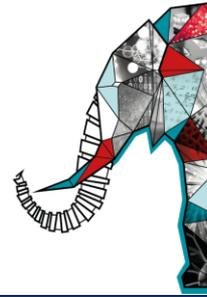


25<sup>e</sup> Congrès Général  
de la Société Française  
de Physique 



# Le projet SPIRAL 2

*P. Dolegievievz*  
*dolegievievz@ganil.fr*  
*GANIL - Caen*



# Plan

1. Introduction : le projet SPIRAL 2 au GANIL
2. Présentation générale du projet
3. Statut du projet
4. Conclusion

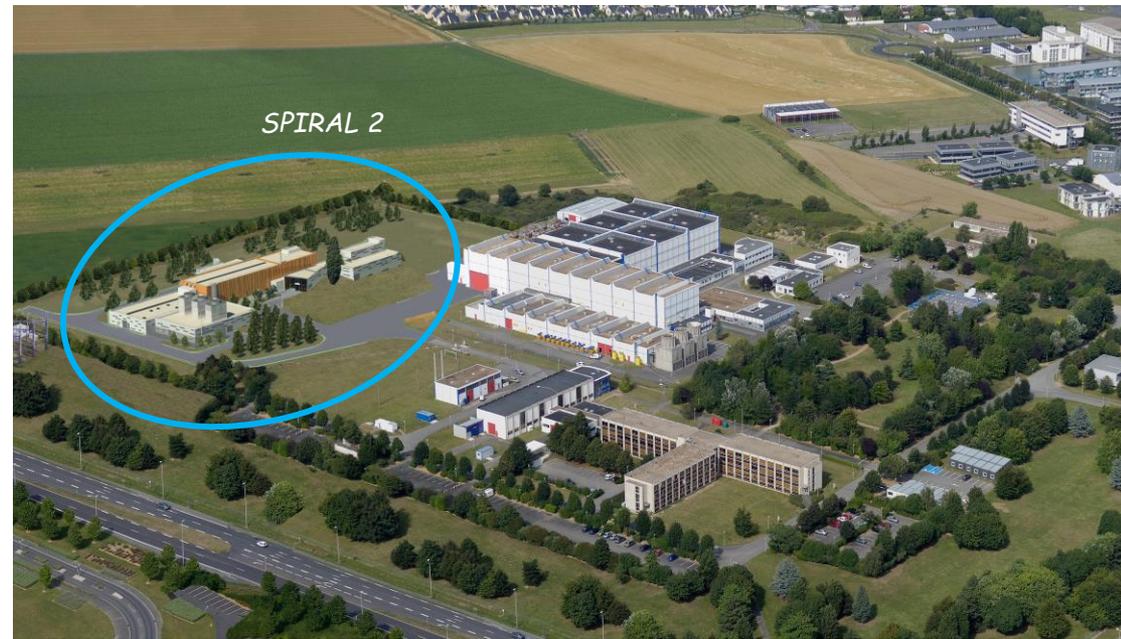
# 1 - Introduction

## SPIRAL 2 : Système de Production d'Ions Radioactifs Accélérés en Ligne (2ème generation)

le projet SPIRAL 2 sur le site du GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds - Caen)

### GANIL : un TGIR pluridisciplinaire

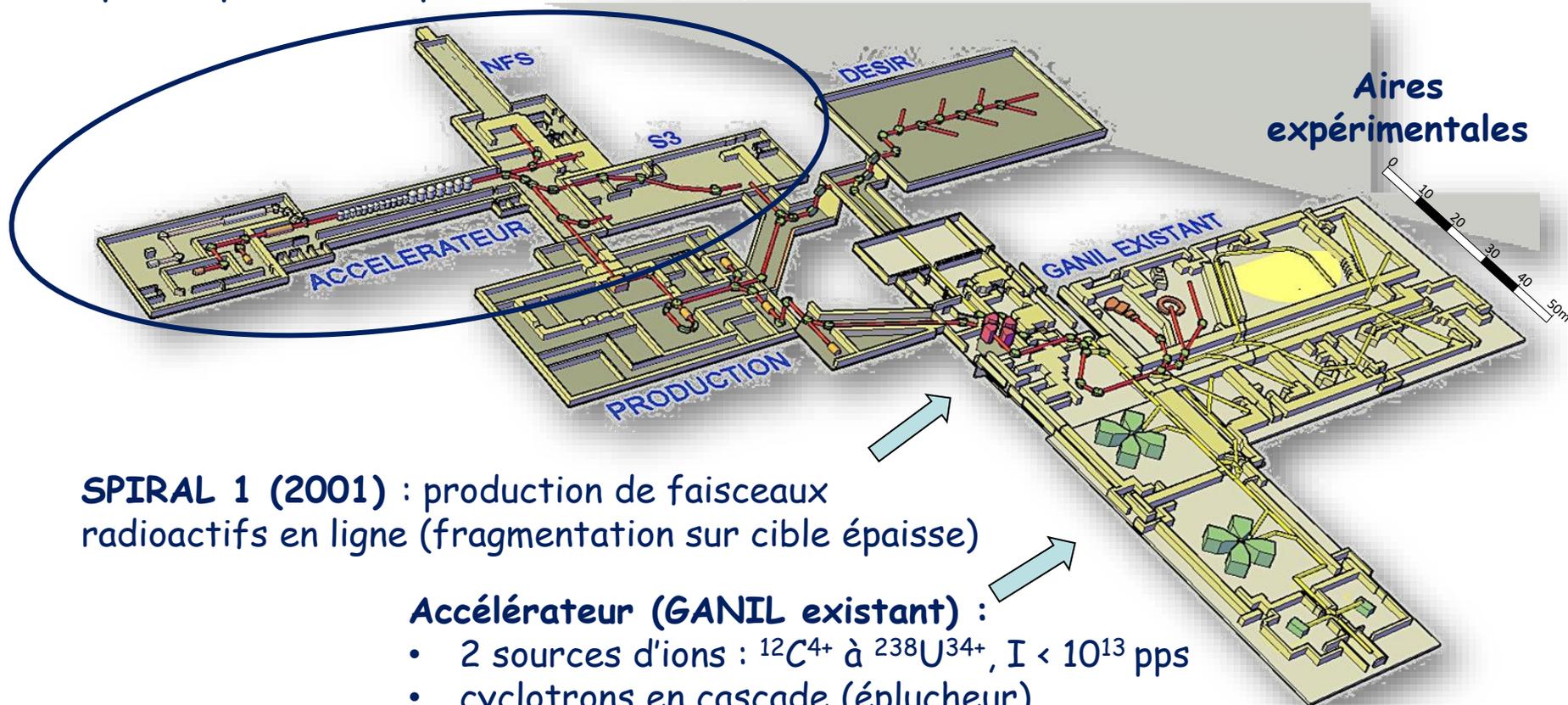
- ◆ GIE (DRF/CEA - IN2P3/CNRS)
  - ◆ 280 permanents (CEA, CNRS)
  - ◆ 700 chercheurs/an
- ◆ En opération depuis 1983
  - application principale : recherche fondamentale en physique nucléaire
  - 80% physique nucléaire (HE)
  - astrophysique, physique atomique, radiobiologie, science des matériaux
- ◆ disponibilité faisceau ~ 5500 h/an



