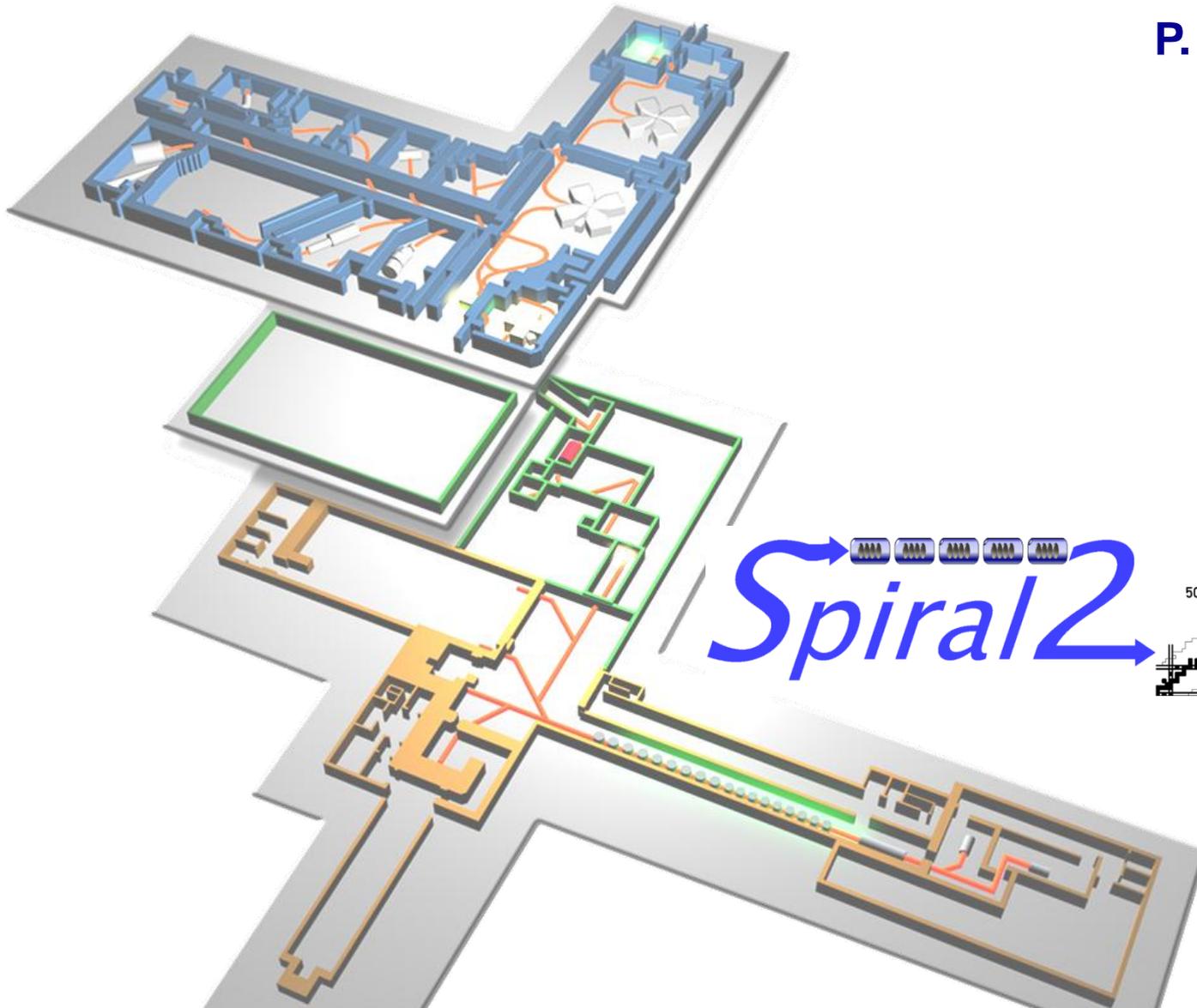
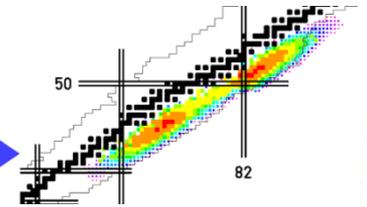


