Commissionning
De l'injecteur de SPIRAL2

Alain Savalle pour le groupe Mise en Service faisceau de SPIRAL2 :

(Guillaume Normand, Robin Ferdinand, Jean-Michel Lagniel, Didier Uriot, Hanna Franberg, Angie Orduz, Omar Kamalou, Bertrand Jacquot, Franck Varenne)

Sommaire

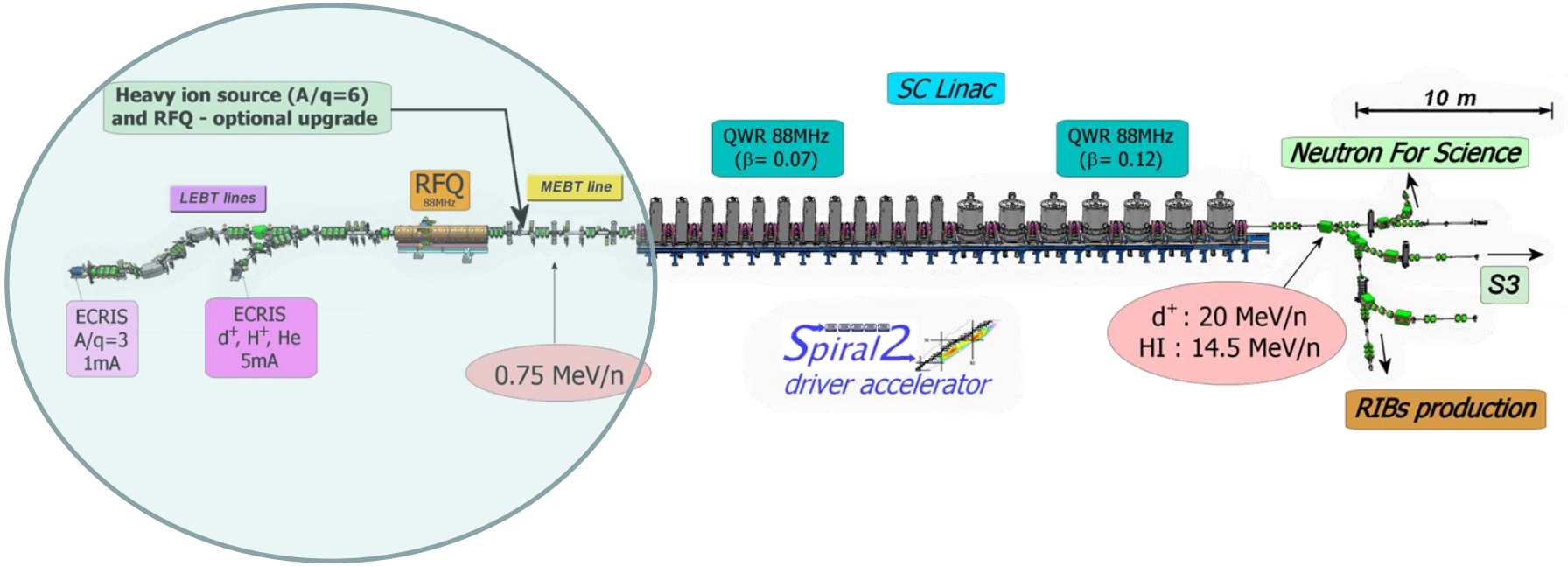
✓Description de l'injecteur du LINAC de SPIRAL2

✓ Objectif du commissionning

✓Description du banc de test Injecteur (BTI)

✓Résultats

Zone injecteur

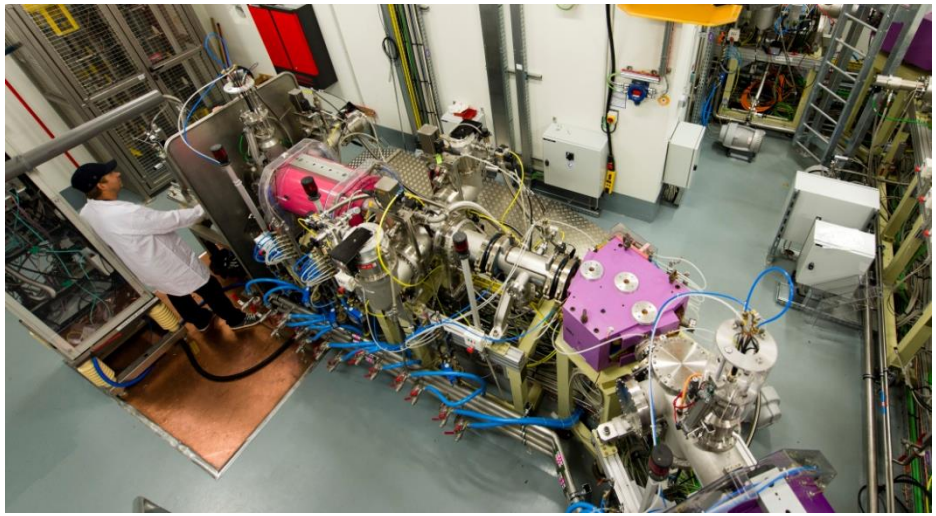


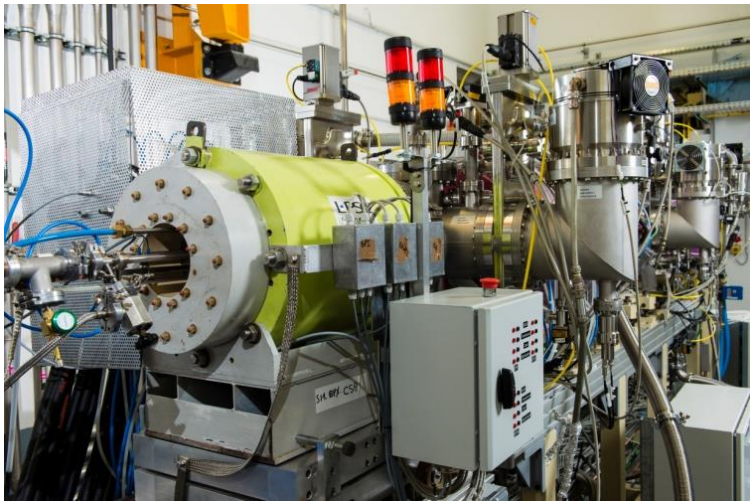
- **Ions** : protons, deutons, helium, Oxygène, Argon, Calcium, Nickel …
- **Energie** : 0.73 MeV/A
- **Fréquence** : 88 MHz
- **Intensités** : ~10 μA à 5000 μA.