# 1 - Introduction

## SPIRAL 2 Phase1 :

- accélérateur linéaire : faisceaux d'ions stables très intenses (p- Ni),  $I < 10^{15}$  pps
- source de neutrons intenses (NFS)
- Super séparateur spectromètre (S3) - faisceaux RA



**SPIRAL 1 (2001) :** production de faisceaux radioactifs en ligne (fragmentation sur cible épaisse)

**Accélérateur (GANIL existant) :**

- 2 sources d'ions :  $^{12}\text{C}^{4+}$  à  $^{238}\text{U}^{34+}$ ,  $I < 10^{13}$  pps
- cyclotrons en cascade (éplucheur)
- 1 spectromètre  $\Delta E/E = 2 \cdot 10^{-3}$

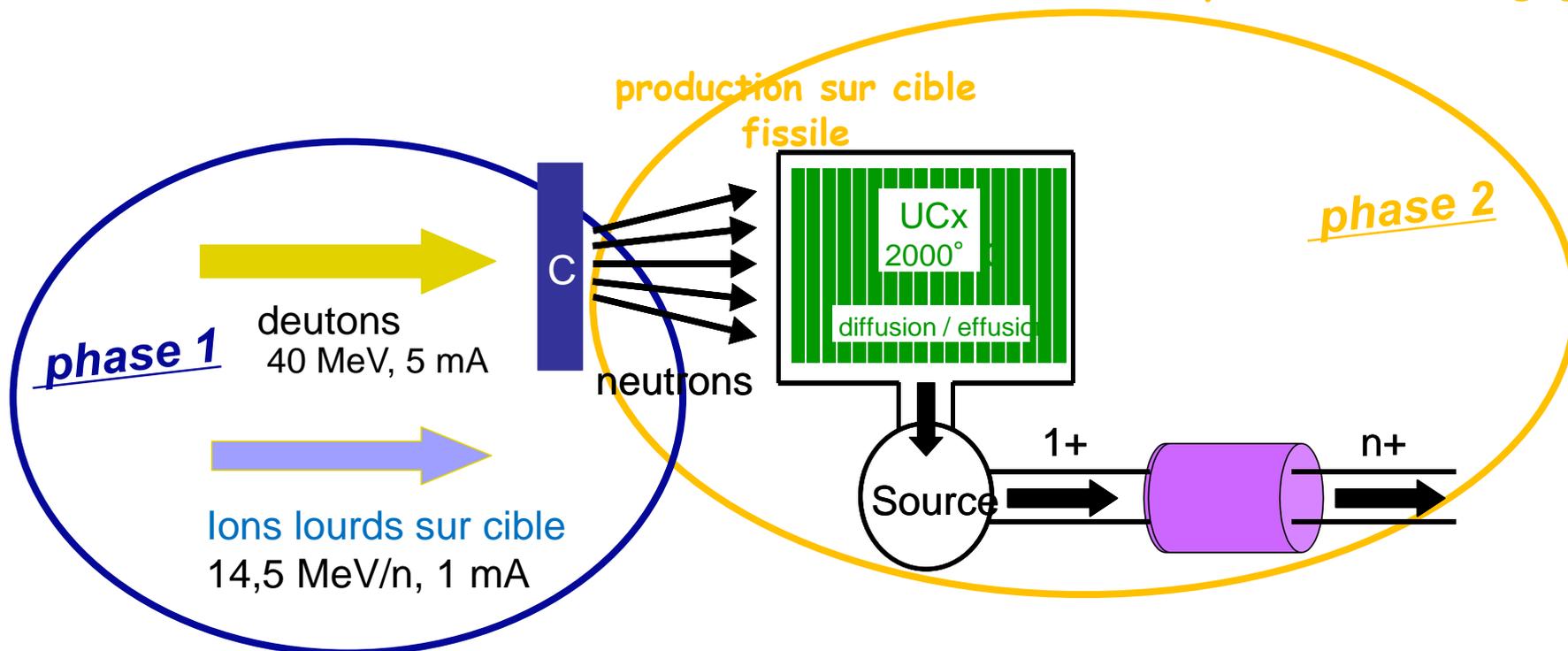
# 1 - Introduction

## SPIRAL 2 (phase 1 ... et 2)

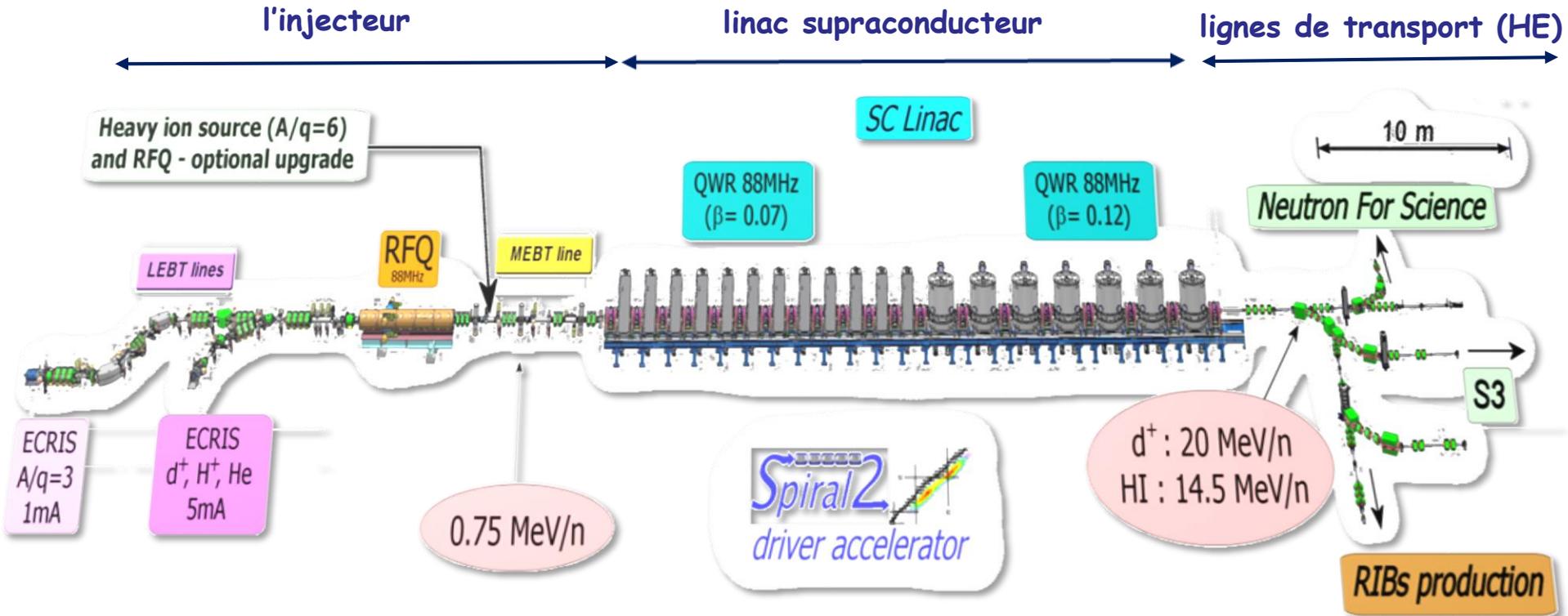
**objectif:** produire des faisceaux d'ions lourds radioactifs par réactions fragmentation ou de fission

**technique** (*phase 2 : cas majorant vs sûreté*) : utiliser un faisceau primaire de haute intensité pour produire un haut flux de neutrons sur une **cible fissile**

*phase 2 non engagée*



# 2 - Présentation générale du projet



	Q/A	I (mA)	Energy (Mev/u)	CW max beam Power (KW)
Protons	1/1	5	2 - 33	165
Deuterons	1/2	5	2 - 20	<b>200</b>
Ions	1/3	1	2 - 14.5	45
Ions (option)	1/6	1	2 - 8	48

### Challenges et particularités

- grande variété de faisceaux (nature, intensité, énergie)
- systèmes très spécifiques
- contraintes fortes de sûreté

➤ large collaboration inter-laboratoires pour l'étude et la réalisation des lots

- validation et test des systèmes complets, en amont de l'installation sur site
- participation à l'installation et au démarrage des systèmes

