

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

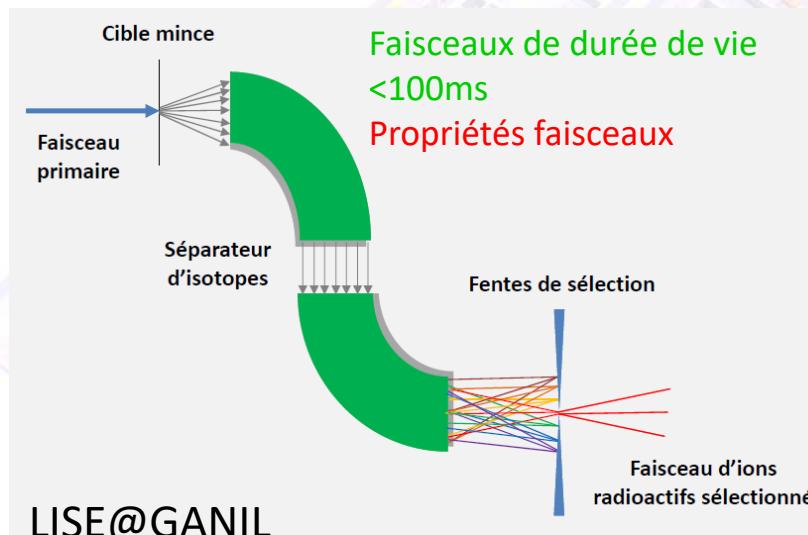
4- Perspectives

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
- Meilleur statistique

Courtesy of F. De Oliveira, GANIL

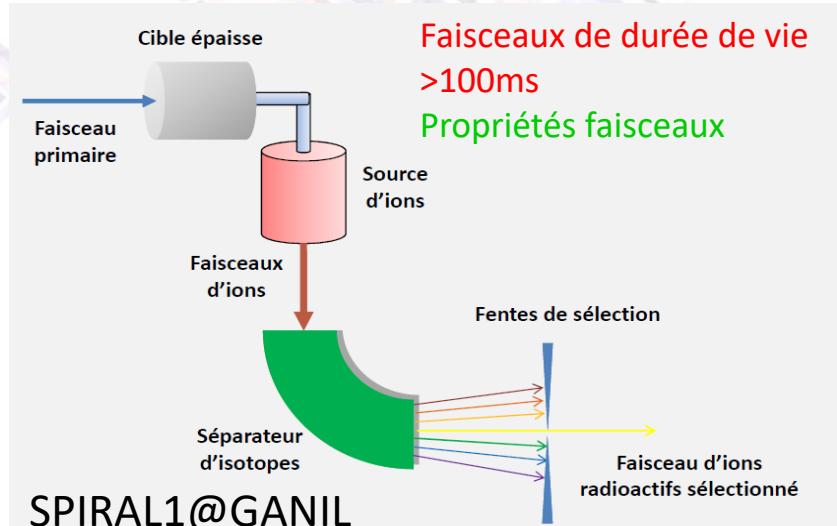
Technique de production en vol



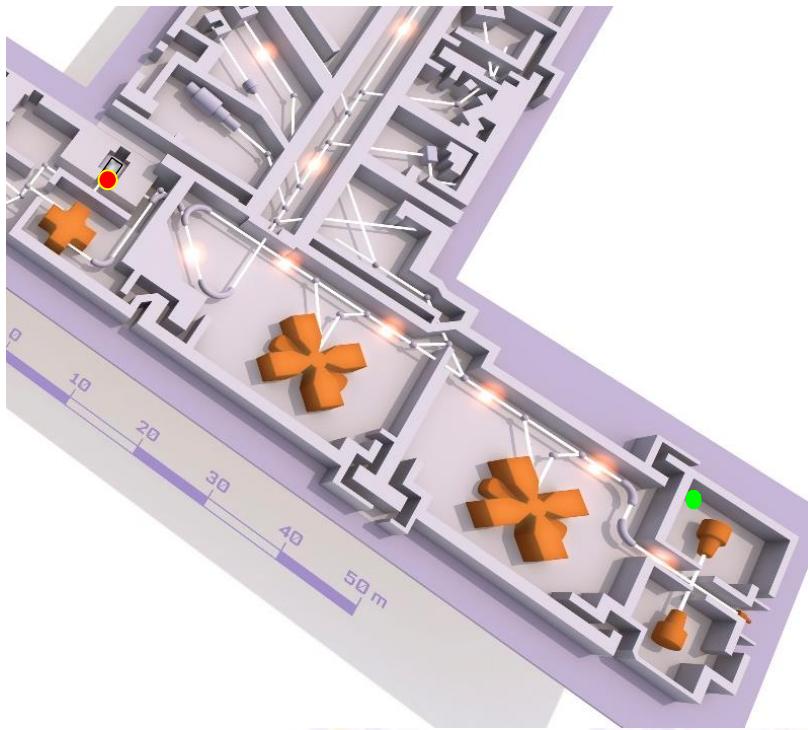
Point clés pour les installations délivrant des faisceaux radioactifs

- 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 « ISOL » *Isotope Separator On Line*

