



SPIRAL1: de nouveaux faisceaux d'ions exotiques pour les physiciens

L. Maunoury pour l'équipe UPGRADE SPIRAL1

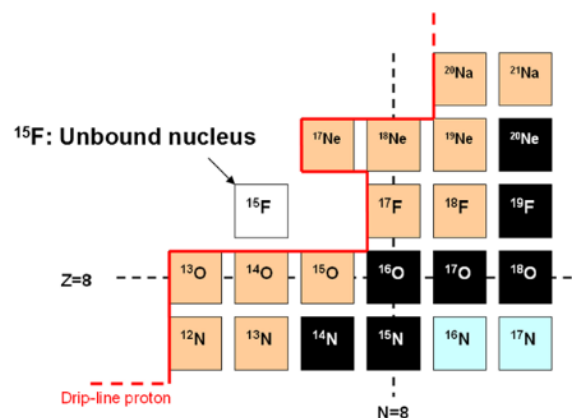
GANIL , Blvd H. Becquerel, 14076 Caen Cedex 5
maunoury@ganil.fr



Sommaire

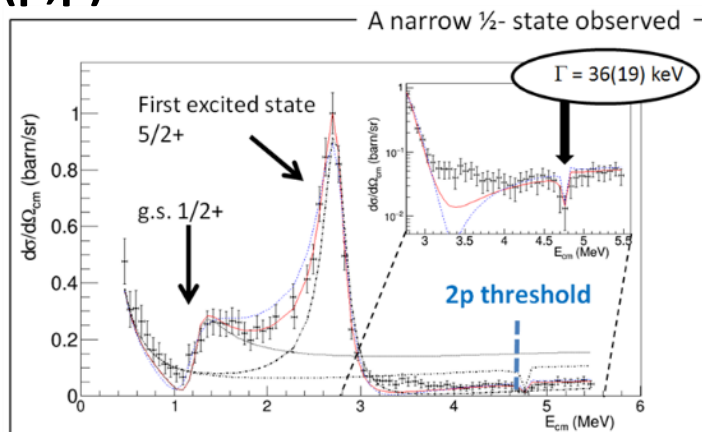
- 1 – Pourquoi?
- 2 – Principes de Production
- 3 – SPIRAL1
- 4 – Upgrade SPIRAL1
- 5 – Conclusions

Etude du ^{15}F

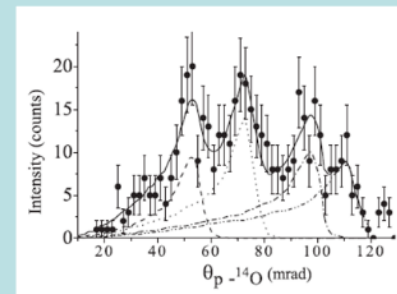
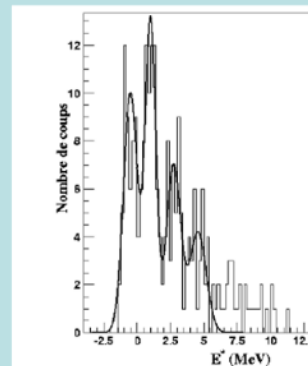
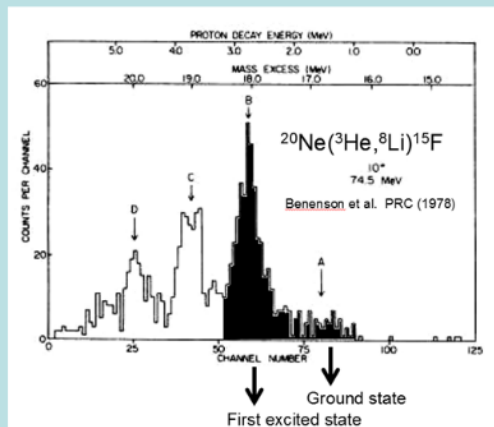


^{15}F studied with $^{14}\text{O}(p,p)^{14}\text{O}$

Avec SPIRAL1



Avant SPIRAL1



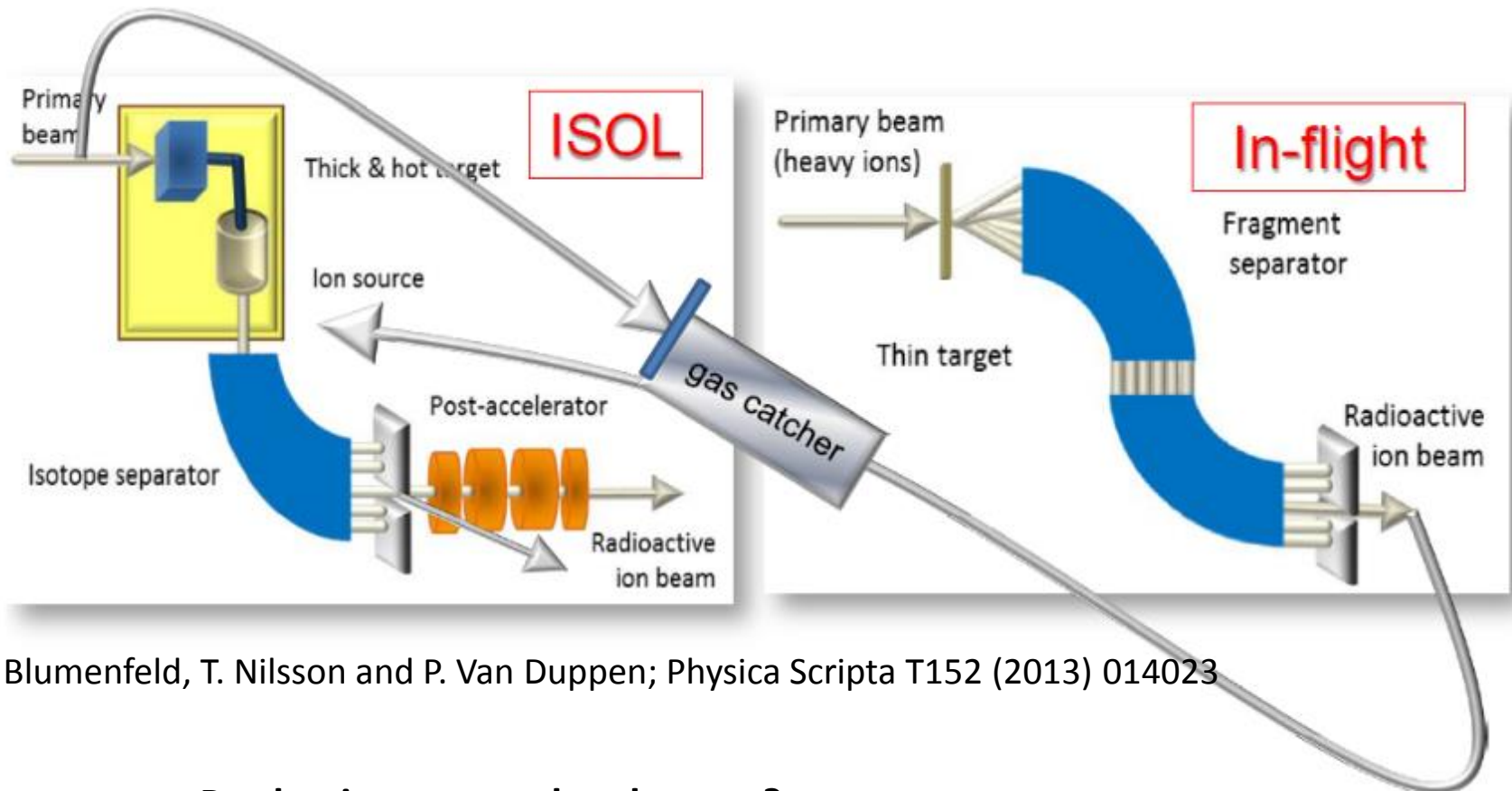
Réaction de transfert

Invariant-mass reconstruction

Tracking technique

- Résolution en énergie 10 à 200 fois meilleure
- Possibilité d'observer de nouvelles résonances
- Propriétés (spin, largeurs) mesurées avec précision
- Statistique meilleure