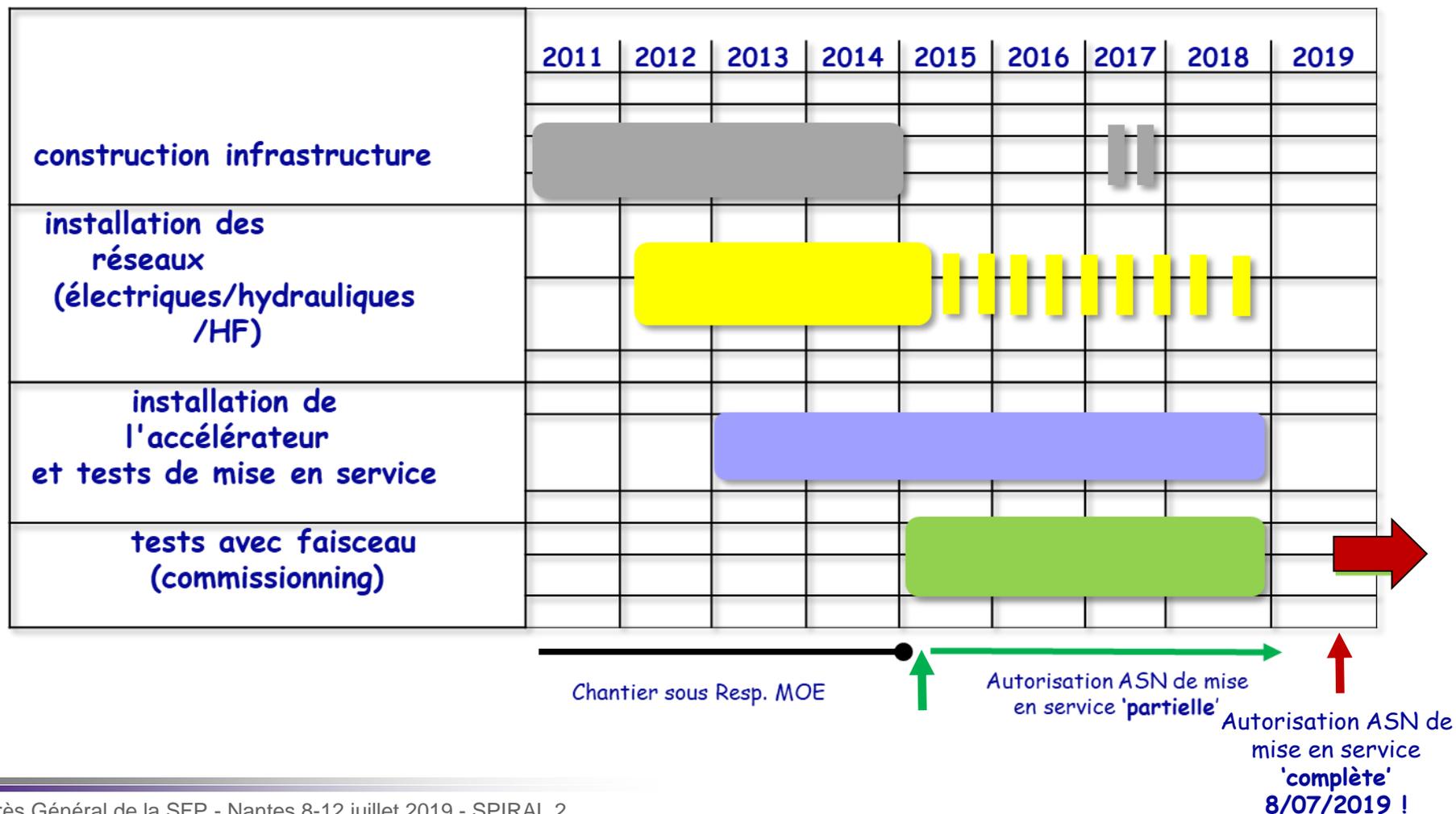


## 2 - Présentation générale du projet

➤  $T_0$  : 2005 (financement)

### Stratégie planning

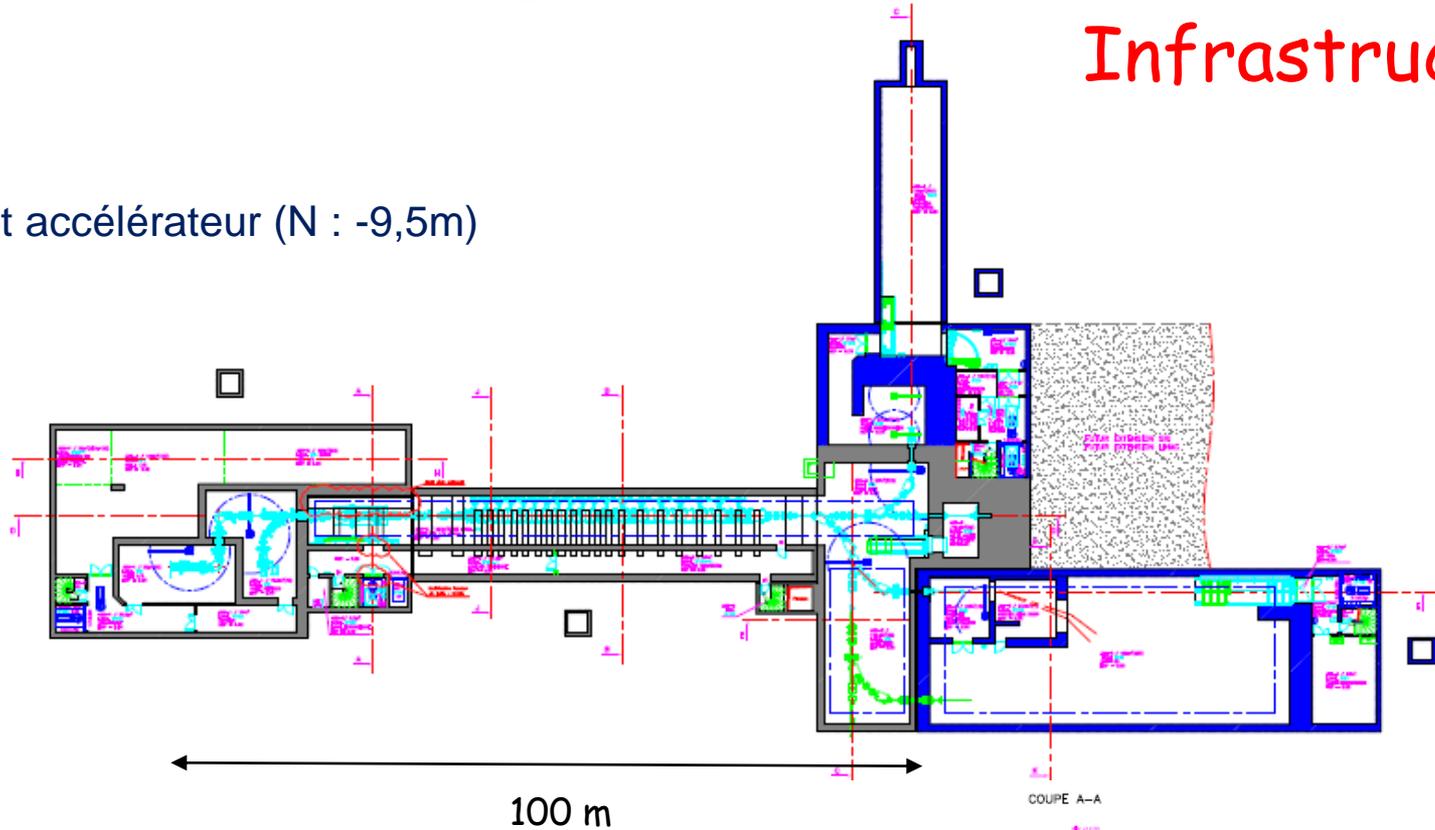
### Construction / installation / tests de mise en service