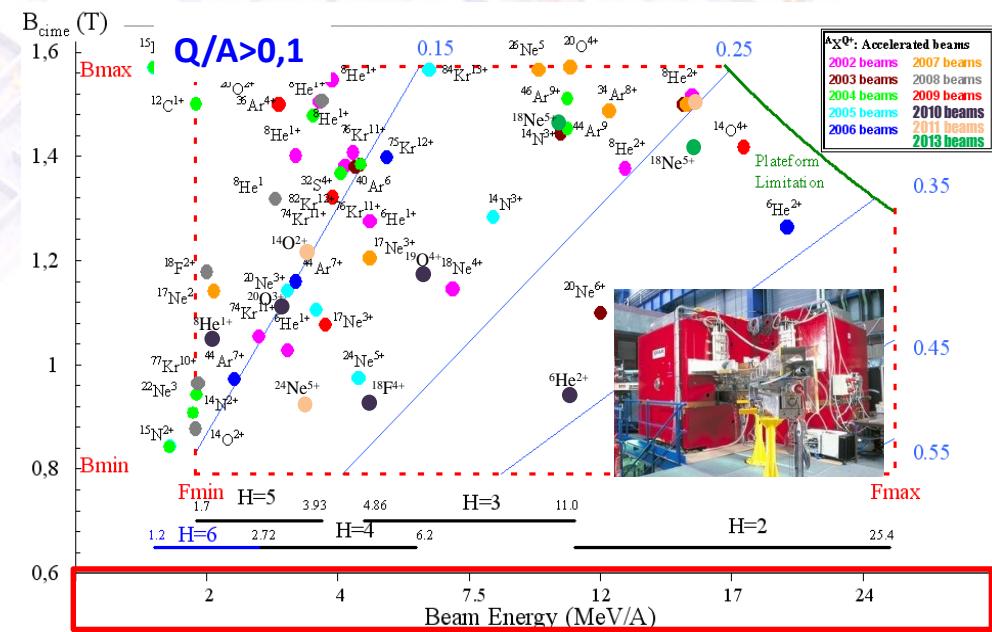
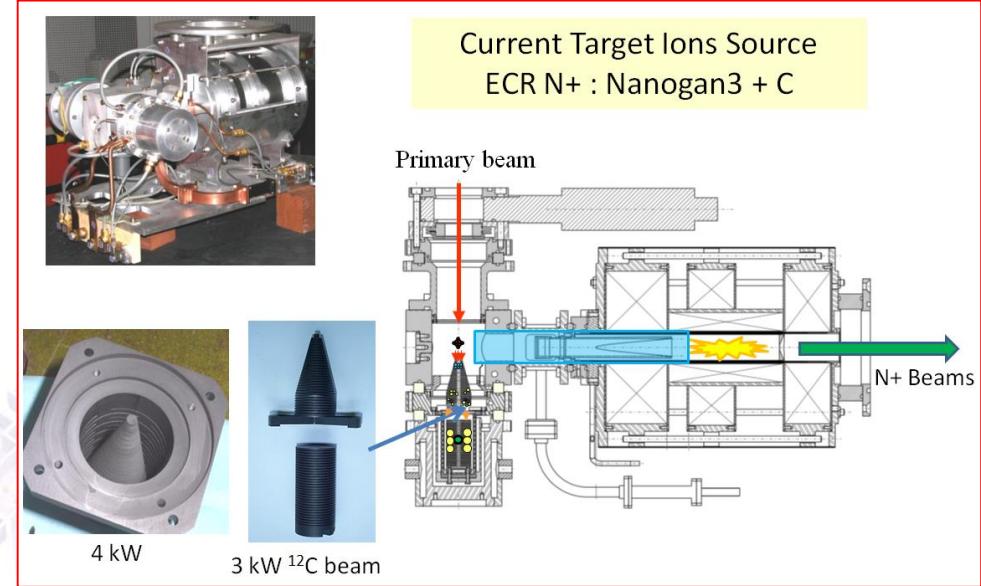


SPIRAL1 : Depuis 2001



Quelques chiffres :

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

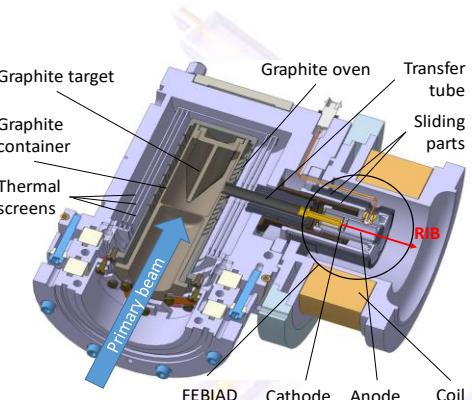


OBJECTIF

Etendre la production de faisceaux radioactifs accélérés
aux éléments condensables

Processus de fragmentation

- Nouvelles sources

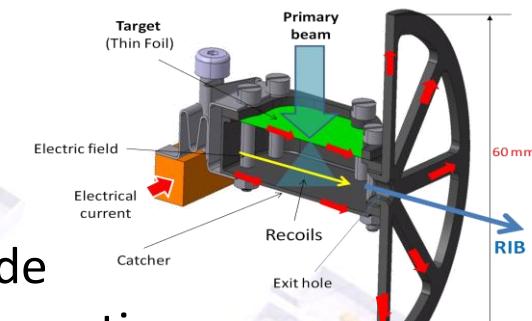


Source d'ions FEBIAD

- Nouvelles cibles (A>93)



Processus de Fusion-évaporation

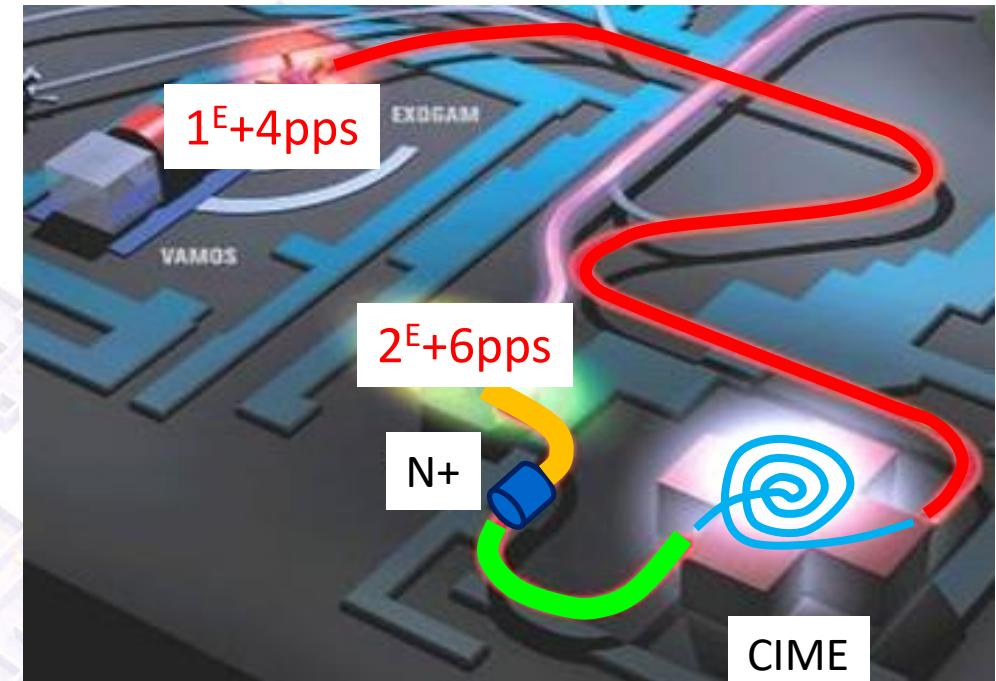


Pour être accélérés par CIME, il faut
des ions multichargés
=> Mise en œuvre d'un booster de
charges ($1+ \Rightarrow N+$)