F. De Oliveira

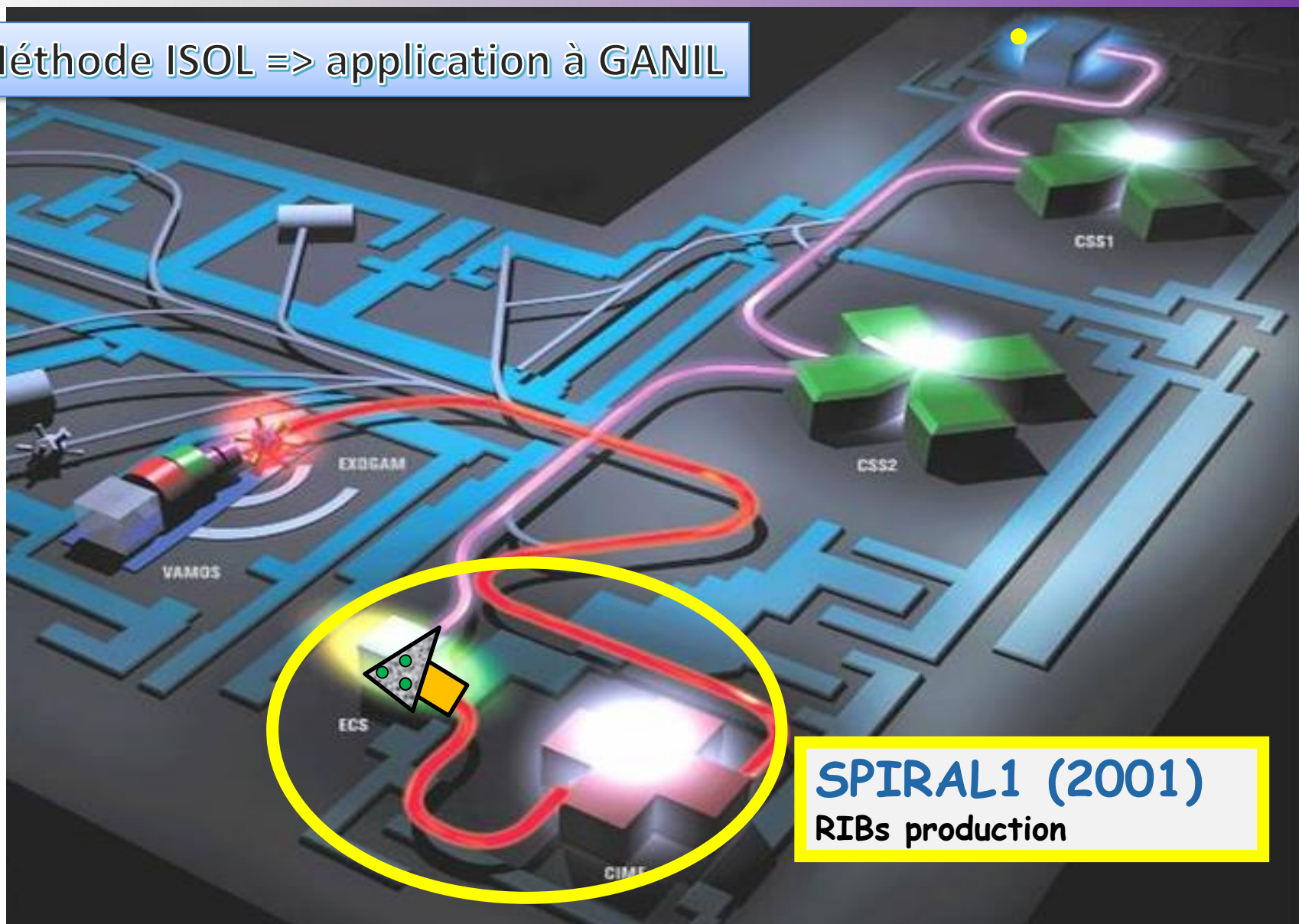


Y. Blumenfeld, T. Nilsson and P. Van Duppen; Physica Scripta T152 (2013) 014023

Production: que recherche-t-on?

- ✓ Produire en grande quantité
- ✓ Etre efficace
- ✓ Etre le plus rapide possible ($T_{1/2}$ peut être court $< \text{ms}$)
- ✓ Etre sélectif (contaminants stables ou radioactifs produits intensément)

Méthode ISOL => application à GANIL



SPIRAL1 (2001)
RIBs production



SPIRAL1

Ensemble cible-source NANOGANIII



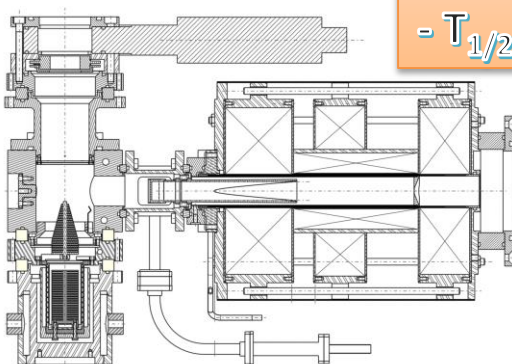
Targets



He



Ne, Ar, Kr,
N, O, F



Transport basse énergie, 34q.keV maximum



Cyclotron d'Ions de Moyenne Energie Jusqu'à 20MeV/u

- 35 isotopes > $1E+4$ pps
- 7 chemical elements (He, Ne, Ar, Kr, N, O, F)
- $T_{1/2}$ min : 100ms (^8He)



Des expériences de Physiques réussies...

Existence of unbound ${}^7\text{H}$ using the active target MAYA [1].

7 éléments

Searching for signatures of physics beyond Standard Model by measuring the β - ν angular correlation parameter in the decay of ${}^6\text{He}$ at LPCtrap[2].

Sélection de highlights

Table of elements

Probing the neutron distributions in borromean nuclei from charge radii measurement using a laser trap [3] and transfer reactions [4].

1 H

Study of quantum tunneling at the femtometer scale – probing the interplay between intrinsic structure and the reaction dynamics of the colliding nuclei around the Coulomb barrier using beams of ${}^{6,8}\text{He}$ [5].

4 K Ca Sc Ti V Cr Mn Fe Co Ni Cu Zn Ga

Resonant elastic scattering for probing the role of unbound nuclei in explosive combustion of hydrogen - see for instance [6].

IV	V	VI	VII	VIII
				He
C	N	O	F	Ne
Si	P	S	Cl	Ar
Ge	As	Se	Br	Kr
Sn	Sb	Te	I	Xe

Evolution of $N=20$ and 28 shell closures far from stability and the emergence of new shell gap at $N=16$, using neutron rich beams of Ne and Ar[7].

P. Delahaye

...MAIS les physiciens ont besoin de plus !



[1]: M. Caamaño et al, Phys. Rev. Lett. 99 (2007) 062502.

[2]: X. Flechard et al., Phys. Rev. Lett. 101 (2008) 212504.

[3]: P. Mueller et al., Phys. Rev. Lett. 99(2007)252501.

[4]: A. Chatterjee et al., Phys. Rev. Lett. 101(2008)032701.

[5]: A. Lemasson et al., Phys. Rev. Lett. 103 (2009) 232701.

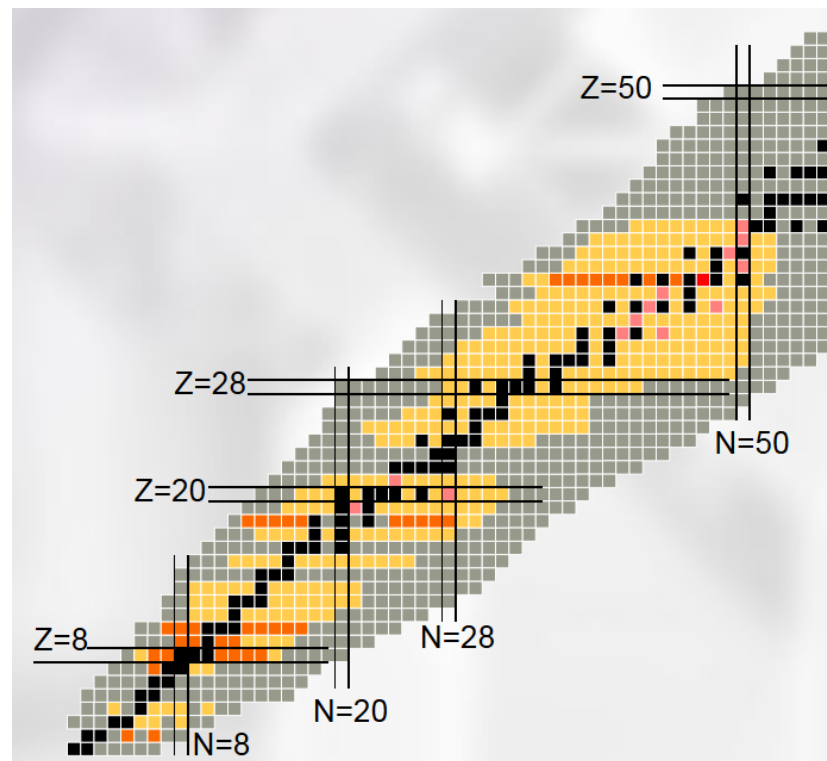
[6]: W.N. Catford et al., Phys. Rev. Lett. 104(2010)192501.