Sources

Source pour protons-deutons
7 mA Proton

Source pour ions “lourds”
3 mA $^{4}He^{2+}$
700 à 1000 µA $^{16}O^{6+}$

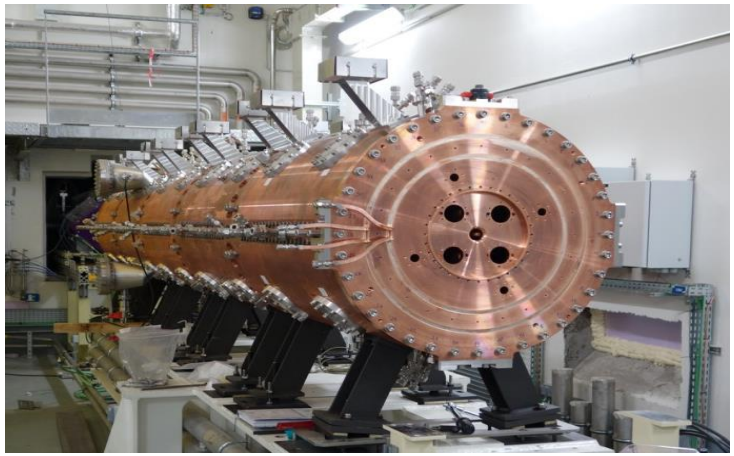


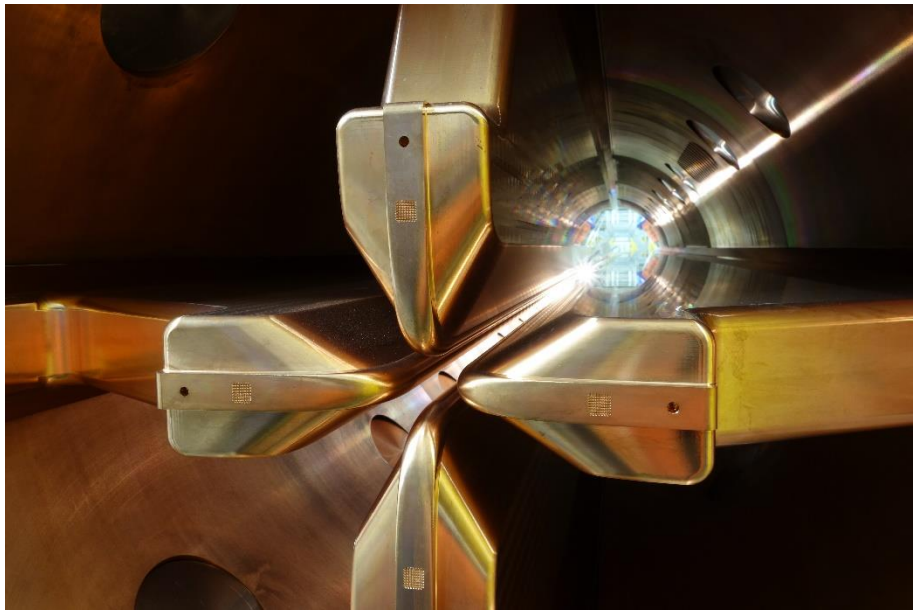


Particules non accélérées par les cyclotrons du GANIL (non autorisées)

10 à 100 fois plus d’intensité / sources des cyclotrons

1er étage accélérateur : Quadrupôle Radio-Fréquence (RFQ)





