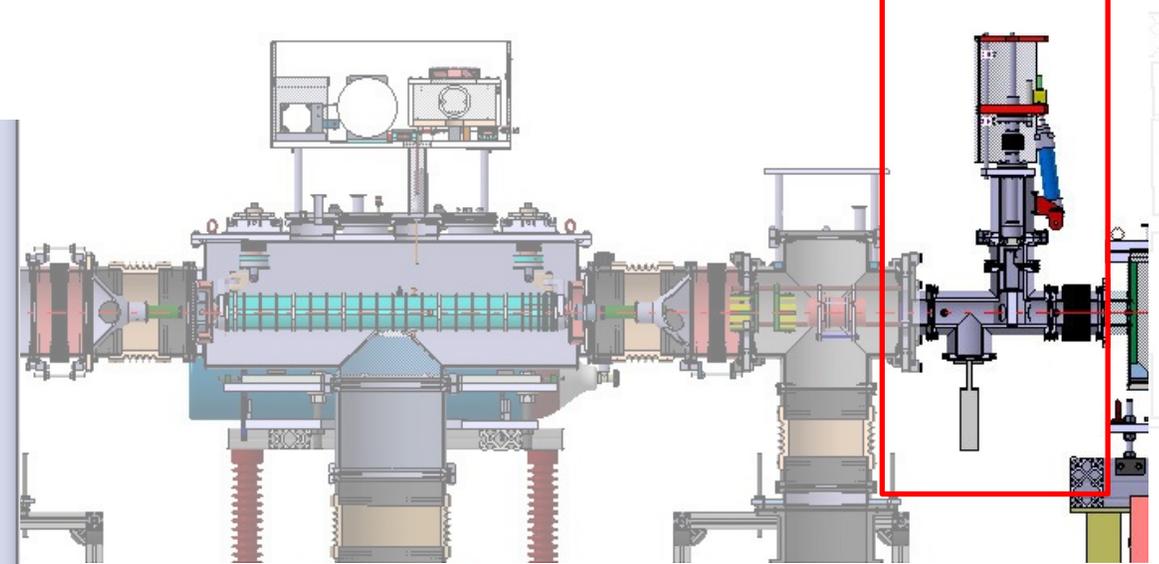
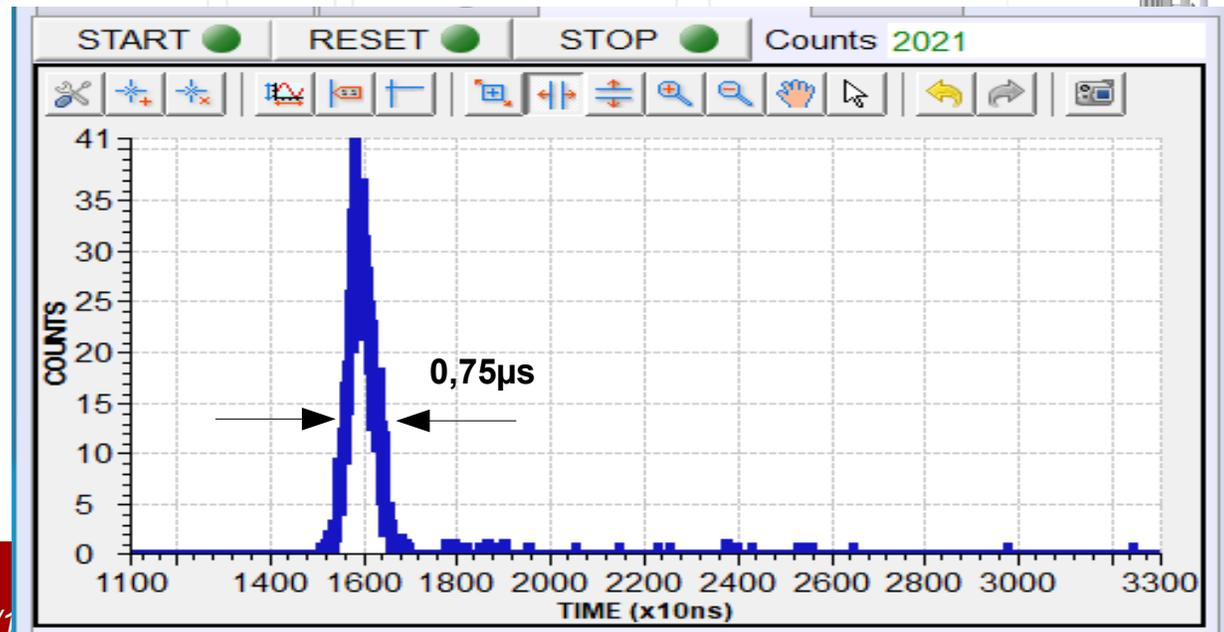
## Détecteurs : *service instrumentation*

L. Daudin, B. Lachacinski

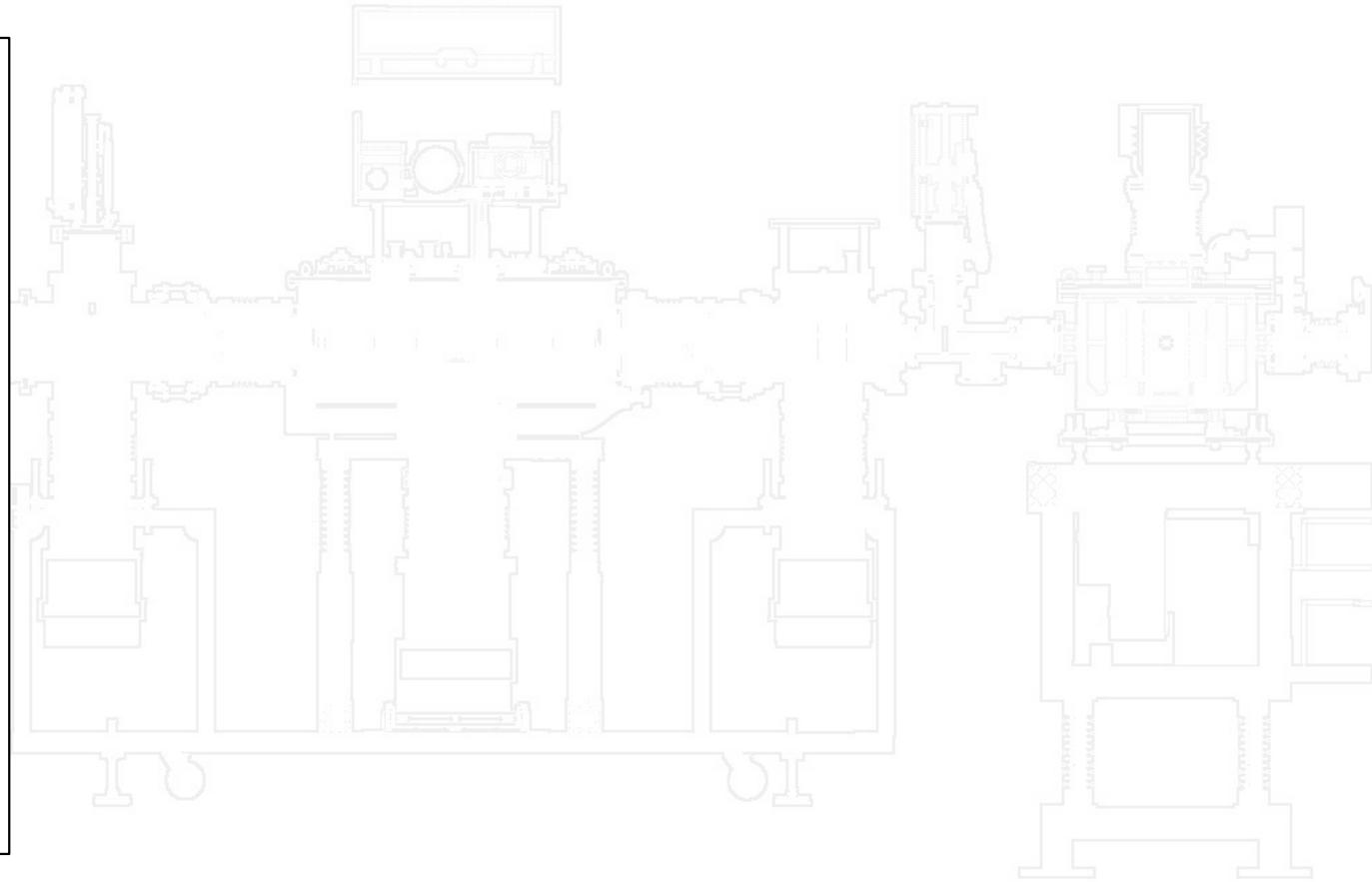
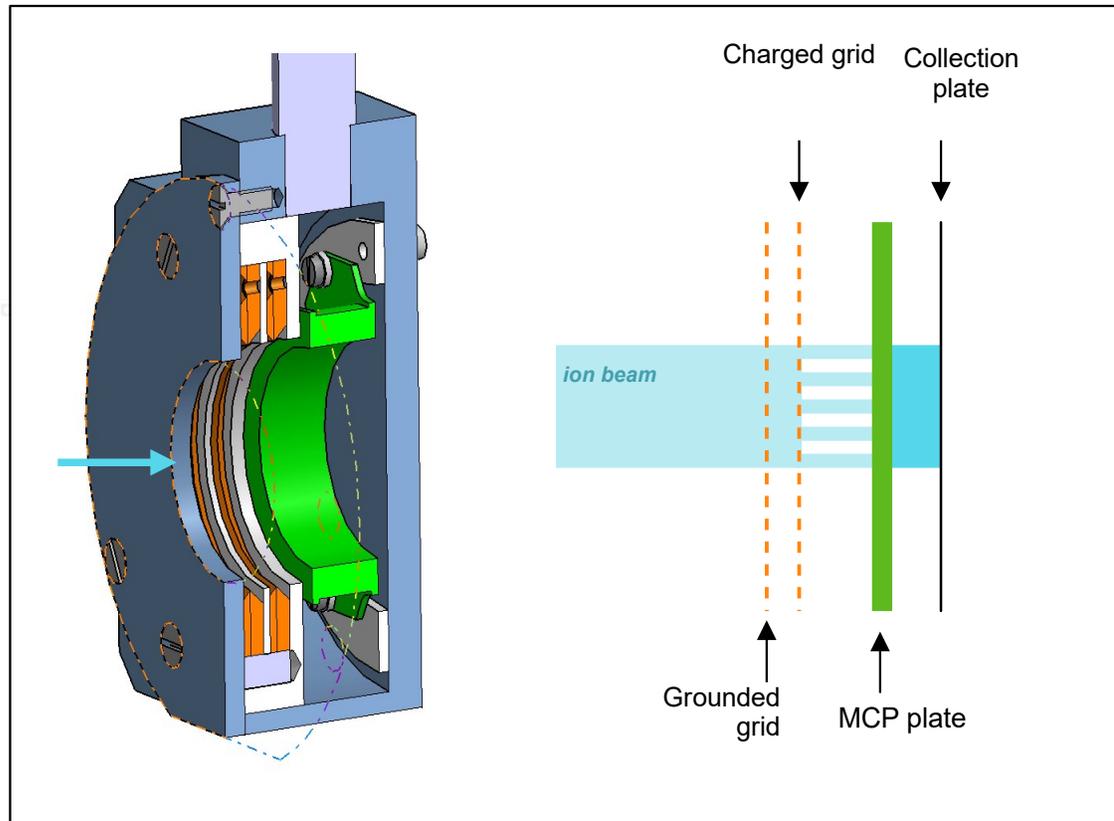
- coupelle Faraday
  - mesure de la transmission – faisceau continu
  - faisceau en paquets – grand nombre d'ions
  - utilisation d'une trans-impédance FEMTO
- Micro-Channel Plate
  - faisceau en paquet peu intense
  - mode comptage d'ions
  - utilisation du système RedPiTOF



