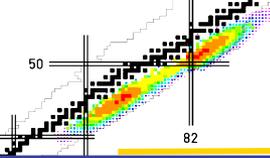




# Le projet SPIRAL2





**1- Introduction**

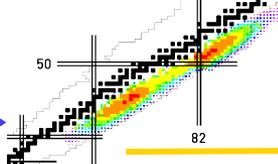
**2- Les bâtiments de SPIRAL2 phase 1**

**3- L'accélérateur SPIRAL2 phase 1**

**4- Situation actuelle (installation et commissioning)**

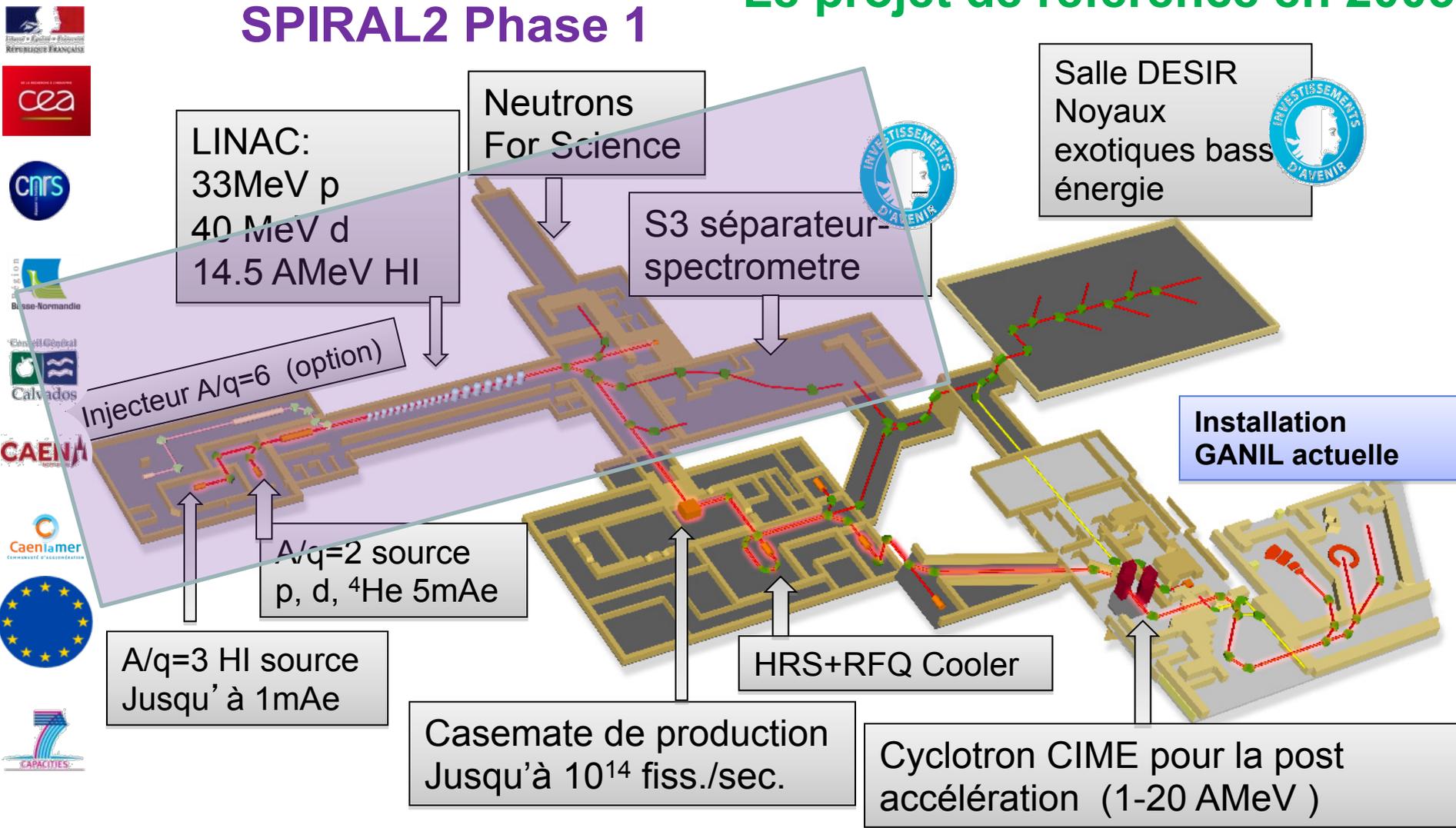
**5- Les perspectives**

**6- Les premiers bilans...**



### Le projet de référence en 2005

#### SPIRAL2 Phase 1



LINAC:  
33 MeV p  
40 MeV d  
14.5 A MeV HI

Neutrons  
For Science

S3 séparateur-  
spectrometre

Salle DESIR  
Noyaux  
exotiques basse  
énergie

Injecteur A/q=6 (option)

A/q=2 source  
p, d,  $^4\text{He}$  5 mAe

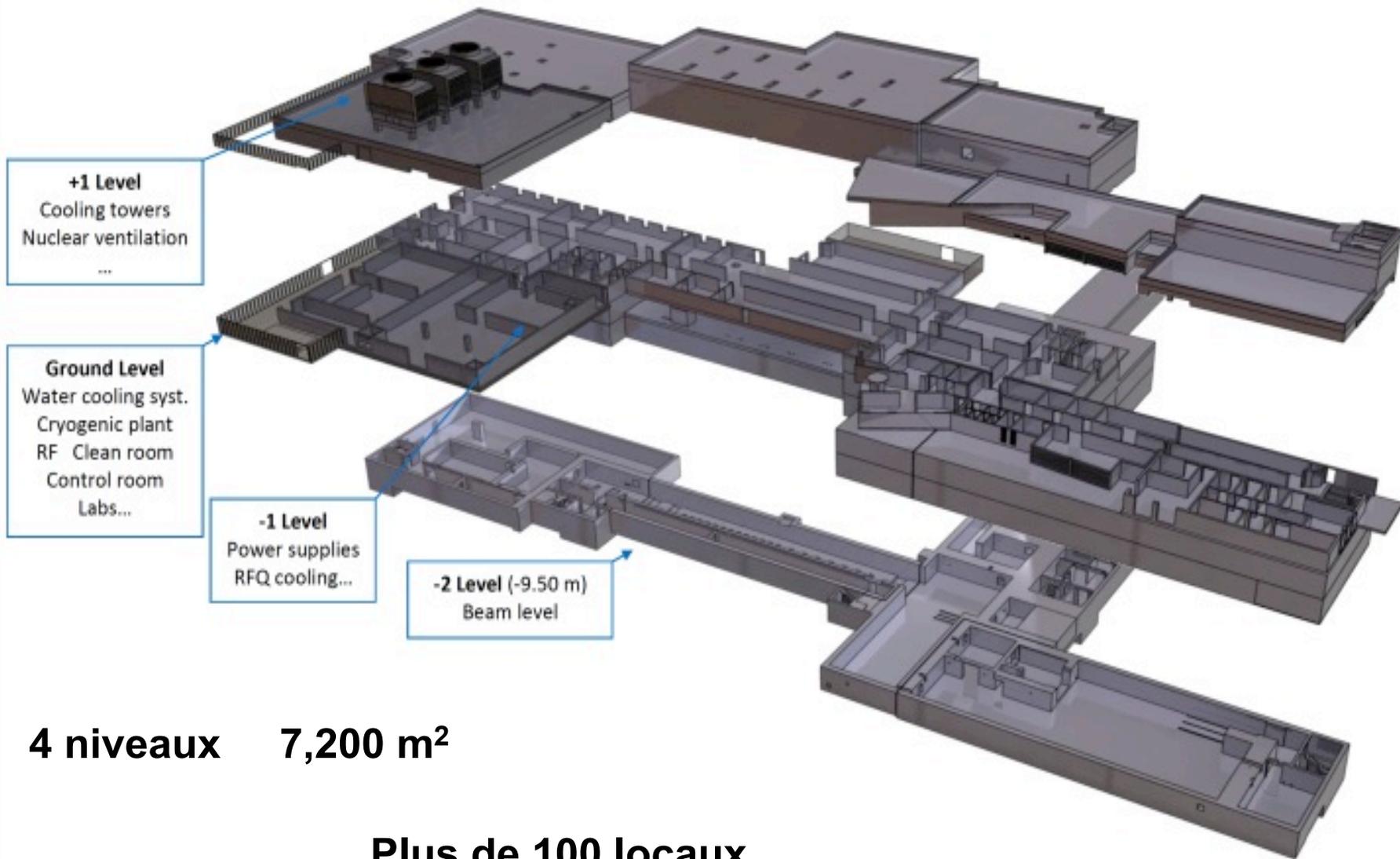
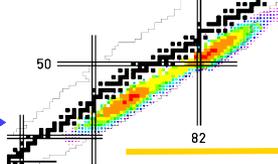
A/q=3 HI source  
Jusqu' à 1 mAe