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 $\sim 5\text{-}10\%$

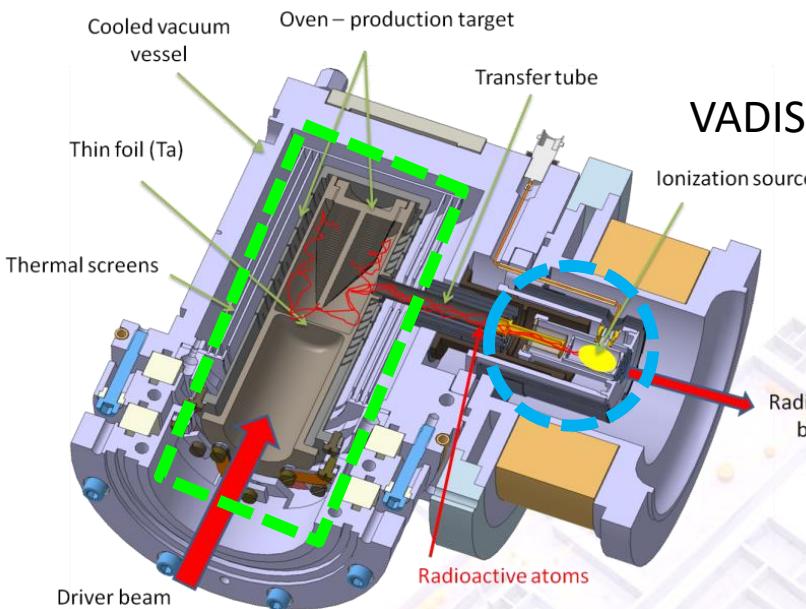
1- Introduction aux faisceaux radioactifs

2- SPIRAL1 et Upgrade

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

3- Production SPIRAL1 – 2018-2019

4- Perspectives

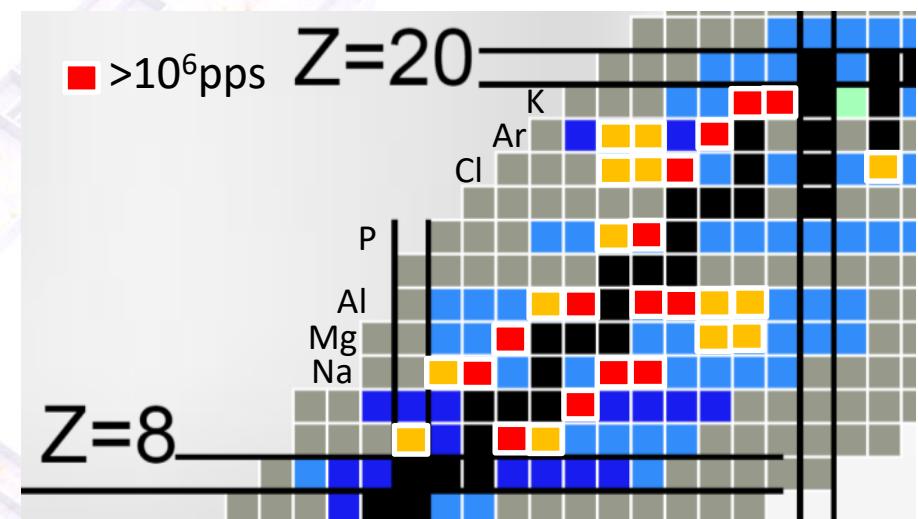


C Target - Oven



VADIS ions source

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

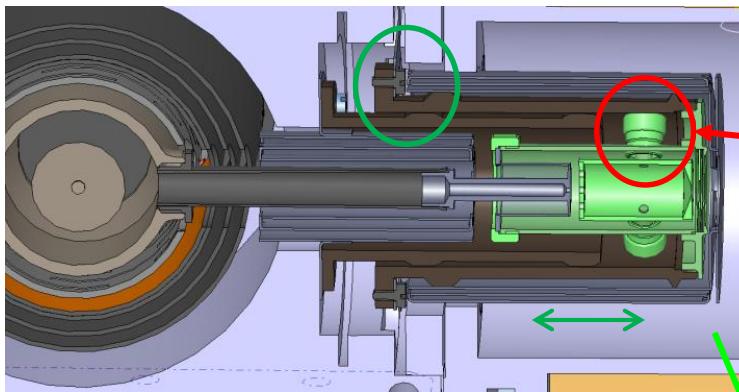


P. Chauveau et Al., A new FEBIAD-type ion source for the upgrade of SPIRAL1 at GANIL, Nucl. Instrum. Meth. A 376 (2016) 35.

