

GANIL-SPIRAL 1 Upgrade

Journées Accélérateurs 2019

Roscoff

Mickaël Dubois, équipe SPIRAL1
GANIL - Boulevard H. Becquerel – 14076 Caen Cedex 5
dubois@ganil.fr

1- Introduction aux faisceaux radioactifs

2- SPIRAL1 et Upgrade

- Objectifs
- Ensemble cible source 1+ : FEBIAD+C
- Booster de charges

3- Production SPIRAL1 – 2018-2019

4- Perspectives

Intérêt des faisceaux radioactifs

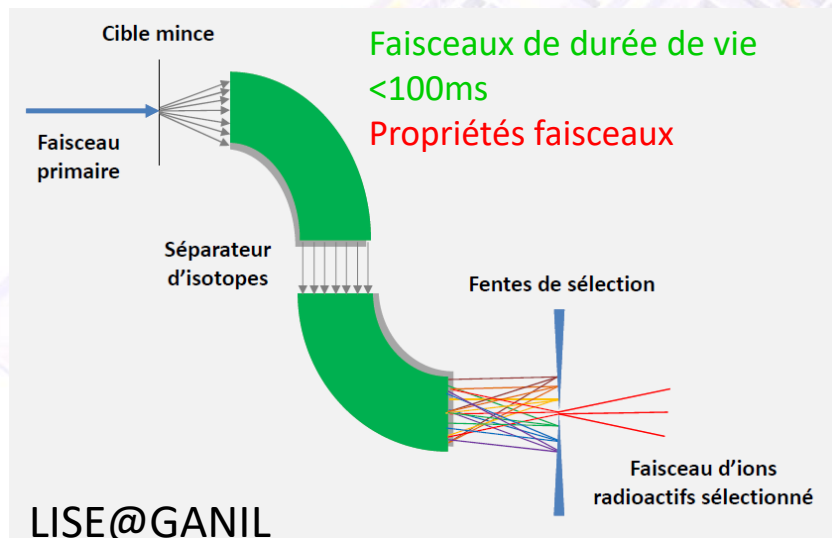
- Résolution en énergie des spectres améliorée d'un facteur 10 à 200
- Accès à de nouvelles résonances
- Propriétés nucléaire mesurées avec des plus grandes précisions
- Meilleure statistique

Courtesy of F. De Oliveira, GANIL

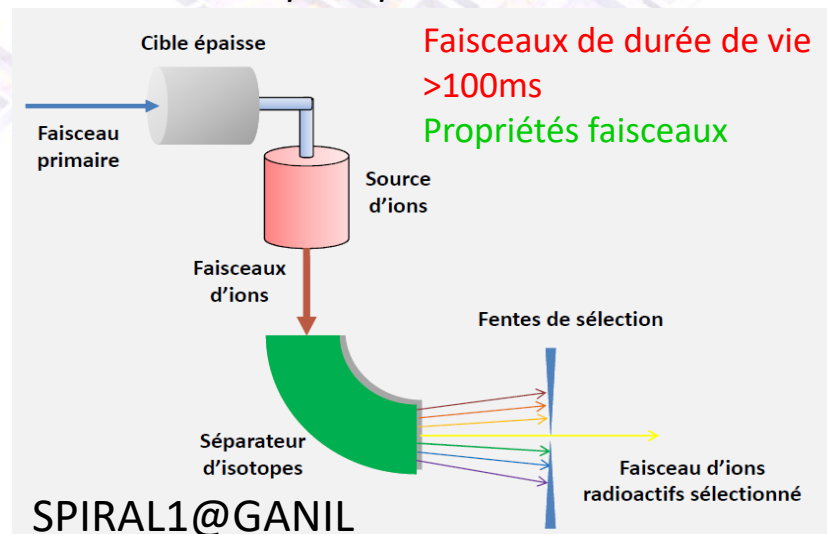
Point clés pour les installations délivrant des faisceaux radioactifs

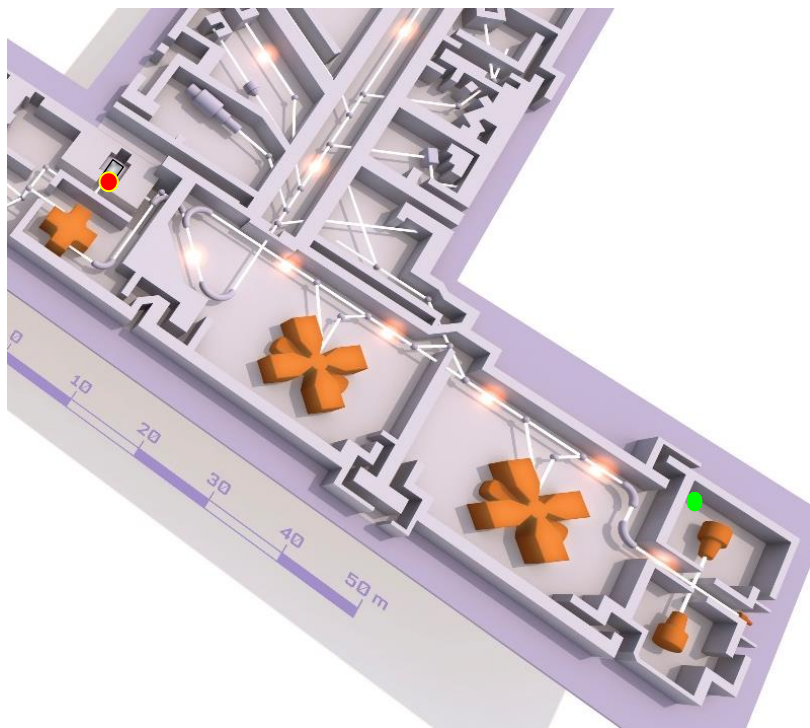
- Produire le plus de noyaux possibles
- Etre efficace
- Etre rapide ($T_{1/2} < 100$ ms)
- Pureté (pollution par ions stables ou radioactifs)
- Energie bien définie