Détection de paquets d'ions intense  
Coupelle Faraday  
Trans-impédance FEMTO

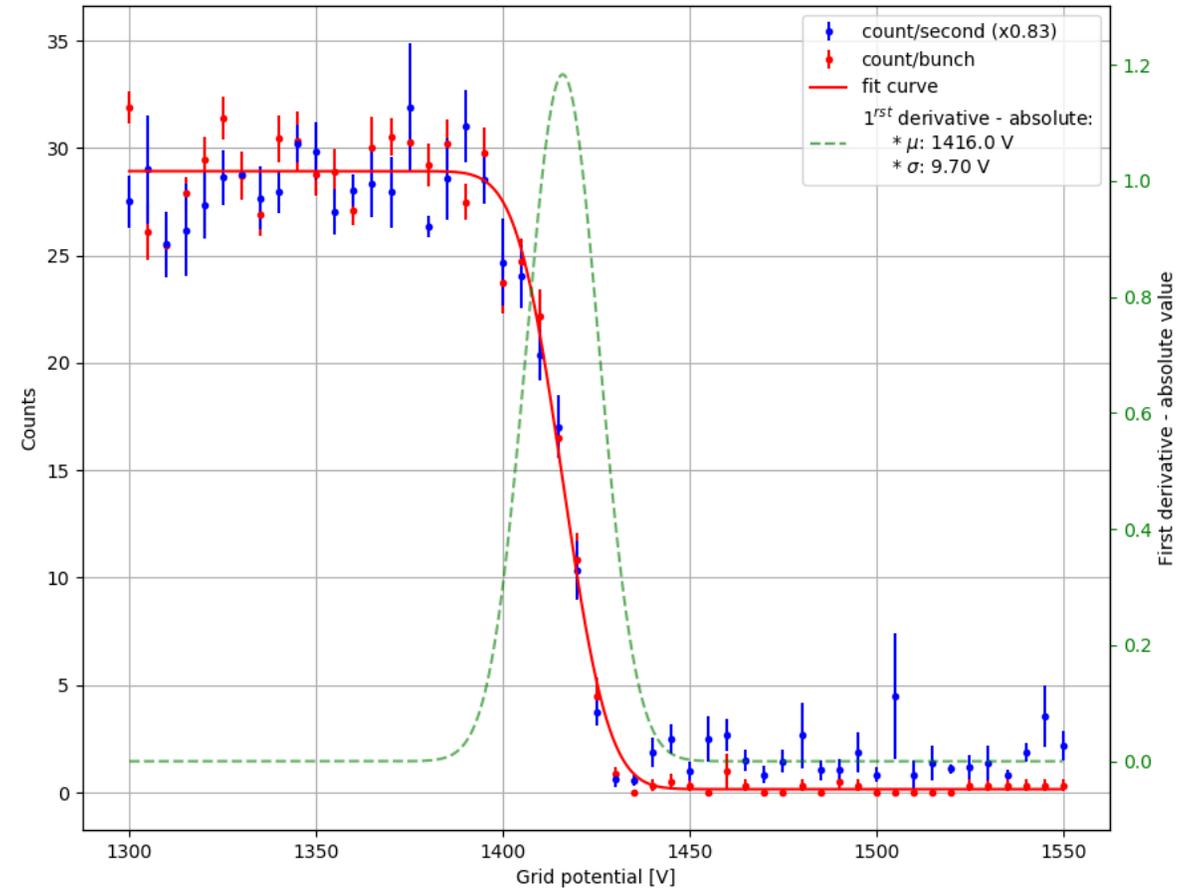
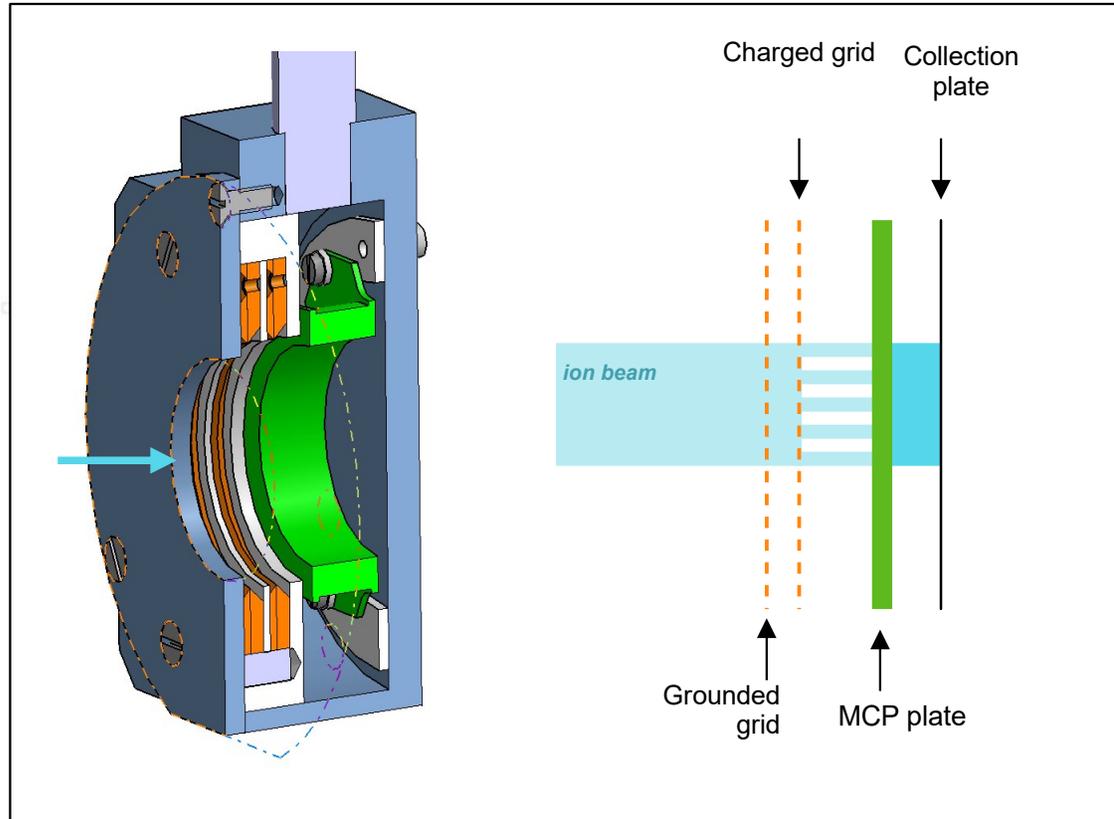