Performances requises pour le démarrage

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

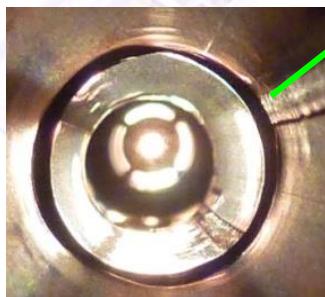
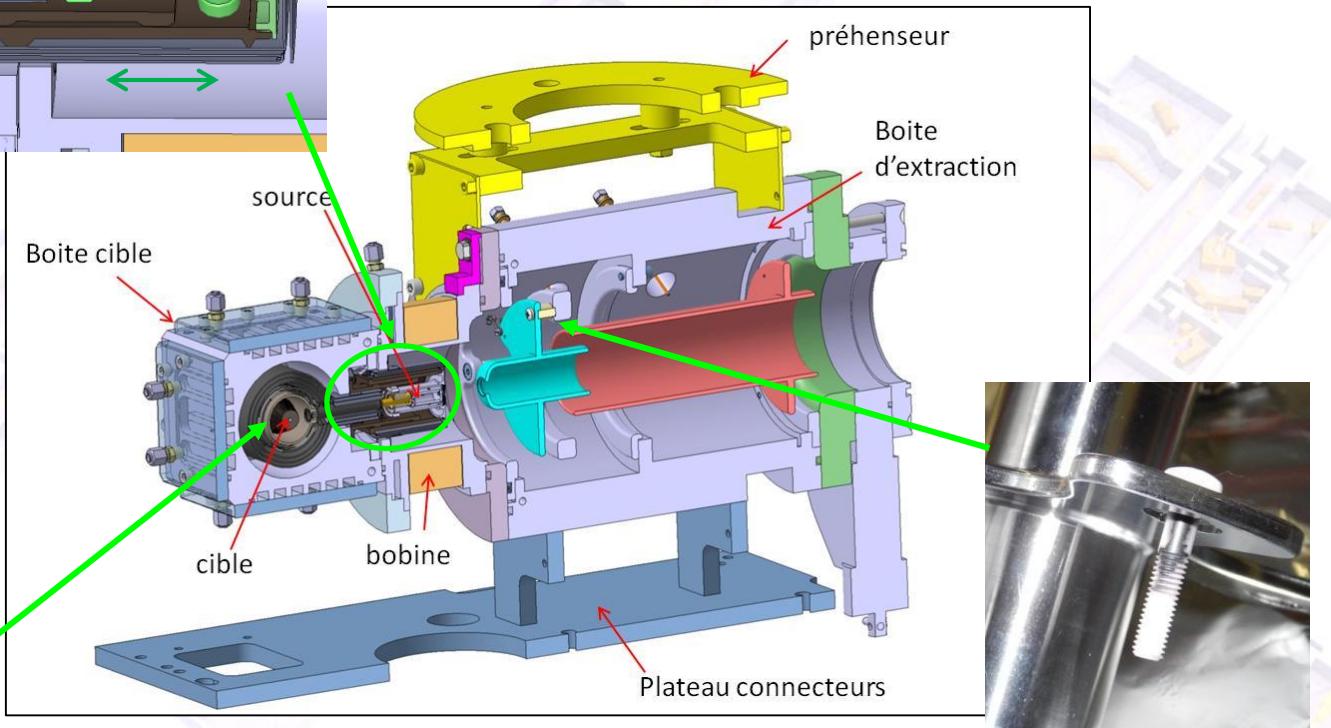
Ensemble Cible Source FEBIAD+C



Efficacités d'ionisation (>3 weeks)