[7]: L. Gaudefroy et al., Phys. Rev. Lett. 97(2006) 092501 and Phys. Rev. Lett. 99, 099202 (2007)

Modification de l'installation par application de la méthode 1+/ n^{+}

Nouveautés

- ✓ Fragmentation de la cible
 $^{12}\text{C} + A=\text{max Nb} \Rightarrow$ optimisation des taux de production
fusion-évaporation
- ✓ Ensembles cible-source dédiés à des famille d'éléments chimiques
- ✓ Booster de charge pour adapter la charge à CIME

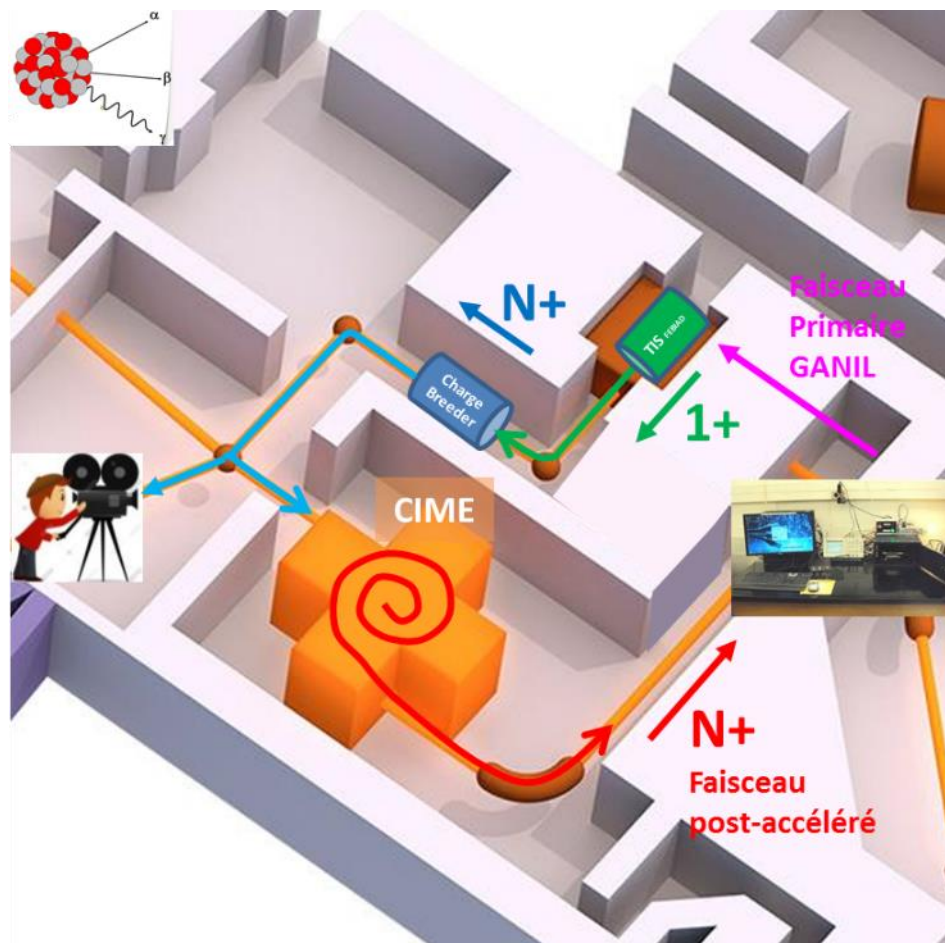
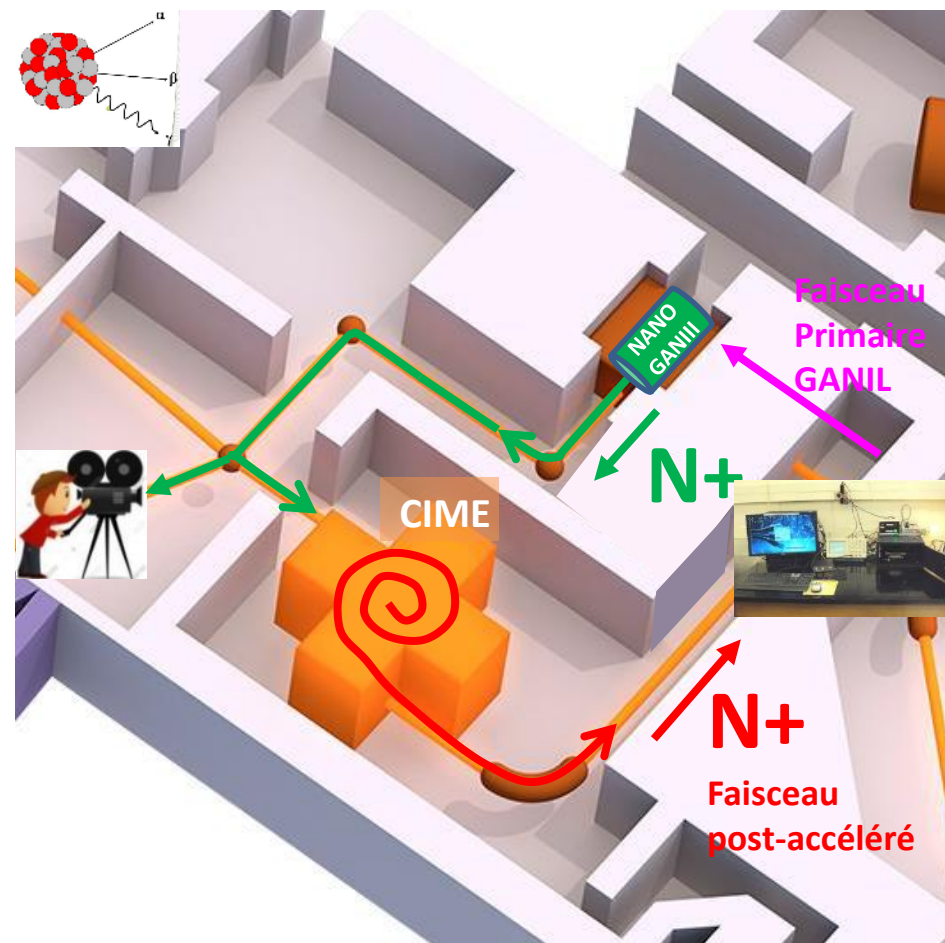


Ensemble cible-Source NanoganIII (N^{+})

Ensemble cible-source FEBIAD (1^{+})



Modification de l'installation par application de la méthode 1+/n+



Les composants nécessaires au premier faisceau...