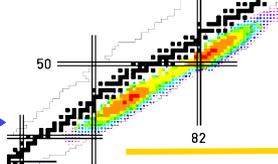
Casemate de production  
Jusqu' à  $10^{14}$  fiss./sec.

HRS+RFQ Cooler

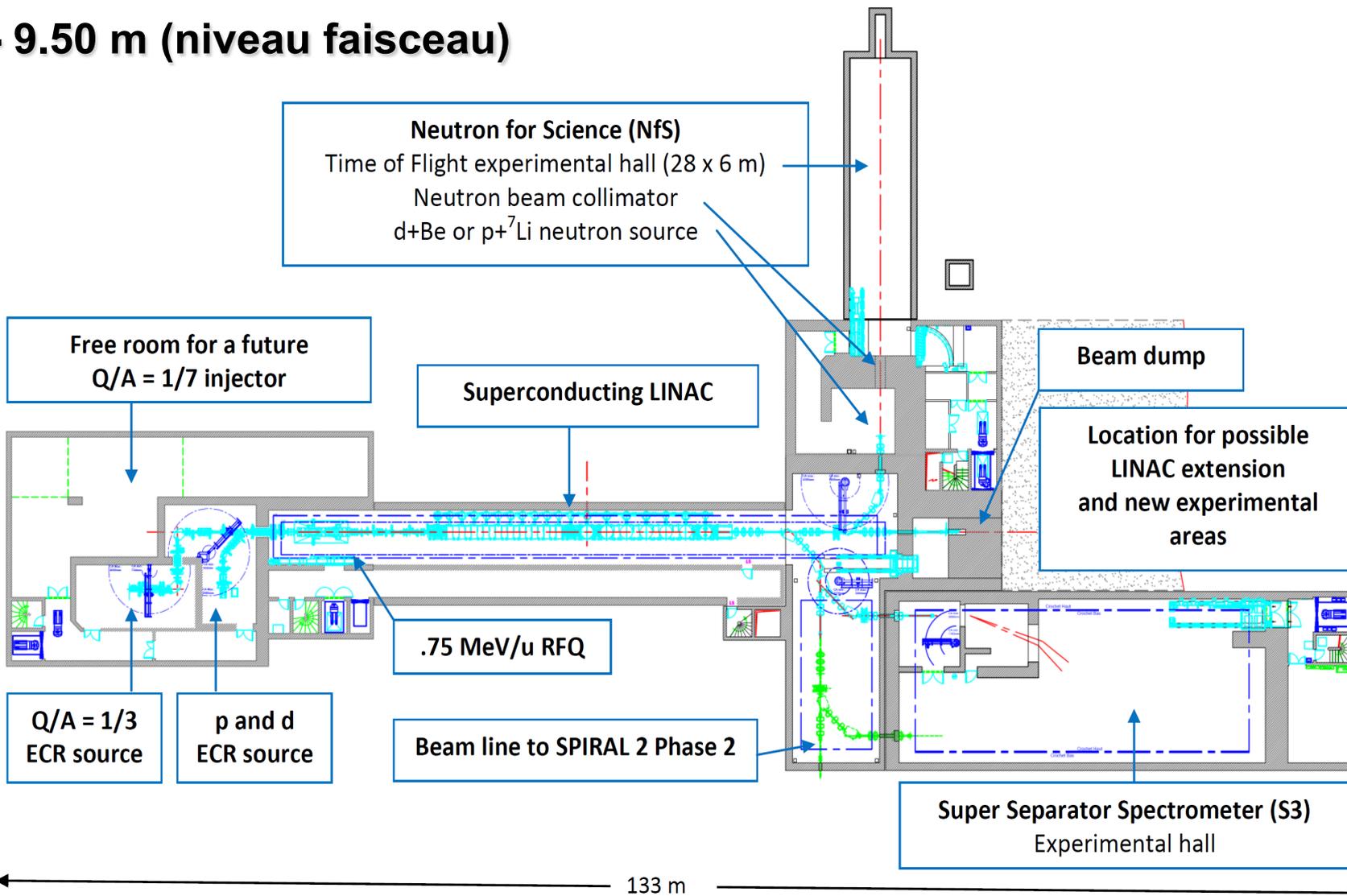
Cyclotron CIME pour la post  
accélération (1-20 A MeV)

Installation  
GANIL actuelle





### - 9.50 m (niveau faisceau)



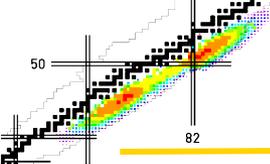


# La construction des bâtiments

La construction des bâtiments a commencé début 2011 pour se terminer en juillet 2014  
=> 3 ans et demi

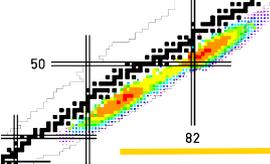
Réception des lots de travaux à partir de septembre 2014 et changement de statut en décembre 2014

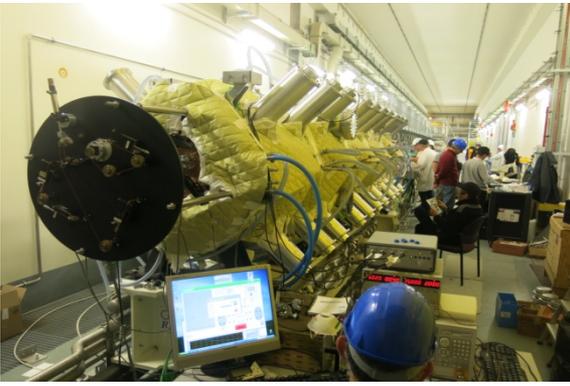
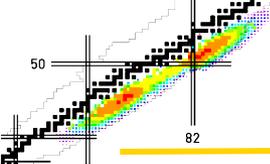