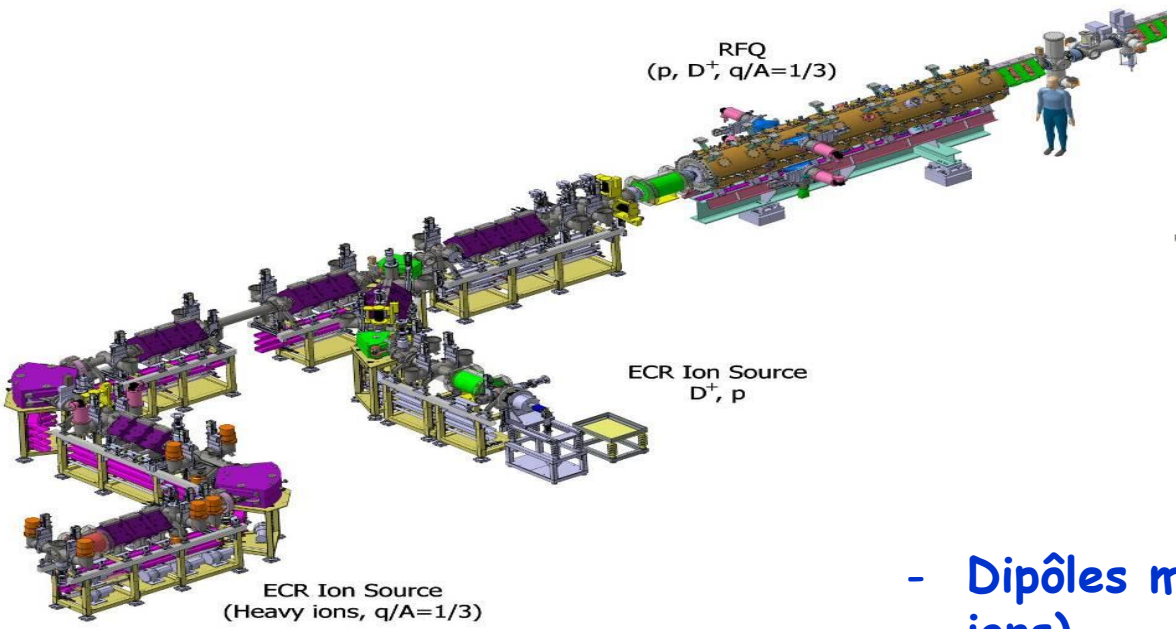
88 MhZ, 115 kV

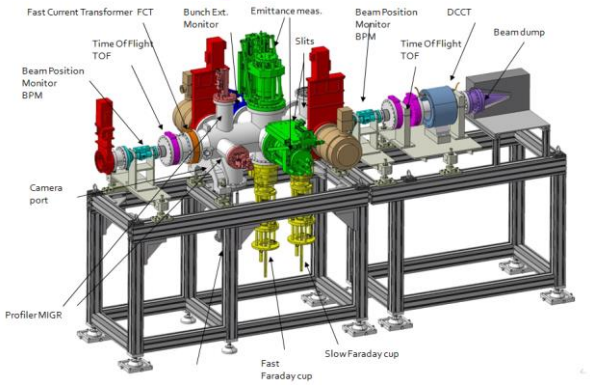
Accélération

Focalisation (maintien autour de l'axe)

Groupement en paquets extraits à la fréquence de l'accélérateur

Lignes Basse et Moyenne Energie





- Dipôles magnétiques (analyse des ions)
- Quadrupôles magnétiques (focalisation),
- Hacheur (limitation d'intensité – structure temporelle)
- Mesures de courant (Coupelles de faraday, ACCT/DCCT), profileurs, Emitancemètre
- jeux de fentes

Sommaire

✓Description de l'injecteur du LINAC de SPIRAL2

✓ Objectif du commissionning

✓Description du banc de test Injecteur (BTI)

✓Résultats

Objectif du commissionning injecteur

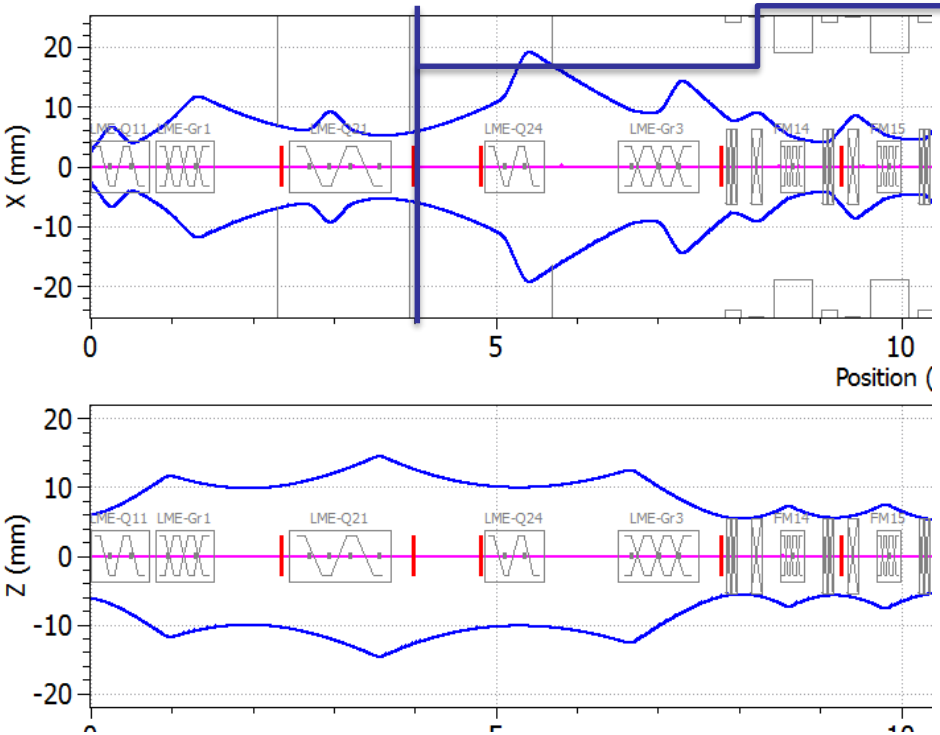
- Vérifier l'ensemble des équipements de l'injecteur et les performances réelles. Comparaisons avec les simulations.

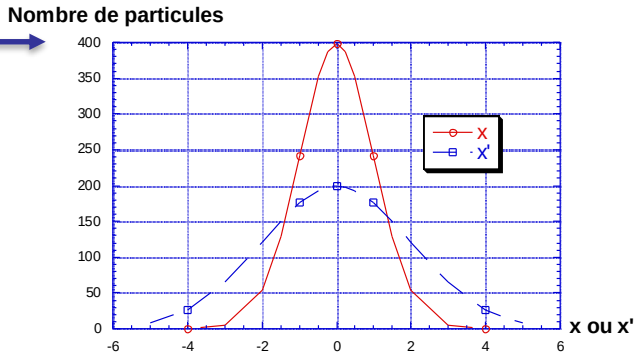
- Vérifier la méthode de réglage de l'injecteur.