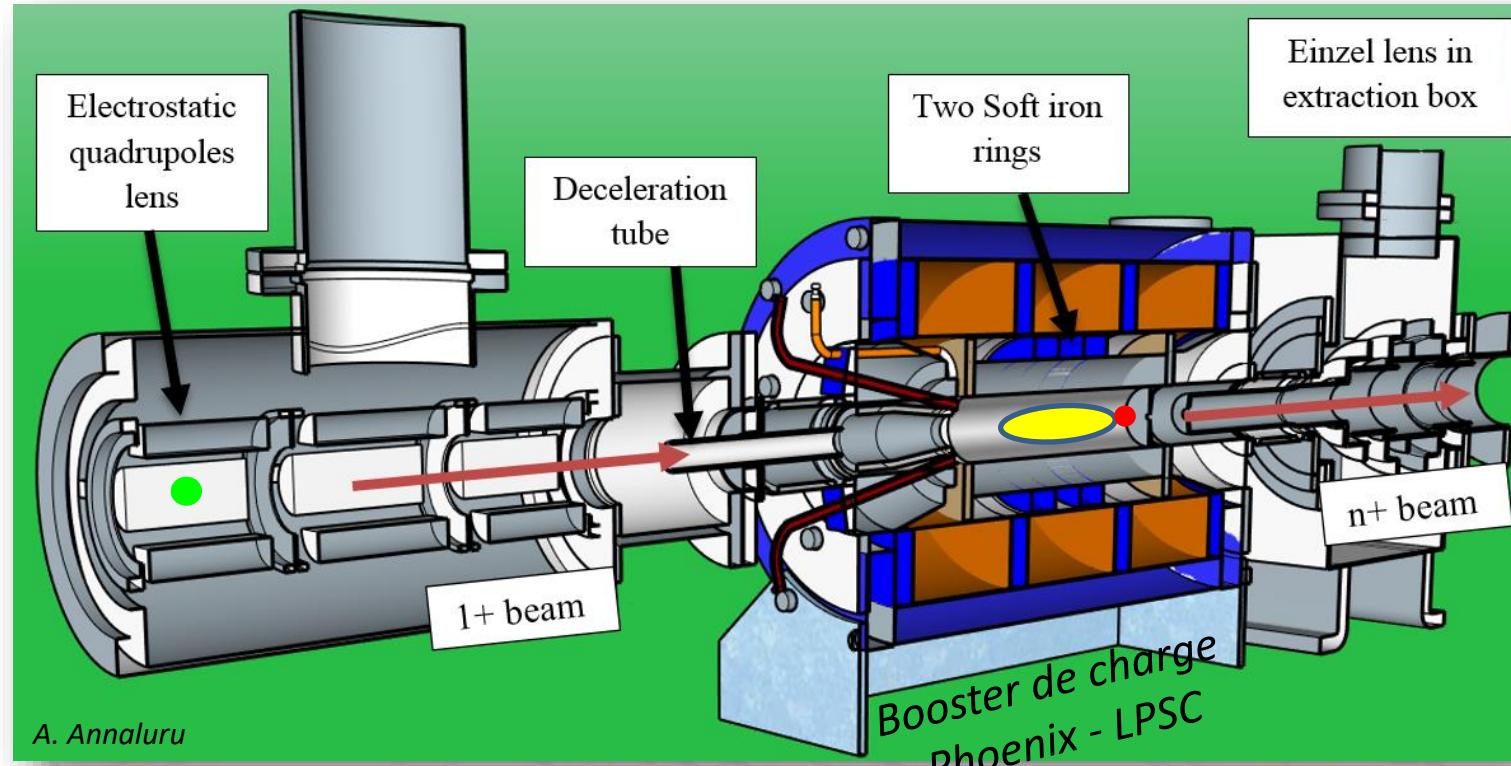
	Ne	Ar	Kr
Efficacités	>2.5%	>8%	>14%

Démontage FEBIAD 2013



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

Booster de charges



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

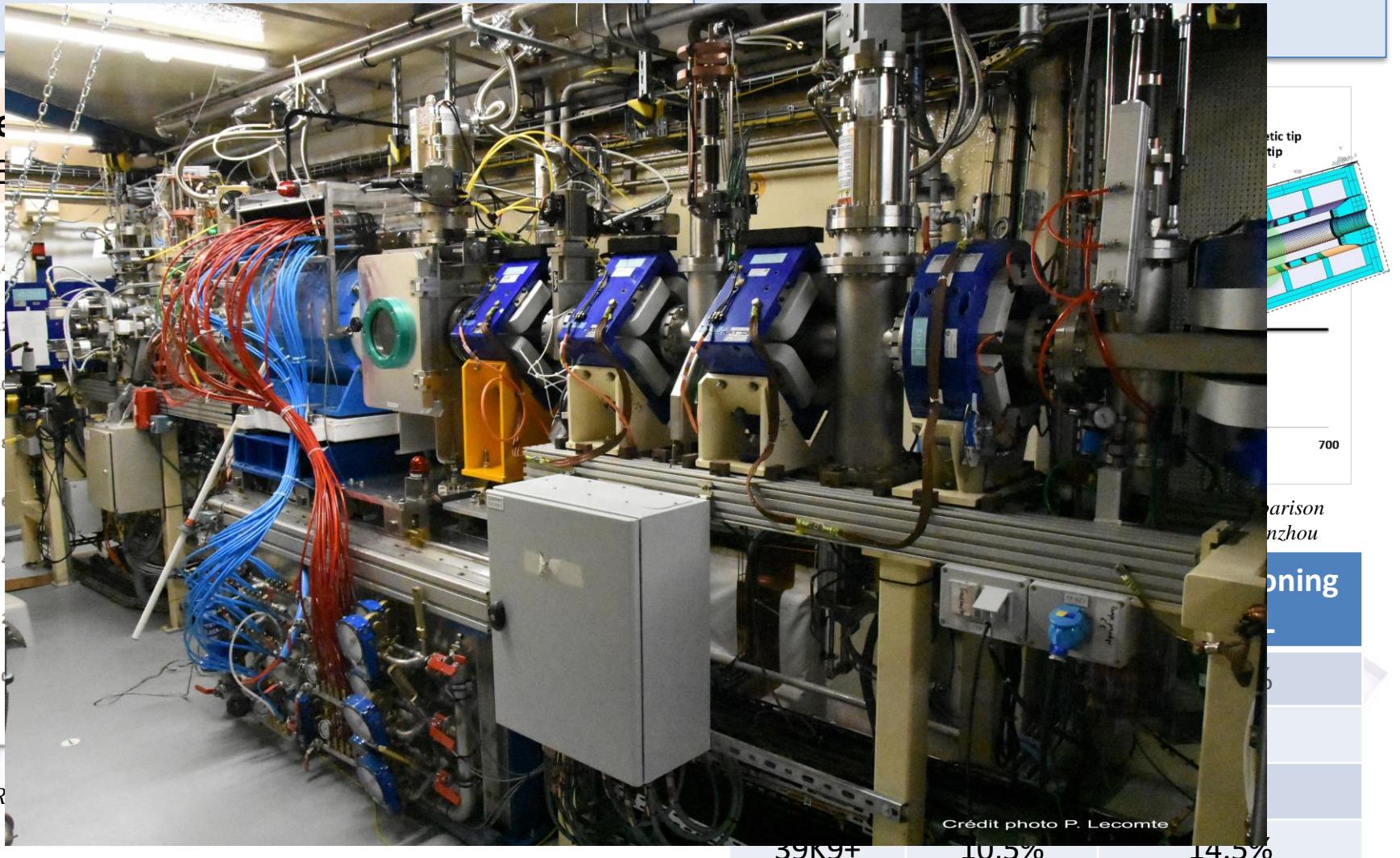


The research leading to these results has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme under grant agreement n°262010

- ✓ 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

Booster de charge

Validation au banc de test 1+/N+



Commissioning au GANIL

1- Introduction aux faisceaux radioactifs

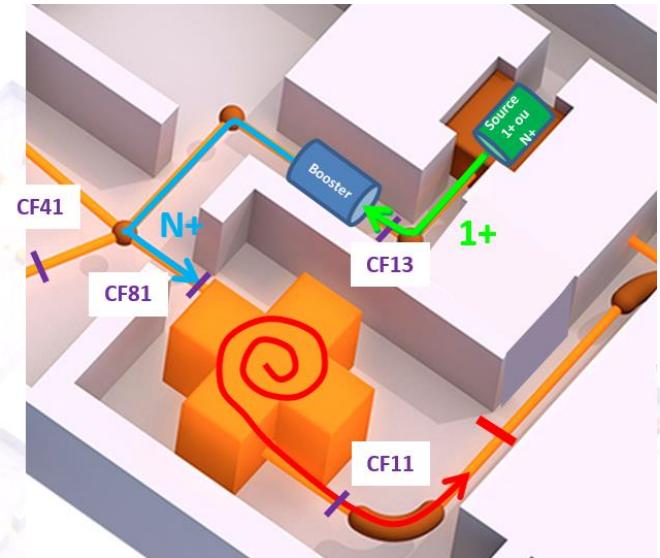
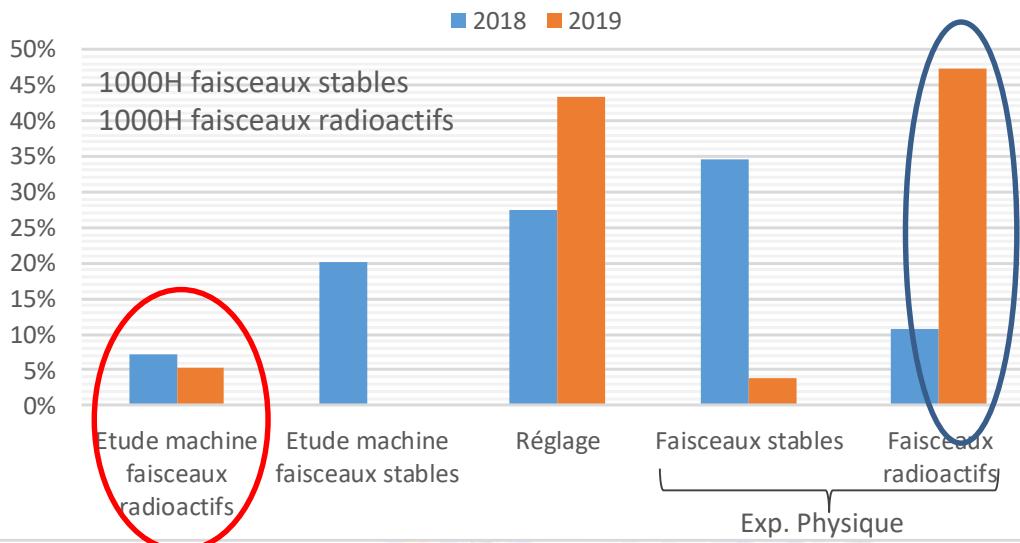
2- SPIRAL1 et Upgrade