Le projet Spiral 2

P. Dolégiéviez
GANIL- Caen

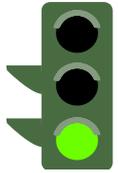


Spiral 2



Le projet Spiral 2

- **introduction**
- **Phase 1 du projet : construction de l'accélérateur**
- **Phase 2 du projet : production des FR**
- **bâtiments et intégration des procédés (phase 1)**
- **prochains jalons**



mai 2005



IN2P3



R&D and Construction

CEN Bordeaux-Gradignan (CENBG)

Centre de Spectro. Nucléaire et Spectro. de Masse Orsay (CSNSM)

Institut de Physique Nucléaire Orsay (IPNO)

Institut de Physique Nucléaire Lyon (IPNL)

Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien Strasbourg (IPHC)

Laboratoire Accélérateur Linéaire Orsay (LAL) (LPC)

Laboratoire de Physique Nucléaire et de Htes Energies Paris (LPNHE)

Laboratoire de Physique Subatom. et de Cosmol. Grenoble (LPSC)

R&D	Construction
DSM IRFU/SPhN	IRFU/SACM
DSM	IRFU/SIS
DSM	IRFU/SENAC
DSM – Saclay	Expertise
DAM DPTA	DASE et DP2I
DEN	Expertise
DPSN	Expertise



*large
collaboration
internationale
scientifique et
technique*

Grand Accélérateur National d'Ions Lourds

GANIL

Laboratoire commun CEA / DSM - CNRS / IN2P3

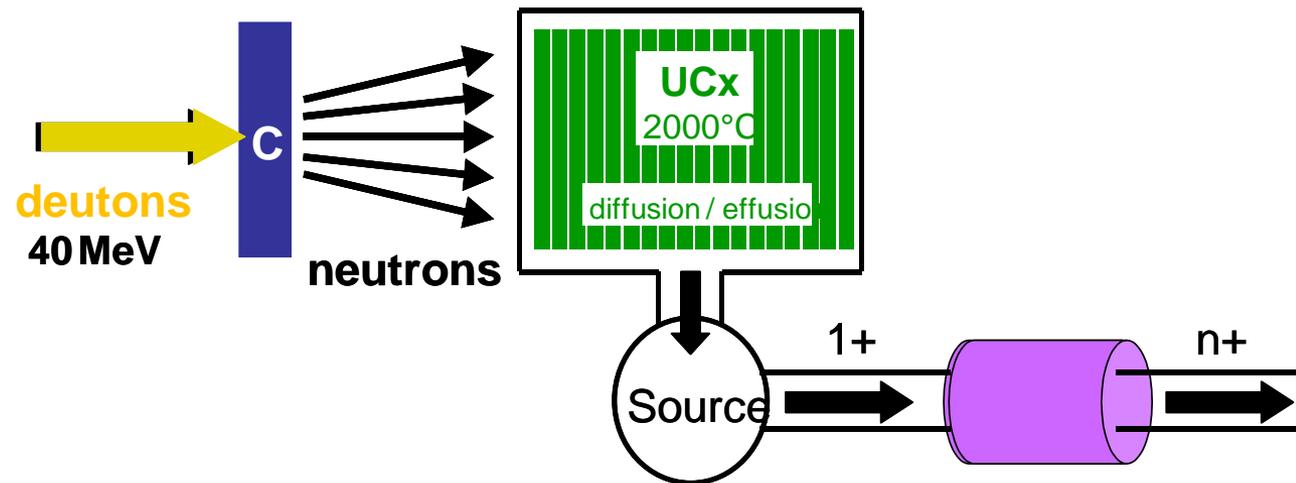


*SPIRAL : Système de production
d'Ions Radioactifs Accélérés en Ligne*

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

technique utilisée : utiliser un faisceau primaire de haute intensité pour produire un haut flux de neutrons sur une cible fissile