## Particularités - MCP + mesure de l'énergie *L. Daudin, B. Lachacinski, S. Perard*



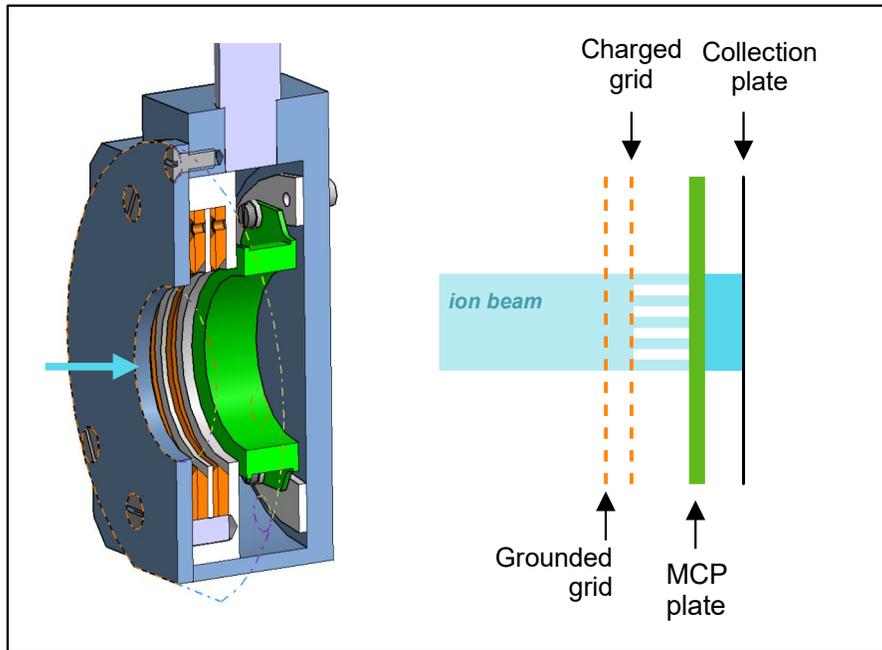
## Particularités - MCP + mesure de l'énergie

L. Daudin, B. Lachacinski, S. Perard



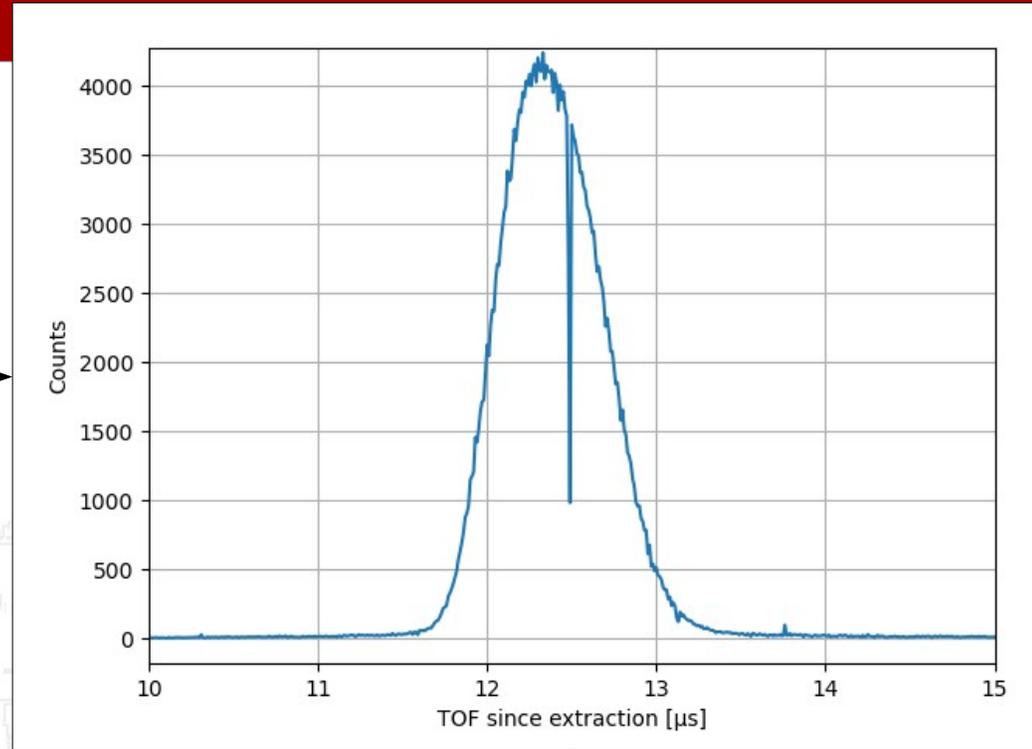
Courbe d'extinction du faisceau ( $E = 1420 \text{ eV}$ )

# GPIB - Développements techniques

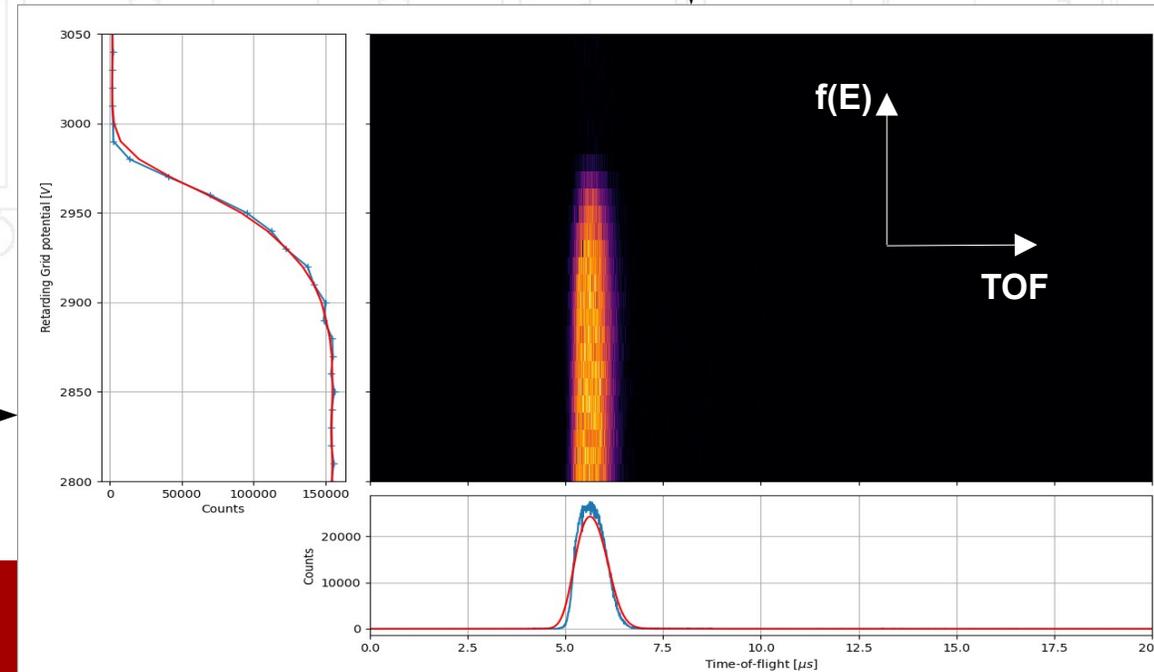
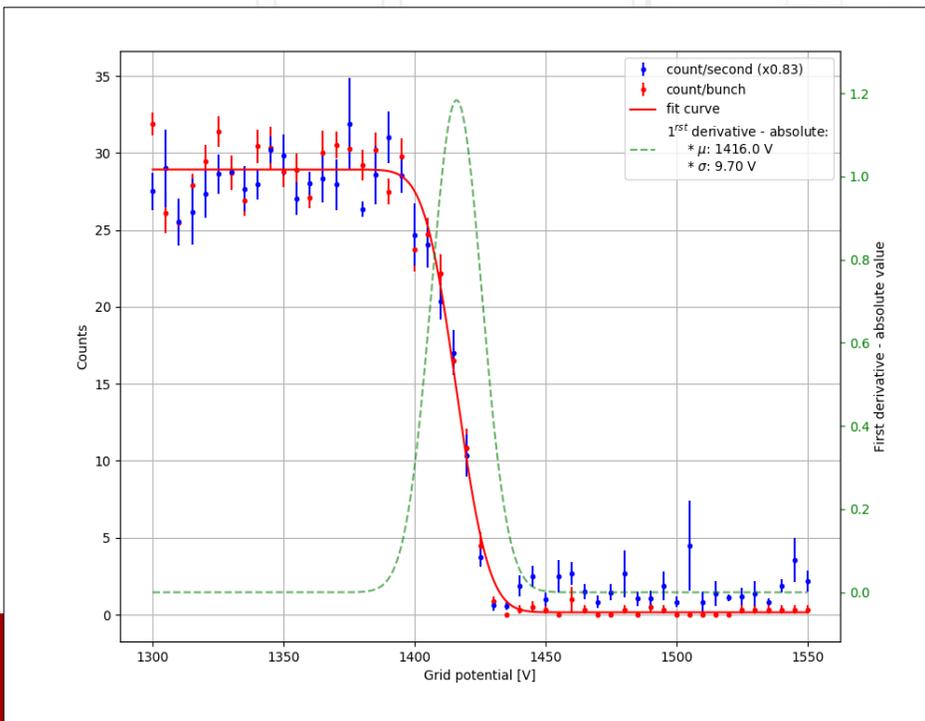