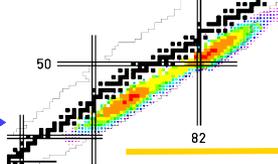


## La construction des bâtiments (2011 et 2012)









Génie civil de 06/2011 à 07/2013

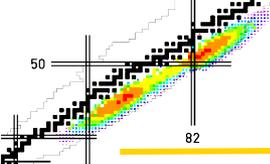


### Chiffres clés

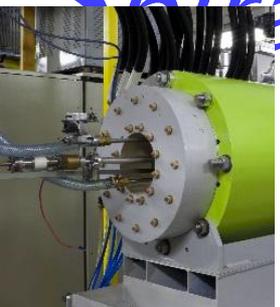
14 000 m<sup>3</sup> de béton

2200 T d'acier pour le ferrailage

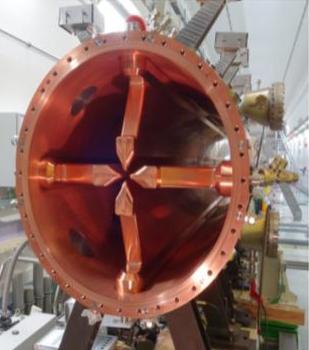
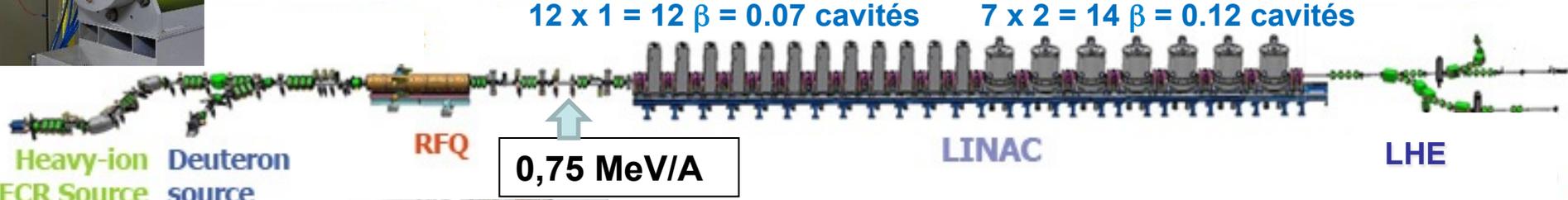
280 000 heures



# L'accélérateur : ses caractéristiques



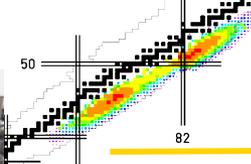
Heavy-ion ECR Source  
Deuteron source



	Q/A	I max (mA)	Energy (MeV/n)	CW max beam power (kW)
P	1/1	5	2 - 33	165
D	1/2	5	2 - 20	200
Ions	1/3	1	2 - 14.5	45
	1/7	1	2 - 8	48



# Installation : l'injecteur est complètement installé



0,75 MeV/A

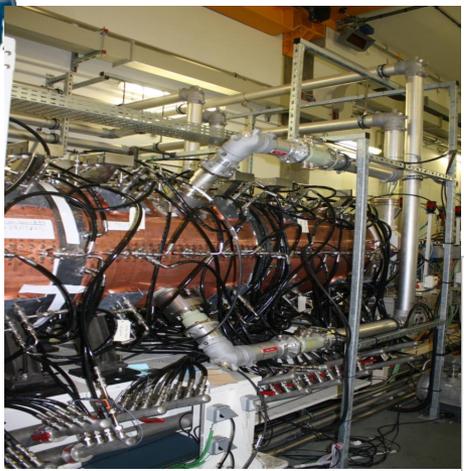


RFQ  
(p, D<sup>+</sup>, q/A=1/3)

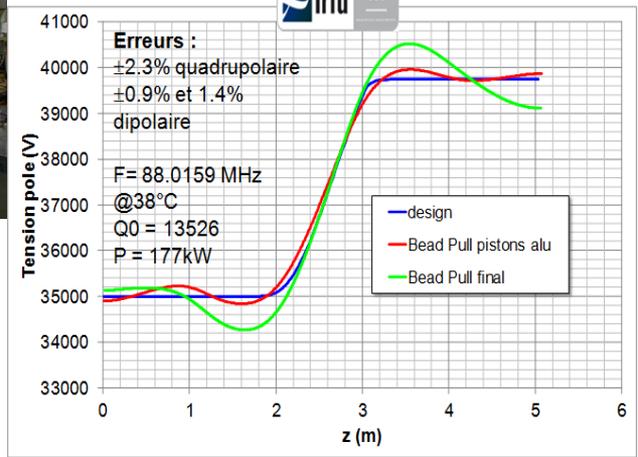
Re-bunchers

ECR Ion Source  
D<sup>+</sup>, p

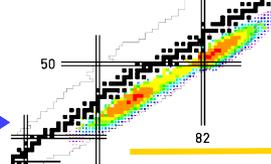
ECR Ion Source  
(Heavy ions, q/A=1/3)



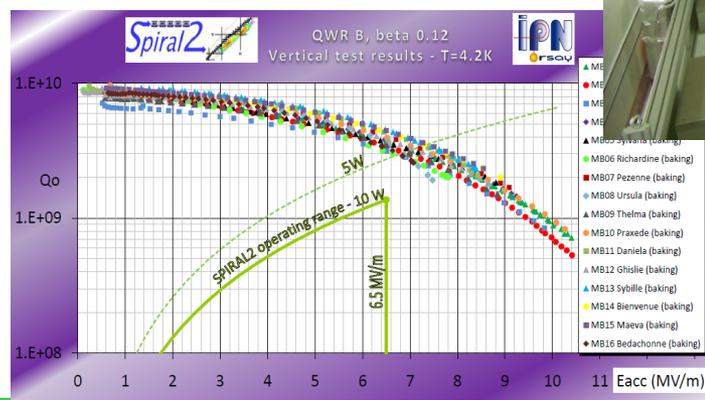
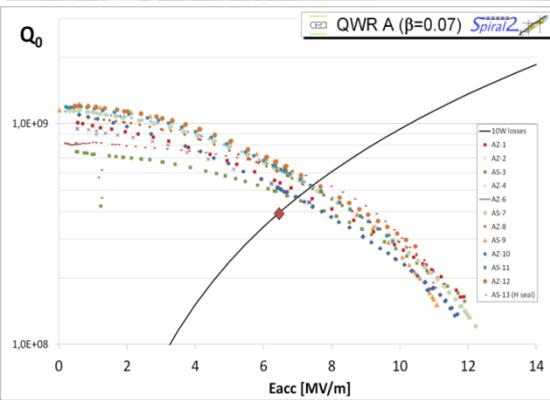
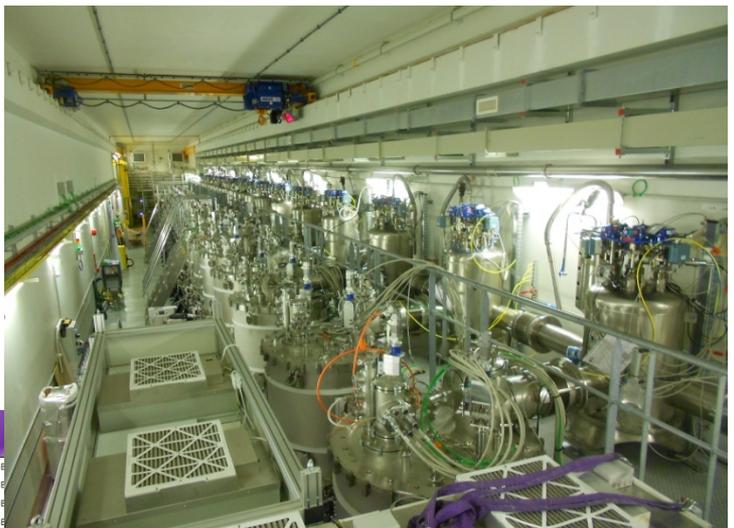
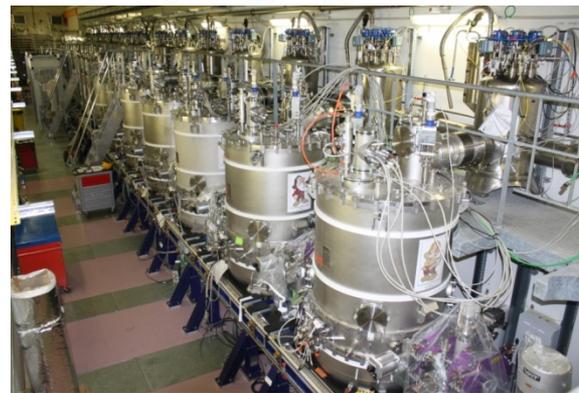
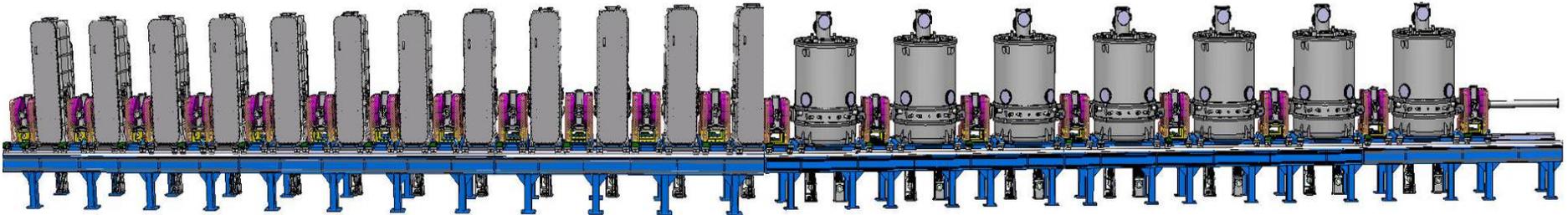
## RFQ