Fragmentation du projectile

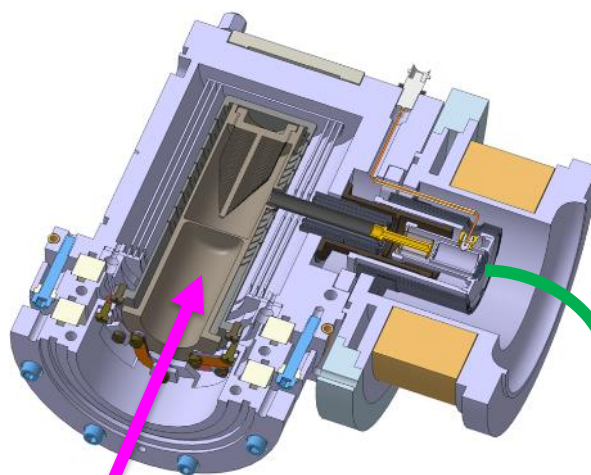
Nouvel ensemble
Cible source FEBIAD

Implémentation
Booster de charge

$XA + {}^{12}\text{C}$



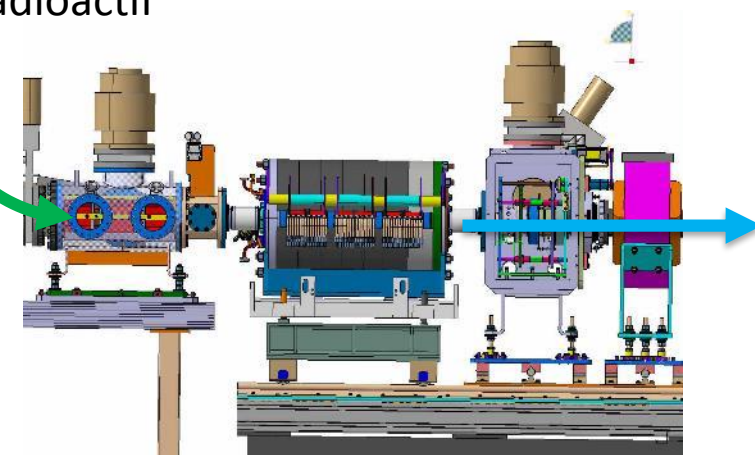
2000°C



Faisceau GANIL
e.g. ${}^{40}\text{Ar}@95\text{MeV/u}$

Faisceau 1+
radioactif

Faisceau N+
radioactif



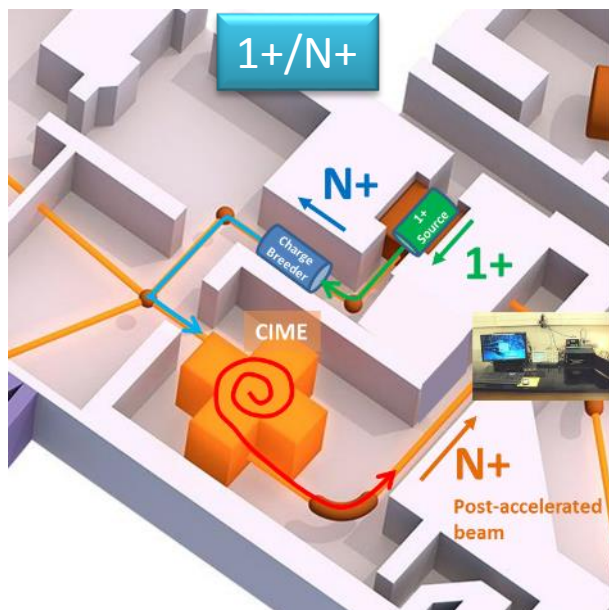
1+ radioactif => LIRAT puis DESIR



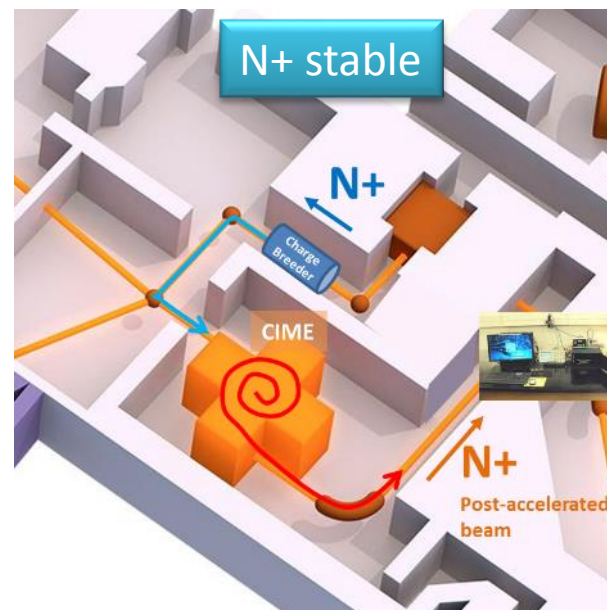
N+ radioactif NANOGANIII



1+/N+



N+ stable



Les premiers faisceaux...

N+ radioactif NANOGANIII

Expérience E744 => $^{14}\text{O}^{4+}$ @7.5 MeV/u $T_{1/2}=70.59\text{s}$ Faisceau Primaire $^{16}\text{O}^{5/8+}$ @95MeV/u
~1300W sur cible

Taux mesuré avant upgrade

1.0 10^5 pps sur cible physicien (E569S)

Taux mesuré après upgrade

2.7 10^5 pps pic sur cible physicien

Expérience E786S => $^{46}\text{Ar}^{9+}$ @10 MeV/u $T_{1/2}=7.8\text{s}$ Faisceau Primaire $^{48}\text{Ca}^{10/19+}$ @60MeV/u
~ 600W sur cible

Taux mesuré avant upgrade

2.0 10^4 pps sur cible physicien (E427S)

Taux mesuré après upgrade

7.0 10^4 pps pic sur cible physicien

1+/N+

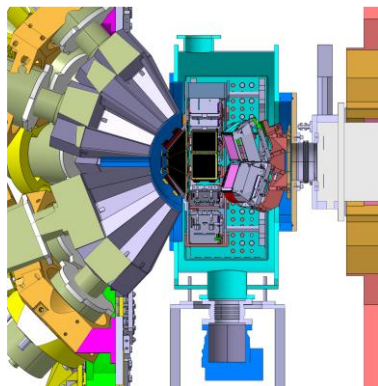
Expérience E737=> $^{38\text{m}}\text{K}^{8+}$ @9 MeV/u $T_{1/2}=924.6\text{ms}$ Faisceau Primaire $^{40}\text{Ca}^{9/20+}$ @95MeV/u
~ 800W sur cible

Nouveau taux mesuré après upgrade 8.0 10^5 pps sur cible physicien pour 5.0 10^5 pps requis

4.1 10^6 pps sur cible physicien Isomère + Fondamentale

Perspectives à moyen et long terme

Réactions de transfert auprès de MUGAST/AGATA >2020

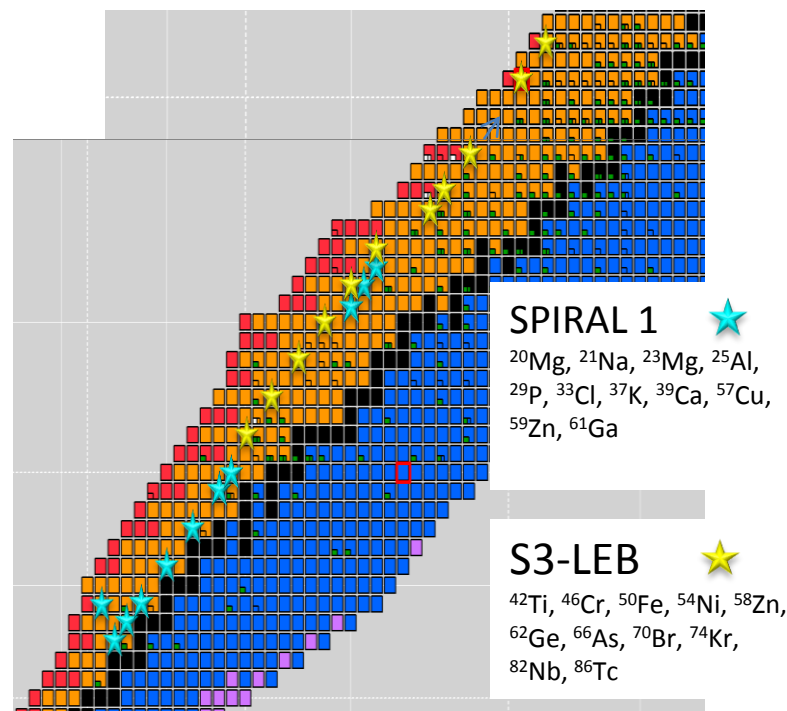


Lettres d'intention PAC 2018 - 2019

^{48}Cr , $^{49,50}\text{Sc}$, ^{55}Co , ^{56}Ni , ^{57}Ni , ^{71}Br ,
 ^{74}Kr , ^{66}Ge , $^{74-76}\text{Ge}$, ^{78}Sr , ^{79}Se

Structure autour de $N=Z=28$!

Mesures de précision pour tester le Modèle Standard à DESIR!



**Noyau miroir
 M , $T_{1/2}$, corrélations!**

Perspectives à moyen et long terme

Nouvelles réactions

Fragmentation cible avec $^{12}\text{C}+^{\text{X}}\text{A}$
Fusion - évaporation

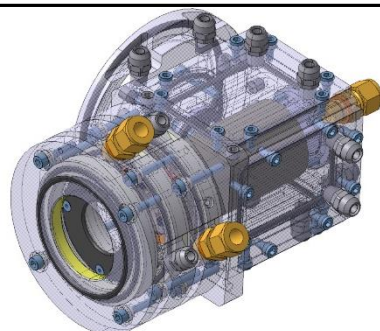


^{21}Mg	$8,2 \cdot 10^2$
^{22}Mg	$2,0 \cdot 10^5$
^{25}Al	$7,9 \cdot 10^4$

^{60}Zn	$1,5 \cdot 10^4$
^{64}Ge	$1,5 \cdot 10^3$
^{63}Ga	$6,7 \cdot 10^4$
^{67}As	$2,7 \cdot 10^3$

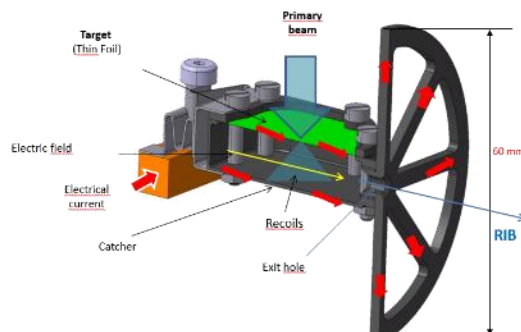
Nouveaux ensembles Cible source

Ionisation de surface



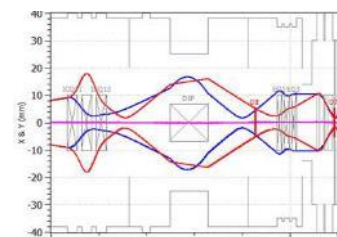
Court temps de vie

^{74}Rb ($^{20}\text{Ne}@95\text{MeV/u}+^{58}\text{Ni}$)

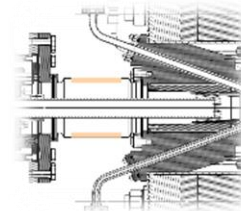


Amélioration du Booster de charge

✓ Efficacité: optique 1+



✓ Pureté: liner, nez en fer



✓ Stabilité-Etat de charge:
double fréquence





Conclusions

- ✓ L'upgrade de l'installation SPIRAL1 est finalisé
- ✓ Les premiers faisceaux produits montrent que l'installation est opérationnelle, elle fournit les mêmes faisceaux qu'avant et en produit de nouveaux
- ✓ C'est une installation multi modes au service des physiciens
- ✓ La R&D est très présente pour continuer l'évolution de cette installation et répondre aux demandes des physiciens



MERCI DE VOTRE ATTENTION

PLACE AUX QUESTIONS...