Technique de production en vol



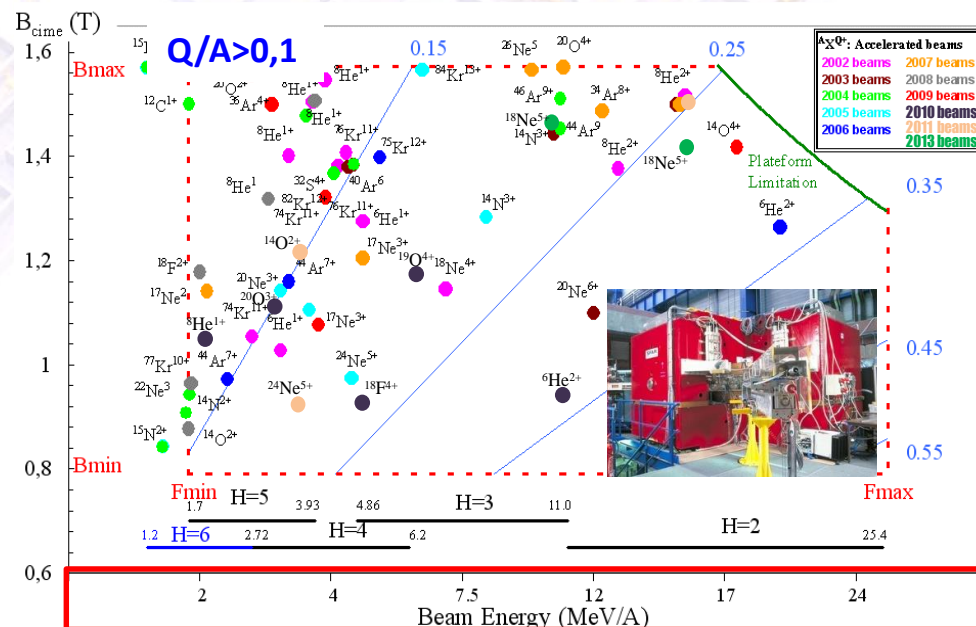
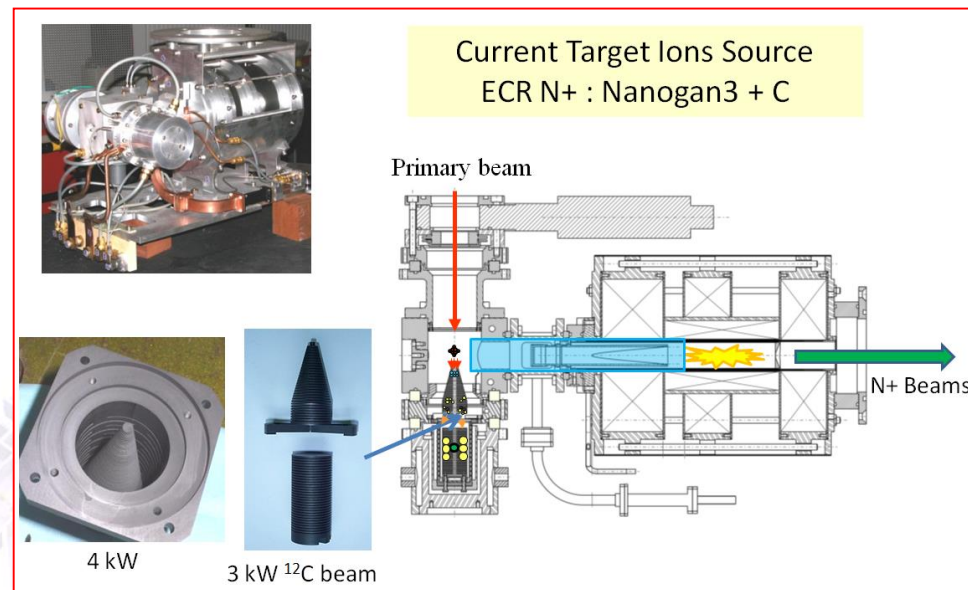
Technique de production « ISOL » Isotope Separator On Line





Quelques chiffres :

- 77 expériences réalisées depuis 2001
- 35 isotopes > 10^4 pps
- $T_{1/2}$ min : 100ms (^8He)
- 55 Ensembles Cibles Sources

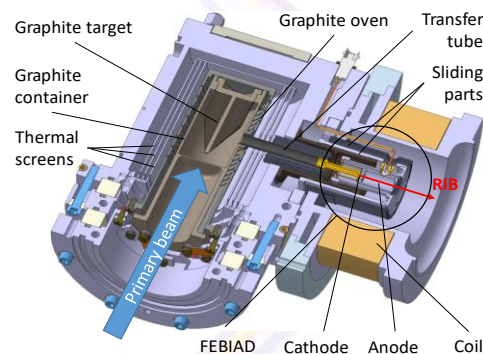


OBJECTIF

Etendre la production de faisceaux radioactifs accélérés
aux éléments condensables

Processus de fragmentation

- Nouvelles sources

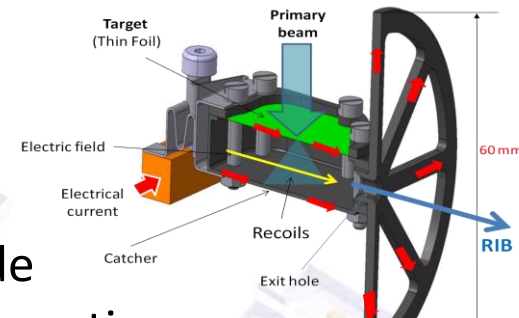


Source d'ions FEBIAD

- Nouvelles cibles ($A > 93$)



Processus de Fusion-évaporation

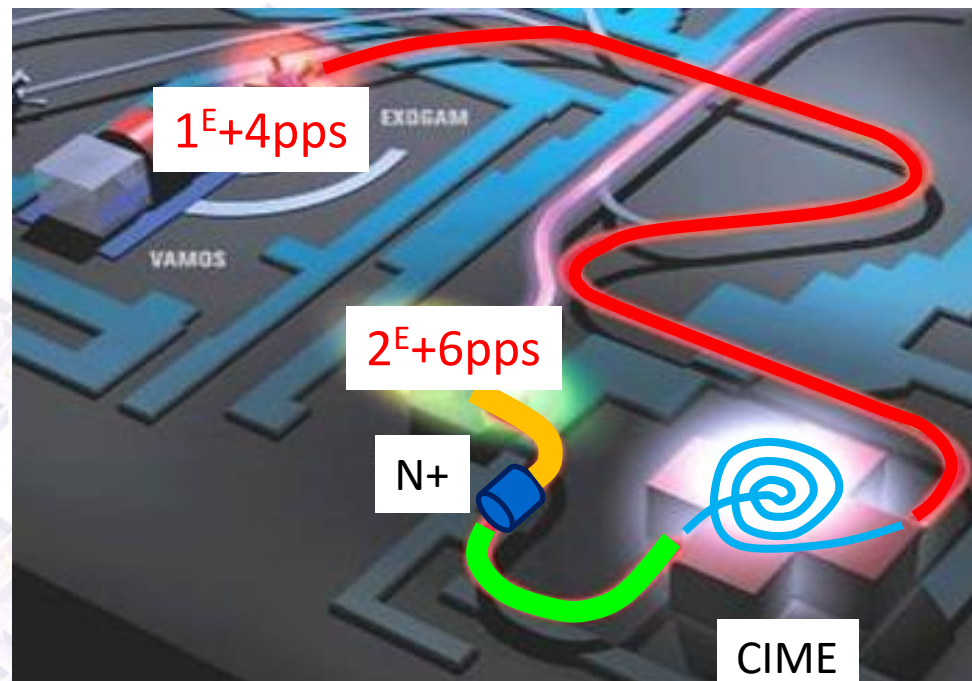


Pour être accélérés par CIME, il faut
des ions multichargés
=> Mise en œuvre d'un booster de
charges ($1+ \Rightarrow N+$)



| Part | Efficacité |
|--------------------|------------|
| 1+ to N+ transport | 80% |
| Booster de charges | 5-10% |
| Extraction N+ beam | 50% |
| CIME | 20% |
| MEB transport | 80% |