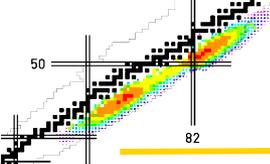
Précision sur la position des lames de +/- 0,06 mm pour 1% d'erreur  
2% d'erreur sur la loi de tension (précision d'usinage!!)



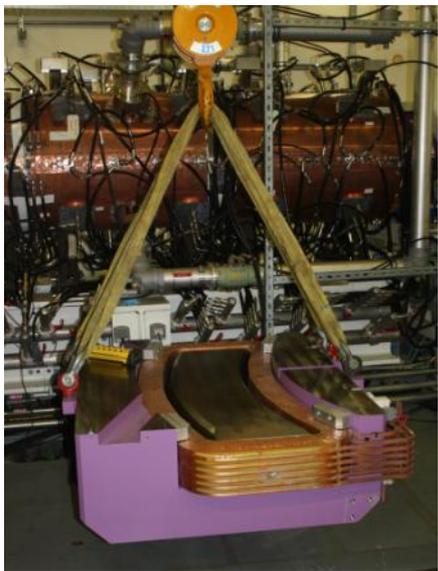
88 MHz QWR 12 x 1 = 12  $\beta = 0.07$  cavités 7 x 2 = 14  $\beta = 0.12$  cavités



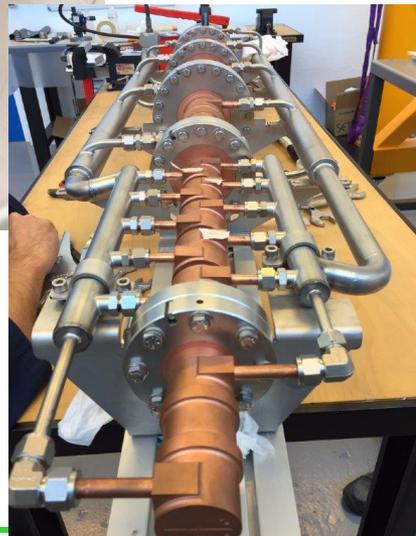
12 sur 12 CMA alignés et connectés  
6 des 7 CMB alignés et connectés  
18 des 20 SC raccordées

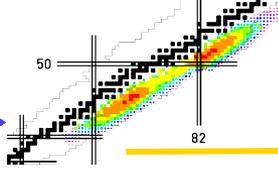


## Installation : les lignes haute énergie en cours de montage

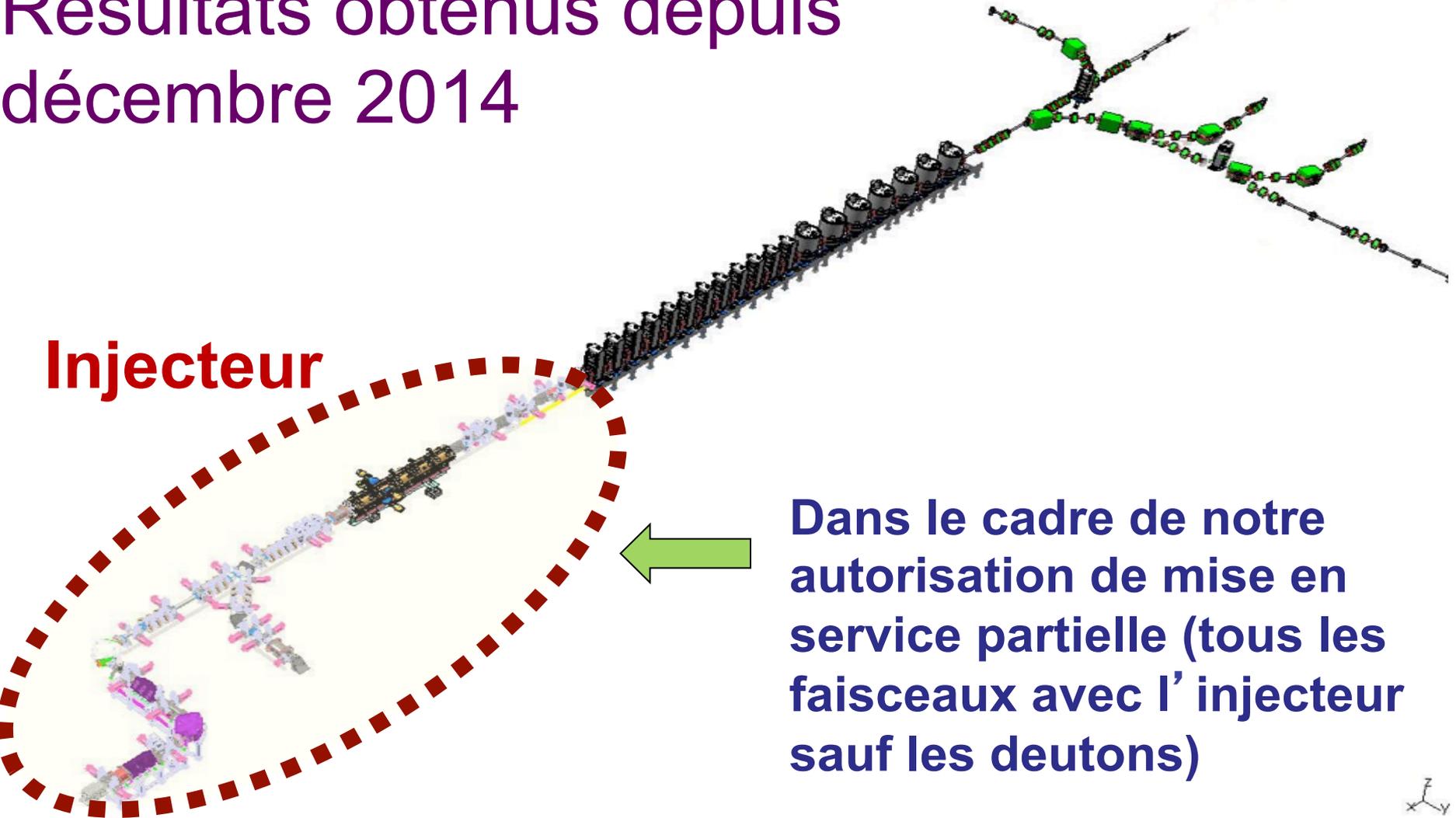


Fin d'installation début 2017





Résultats obtenus depuis  
décembre 2014

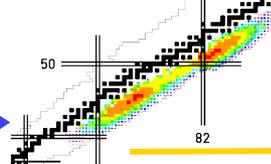


**Injecteur**

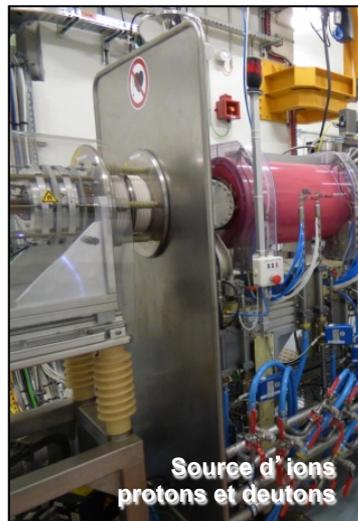
Dans le cadre de notre  
autorisation de mise en  
service partielle (tous les  
faisceaux avec l'injecteur  
sauf les deutons)