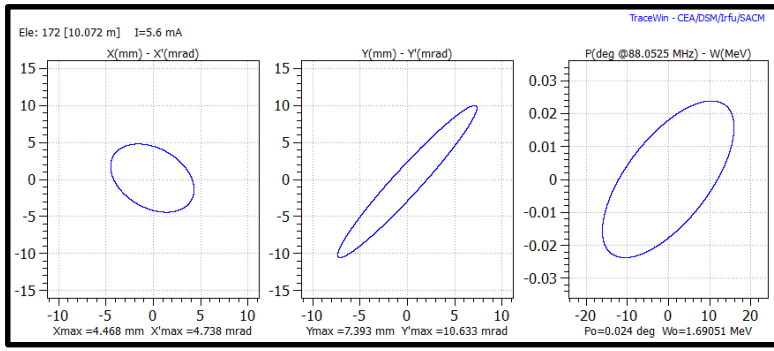
- Tester les diagnostics qui seront utilisés pour régler la Ligne Moyenne Energie et le LINAC.

Performances attendues

- Energie des faisceaux sortie RFQ
- Intensité des faiseaux / transmissions
- Emittances

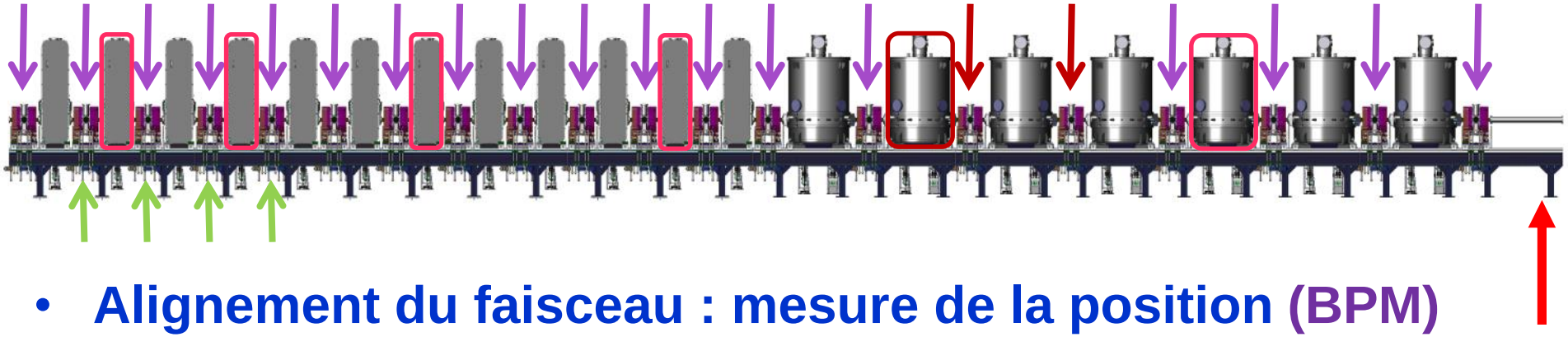






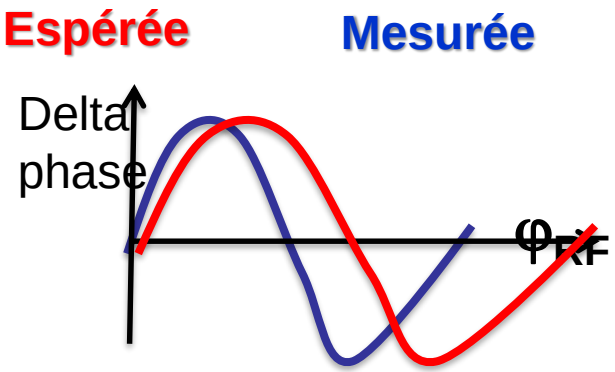
Adapter les figures d'emittance à l'entrée du LINAC en agissant sur la Ligne Moyenne Energie

Réglage du LINAC



- **Alignement du faisceau : mesure de la position (BPM)**
- **Réglage des cavités (amplitude & phase) : mesure de la phase faisceau (BPM)**

  ou de sa vitesse (TOF)



- **Adaptation du faisceau de la LME au canal du LINAC : taille faisceau transverse (BPM), longitudinale- longueur des paquets (BEM)**

  $(\sigma^2_x - \sigma^2_y)$, σz constants d'une maille à l'autre

Sommaire

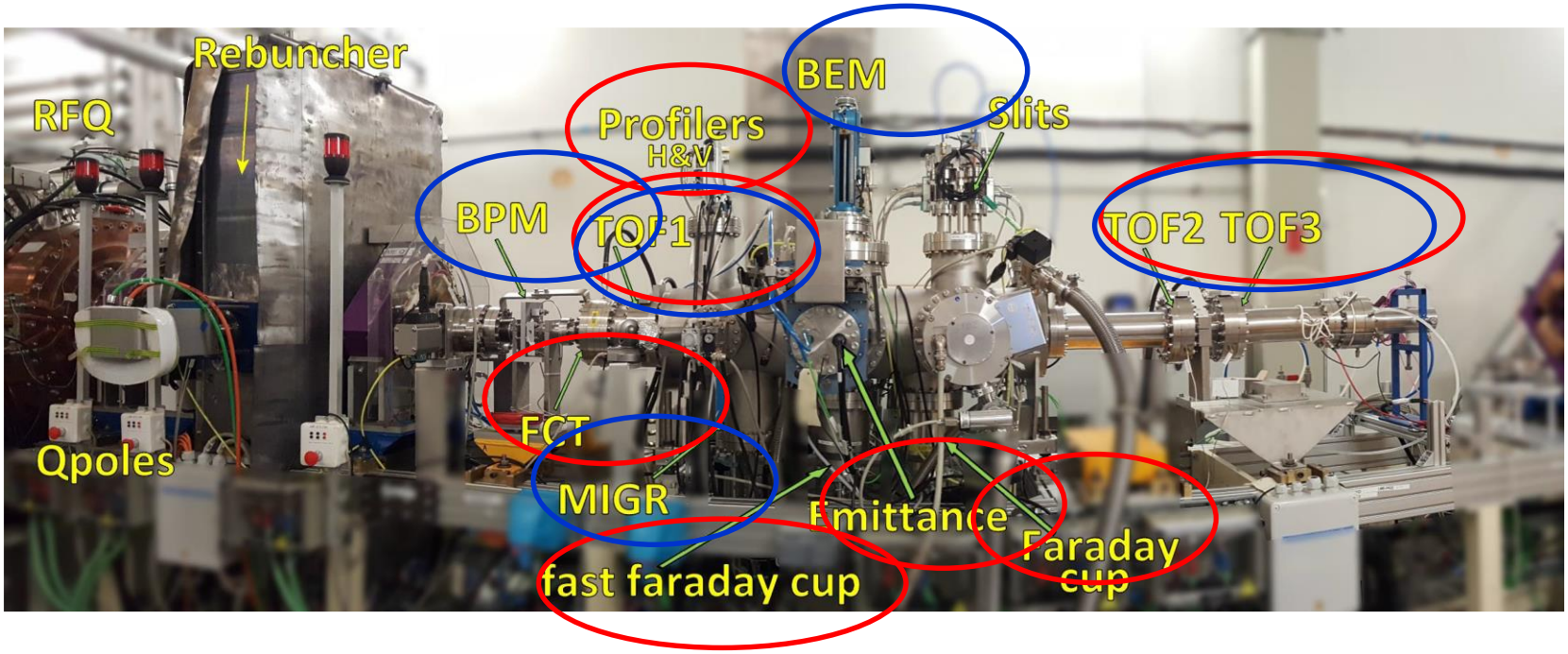
✓Description de l'injecteur du LINAC de SPIRAL2