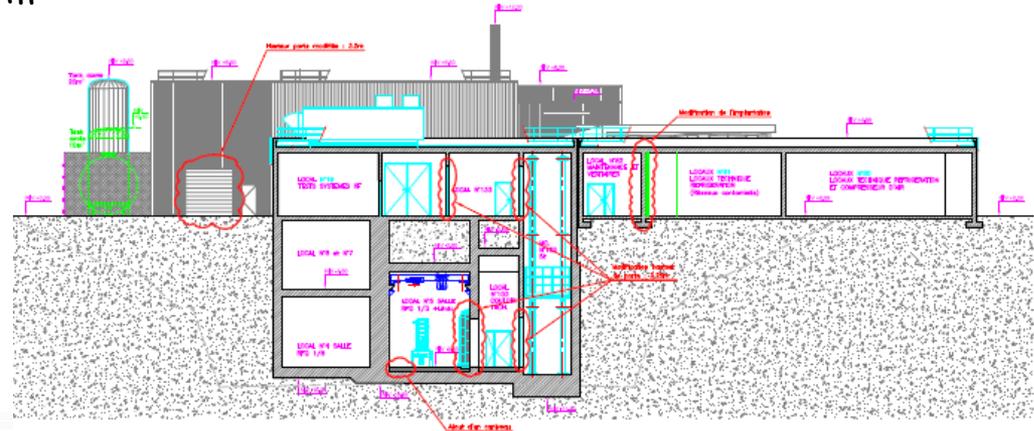
# 3 - statut du projet

## Infrastructures

Bâtiment accélérateur (N : -9,5m)



coupe niveau salle  
RFQ linac



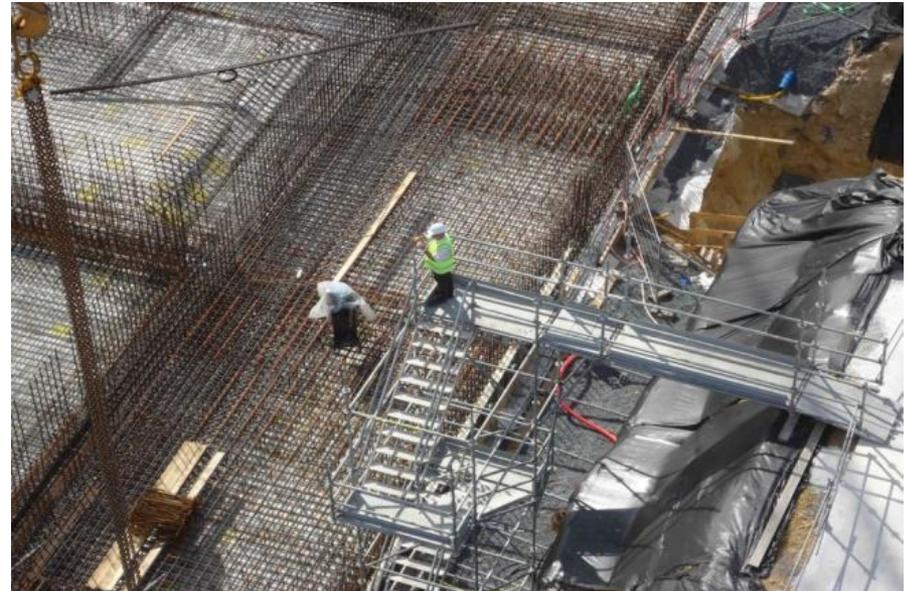
# 3 - statut du projet

## Infrastructures



Début chantier  
Décembre 2010

Dimensionnement des infrastructures et du procédé pour prise en compte du risque séisme



## Infrastructures



# 3 - statut du projet

1<sup>er</sup> faisce RFQ sur BTI  
décembre 2015

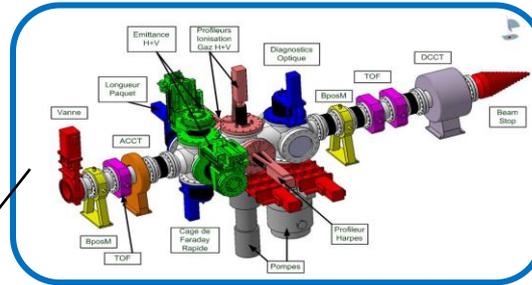
## L'injecteur



H / D source - q/A : 1/2 - IRFU

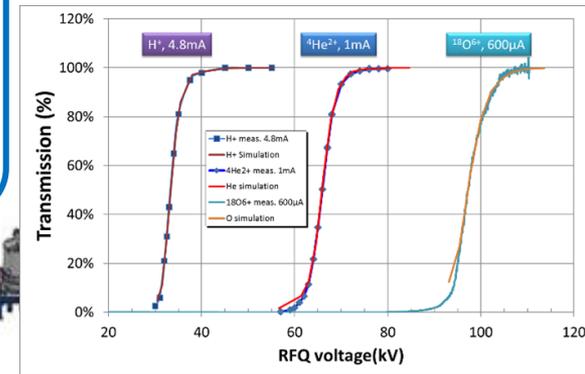


Banc de test intermédiaire (BTI)  
- IPHC



limite autorisation 'partielle'

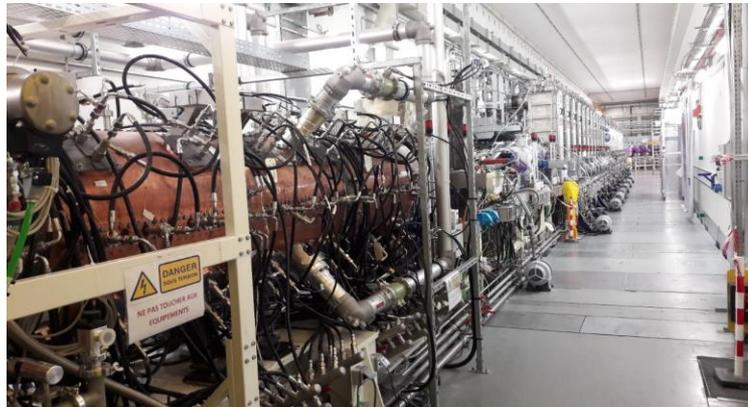
qualification des faisceaux de référence sur le BTI - juillet 2018 (H, He, O)