# Spiral2

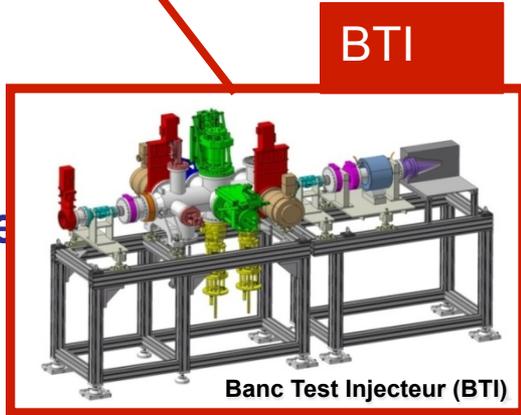


## Commissioning : l'injecteur a démarré avec faisceau



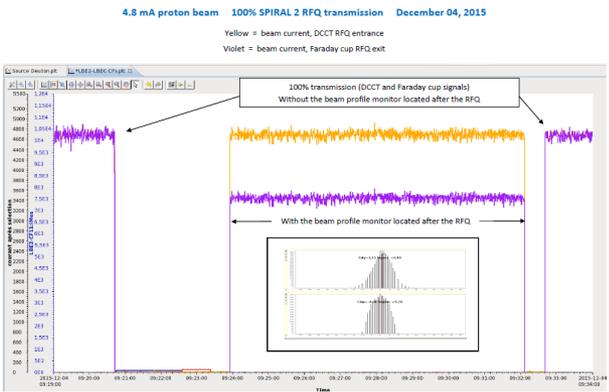
5 mAe protons (Q/A=1)

- Accélération à l'énergie nominale (734 keV)
- 100% de transmission



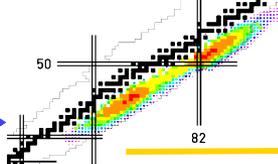
Tension nominale de la cavité RFQ pour les protons 50 kV

Rencontres Accélérateur



Décembre 2015  
Premier faisceau accéléré dans RFQ





## Commissioning : l'injecteur a démarré avec faisceau



Tension nominale de la cavité RFQ pour  $Q/A=1/2$   
80 kV

1 mAe  ${}^4\text{He}^{2+}$  ( $Q/A=1/2$ )

- Accélération à l'énergie nominale (734 keV/A)
- 100% de transmission

**A faire :**  ${}^{18}\text{O}^{6+}$  ( $Q/A=1/3$ )

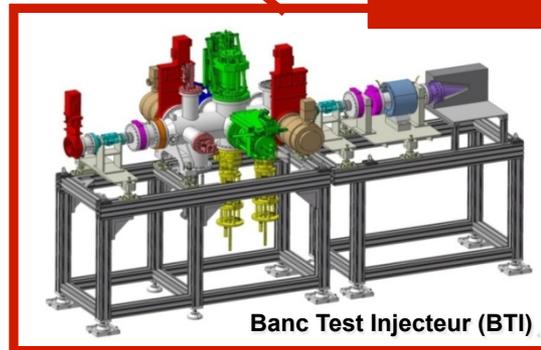
Difficultés pour obtenir la tension RFQ requise (113 kV)

=> **Actions en cours**



RFQ

BTI

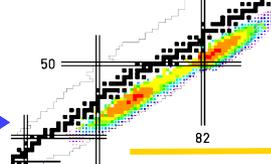


### Situation actuelle:

- 45  $\mu\text{Ae}$   ${}^{40}\text{Ar}^{14+}$  (60 kV)
- 2 mAe  ${}^4\text{He}^{2+}$
- 0,9 mAe  ${}^{18}\text{O}^{6+}$

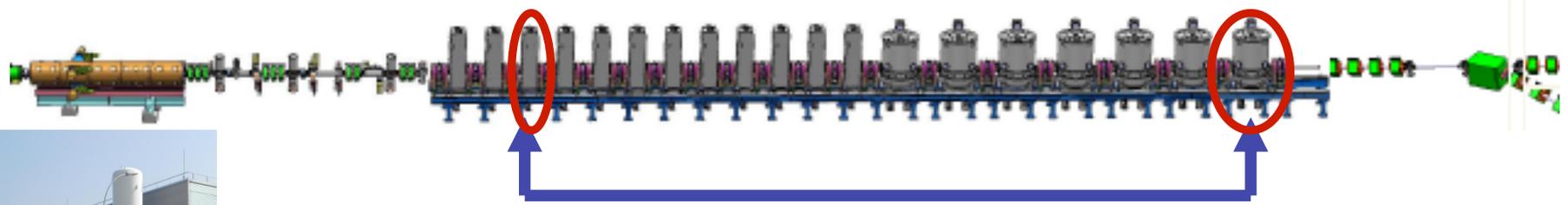
### Situation actuelle:

- 1,3 mAe  ${}^4\text{He}^{2+}$
- 0,85 mAe  ${}^{18}\text{O}^{6+}$

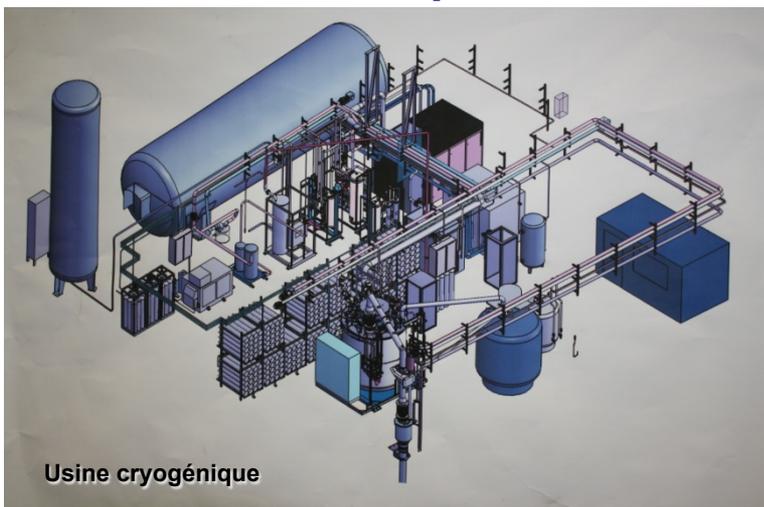


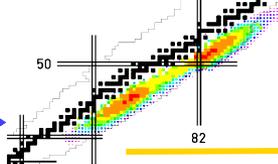
## Commissioning : 3 cavités à l'état supraconducteur

Du 12 au 15 juillet 2016 : mise en froid d'un cryomodule A et d'un cryomodule B (descente en froid puis régulation du niveau d'hélium dans les deux cryomodules).