- FEBIAD
- Surface
- ★ New targets

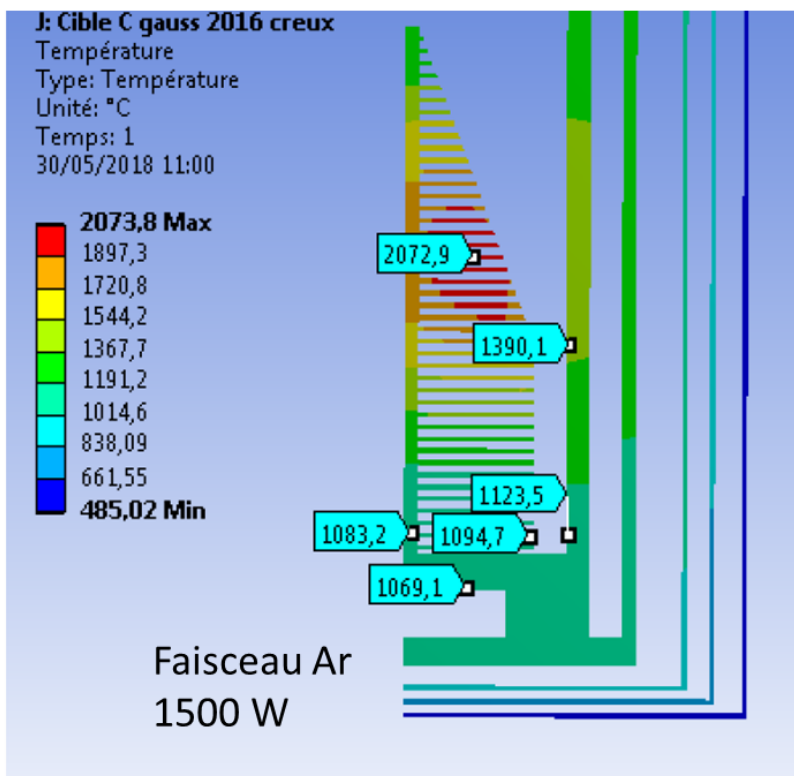


Backslides

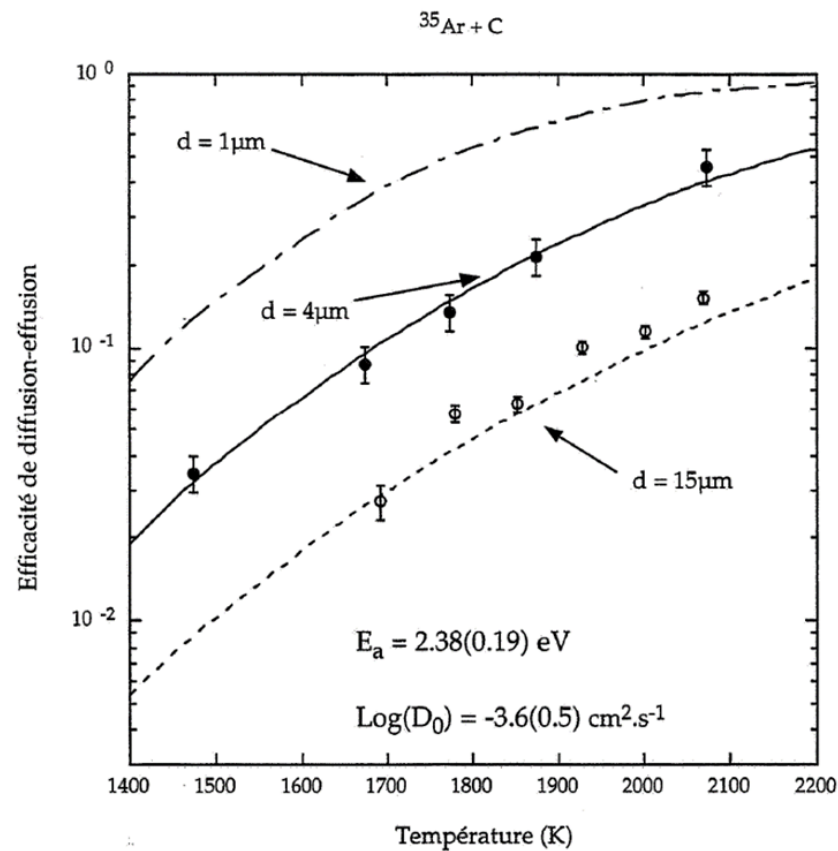
Graphite

Cible graphite conique: lamelles ép. 0,5 mm

Cible existante



Zone arrière froide.



Thèse L. Maunoury



Cible

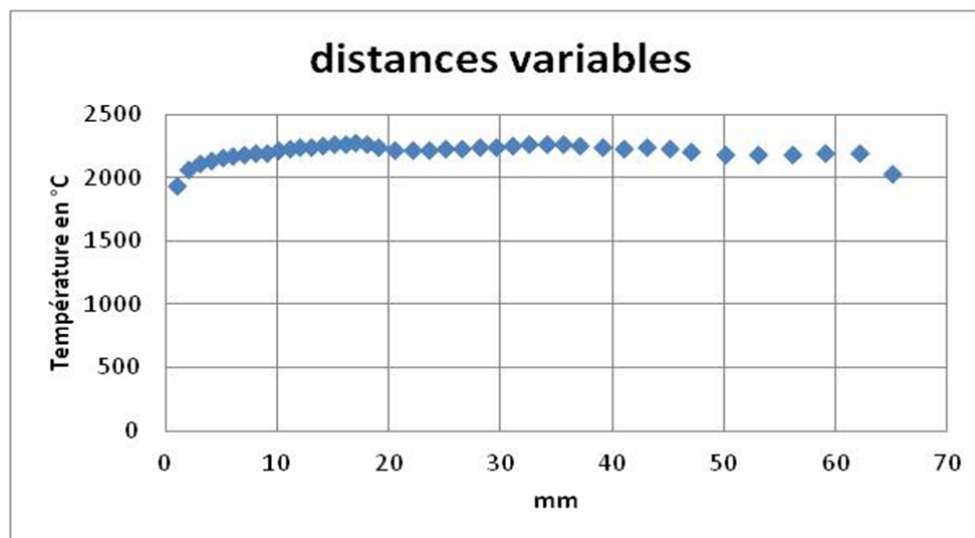
Niobium

Design de la cible Niobium *Distances variables*



Faisceau annulaire
uniforme 3446 W

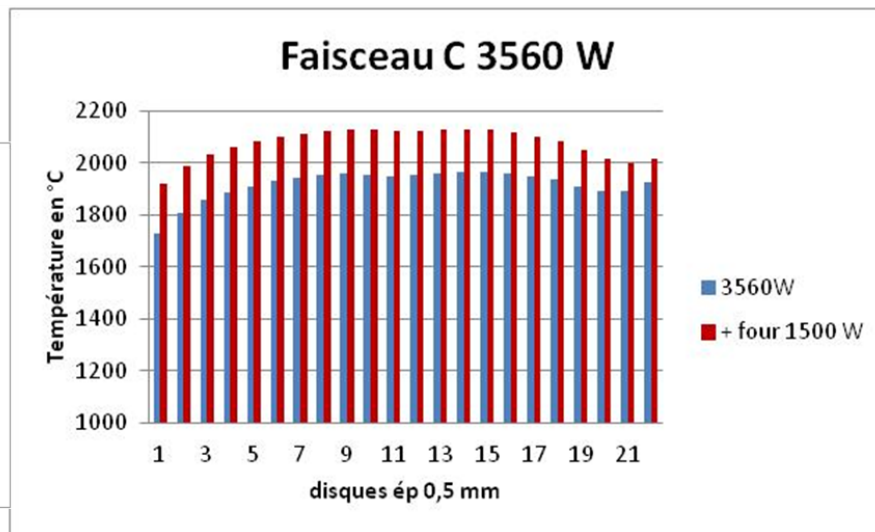
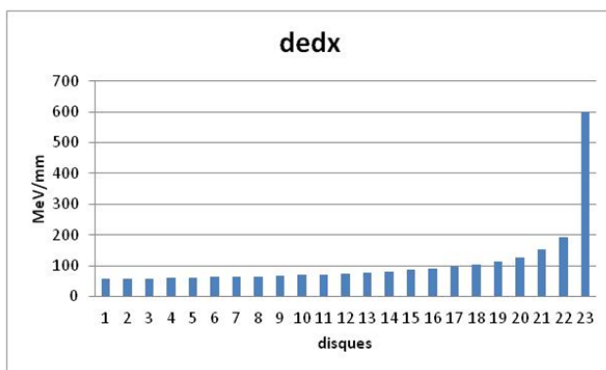
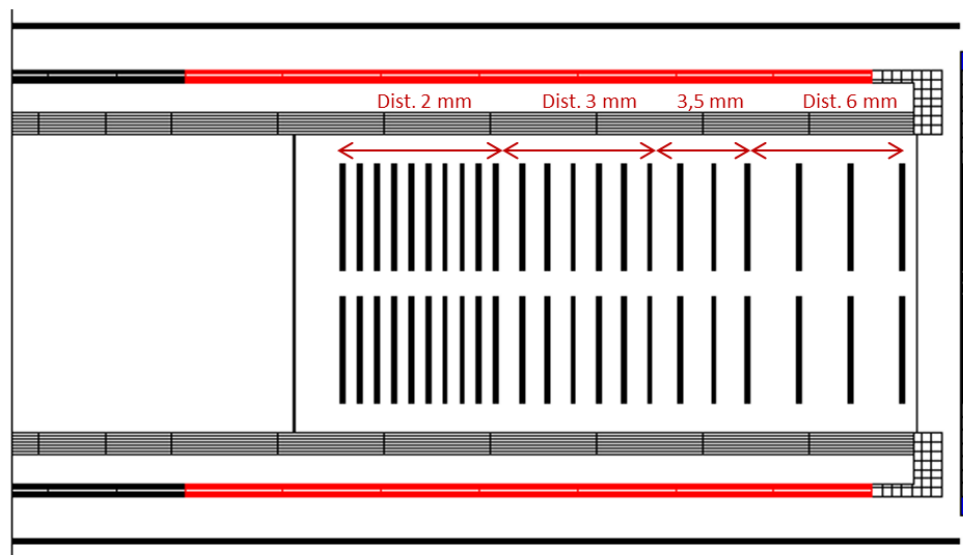
ε : 0,2