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

3- Production SPIRAL1 – 2018-2019

4- Perspectives

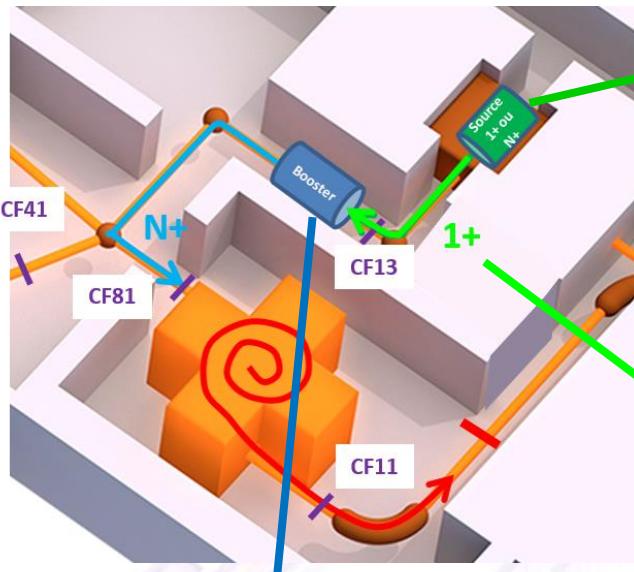
Répartition du temps de faisceau



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

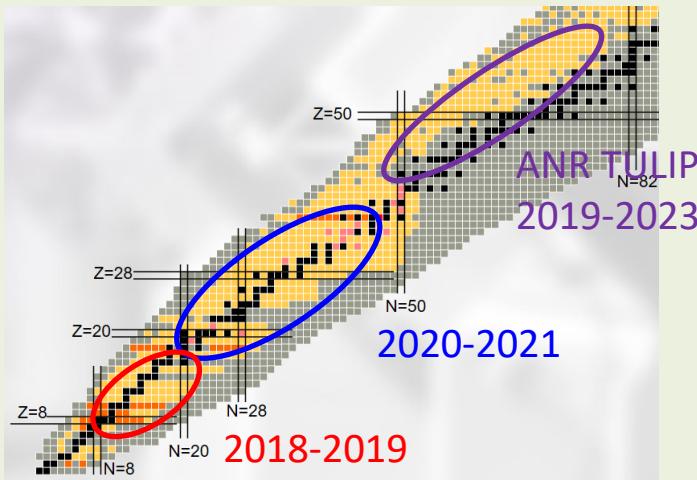
=> Faible conversion en faisceaux radioactifs.

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

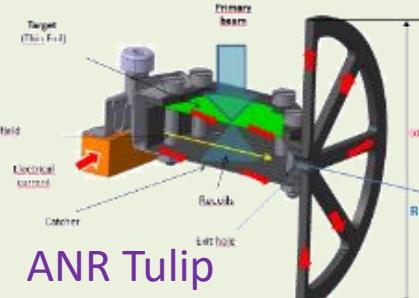
Caractériser les performances jusqu'à A<85

Isotopes de court temps de vie

(fusion évaporation)

^{74}Rb (68ms)

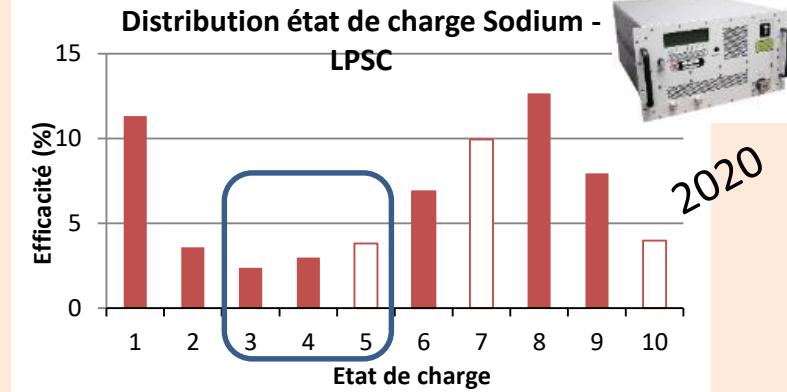
$(^{20}\text{Ne}@\text{95MeV/u} + ^{58}\text{Ni})$