✓ Objectif du commissionning

✓Description du banc de test Injecteur (BTI)

✓Résultats

Banc de Test Injecteur (BTI)



- Mesurer le faisceau qui faisceau qui sort du RFQ (intensité, énergie, profils, émittance, longueur des paquets, émittance longitudinale) et de comparer avec les simulations (point de départ pour simulations LINAC)

- Tester des diagnostics qui seront requis pour le réglage du LINAC

Sommaire

✓Description de l'injecteur du LINAC de SPIRAL2

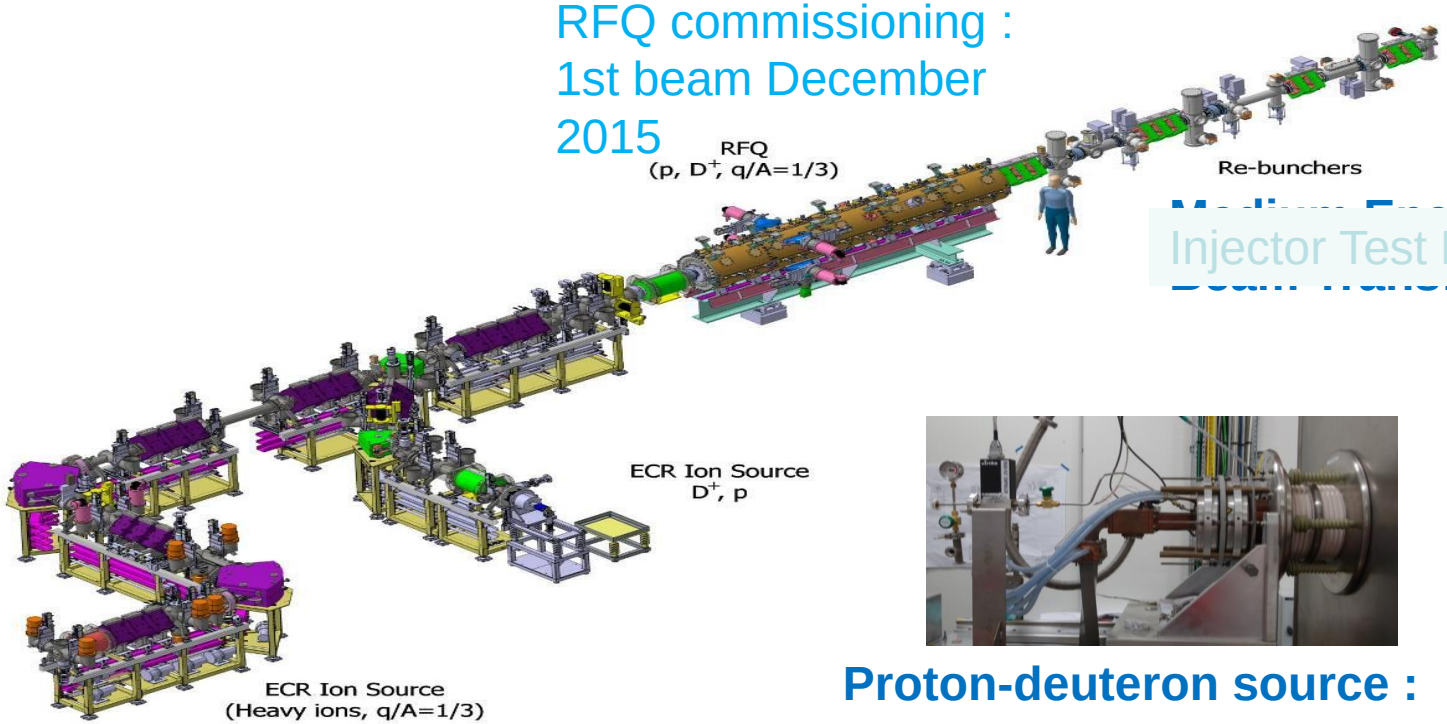
✓ Objectif du commissionning

✓Description du banc de test Injecteur (BTI)

✓Résultats

Injector commissionning

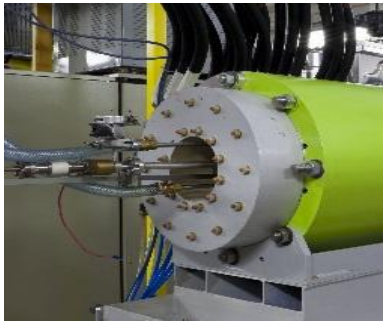
RFQ commissioning :
1st beam December 2015