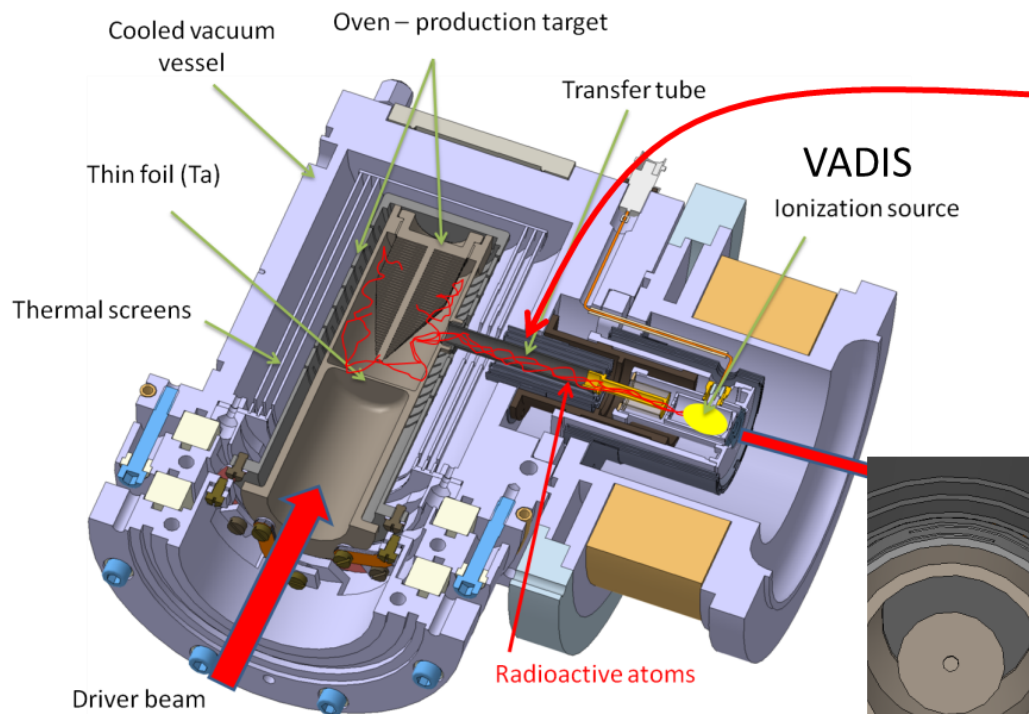


Cible

SiC



FEIAD ion source : développement depuis 2011



Principale difficulté:

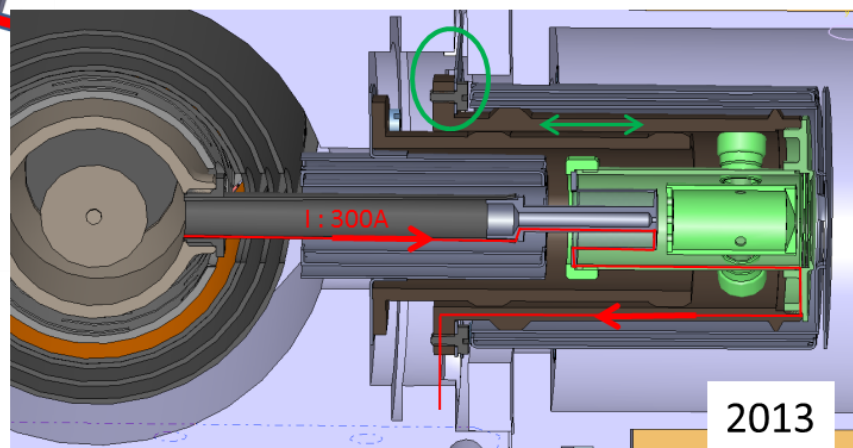
Dilatation thermique du tube de transfert

Longueur du tube transfert :

- 20° : 62.5mm

- 2000° : 62,5 + **1.5mm**

Mise au point d'un système mécanique/électrique capable de passer ~300A à 2000° et acceptant un mouvement



2013



Non divergent monoenergetic 1^+ ion beam at $V_{\text{extrac.}}$

Grounded tube

Equipotential : $V_{\text{extrac.}} + V_{\text{plasma}}$

Intermediate area : neutralizing "electronic" sheath

Warm collisional edge plasma

Hot collisional core plasma

$V_{\text{extrac.}}$

B_z max injection

B_z max extraction

B_{ECR}

B_{ECR}

z

$f_{\text{RF}} = qB_{\text{ECR}}/m$

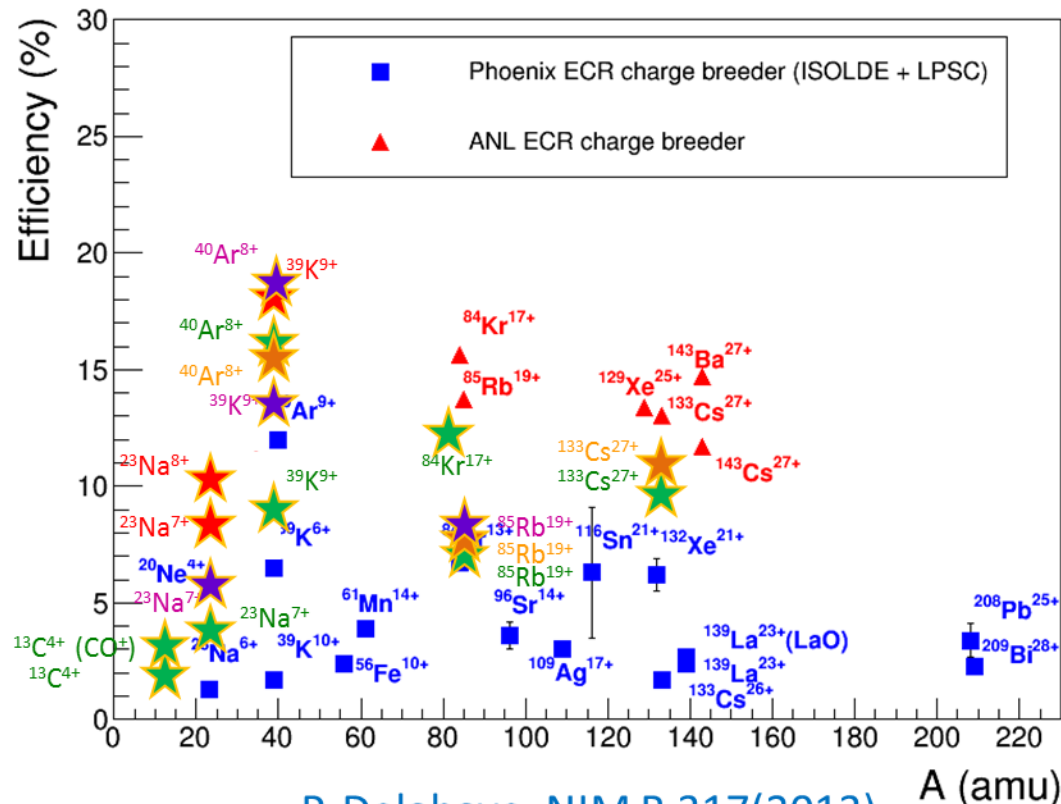
n^+ beam

Grounded electrode

Essentially a CW device, but can be pulsed

ECRIS charge breeding efficiencies

Charge breeding Efficiencies (%)