Efficacité totale : 0,5%



Objectifs :

- Les **Ensembles Cibles Sources** :
intensité $>10^6$ pps et un temps de fonctionnement **>3 semaines**
- Le **Booster de charges** doit avoir une efficacité $\sim 5-10\%$

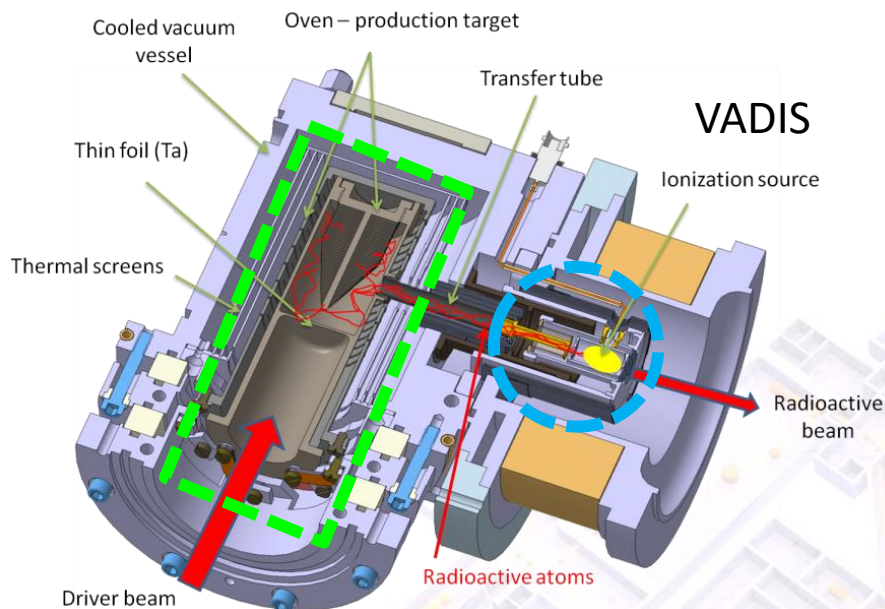
1- Introduction aux faisceaux radioactifs

2- SPIRAL1 et Upgrade

- Objectifs
- Ensemble cible source 1+ : FEBIAD+C
- Booster de charges

3- Production SPIRAL1 – 2018-2019

4- Perspectives

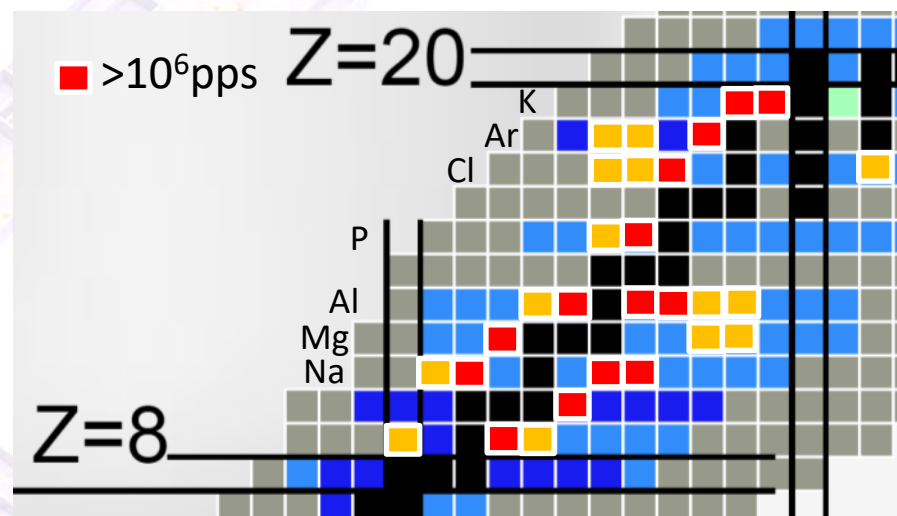


C Target - Oven



VADIS ions source

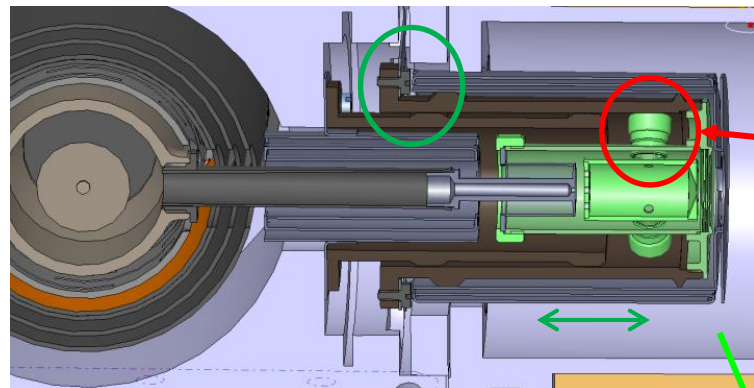
- Premiers tests de production à faible puissance faisceau primaire en 2011 et 2012
- Tests à puissance nominale en 2013



P. Chauveau et Al., A new FEBIAD-type ion source for the upgrade of SPIRAL1 at GANIL, Nucl. Instrum. Meth. A 376 (2016) 35.