Usine cryogénique installée, démarrée et réceptionnée sur simulateur thermique





## Démarrage de l'accélérateur : prochains jalons

Première expérience NFS

septembre 2017

Faisceau Deutons accéléré par RFQ

janvier 2017

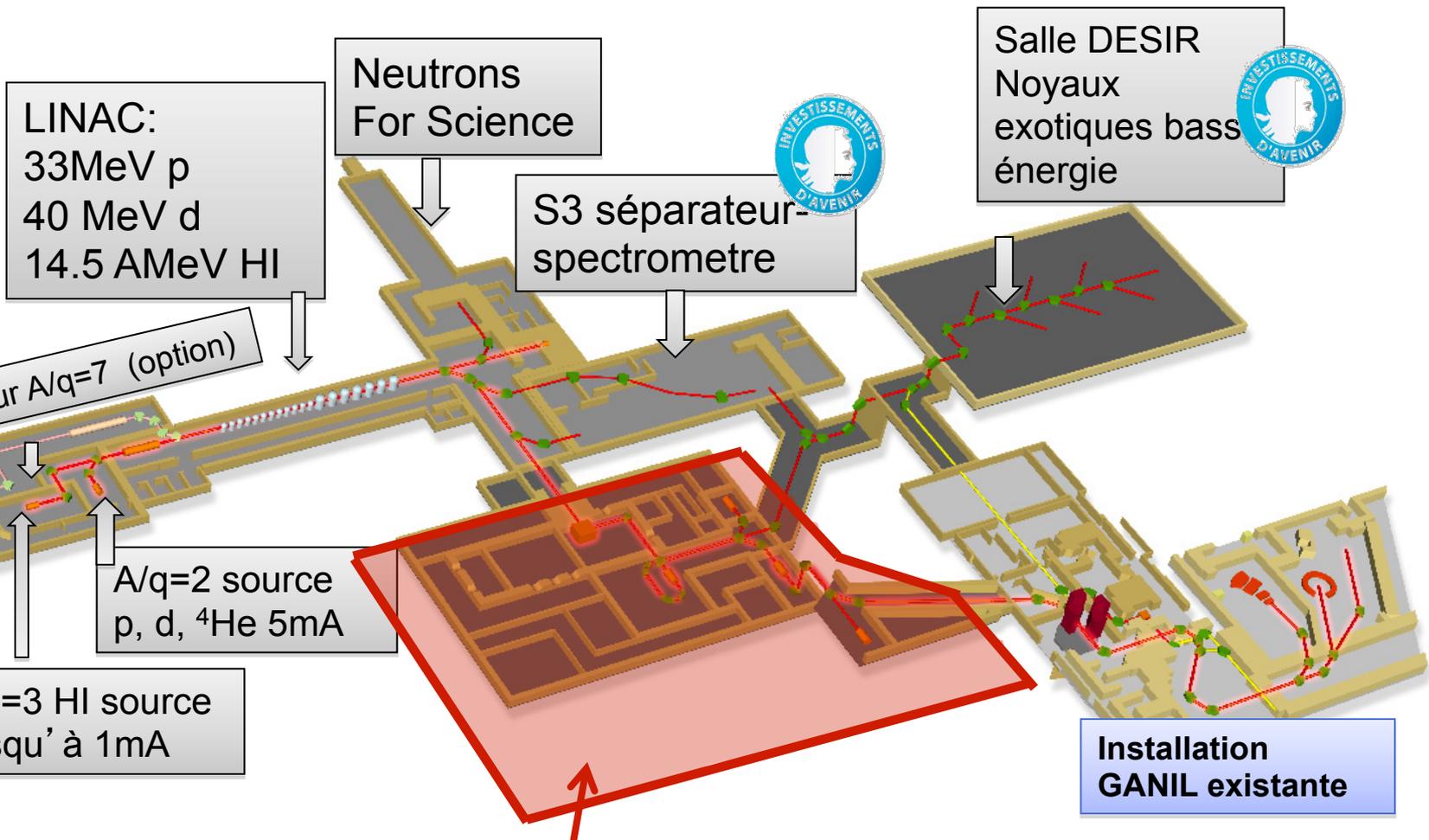
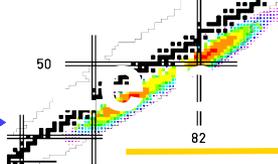
Injection faisceau dans le LINAC

À partir de mi mai 2017

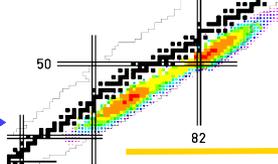
Injection RF dans le LINAC

A partir de janvier 2017

Avec autorisation ASN de mise en service de SPIRAL2 en janvier 2016



**Le programme PRODUCTION est reporté et demeure l'objectif majeur de la communauté scientifique nationale et internationale**