*L. Daudin,  
B. Lachacinski,  
S. Perard*

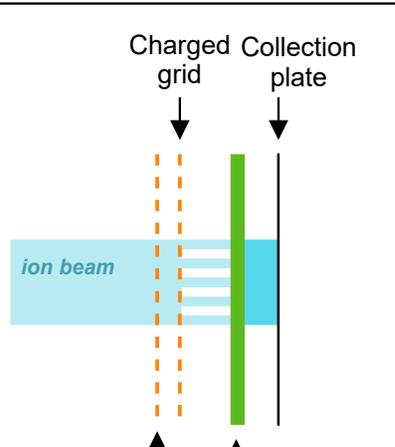
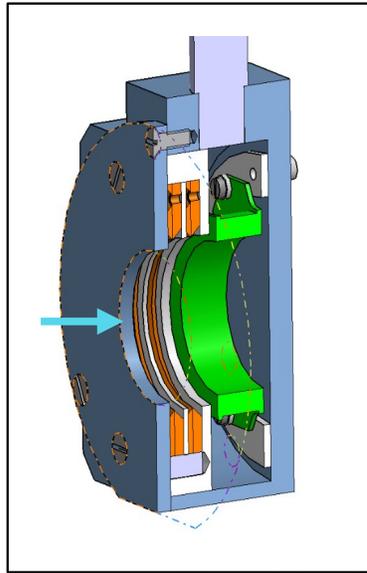
Histogramme en temps-de-vol



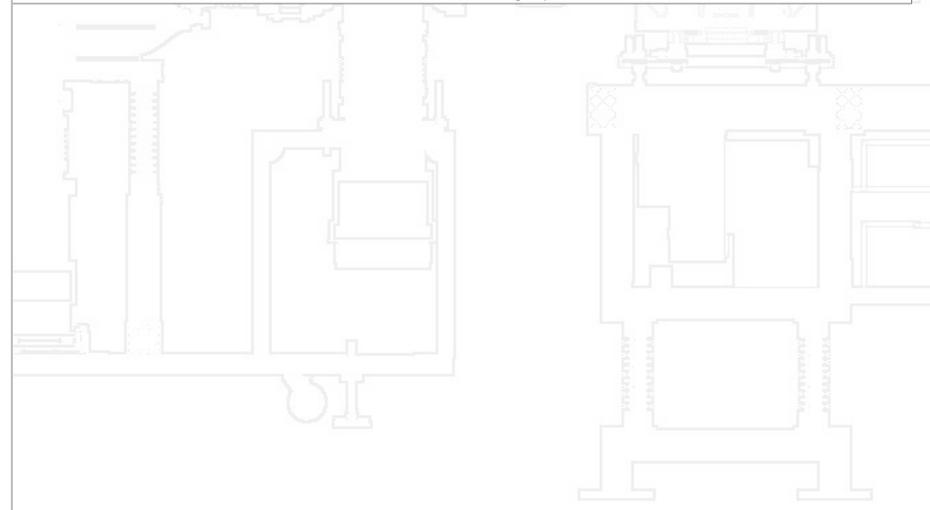
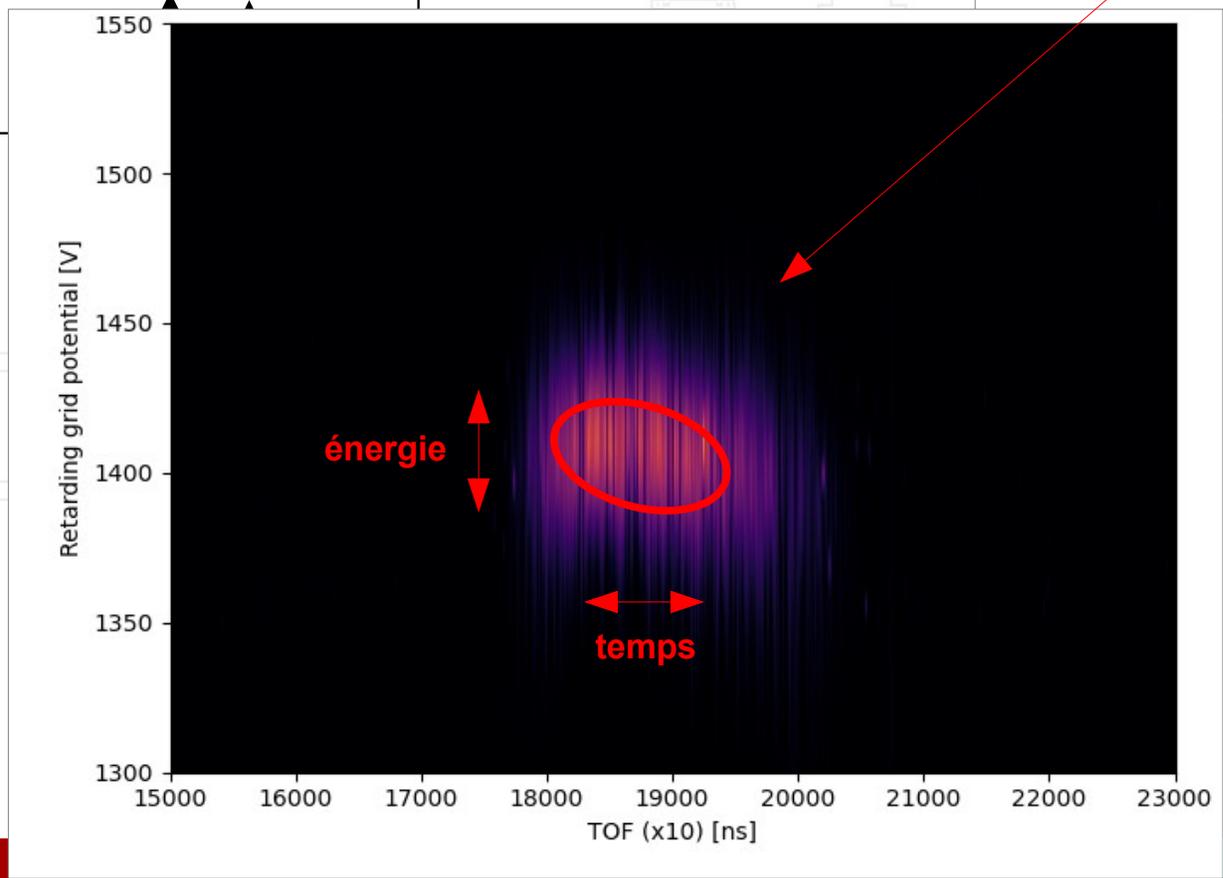
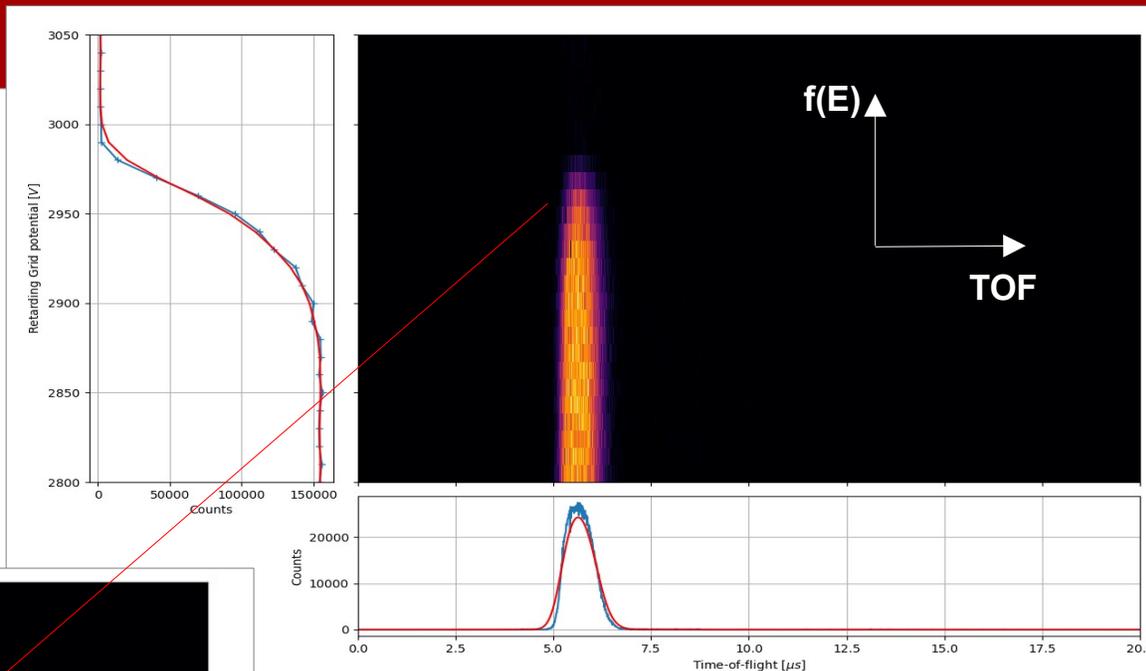
Courbe d'extinction



# GPIB - Développements techniques



L. Daudin,  
B. Lachacinski,  
S. Perard



Exemple d'analyse pour l'émission longitudinale

Ligne GPIB/PIPERADE – source de potassium

CW mode:

Mesure de l'émittance transverse

Pour des faisceau jusqu'à  $10^8$ pps ( $\sim 20$ pA)

Transmission:

**80% @ 30 keV**

**92% @ 3keV**

Bunch mode:

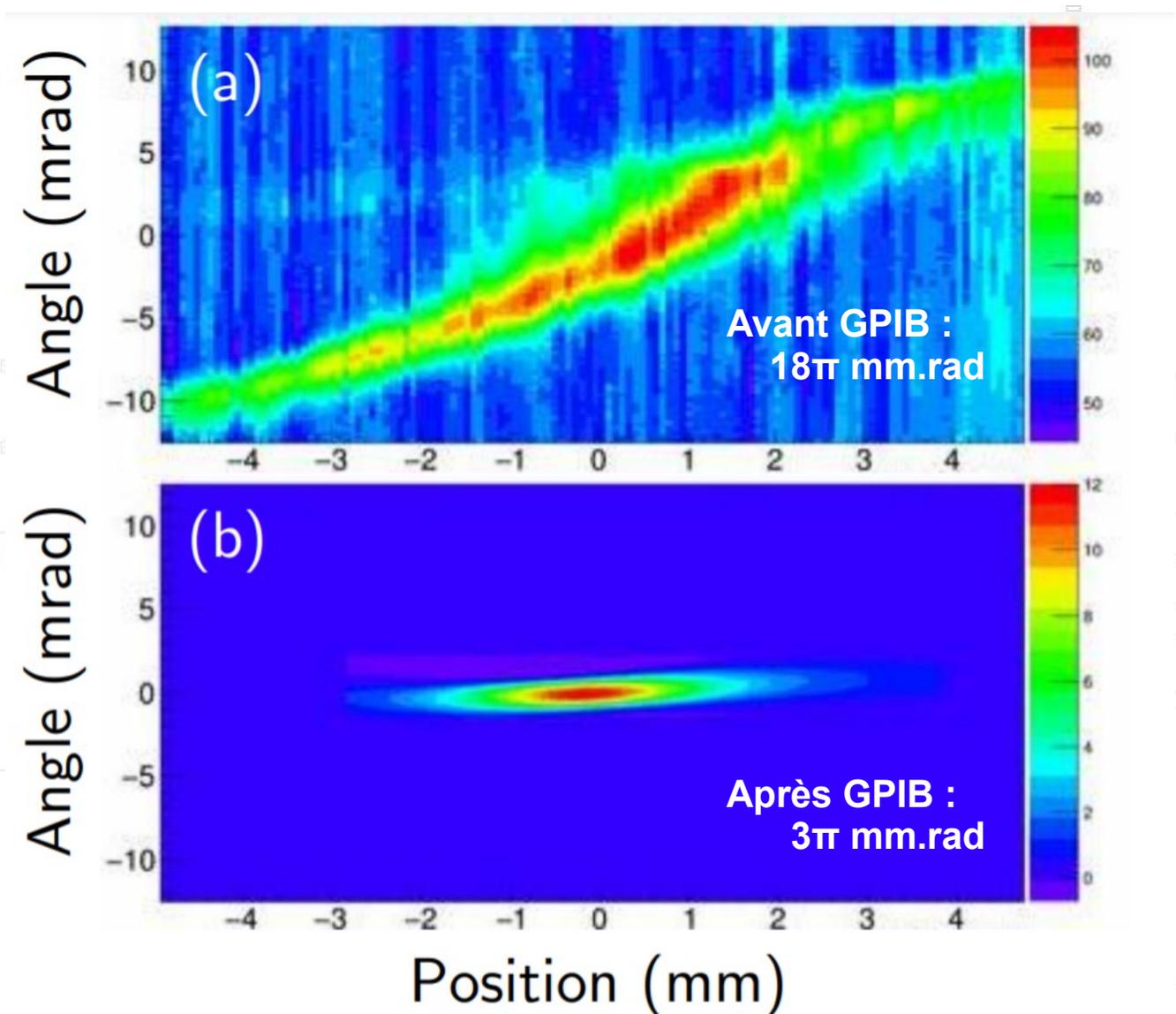
Taux de répétition : 1 – 100 Hz

Longueur des paquets :

- Extraction 30keV :  $0.7\mu\text{s}$  FWHM

- Extraction 3keV :  $\sim 1-2\ \mu\text{s}$

Mesure de la dispersion en énergie :  $\sim 10\text{eV}$  in 10ms



*The General Purpose Ion Buncher : a radiofrequency quadrupole cooler-buncher for DESIR at SPIRAL2, Gerbaux et al, to be published soon*

## Ligne GPIB/PIPERADE – source de potassium

### CW mode:

Mesure de l'émittance transverse

Pour des faisceau jusqu'à  $10^8$ pps ( $\sim 20$ pA)

Transmission:

**80% @ 30 keV**

**92% @ 3keV**

### Bunch mode:

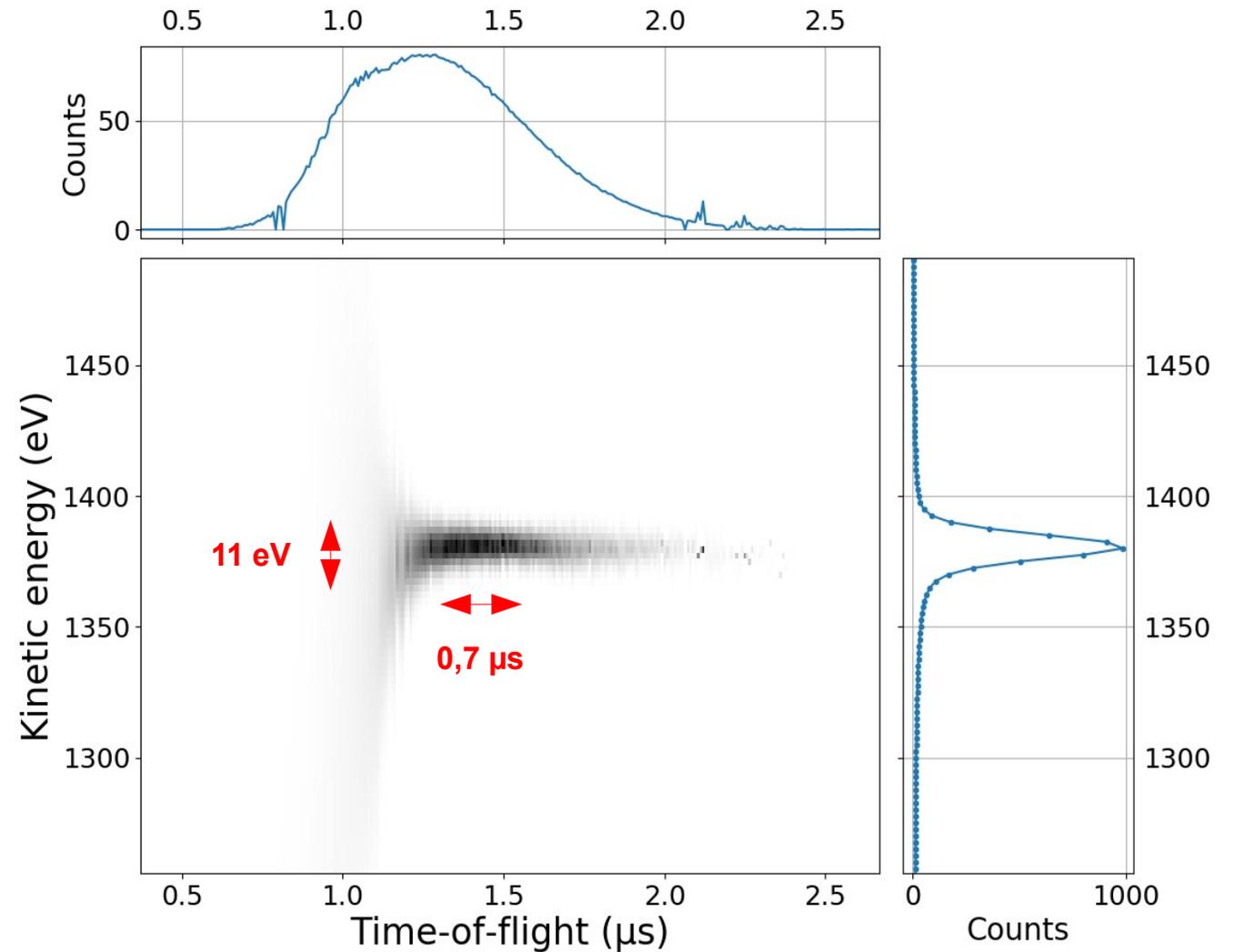
Taux de répétition : 1 – 100 Hz

Longueur des paquets :

- Extraction 30keV :  $0.7\mu\text{s}$  FWHM

- Extraction 3keV :  $\sim 1-2\mu\text{s}$

Mesure de la dispersion en énergie :  $\sim 10\text{eV}$  in 10ms



## Ligne GPIB/PIPERADE – source de potassium

### CW mode:

Mesure de l'émittance transverse

Pour des faisceau jusqu'à  $10^8$ pps ( $\sim 20$ pA)

Transmission:

**80% @ 30 keV**

**92% @ 3keV**

### Bunch mode:

Taux de répétition : 1 – 100 Hz

Longueur des paquets :