Performances requises pour le démarrage

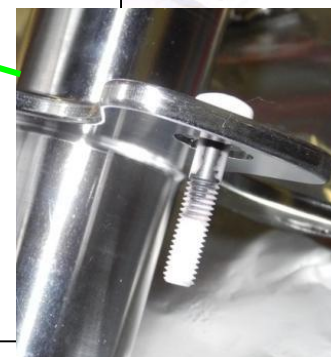
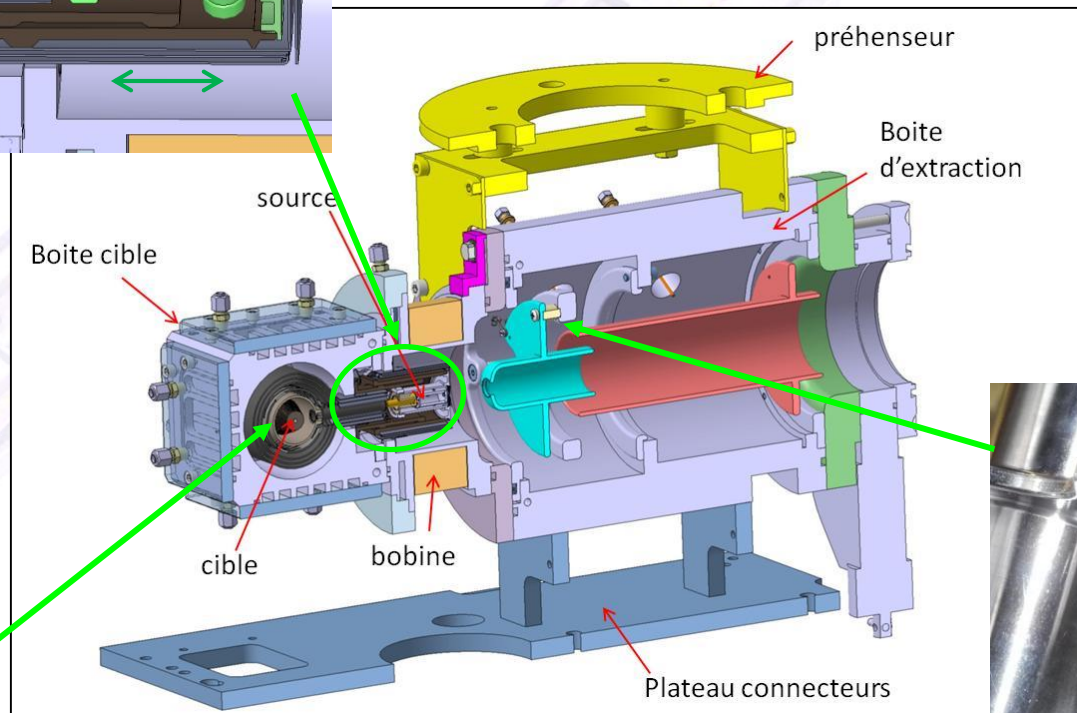
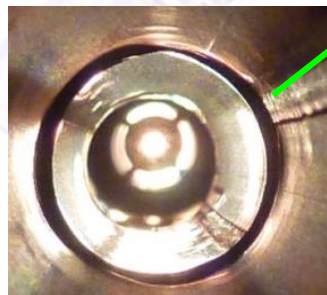
- Production de faisceaux condensables
- Intensité (10^6 - 10^7 pps)
- Temps de fonctionnement > 3 semaines



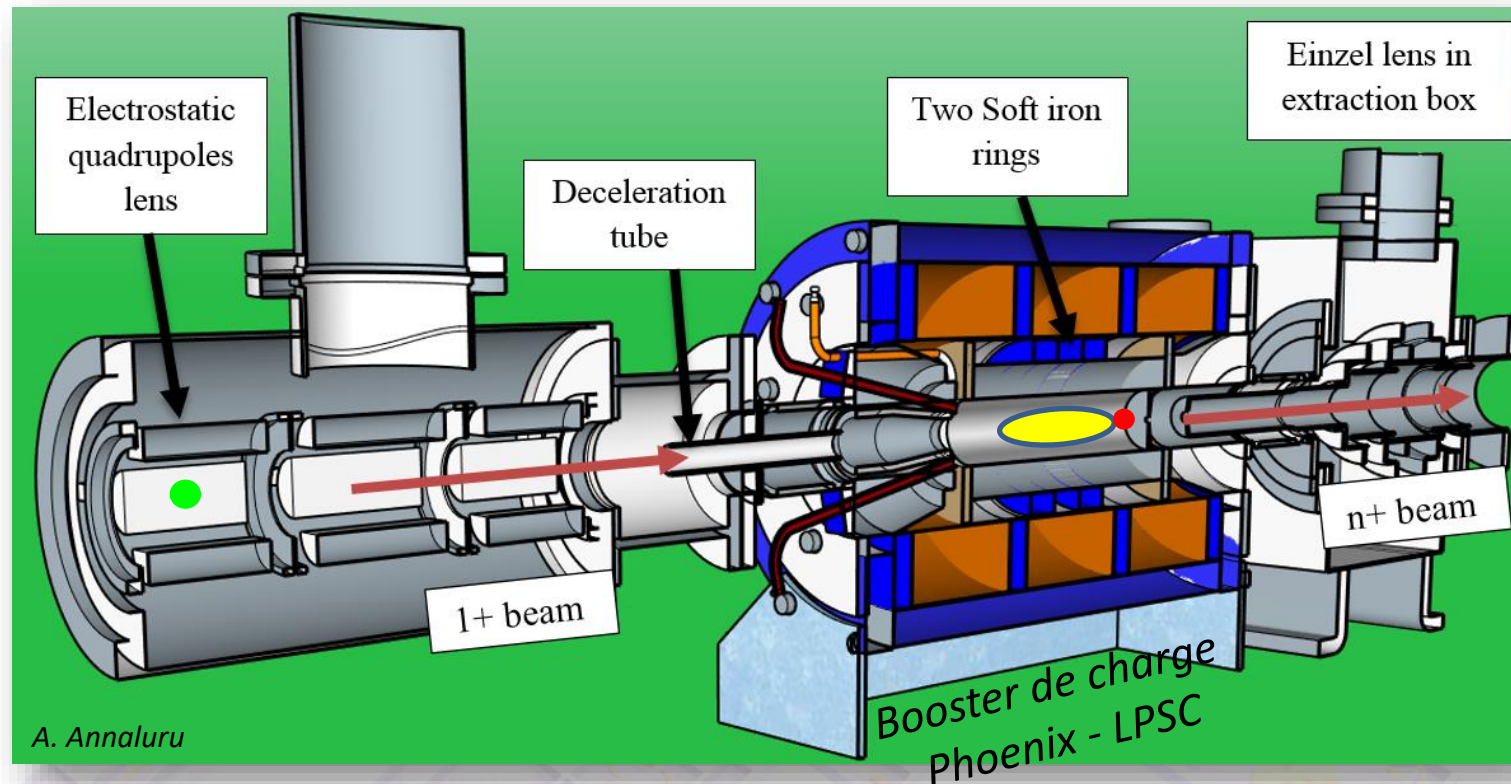
Efficacités d'ionisation (>3 weeks)

| | Ne | Ar | Kr |
|-------------|-------|-----|------|
| Efficacités | >2.5% | >8% | >14% |

Démontage FEBIAD 2013



Faisceaux condensables
Intensité (10^6 - 10^7 pps)
Fonctionnement >3 semaines sur banc de tests



Amélioration du charge breeder en prenant en compte les conclusions de la EMILIE collaboration