➔ Présentation A. Savalle "commissioning injecteur" - ce congrès



PHENIX-V2 source - q/A : 1/3 - LPSC



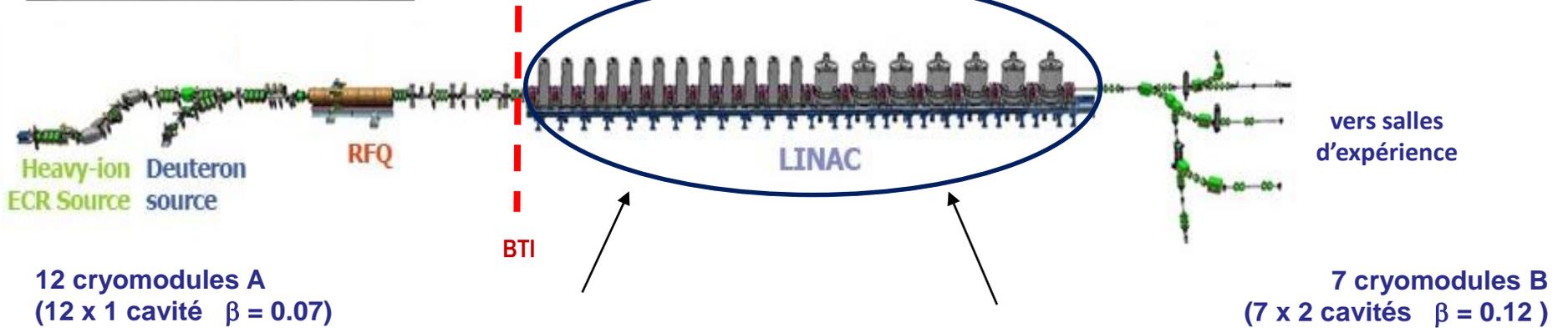
Structure RFQ - IRFU  
88 Mhz - 0,75 MeV/n



# 3 - statut du projet

## Le LINAC supraconducteur

$E_{\max}$  : 20 MeV/n (deutons)  
14,5 MeV/n (IL)  
26 cavités QWR - 88 Mhz  
 $E_{\text{acc}}$  : 6,5 MV/m - Nb à T = 4,2 K



20 'sections chaudes'



➤ 1ere mise en froid totale du LINAC: nov 2017

# 3 - statut du projet

## Le LINAC supraconducteur

## Cryomodules et cavités accélératrices

Cavités accélératrices supraconductrices Nb massif ( $P_{RF} < 10W@6,5 \text{ MeV/m}$ )

Performances RF supra => traitement chimique des cavités et montage en salle blanche

**Cryomodule A** 

**Cryomodule B** 

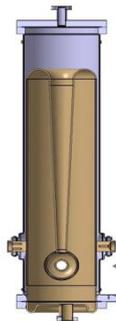
Cavités nb

Systèmes d'accord en fréquence

610 mm

Cavité  $\beta 0,07$

Cavité  $\beta 0,12$

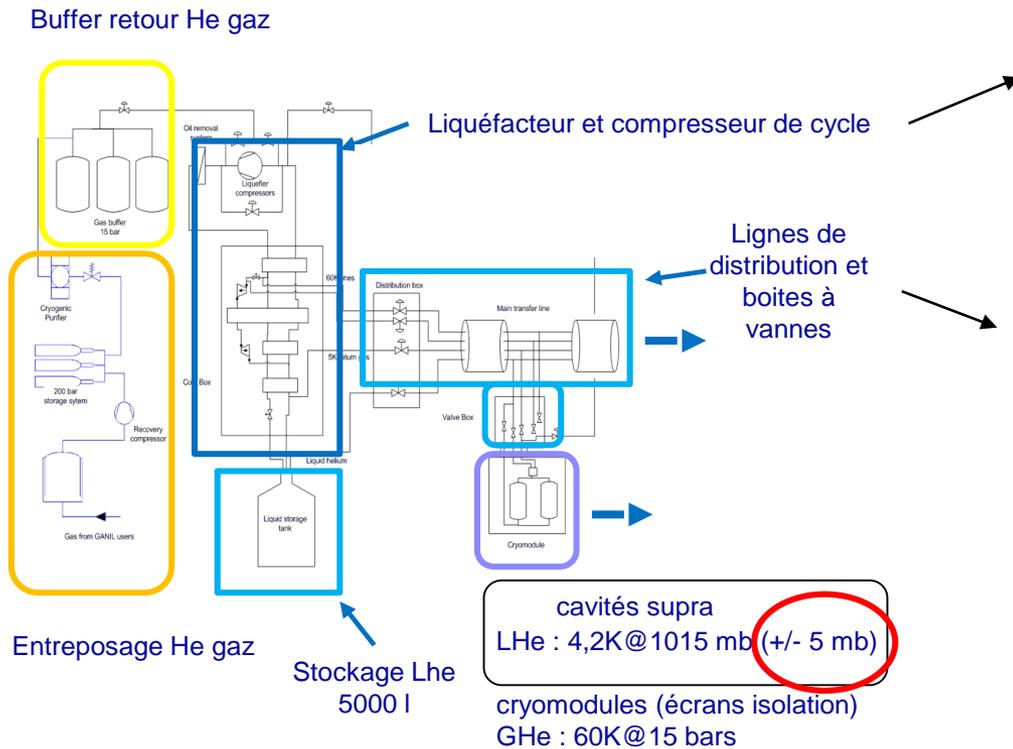


Traque aux poussières en salle blanche !