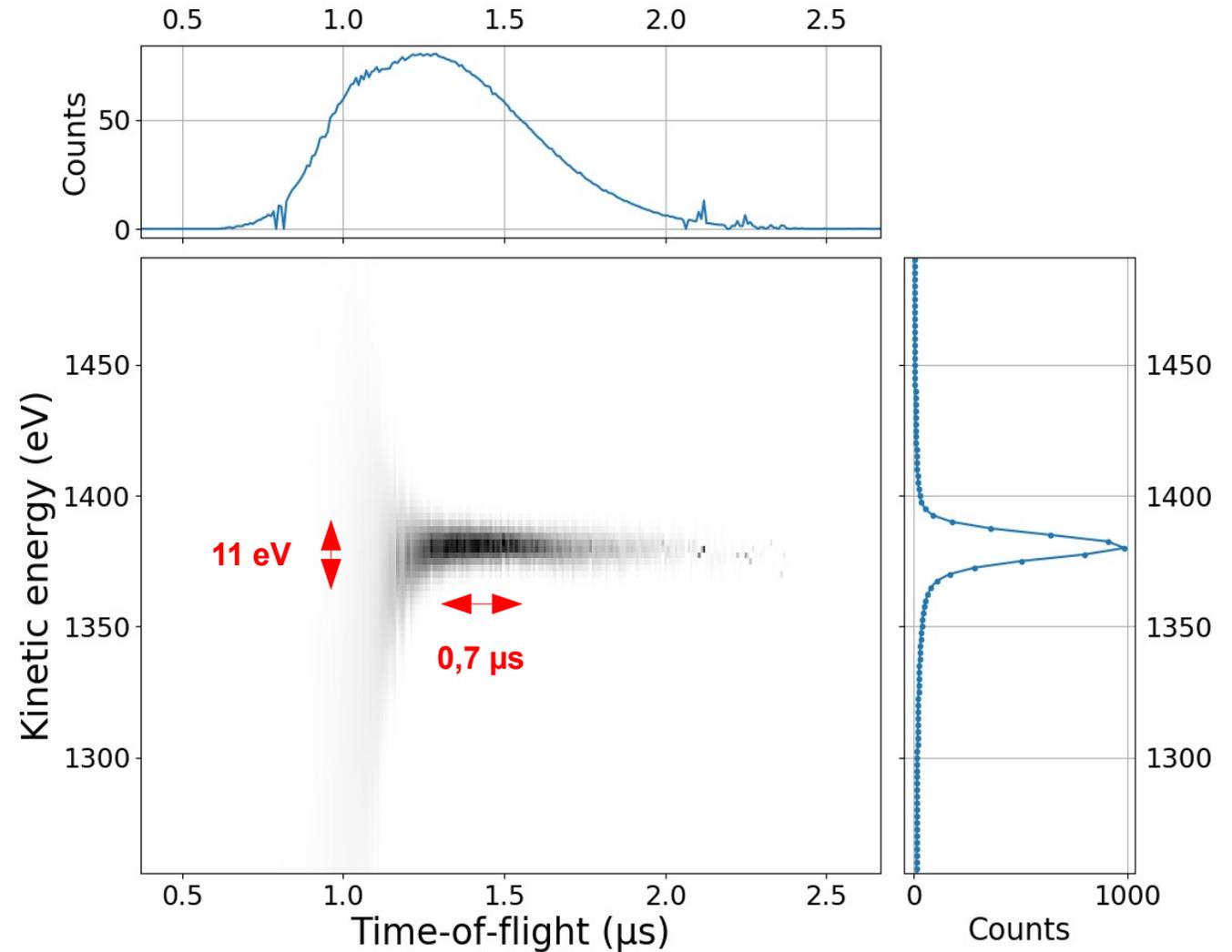
- Extraction 30keV :  $0.7\mu\text{s}$  FWHM

- Extraction 3keV :  $\sim 1-2\mu\text{s}$

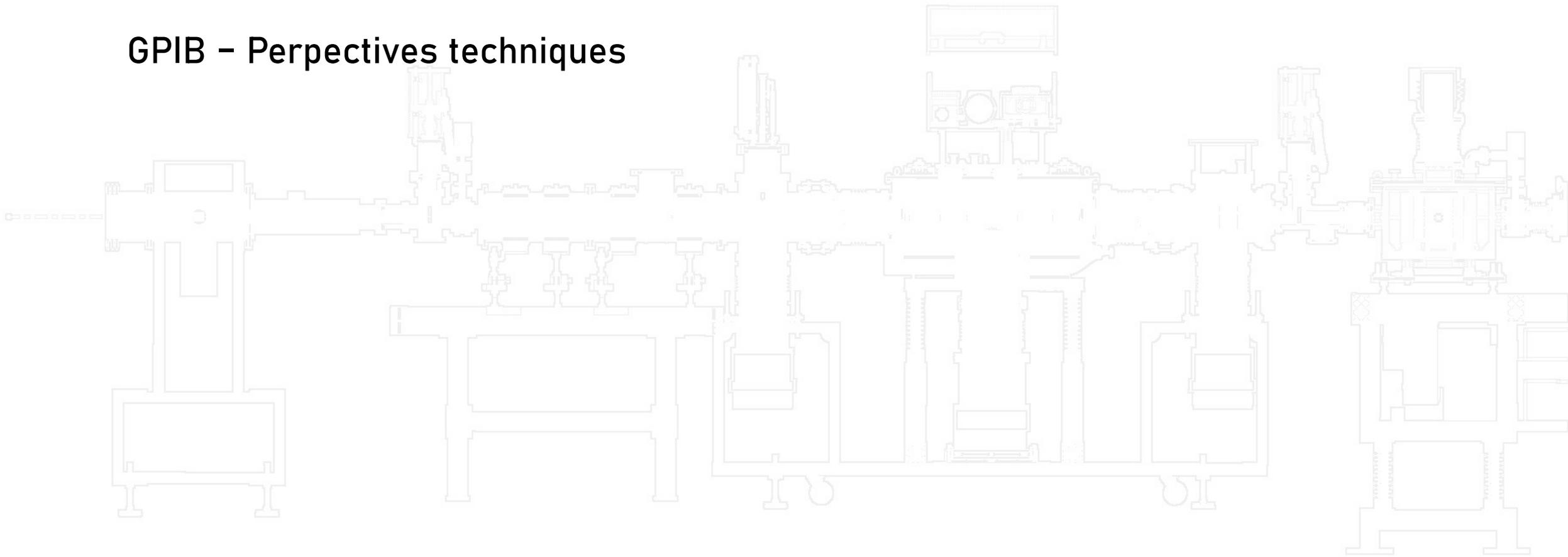
Mesure de la dispersion en énergie :  $\sim 10\text{eV}$  in 10ms

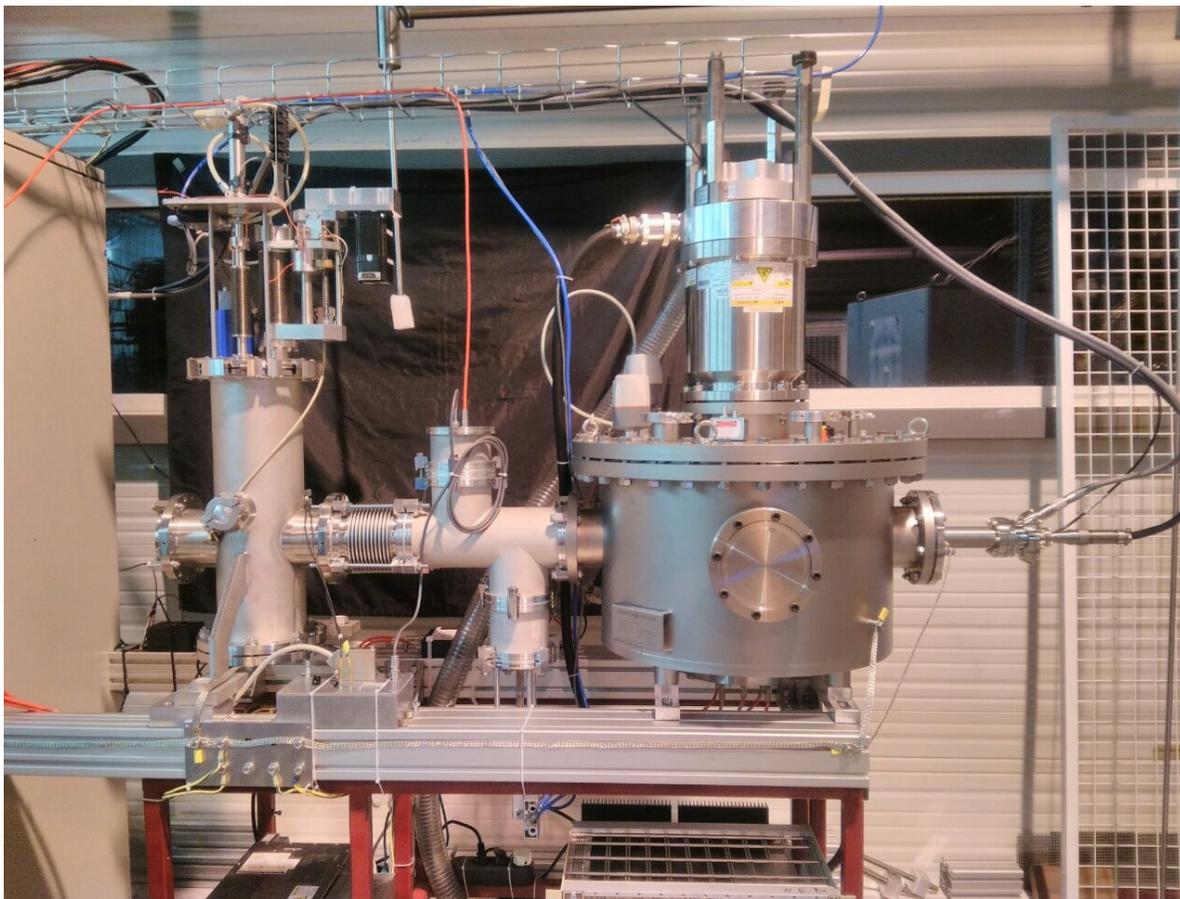
### A faire :