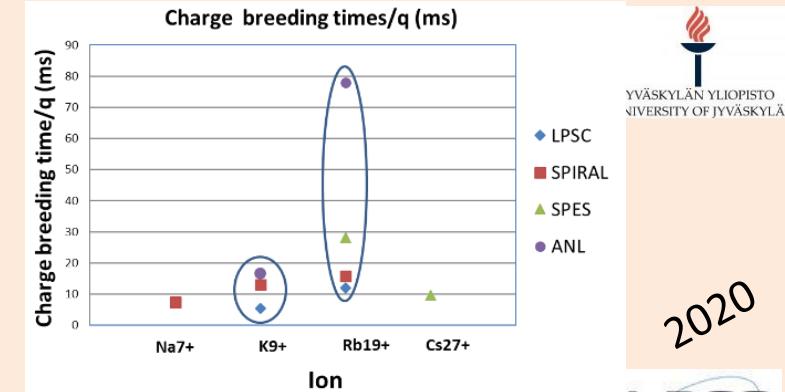
Augmentation des intensités

Booster de charges

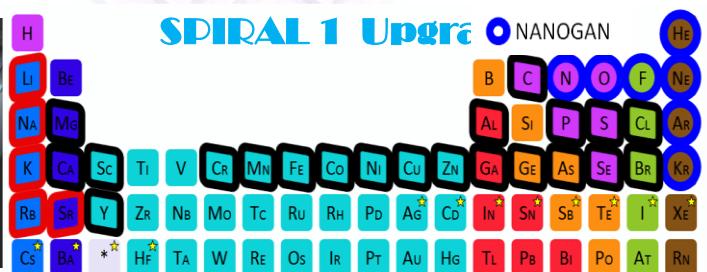
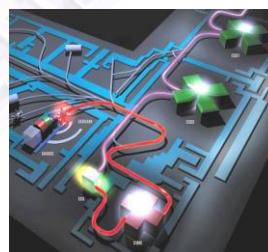
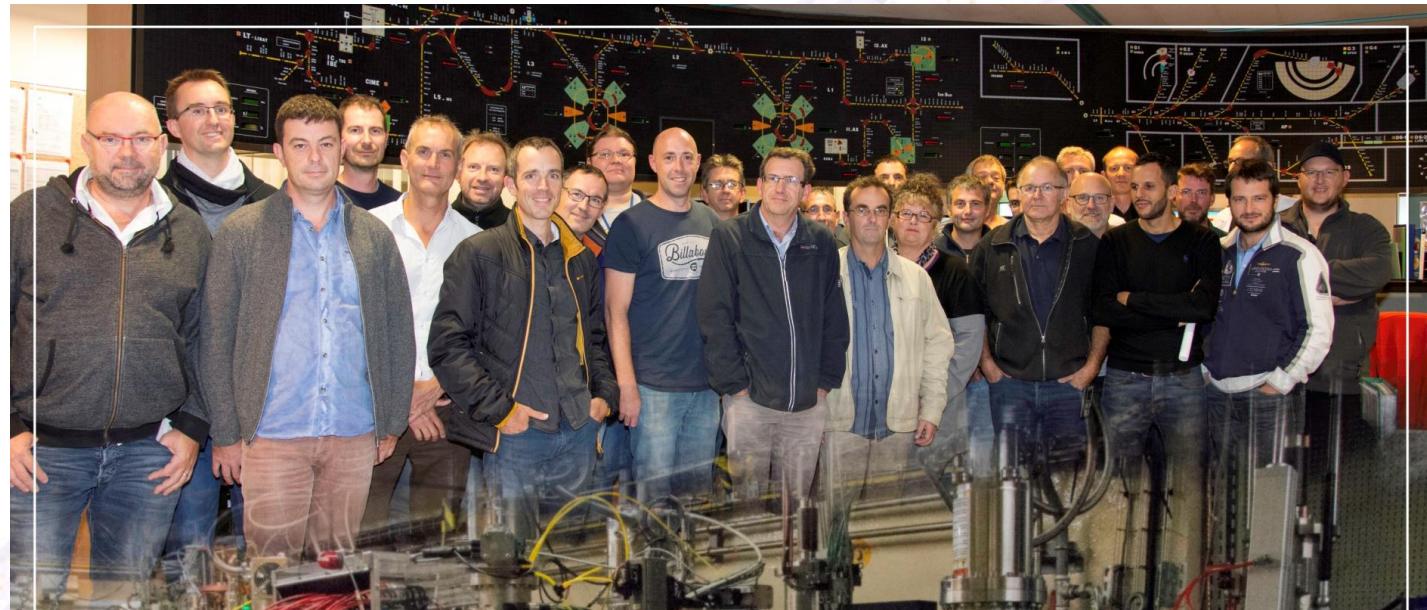
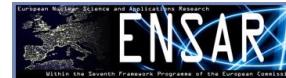
Adaptation de l'état de charge