## (1) Perspectives : l'installation DESIR

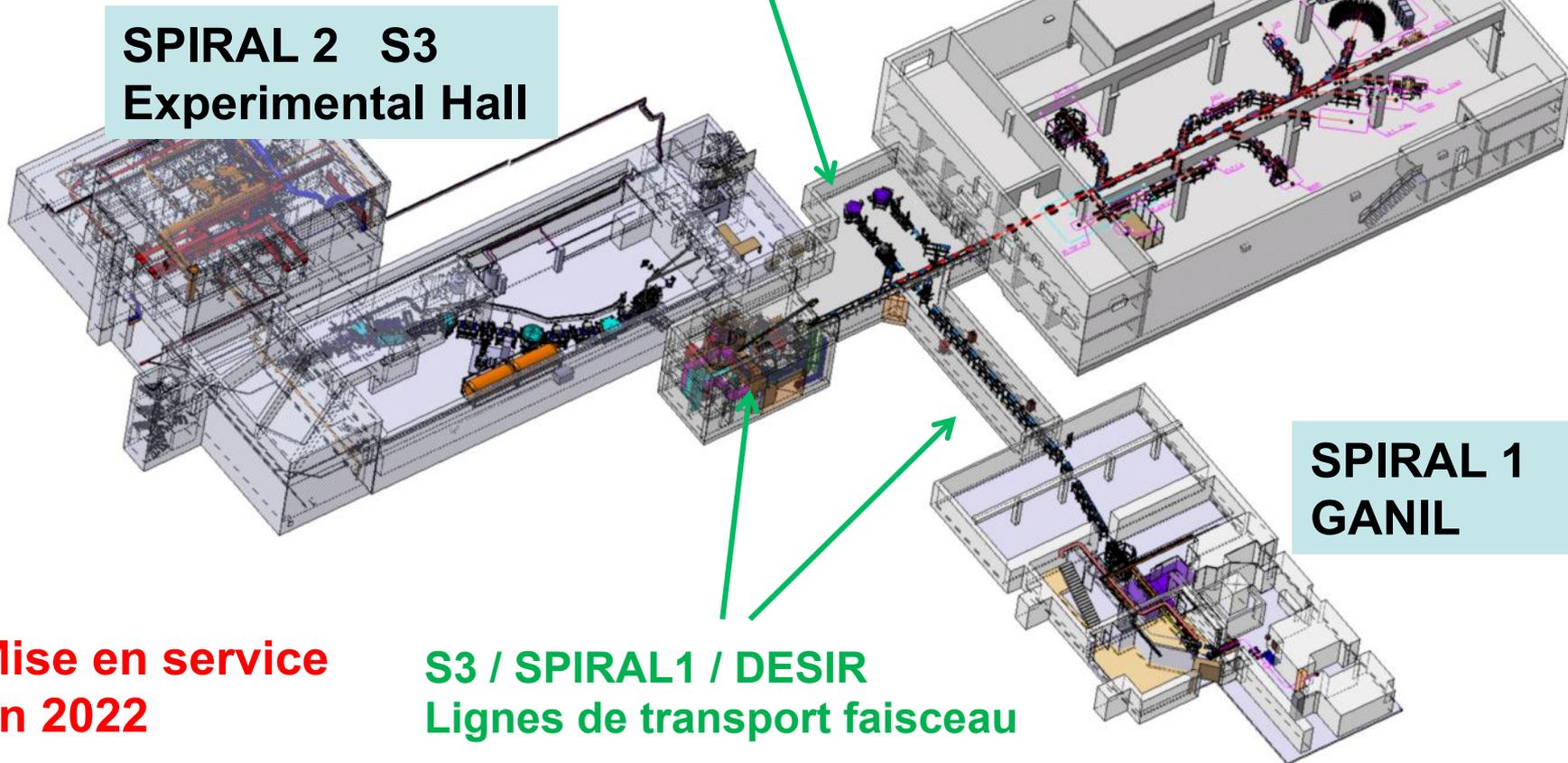
**Financement consolidé à 100%**

**RFQ cooler + Spectromètre Haute Résolution**

**Hall expérimental DESIR (low energy RIB)**



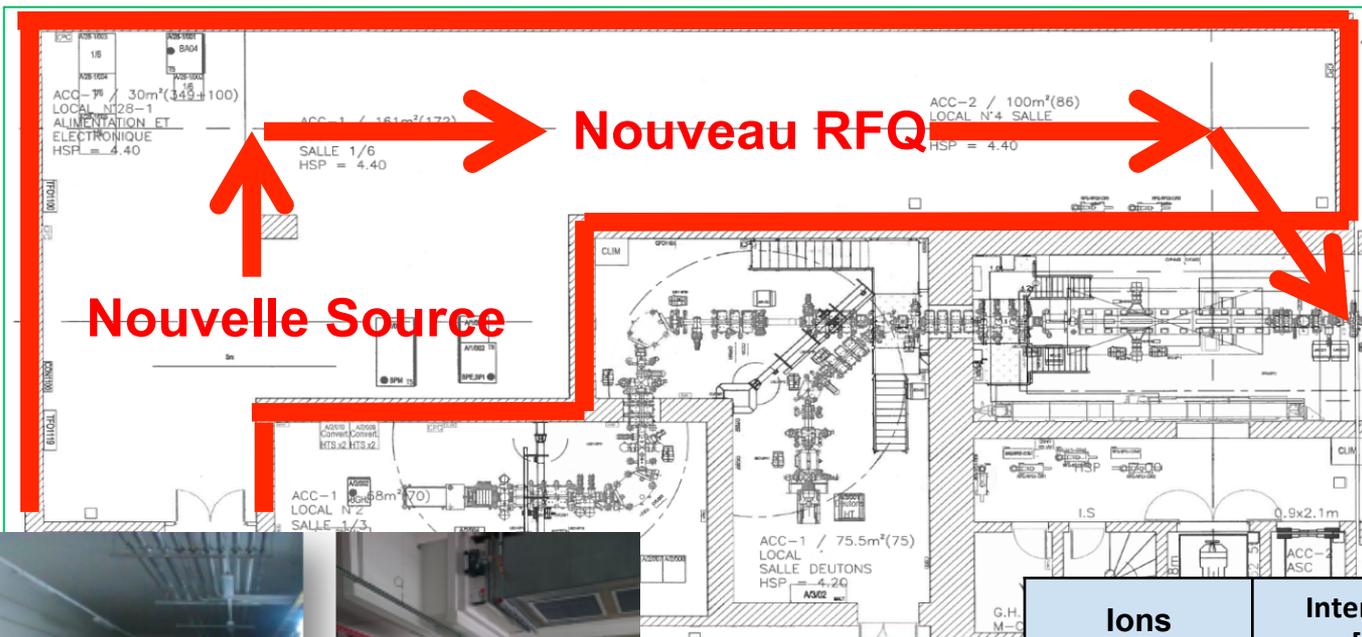
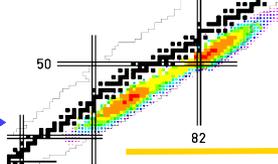
**SPIRAL 2 S3 Experimental Hall**



**SPIRAL 1 GANIL**

**Mise en service en 2022**

**S3 / SPIRAL1 / DESIR Lignes de transport faisceau**



Ions	Intensity ( $\mu\text{A}$ ) [A/Q=3]	High Intensity [A/Q=7]
$^{18}\text{O}$	216	375
$^{19}\text{F}$	57	50
$^{36}\text{Ar}$	35	40
$^{40}\text{Ar}$	5.8	30
$^{36}\text{S}$	9.2	30
$^{40}\text{Ca}$	6	20
$^{48}\text{Ca}$	2.5	15
$^{58}\text{Ni}$	2.2	10
$^{84}\text{Kr}$	0	20
$^{124}\text{Sn}$	0	10
$^{139}\text{Xe}$	0	10
$^{238}\text{U}$	0	2.5

} ×5-10  
} ×10<sup>x</sup>

Perspective de lancement des études début 2017

Financement de la construction non consolidé



## (4) Les premiers bilans

### 1. Exigences de l'autorité de sûreté nucléaire (ASN) de plus en plus fortes

#### Exemple de l'exigence de tenue au séisme des bâtiments

“séisme de référence” : issu d'un séisme à Caen en décembre 1775 => **magnitude 5.7**

=> impact sur le coût et le planning de réalisation des bâtiments

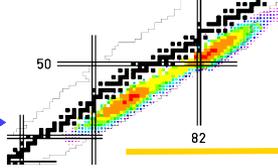
=> nécessité de contrôle de la tenue des exigences permanent en phase réalisation

#### Mais aussi l'exigence de tenue au séisme d'une partie des équipements de l'accélérateur

=> également impact coût (calculs sismiques + notes de calcul) et planning (procédures de montage plus compliquées et points de contrôles)

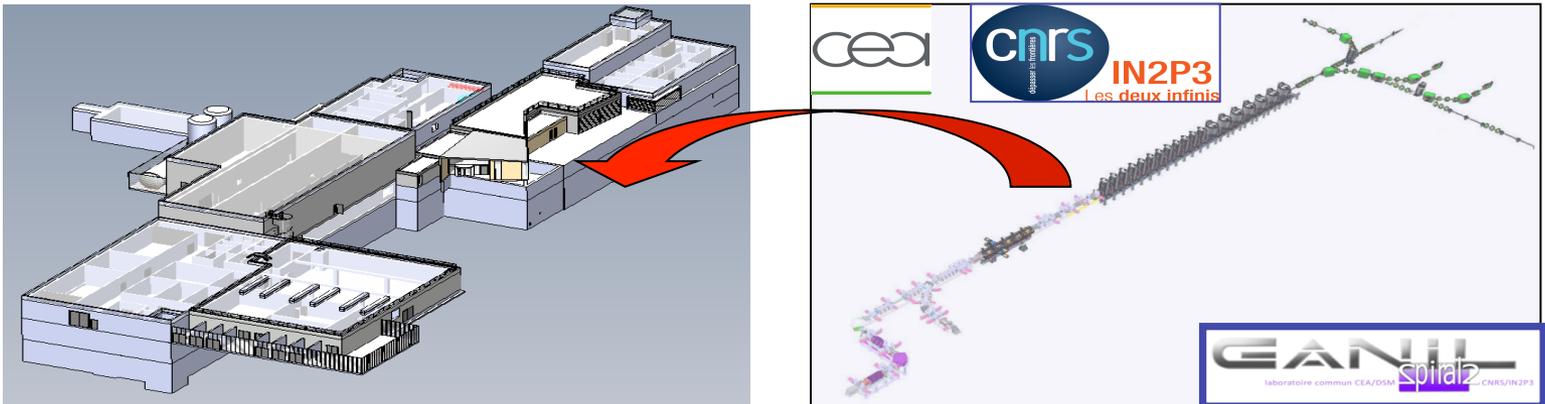
Et beaucoup de systèmes classés EIP (Equipements Importants pour la Protection) pour la démonstration de sûreté

=> beaucoup de RH nécessaires pour la Conception/Réalisation/Mise en service (puis ensuite pour l'exploitation) => **impact planning**



### 2. Bonne gestion des interfaces entre les équipements de l'accélérateur et les bâtiments

Début des études bâtiments fin 2008 alors que la conception détaillée des équipements de l'accélérateur (mais aussi de NFS et S3) n'est pas finie voire pas commencée => risque de construire non adapté au besoin

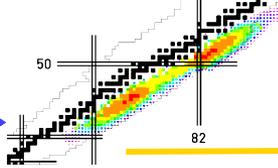


Pour que chaque procédé :

- trouve sa place dans le bâtiment,
- puisse être raccordé et alimenté en servitudes diverses,
- puisse être maintenu,