Injector Test Bench

Proton-deuteron source :

First beam (proton) December 2014



"Q/A = 1/3" source :

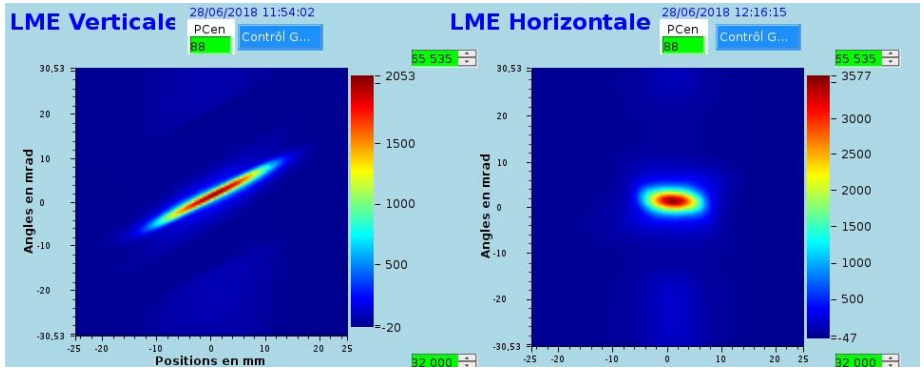
First beam (230 μA Argon 9+) July 2015

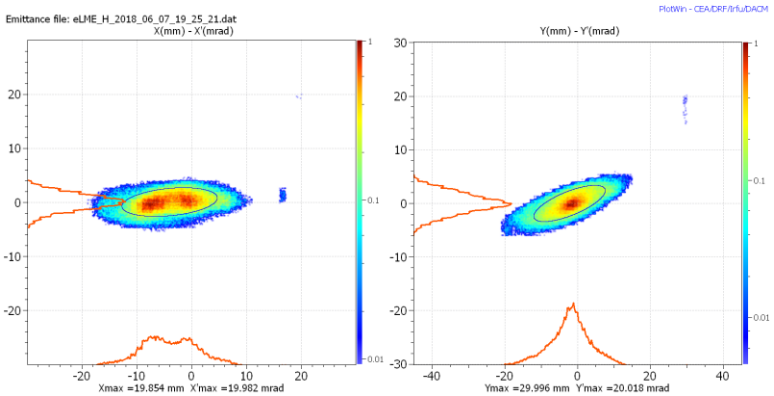
Performances

Intensités espérées obtenues en protons, Hélium, (O)

RFQ : tension nominale – 113,5 kV, obtenue (challenge)
Transmission très proche de 100%

Emittances transverses et longitudinales mesurées pour H^+, $^4He^{2+}$, $^{16}O^{6+}$ et $^{18}O^{6+}$





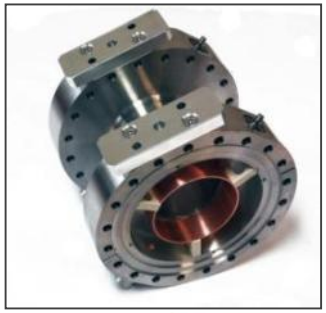
5 mA H^+, ε~0.2 π.mm.mrad (output RFQ)
Expérée : 0,2 π.mm.mrad

750µA $^{18}O^{6+}$, ε~0.4 π.mm.mrad (output RFQ)
Expespérée : 0,4 π.mm.mrad

Mesures et Tests des diagnostics faisceaux

- TOF measurements

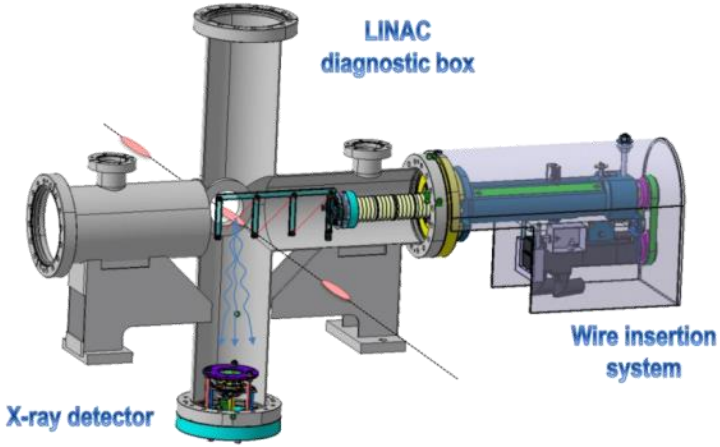
Energy (keV/nucleus)	Toutatis simulations	TOF measurement
Proton	730	729.3
Helium	727.2	728.1



- ACCT/DCCT

  Résolution : quelques µA ACCT, 20 µA DCCT

- Beam Extension Measurement



Bonne résolution : quelques dizaines de ps, quelques minutes de mesures

Tests des diagnostics faisceaux

BPM : (4 électrodes G-D-H-B)

Mesure de position : résolution 50 µm Linéarité ?