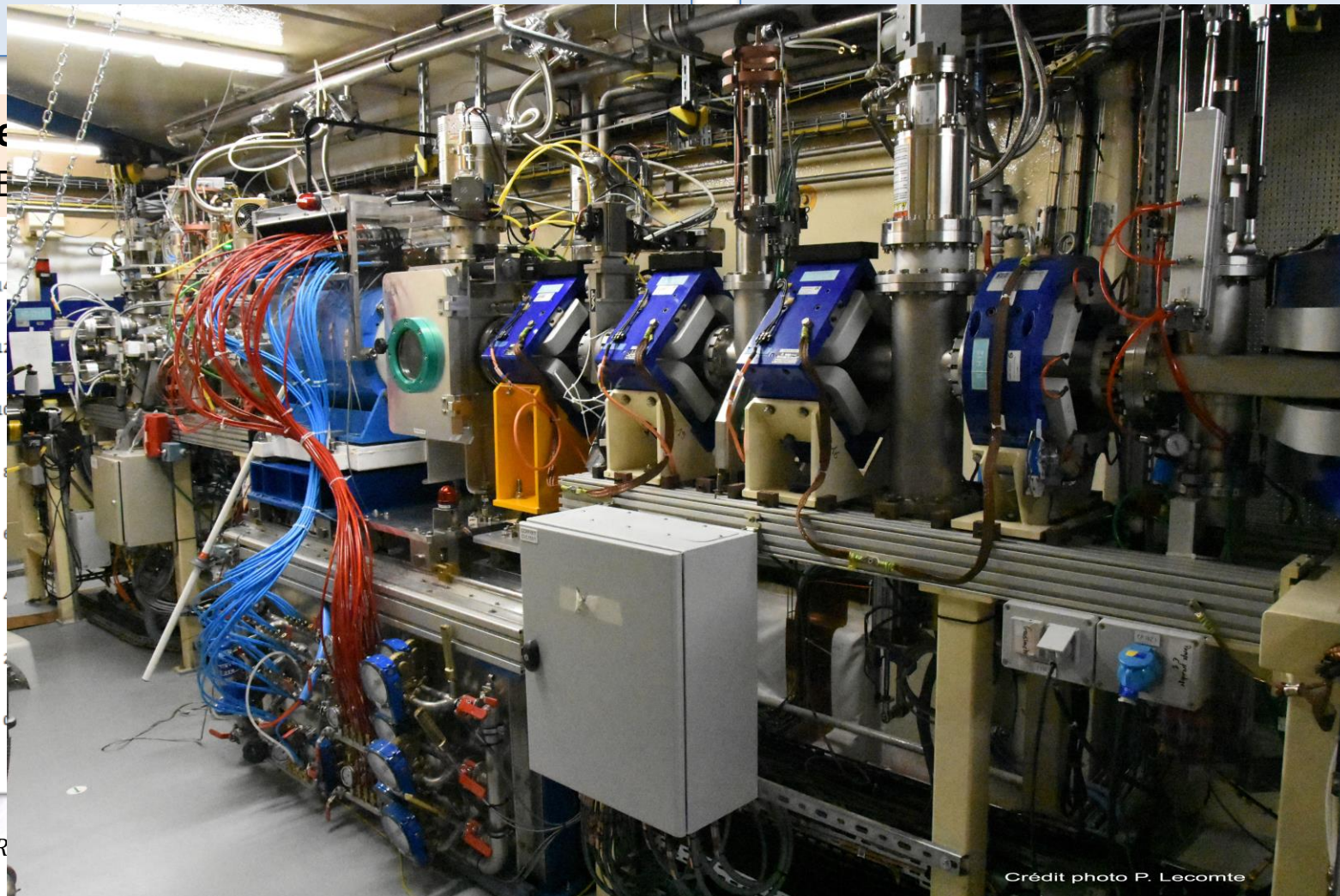


The research leading to these results has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme under grant agreement n°262010

- ✓ 2 injections RF (14.5 GHz and 8-18 GHz)
- ✓ Nouveau design injection gaz et RF
- ✓ Symétrisation des plugs en fer
- ✓ Tubes décélération, extraction motorisés
- ✓ Chambre plasma en Aluminium

Validation au banc de test 1+/N+

Commissioning au GANIL



Pe
- E

Charge breeding efficiencies (%)

SPIR

tip
tip

700

parison
anzhou

oning

Crédit photo P. Lecomte

39K9+

10,5%

14.5%

1- Introduction aux faisceaux radioactifs

2- SPIRAL1 et Upgrade

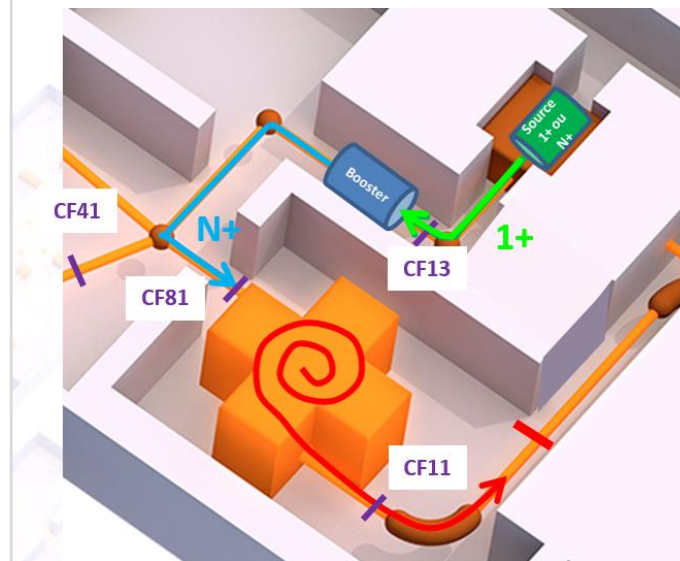
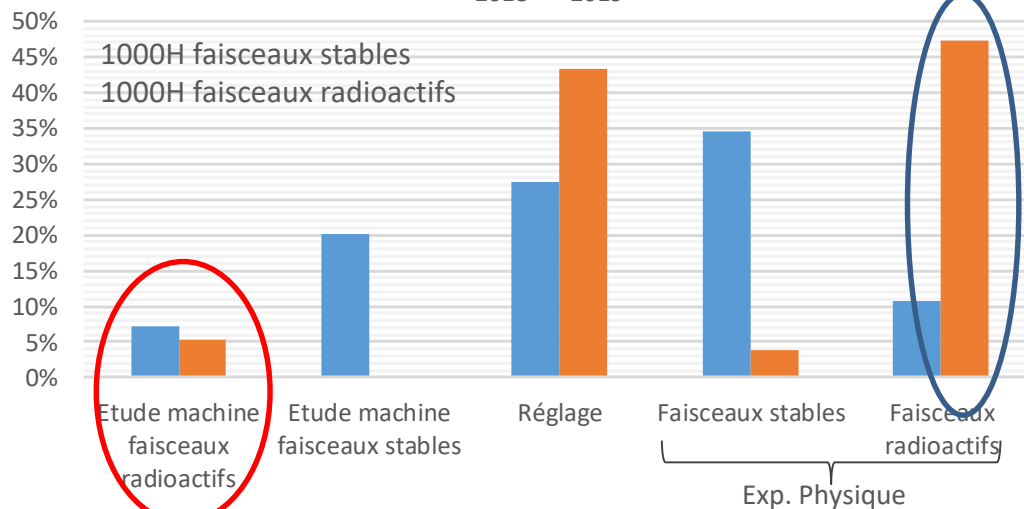
- Objectifs
- Ensemble cible source 1+ : FEBIAD+C
- Booster de charges