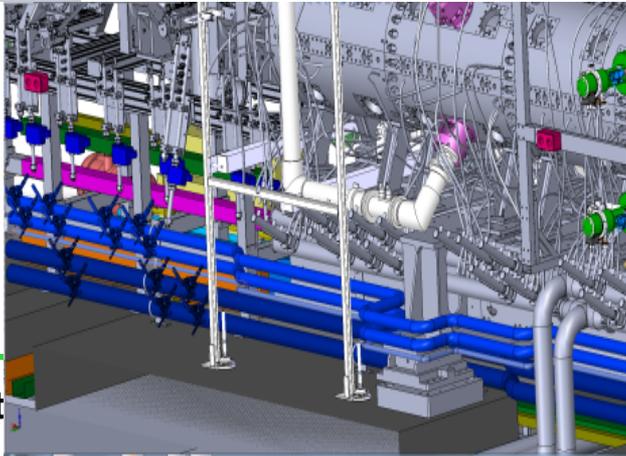
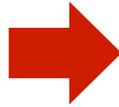
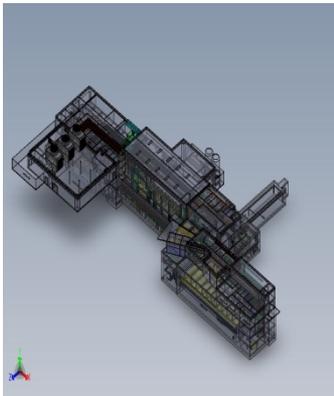
sans interférer avec les autres procédés et tout en respectant le référentiel du Sûreté et de Sécurité

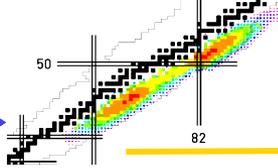
Mise en place d'une cellule de Synthèse et Intégration en 3D (maquette numérique 3D) en lien avec la cellule de Synthèse Bâtiments (maîtrise d'œuvre Bâtiments et titulaires des lots de travaux)



### 2. Bonne gestion des interfaces entre les équipements de l'accélérateur et les bâtiments

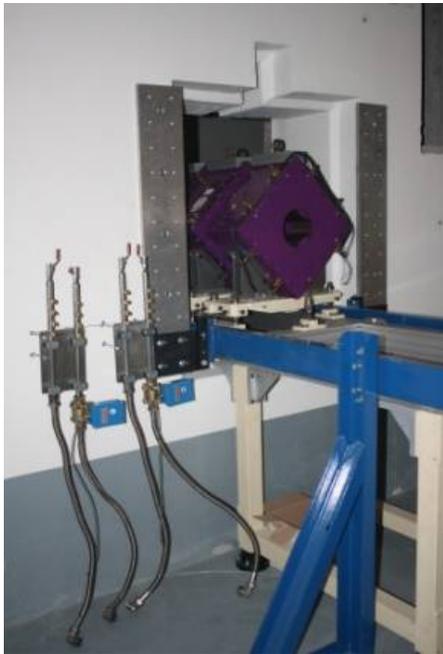
Cellule de Synthèse et Intégration mise en place en 2009 et toujours active car toujours extrêmement utile tant que nous sommes toujours en phase de montage et que des entreprises interviennent encore





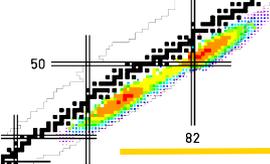
### 3. Coactivité difficile entre montage et construction

Début d'installation de l'accélérateur en novembre 2012 avec le montage des sources et des lignes basse énergie, alors que la construction des bâtiments n'est pas finie.....

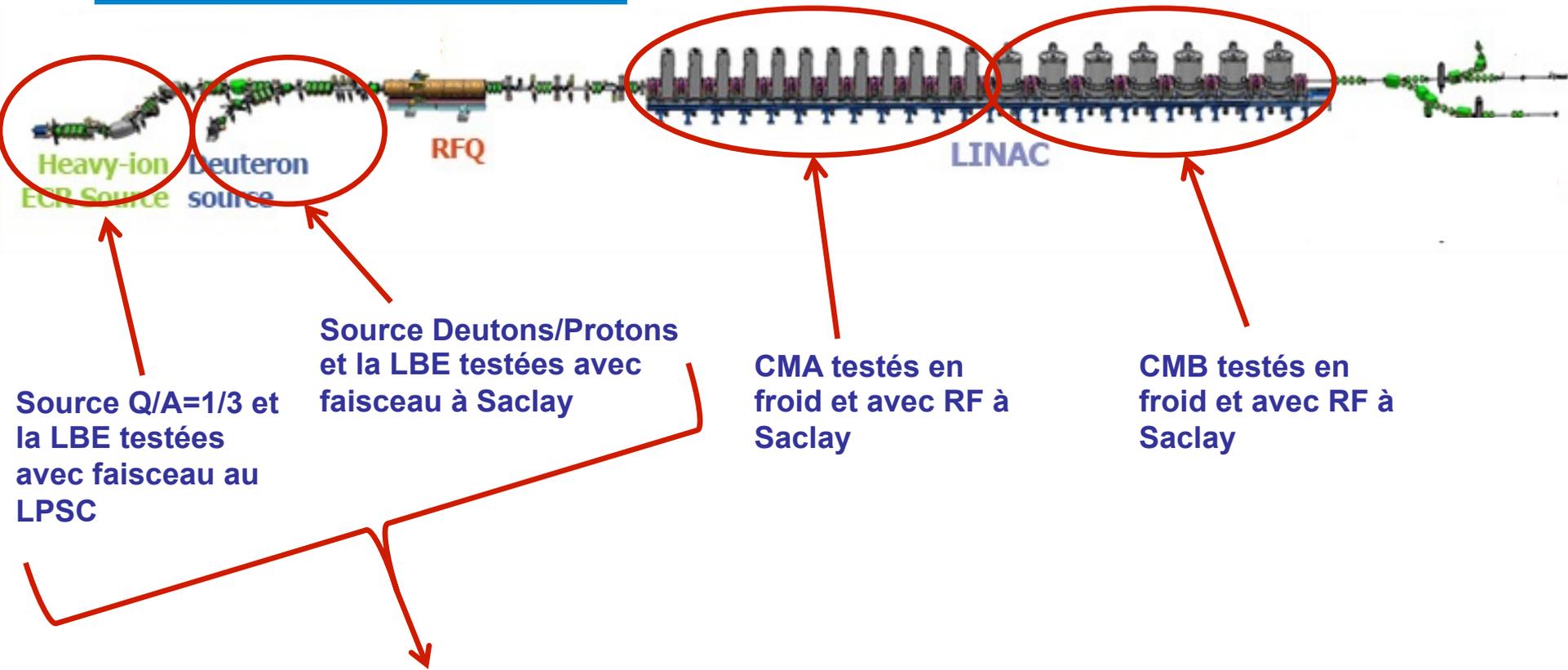


Locaux mis à disposition mais travaux des lots techniques non terminés, des reprises de second œuvre souvent nécessaire  
⇒ Environnement pas toujours compatible avec les équipements (poussière, chocs,....)  
⇒ Cohabitation des hommes parfois également difficile

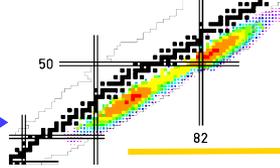
**Gain de temps sur le planning.....mais pas autant qu'espéré.**



### 4. Tests des équipements dans les labos partenaires avant installation au GANIL



**Gain de temps sur le planning.....mais pas autant qu'espéré (pas le même câblage, problèmes sur équipements,.....)**



### 5. Projet collaboratif riche

Construction de ce projet rendue possible grâce à la mise en place de collaborations avec les laboratoires partenaires

- ⇒ Gestion complexifiée des interfaces techniques et fonctionnelles
- ⇒ Mais grande richesse dans les échanges techniques et humains
- ⇒ Acquisition de compétences
- ⇒ .....

**Et puis nous allons mettre un accélérateur compétitif avec sa variété des ions proposés, ses énergies, ses intensités**



**Merci  
pour votre attention**