Mesure de phase : précision < 0.5 degré
Dépend de la longueur du paquet

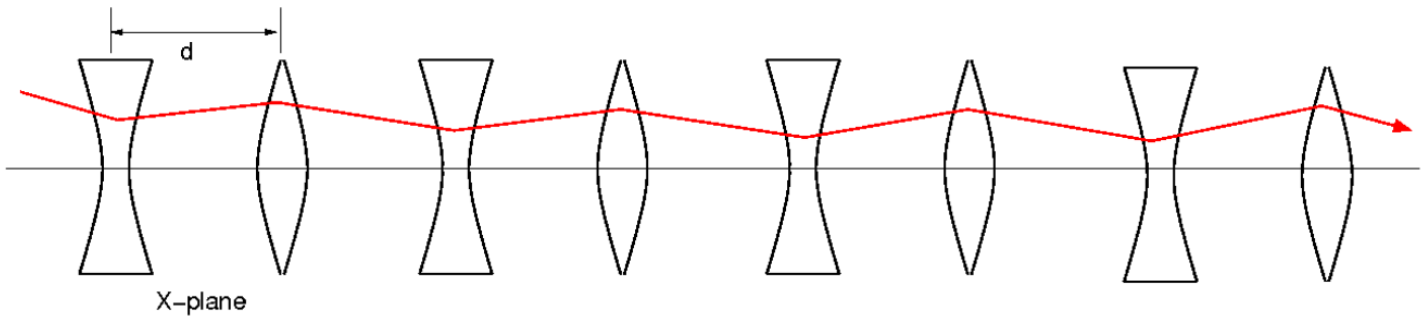
Ellipticité $(\sigma^2_x - \sigma^2_y)$: précision voulue : ($\pm 1.2 mm^2$). Point le plus délicat y compris comment le vérifier ?

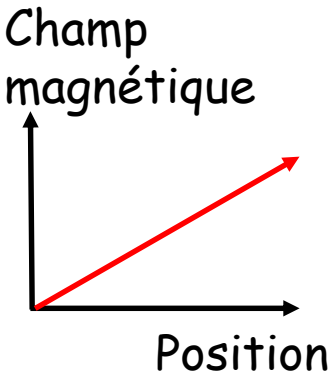
Calibration des électroniques fondamentales

Merci pour votre attention

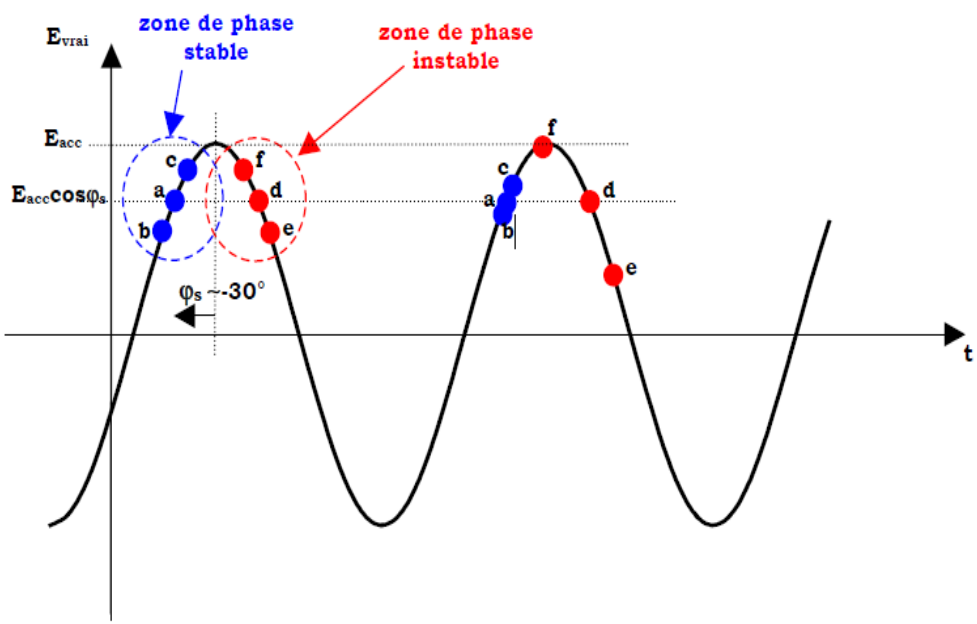
Principes d'accélération et de transport

Focalisation transversales par les quadrupôles :



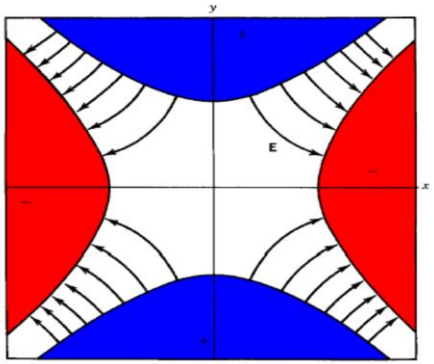


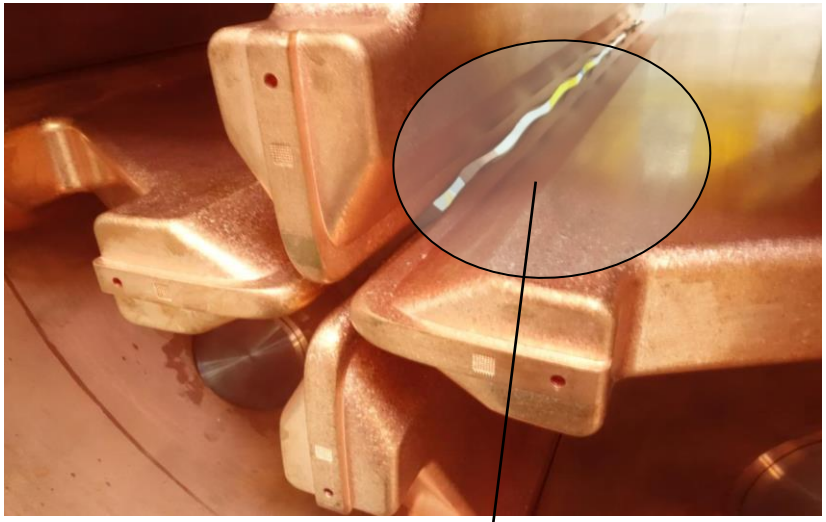
Accélération et stabilité dans une cavité