Réduction des temps de transformation



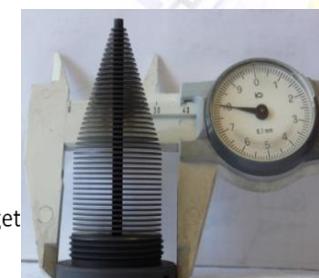
Réduction de contaminant : liner



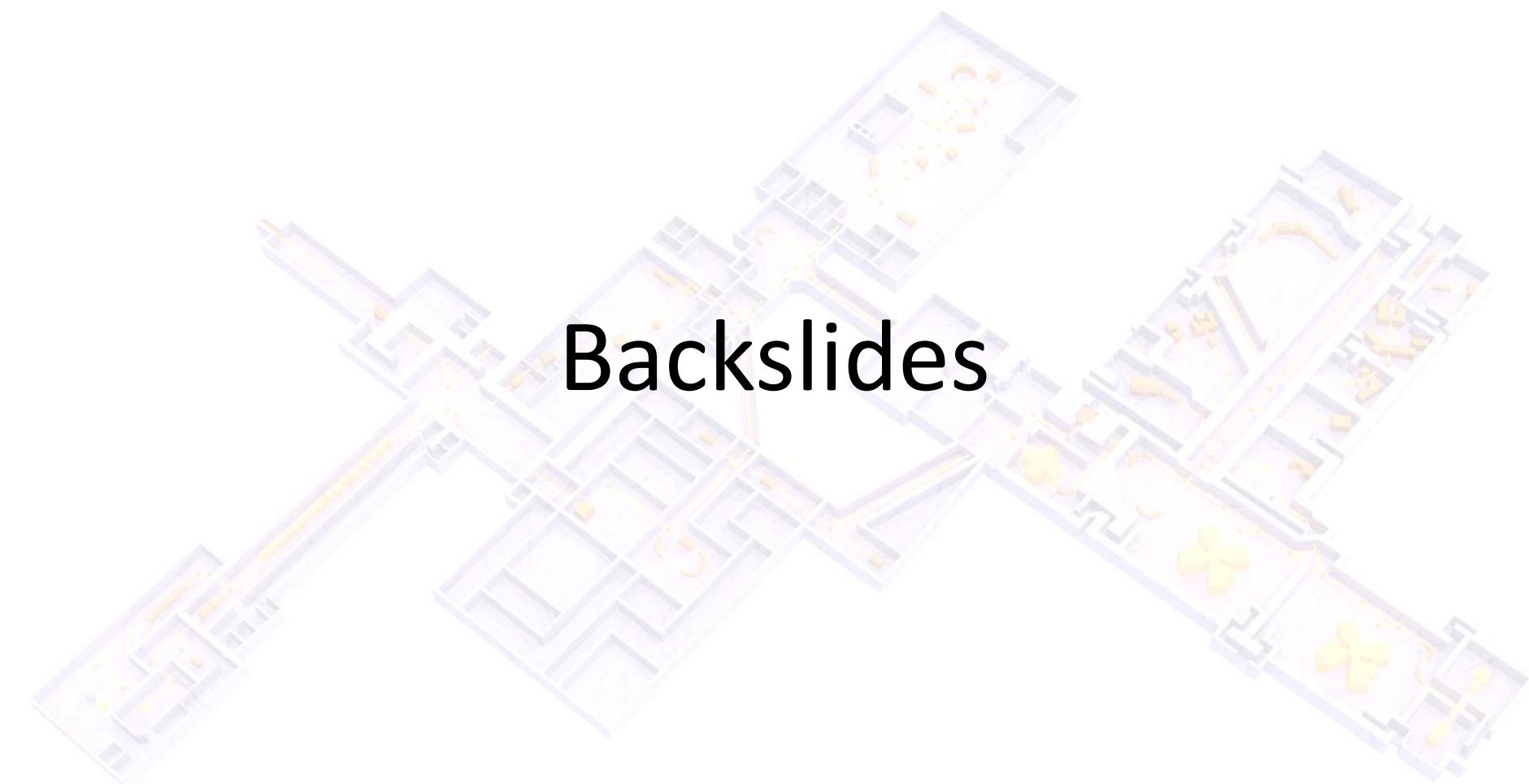
FEBIAD

Surface

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

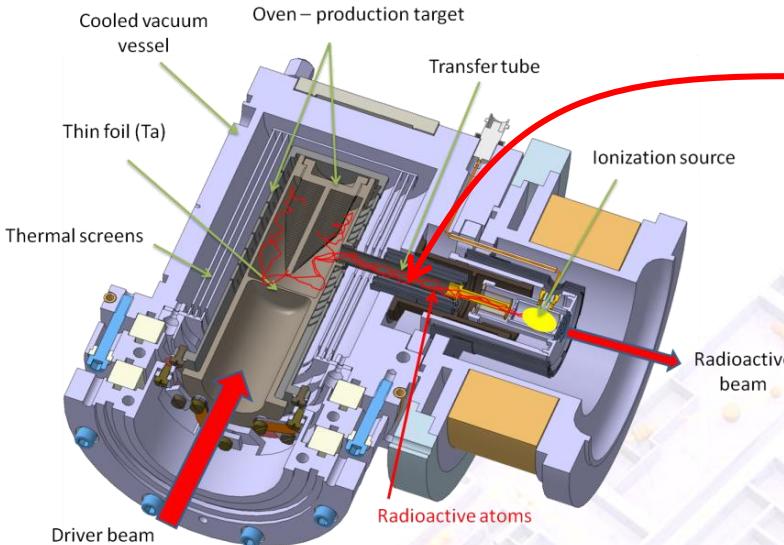


- 3) Replacing the BN insulators by BeO



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

^{12}C target + FEBIAD ion source development

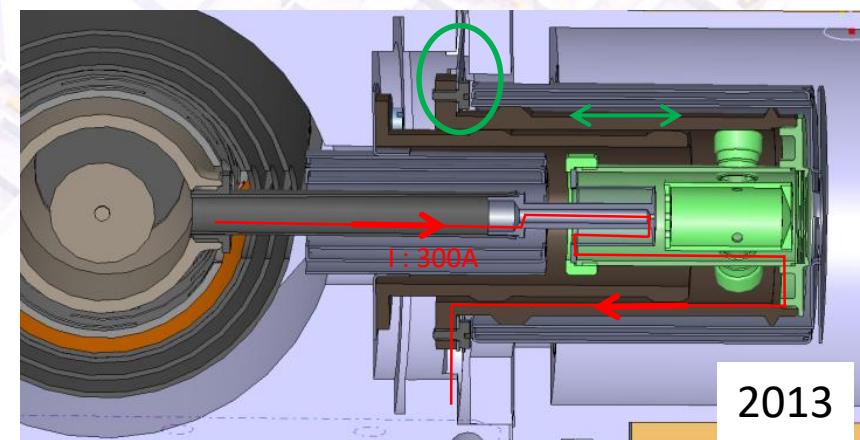


P. Chauveau and all : EMIS 2015

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

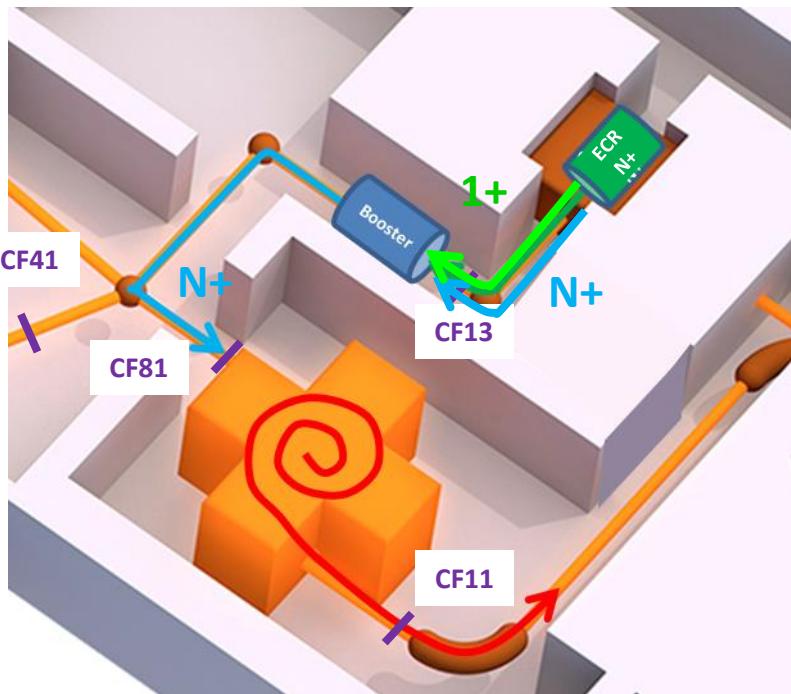


⇒ Able to produce metallic beams with intensities requested by physics experiments

Booster de charge : Mode 1+/N+



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%
$\epsilon_{transf\ 1+>N_+}$	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 $^{39}K^{9+}$)

(E744 $^{14}O^{4+}$)