3- Production SPIRAL1 – 2018-2019

4- Perspectives

Répartition du temps de faisceau

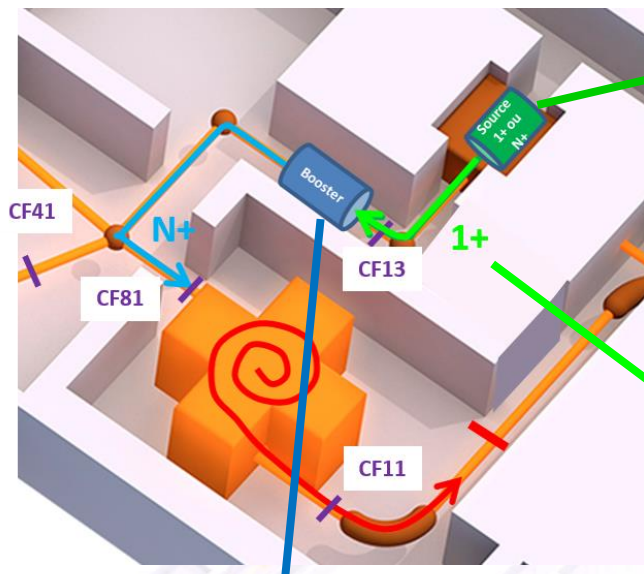
■ 2018 ■ 2019



| Exp N° | Isotope | Taux demandés | Taux mesurés |
|--------|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| E744S | $^{14}\text{O}^{4+}$ @7,5MeV/A | $3^{\text{E}+5}$ pps | $2,7^{\text{E}+5}$ pps |
| E737S | $^{38}\text{mK}^{8+}$ @9MeV/A | $5^{\text{E}+5}$ pps | $8^{\text{E}+5}$ pps |
| E786S | $^{46}\text{Ar}^{9+}$ @10MeV/A | $2^{\text{E}+4}$ pps | $7^{\text{E}+4}$ pps |
| E768S | $^{15}\text{O}^{3+}$ @5MeV/A | $1,8^{\text{E}+7}$ pps | $1,5^{\text{E}+7}$ pps |

| Equipement | Objectif | Mesuré |
|--------------------|----------|--------|
| 1+ to N+ transport | 80% | >80% |
| Booster de charge | 5-10% | 2% |
| Extraction N+ beam | 50% | 80% |
| CIME | 20% | 18% |
| MEB transport | 80% | 50% |

L'installation a démontré sa capacité à produire de nouveaux isotopes radioactifs accélérés en ligne



ECS FEBIAD : les différents tests avec faisceaux primaires ont permis de mettre au point une version d'ECS permettant la réalisation des premières expériences (reproductibilité des taux de production, durée de vie >20J).

=> Fiabilité à éprouver dans le temps.

Ligne 1+ : Maîtrise de la ligne 1+ et injection dans le booster.

Reprise alignement en sortie de l'ECS, simulations, mesures en octobre 2019.

Booster de charge :

Efficacités en faisceau stable avec un canon à ions conformes aux objectifs du projet

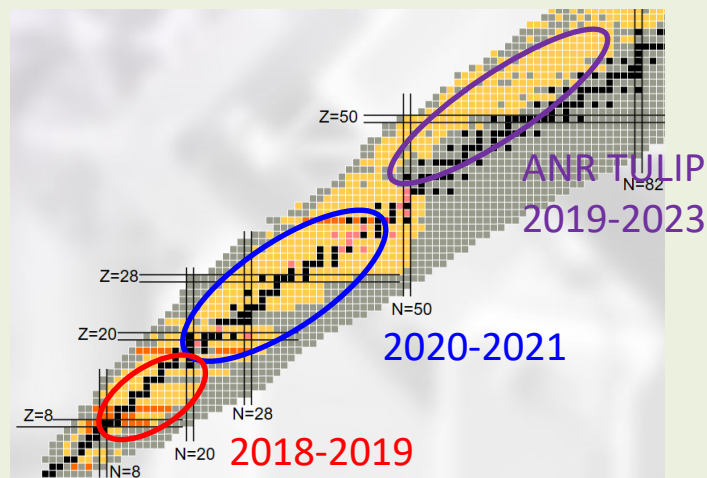
=> Faible conversion en faisceaux radioactifs.

Transport et accélération :

Les performances sont conformes aux objectifs.

=> Améliorer les procédures de réglages sur basse énergie pour réduire les temps de réglage

Ensembles Cibles Sources



Produire de nouveaux isotopes

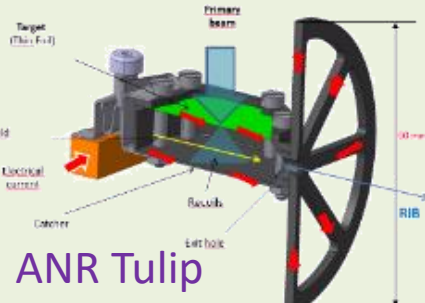
Caractériser les performances jusqu'à $A < 85$

Isotopes de court temps de vie

(fusion évaporation)

^{74}Rb (68ms)

$(^{20}\text{Ne}@95\text{MeV/u} + ^{58}\text{Ni})$

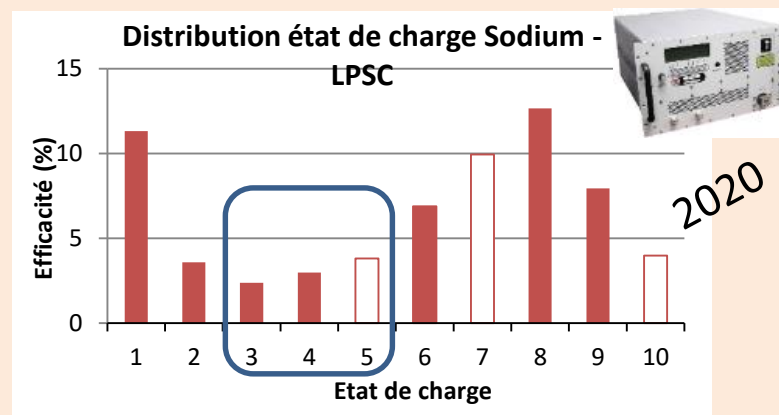


ANR Tulip

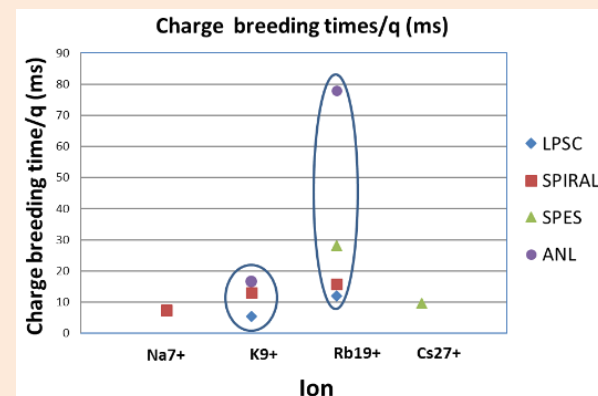
Augmentation des intensités

Booster de charges

Adaptation de l'état de charge



Réduction des temps de transformation

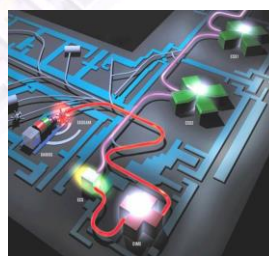


Réduction de contaminant : liner

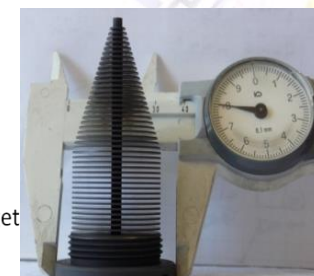
YVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