RFQ : principe

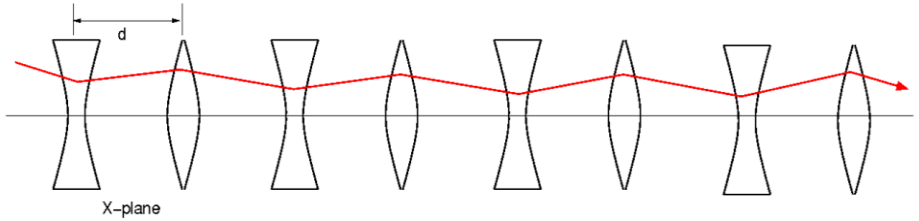
RFQ = Quadrupole Radio-Fréquence
Avec **4 pôles** (potentiel électrique) on sait générer des forces électriques qui focalisent le faisceau dans le plan horizontal ou vertical et inversement



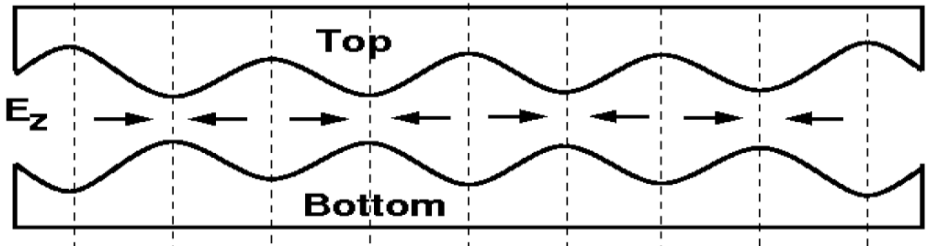


La **modulation** des électrodes permet d'avoir une **composante longitudinale** qui accélère les ions

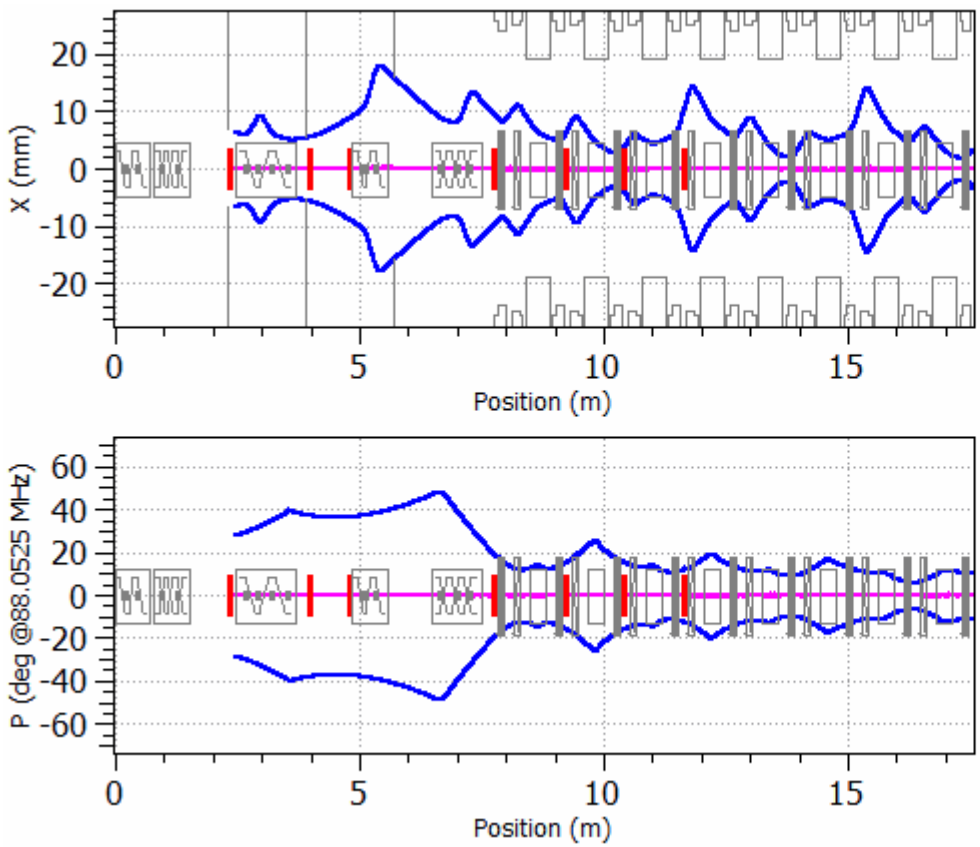
Oscillation du champ électrique à la **fréquence RF** => progression des ions dans une suite de quadrupôles focalisants et défocalisants : **Focalisation alternée**

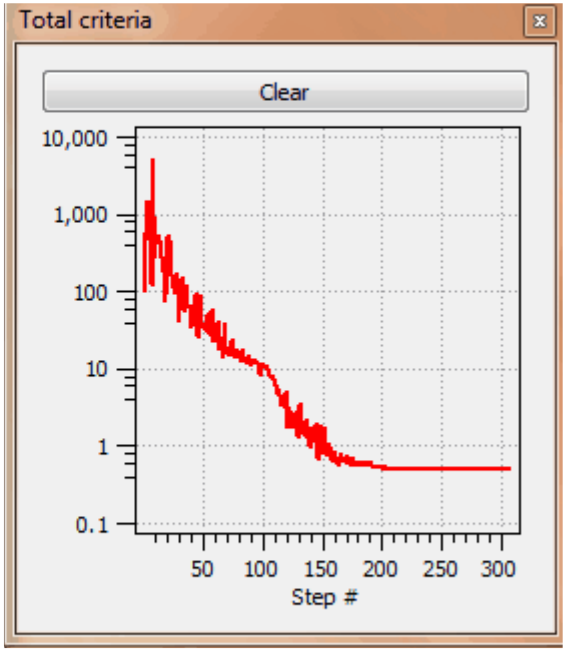


Modulation des électrodes
+ oscillation à la fréquence du LINAC
=> Groupement progressif en paquets
+ Accélération des paquets



Adaptation LME/LINAC





= Adapter les figures d'emittance à l'entrée du LINAC en agissant sur la Ligne Moyenne Energie

Connaitre le faisceau qui sort du RFQ permettra d'avoir un meilleur point de départ