P. Delahaye, NIM B 317(2013),
J. Angot et al, THYO02, ECRIS 2012

Optimizations within



EMILIE 2012-2014

- ★ LPSC charge breeder
- ★ ANL charge breeder

H. Koivisto et al, RSI 85 (2014)

L. Maunoury et al, RSI 85 02A504 (2014)

T. Lamy et al, ECRIS 2014

R. Vondrasek et al, RSI 83(2012)113303

EMILIE 2015

- ★ SPES charge breeder
- ★ SPIRAL charge breeder

A. Galatà et al, RSI 87(2016)02B507

L. Maunoury, et al RSI 87(2016)02B508

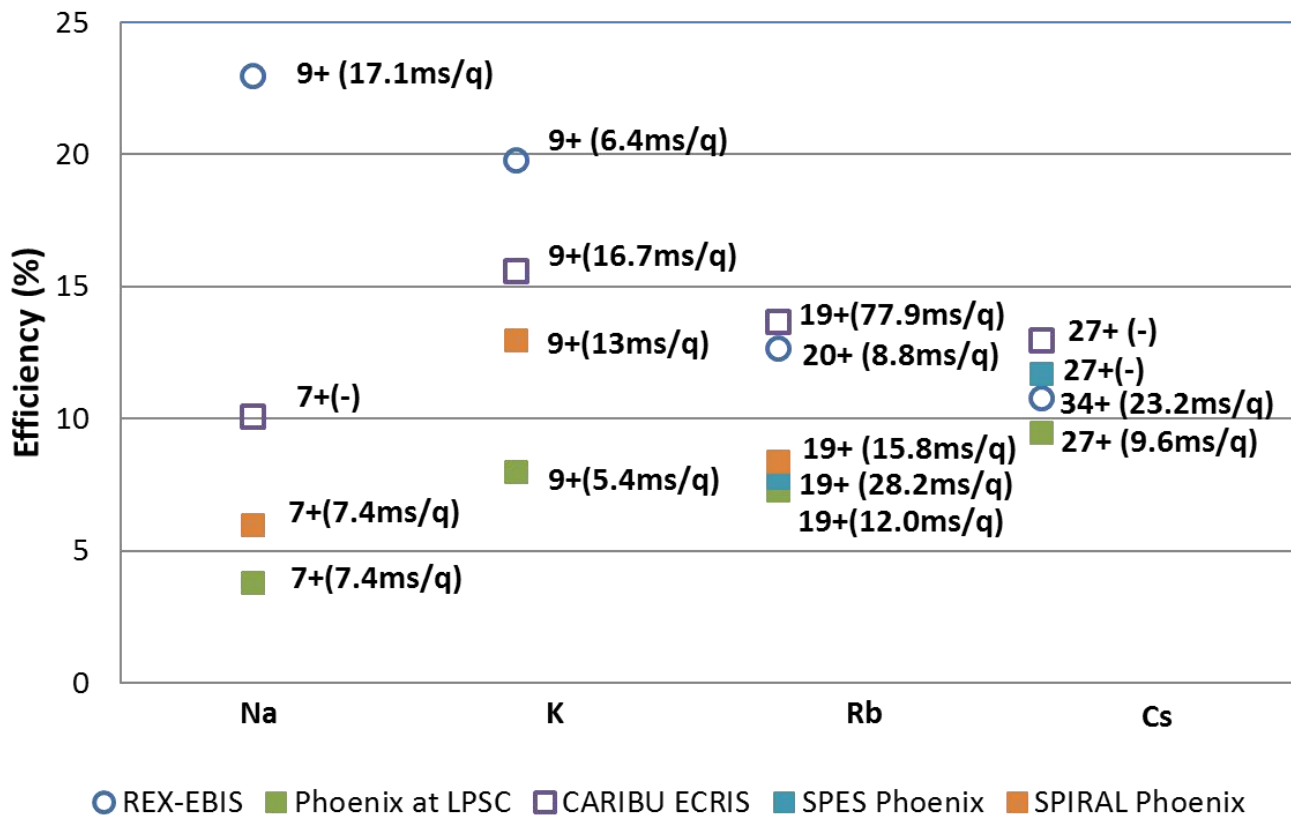
P. Delahaye et al, RSI 87(2016)02B510



Booster de charge

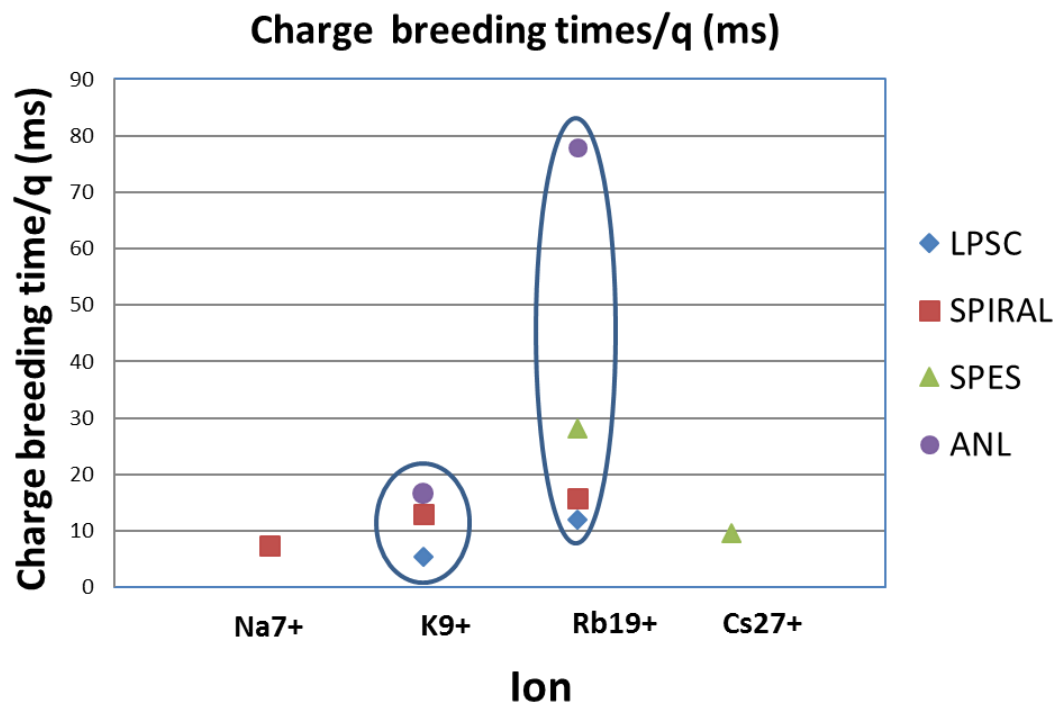


Charge breeding efficiencies for some alkali ions





Charge breeding times



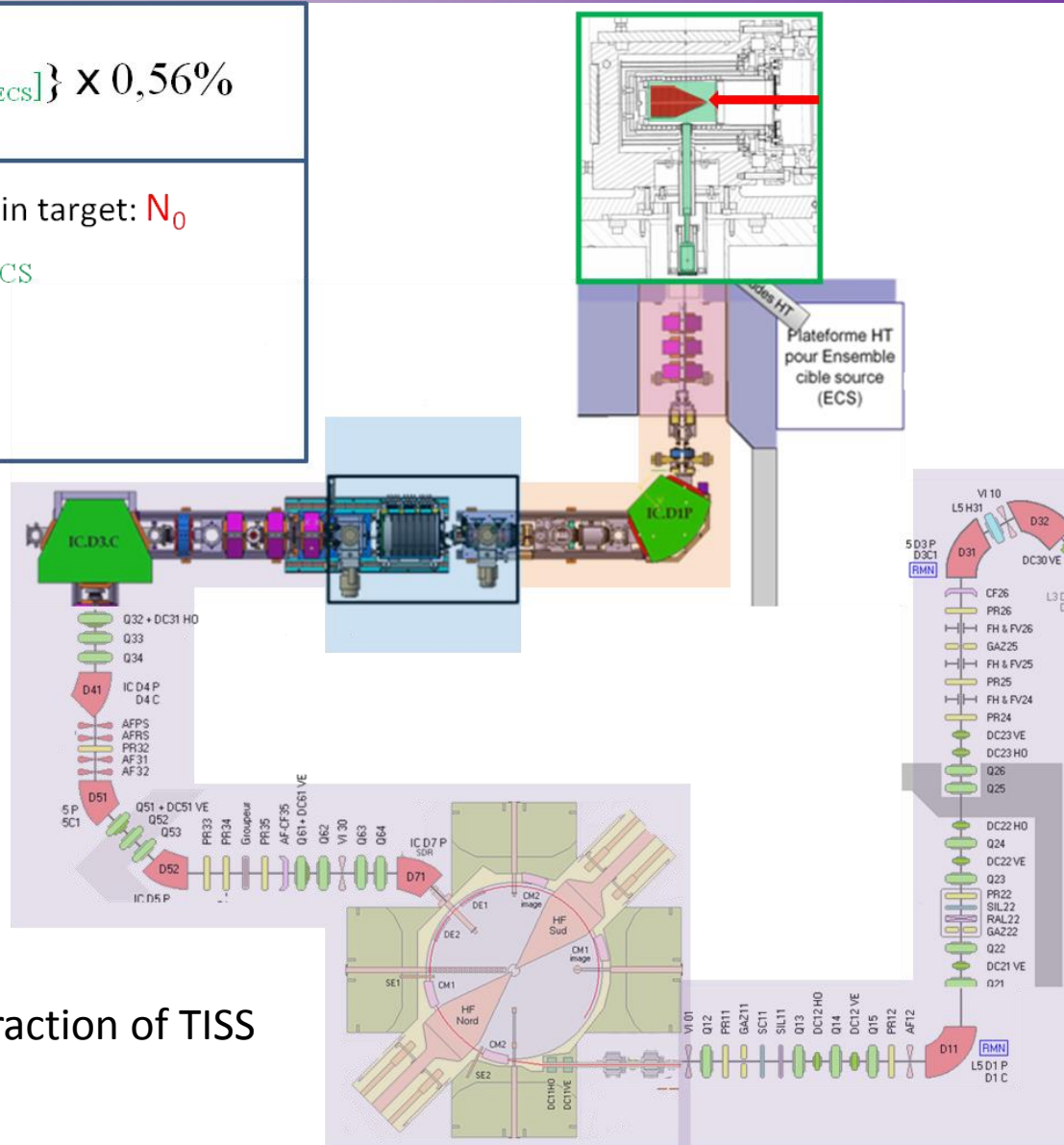