2020

LPSC
Grenoble
Laboratoire de Physique
Subatomique et de Cosmologie



 New target

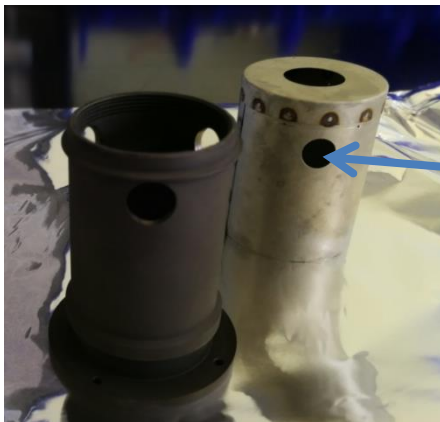


Backslides

BN insulators were incriminated for the shortcut of the anode

Analysis done with external experts: T. Stora (CERN), A. Gottberg, T. Goodacre (TRIUMF), U. Koester (ILL)

1) Cooling down the insulators



1-layer heat shield instead of 3 layers

2) Protecting the insulators from direct C vapors using a chicane in the transfert tube

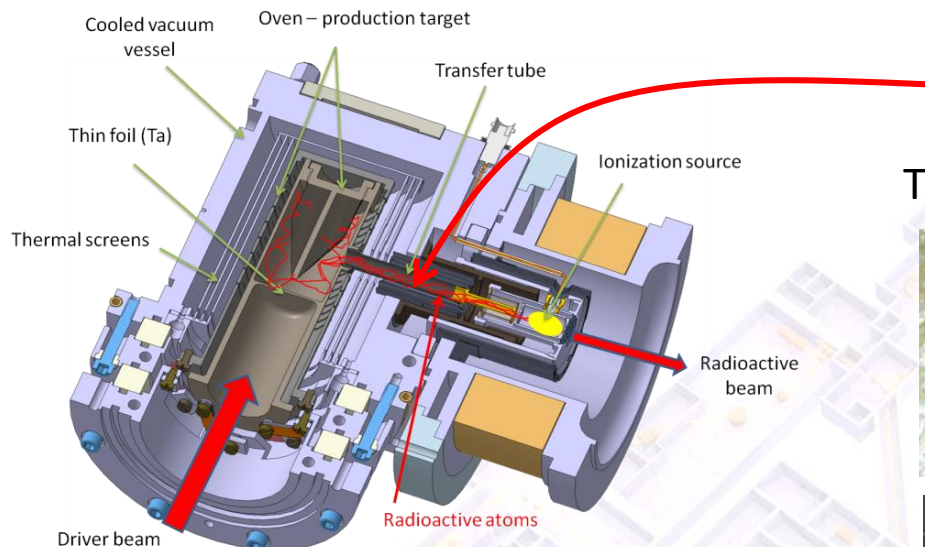


3) Replacing the BN insulators by BeO



Final adjustments are done on the FEBIAD TISS for successful online operation in 2019

^{12}C target + FEBIAD ion source development



P. Chauveau and all : EMIS 2015

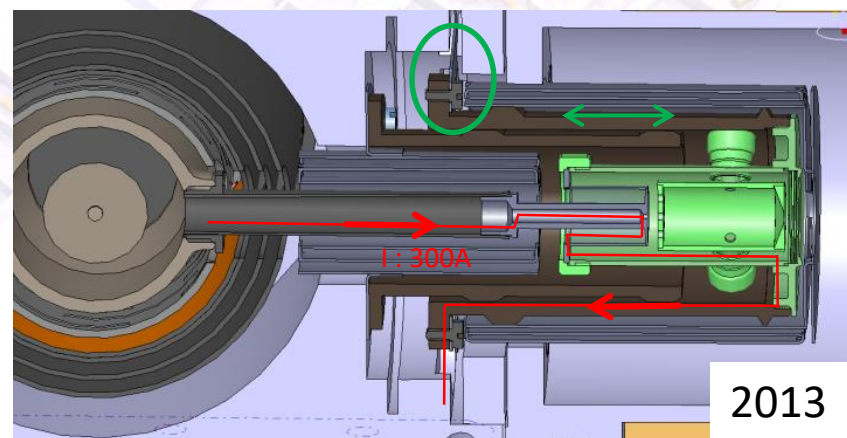
| Isotope | Power (W) | Rate (pps) |
|------------------|-----------|-------------------|
| ^{21}Na | 984 | $3.00\text{E}+07$ |
| ^{25}Na | 964 | $2.20\text{E}+07$ |
| ^{23}Mg | 1299 | $1.33\text{E}+07$ |
| ^{28}Al | 981 | $1.55\text{E}+06$ |
| ^{29}Al | 1301 | $1.40\text{E}+07$ |
| ^{30}P | 1287 | $4.20\text{E}+05$ |
| ^{33}Cl | 1235 | $9.50\text{E}+06$ |
| ^{37}K | 821 | $3.30\text{E}+07$ |
| ^{38}K | 1214 | $6.40\text{E}+07$ |