# 3 - statut du projet

## Le LINAC supraconducteur

### Le système cryogénique



Circuit	4.5K	60K	liquéfaction
Liquéfacteur	1100 W	3000 W	10 l/h



Distribution cryogénique dans le tunnel

# 3 - statut du projet

## Les lignes de transport de faisceau vers les salles expérimentales

Neutrons For Science  
Faisceaux pour NFS :  
Pmax 2kW , 50uA,  
D,P,He,C

Arrêt faisceau  
10 kW  $\Rightarrow$  200 kW

Super Separator  
Spectrometer  
Faisceaux pour S3 : q/A :  
1/3, I<sub>max</sub> : 1 mA, 2 à 14,5  
MeV/u

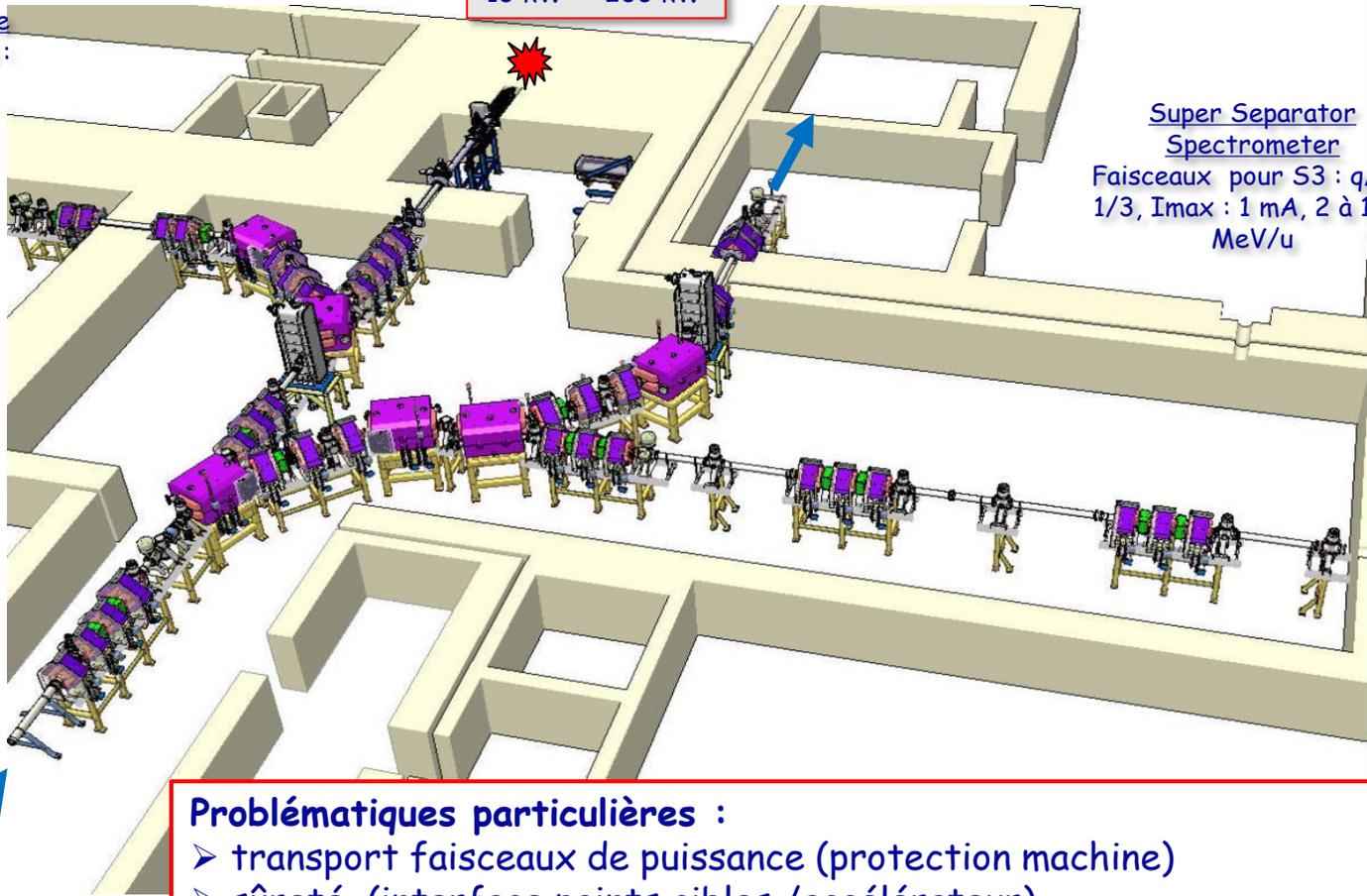
Production FR  
Faisceaux  $\Rightarrow$   
Pmax 200 kW

Phase 2

linac

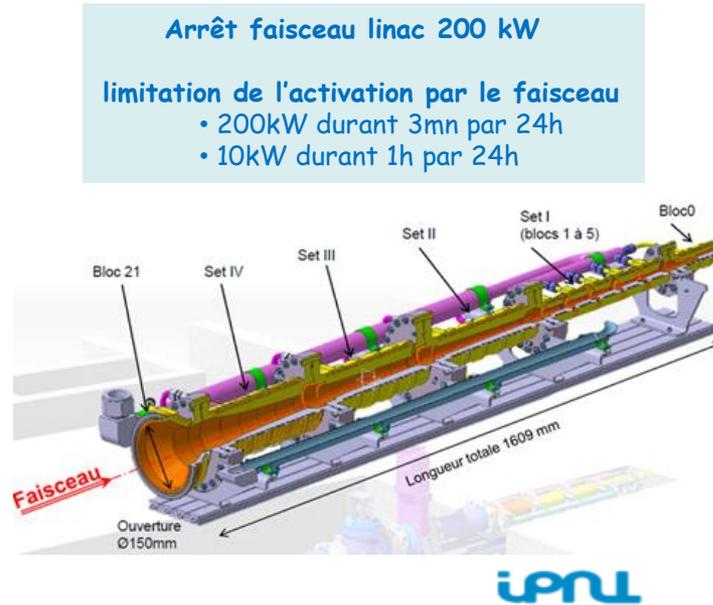
### Problématiques particulières :

- transport faisceaux de puissance (protection machine)
- sûreté (interface points cibles /accélérateur)  
 $\Rightarrow$  systèmes spécifiques avec fonctions de sûreté (EIP)