Scatter a lot for similar charge breeders!

Depend critically on support gas (He/O₂), RF power, 2RF heating, magnetic configuration...

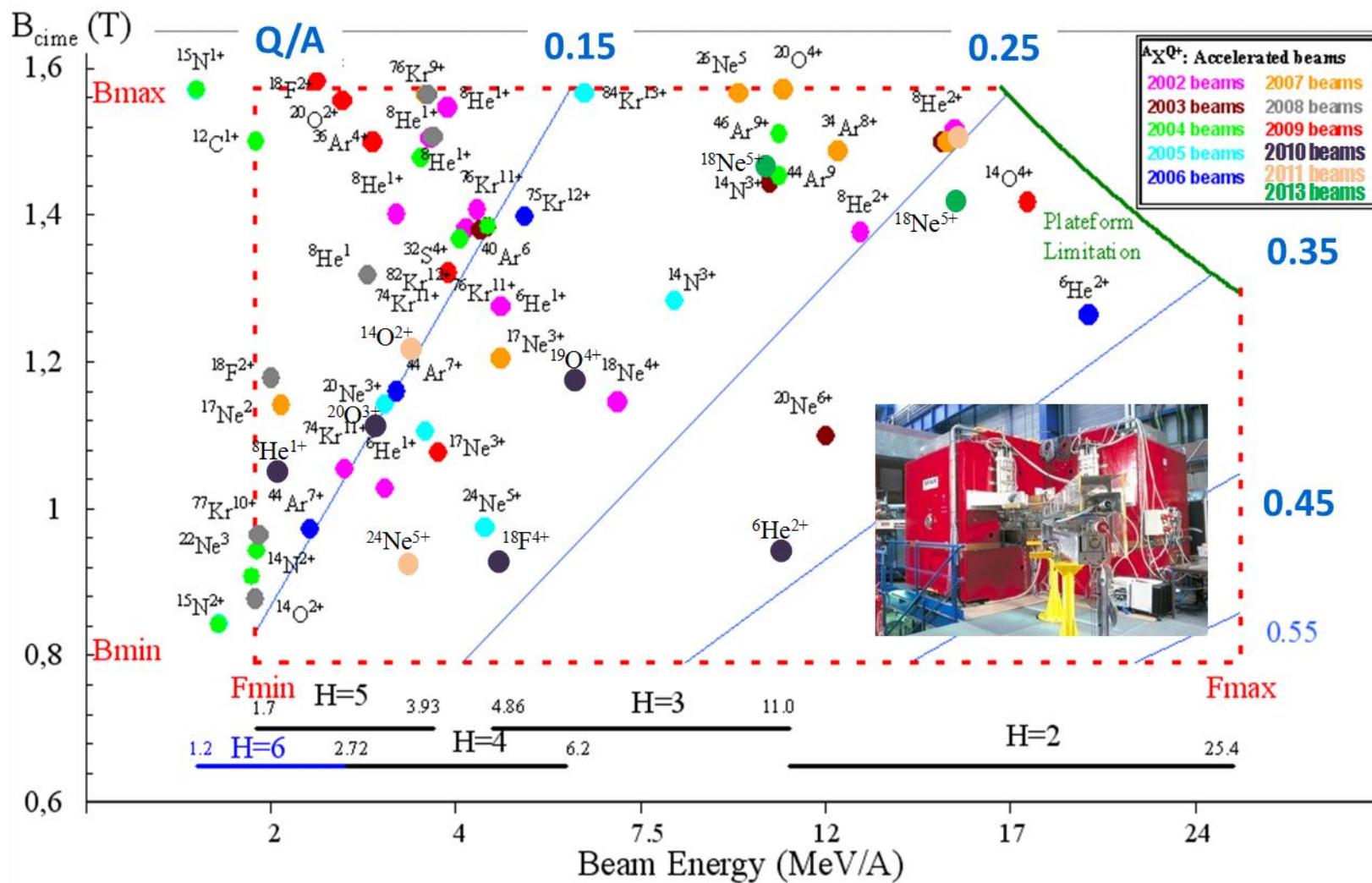
Puzzling situation

$$N_{pps} = \{[(\phi \cdot \sigma \cdot R) \cdot \epsilon_{ECS}]\} \times 0,56\%$$

- Production yields in target: N_0
- TISS efficiency: ϵ_{ECS}
- 80%
- 7%
- 10%



10^E+4pps on physic target,
 10^E+6pps is needed at the extraction of TISS

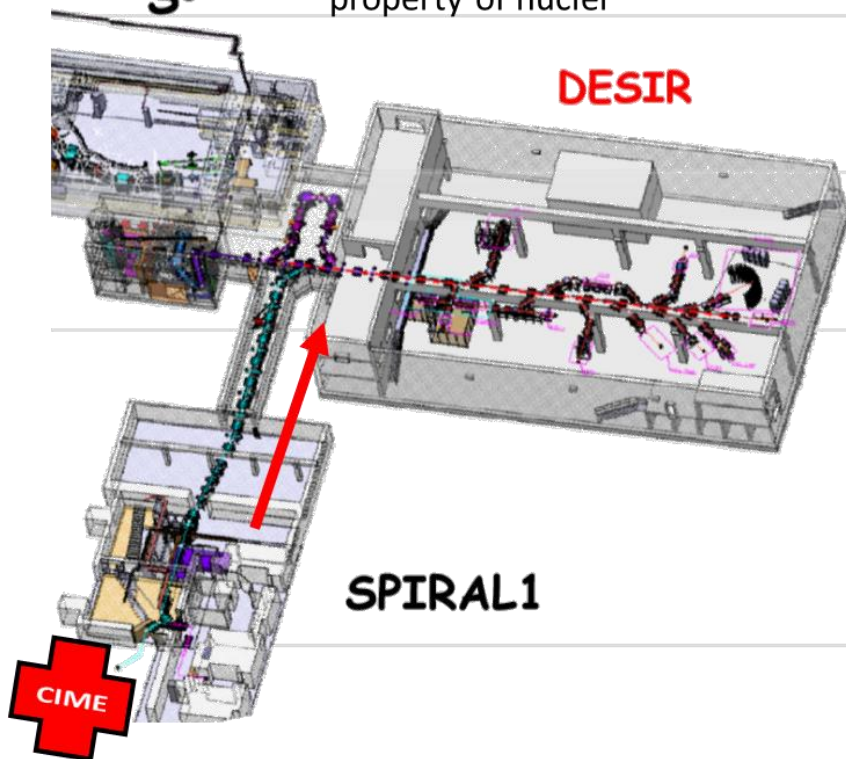


Futures possibilités de faisceaux

Basse énergie

DESIR

The low energy platform of SPIRAL2 for static
 S^3 property of nuclei



Faisceaux accélérés

GANIL – Aires expérimentales

AGATA, VAMOS, LISE,...