Production yields with ^{36}Ar 95MeV/A

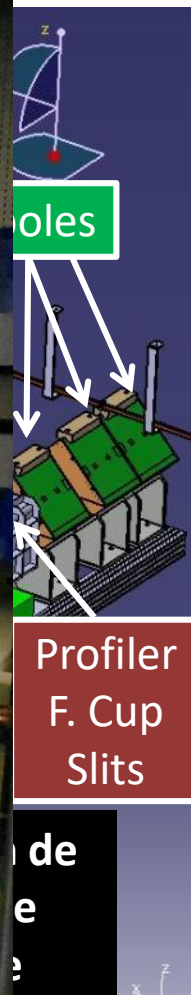
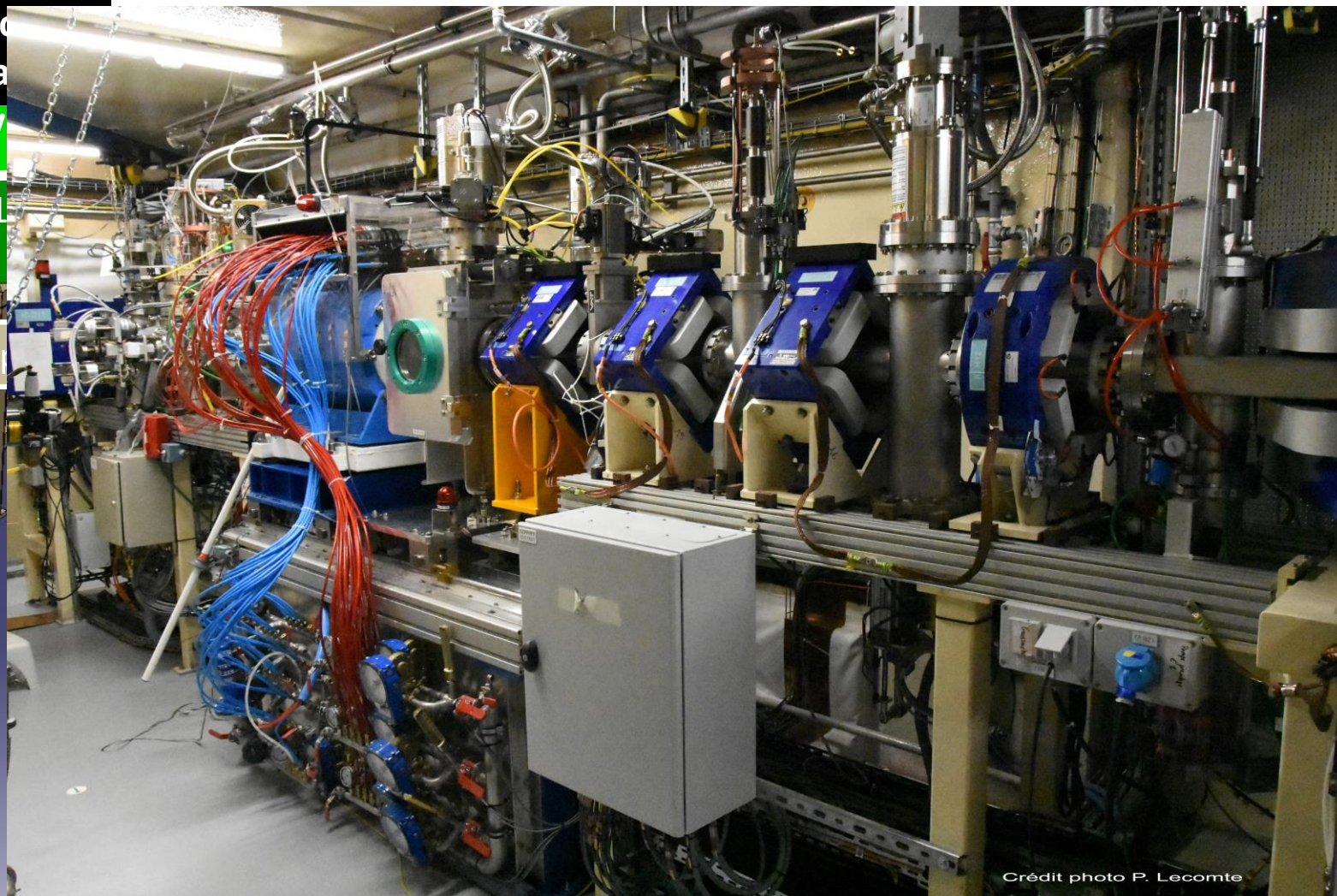
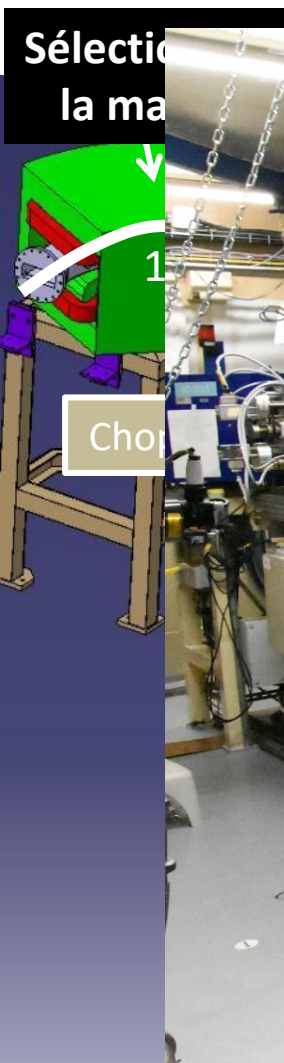
Main difficulty to overcome :

Thermal expansion of the transfer tube

Transfer tube length : 62.5mm + 1.5mm (2000°)

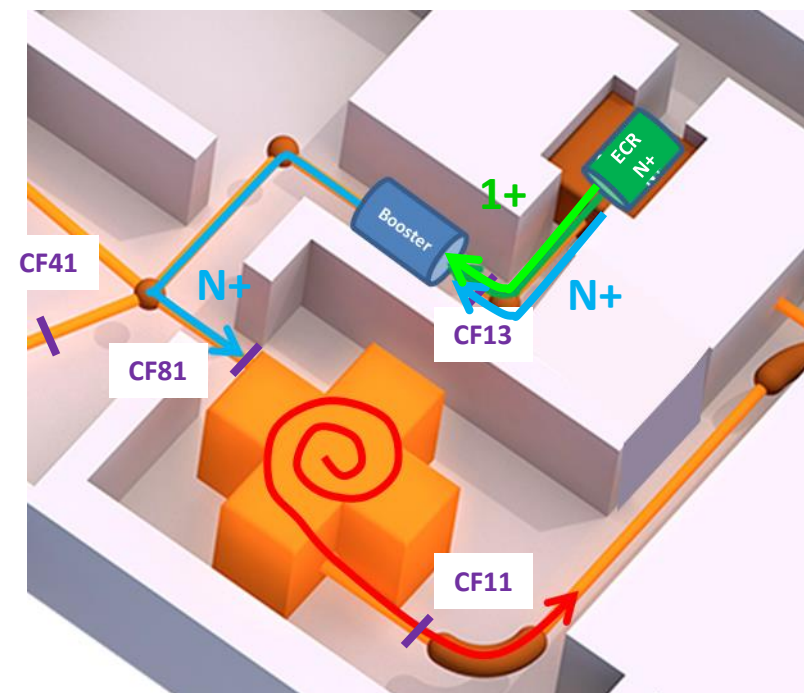


⇒ Able to produce metallic beams with intensities requested by physics experiments



Crédit photo P. Lecomte

Global efficiencies



| | Mode 1+/N+ | | Mode N+ direct | |
|---|------------------------|------------------------|----------------|------------|
| Step | Goal | Measures | Goal | Measures |
| Prod atom to ion | Ar1+ : 20% | 7% | Ar 8+ : 10% | 15% |
| Transp. ECS->CF13 | 80% | >80% | 50% | 40%-70% |
| $\epsilon_{\text{transf } 1+ \rightarrow N+}$ | 7% | 5-15% | / | |
| Transp. N+>CF31 | 50% | >80% | 65% | 60%-75% |
| Transp. CF31->CF81 | 80% | 70-95% | 80% | >75% |
| Accel ->CF11 | 20% | 15-30% | 20% | 35-42% |
| Total (average) | 9^E-4 | 8^E-4 | 0,5% | 1 % |

(EM ³⁹K⁹⁺)

(E744 ¹⁴O⁴⁺)