- mesure d'émittance transverse en paquet
- mesure de la transmission en paquet
- optimisation de la dispersion en énergie
- tests à plus haute intensité



## GPIB - Perspectives techniques





*L. Daudin, B. Lachacinski, S. Perard*

Banc de test pour les détecteurs

Source de rubidium commercial - Kimball

Mode CW :

Mesure de l'énergie – sur une coupelle Faraday ?

Mesure de l'émittance transverse

→ caractérisation d'un émittance-mètre pour le GPIB

Mode en paquets:

Garantir la faisabilité des mesures de transmission, d'énergie et de dispersion en temps-de-vol sur toute la gamme d'intensité.

Paquets d'ions intenses ( $>10^4$  evts) → CF avec trans-impédance

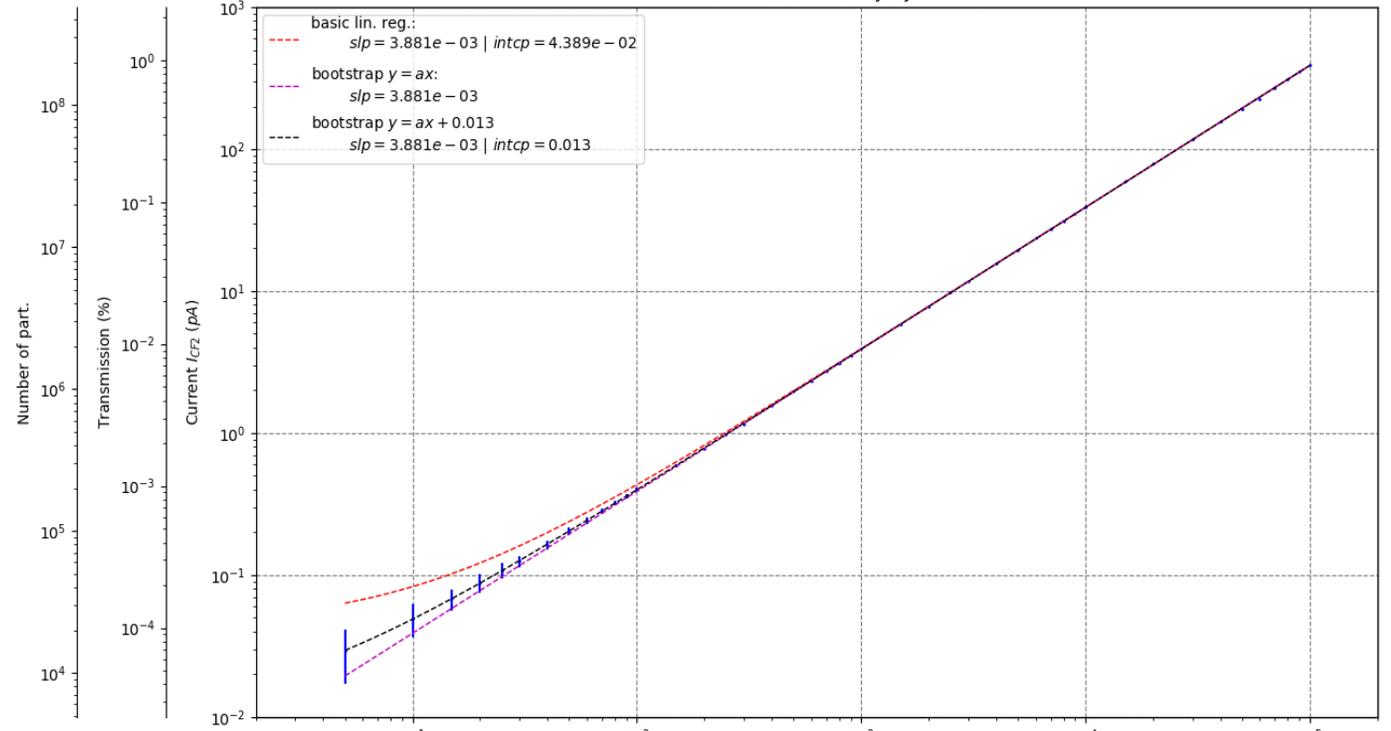
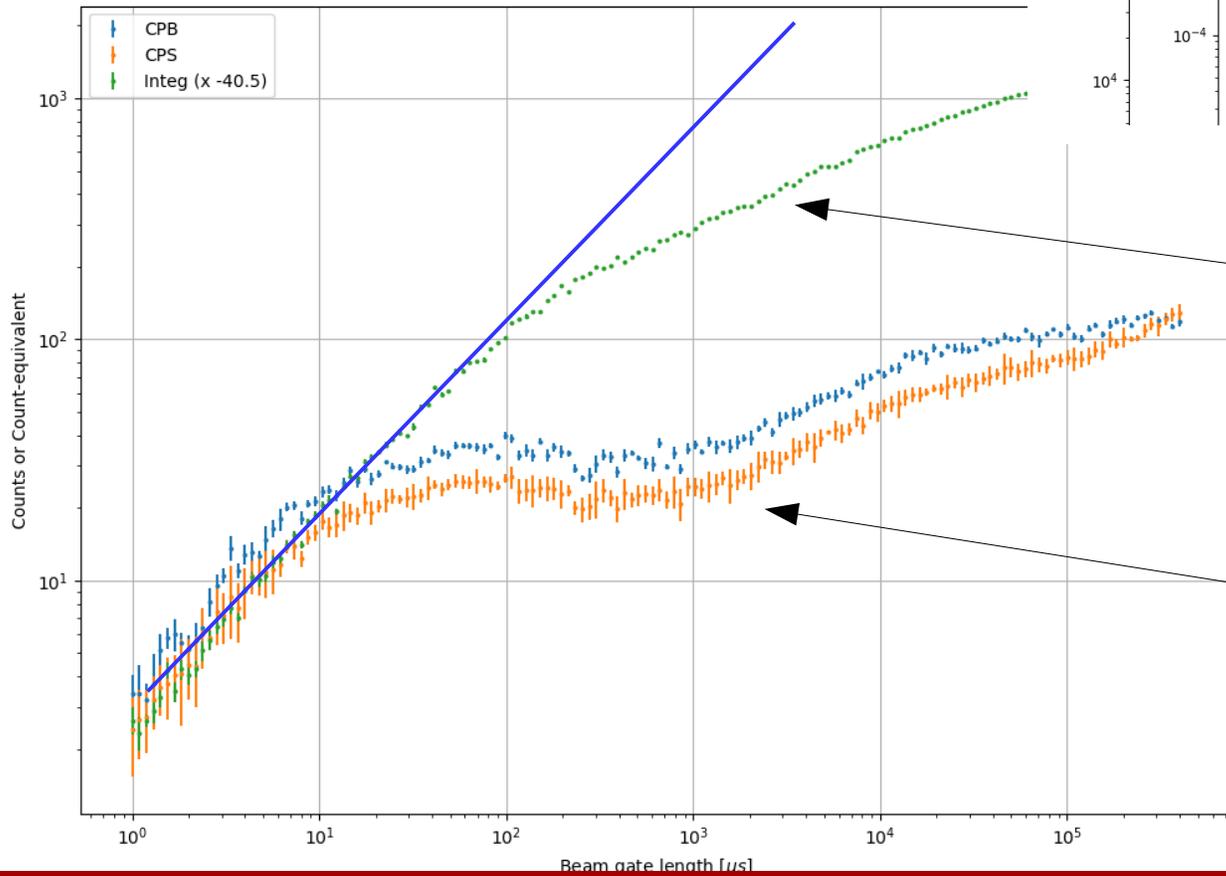
Paquets d'ions peu intenses ( $<1000$  evts) → MCP

Intensité intermédiaire difficile à caractériser.