# 3 - statut du projet

## Les lignes de transport de faisceau vers les salles expérimentales

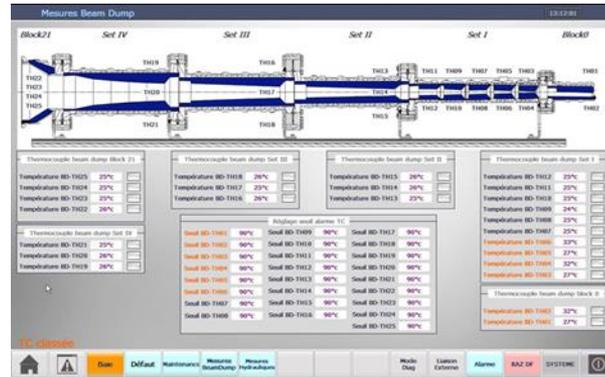


# 3 - statut du projet

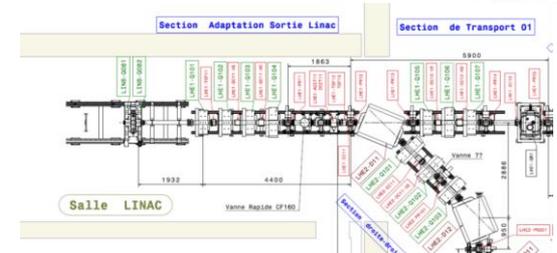
## Quelques systèmes spécifiques avec fonctions de sûreté



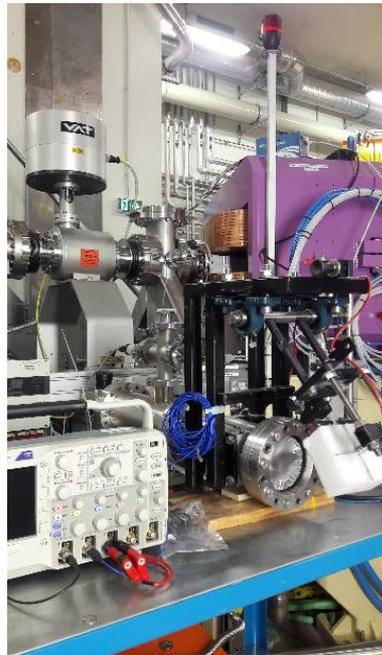
mesure de pertes faisceau  
(IFIN/Roumanie)



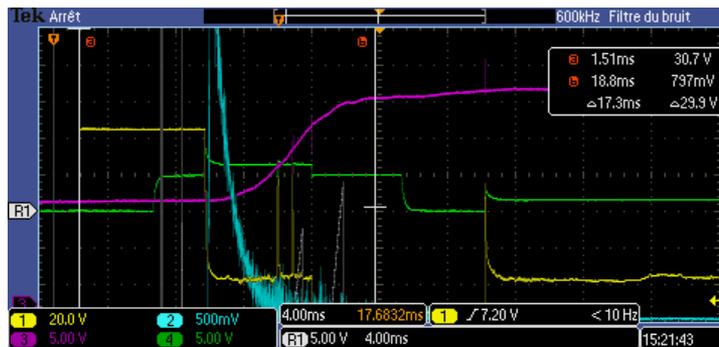
Surveillance refroidissement AF Linac



mesure énergie du faisceau



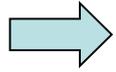
Système de vannes d'isolement rapides (limitation du transfert de la contamination dans le vide faisceau)



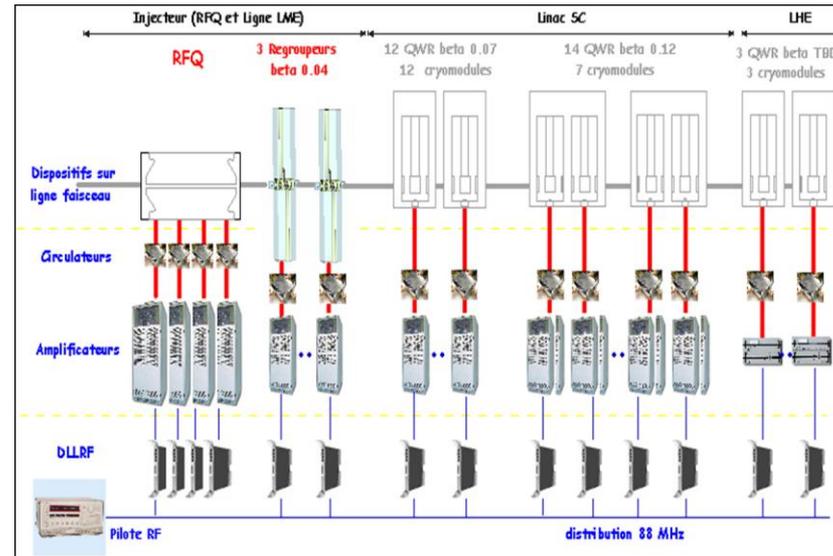
Système d'entreposage des gaz de pompage des lignes de transport de faisceau

# 3 - statut du projet

Autorisation de mise en service (Autorité de Sûreté Nucléaire) => **8/07/2019 !**



Objectif pour fin 2019 : qualification du système RF de l'accélérateur supraconducteur



## 4 - conclusion (1<sup>er</sup> REX)

- ✓ **stratégie planning payante : parallélisation**  
 installation//construction, puis installation//tests faisceau
- ✓ **contrôle qualité : à toutes les étapes !**  
 Indispensable dans la phase d'installation (**anticipation**  
 dans la gestion des non conformités)
- ✓ **contraintes de sûreté nucléaire : instrument de recherche**  
 dans une INB => impact RH / planning fort

### prochains jalons

- 12/2019 : qualification du système d'accélération de l'accélérateur (RF)
- mi- 2020 : 1<sup>er</sup> faisceau accéléré dans le LINAC
- 2021 : première expérience

*Merci pour votre attention !*