## Limite du RedPiTOF :

- Efficacité de la MCP  
pour  $E < 3\text{keV}$ , méconnue ??  
pour  $E > 3\text{keV}$ ,  $< 50\%$
- 10ns entre 2 évènements  
Paquet de  $1\mu\text{s}$  → 100evts/paquet max

## MCP – faibles intensités



## CF-FEMTO – grandes intensités

MCP,  
RedPiTOF avec  
Intégration du signal  
→  $< 10^2$  evts/paquet

Limite inférieure pour la  
CF-FEMTO  
→  $10^4$  ions/paquet

MCP,  
mode comptage +  
RedPiTOF  
→  $< 40$  evts/paquet

PIPERADE + GPIB → gaz hélium 6.0 (>99.9999%)

- Résidus : O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, HCx, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O  
→ recombinaison/perte d'ions pendant le piégeage

Ultra-purification – 2 techniques envisageables :

- utilisation de piège à gaz (*getter*)
- utilisation de piège froid (*azote liquide*)

Techniques combinables.

Getter/piège froid

- nécessité de reconditionner les pièges

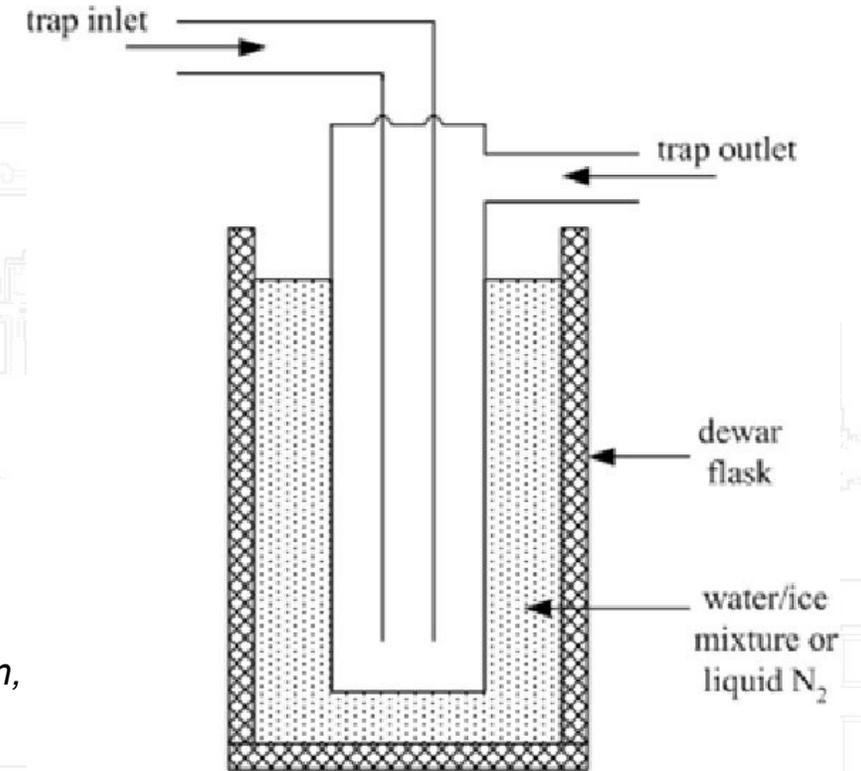
*Etude de l'efficacité des 2 techniques et de leur combinaison,  
Etude de la fréquence de reconditionnement,  
Etude de l'évolution de la pureté du gaz injecté*

→ **banc de mesure avec RGA**

*B. Thomas, S. Leblanc*

Purificateur de gaz par Getter (*piège à gaz*)

- alliage exotique (*zirconium/titane/...*)
- chimiosorption - adsorption



Crédits :  
Experimental Studies of Coal and Biomass Fuel Synthesis and Flame  
Characterization for Aircraft Engines - R. Agrawal et al.

Cold Trap

- bain azote liquide
- contaminants gelés sur les parois



PIPERADE + GPIB → gaz hélium 6.0 (>99.9999%)

- Résidus : O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, HCx, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O  
→ recombinaison/perte d'ions pendant le piégeage

Ultra-purification – 2 techniques envisageables :

- utilisation de piège à gaz (*getter*)
- utilisation de piège froid (*azote liquide*)

Techniques combinables.

Getter/piège froid

- nécessité de reconditionner les pièges

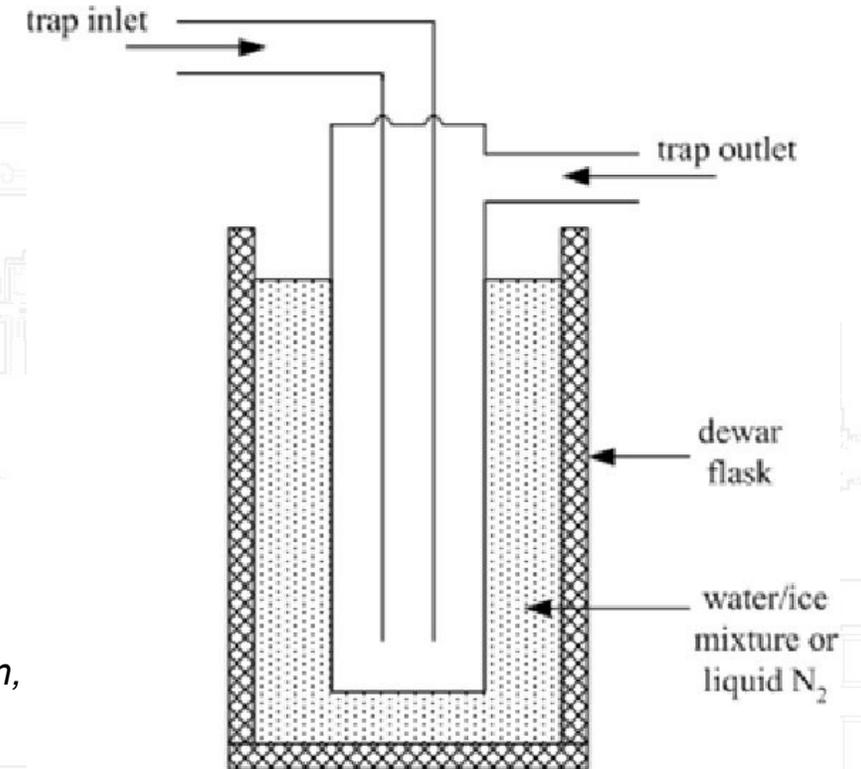
*Etude de l'efficacité des 2 techniques et de leur combinaison,*  
*Etude de la fréquence de reconditionnement,*  
*Etude de l'évolution de la pureté du gaz injecté*

- **banc de mesure avec RGA**



Purificateur de gaz par Getter (*piège à gaz*)

- alliage exotique (*zirconium/titane/...*)
- chimiosorption - adsorption

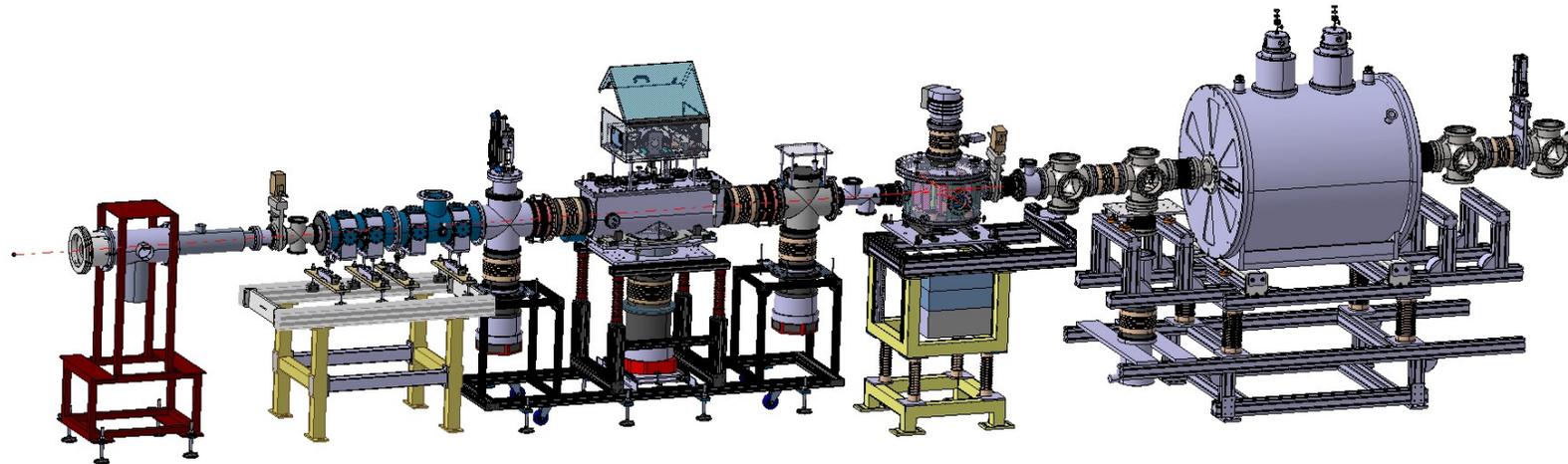


Crédits :  
Experimental Studies of Coal and Biomass Fuel Synthesis and Flame  
Characterization for Aircraft Engines - R. Agrawal et al.

Cold Trap

- bain azote liquide
- contaminants gelés sur les parois

Merci à vous



PIPERADE Team

**Chercheurs :**

P. Ascher, B. Blank, M. Gerbaux, S. Grevy

**Instrumentation :**

P. Alfaut, L. Daudin, B. Lachcacinski

**Mécanique :**

S. Perard

**Postdocs :**

A. de Roubin, A. Husson

**Doctorants :**

M. Hukkanen, M. Flayol