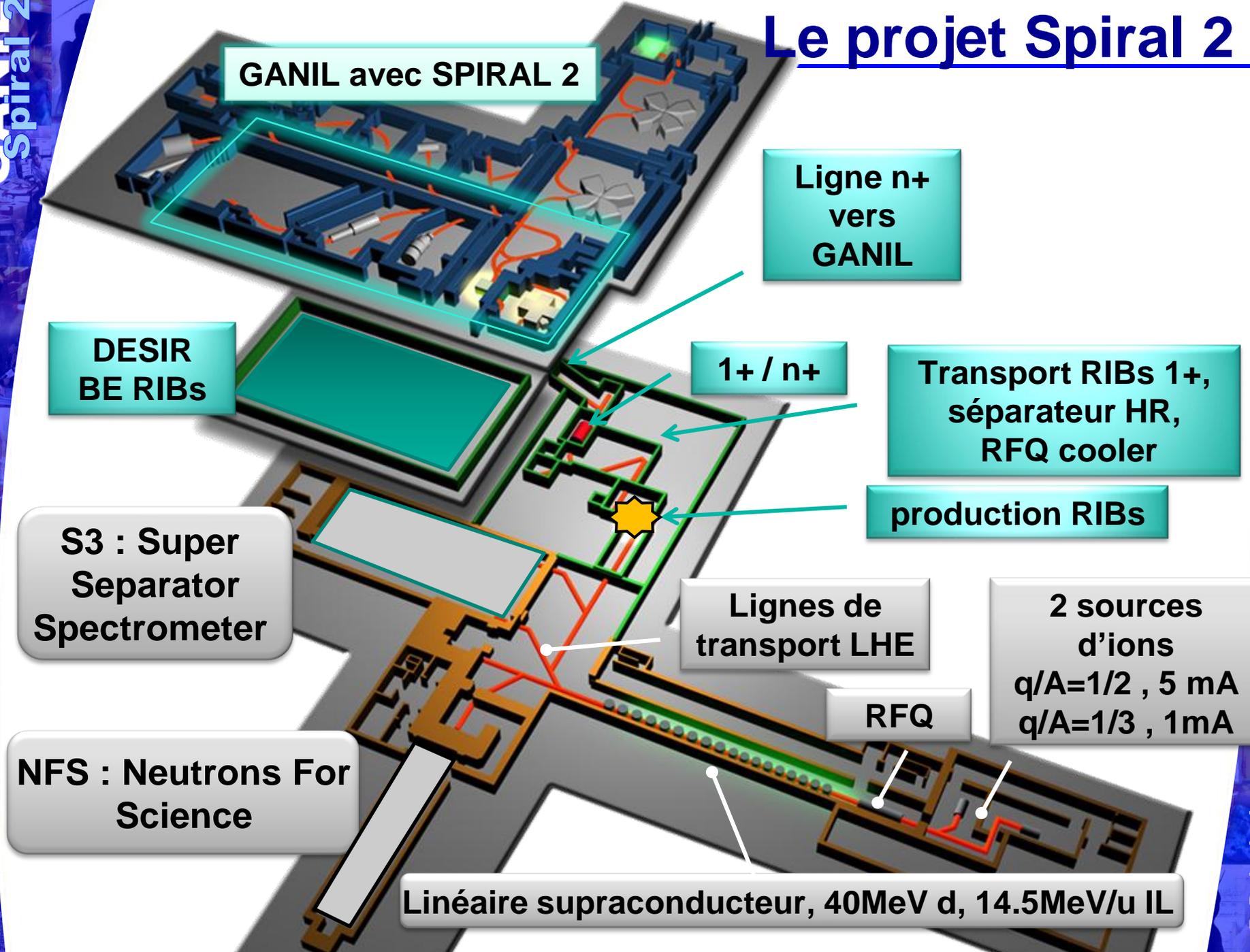
principe



faisceaux primaires -> 5 mA

faisceaux secondaires -> 10^9 pps (Sn^{132}) à 10^{12} pps (He)

Le projet Spiral 2



Challenges et particularités

- 
- ❑ grande variété de faisceaux (nature, intensité, énergie)
 - ❑ systèmes très spécifiques (phases 1 et 2)
 - ❑ contraintes fortes de sûreté
 - ❖ large collaboration inter-laboratoire pour l'étude et la réalisation des lots
 - => validation et test des systèmes complets, en amont de l'installation sur site

Le projet Spiral 2

Stratégie de phasage en 2 étapes motivée par la différence d'avancement entre accélérateur et ensemble de production

Phase 2 : production

Phase 1 : accélérateur
objectif :
premiers faisceaux mi-2013

S3

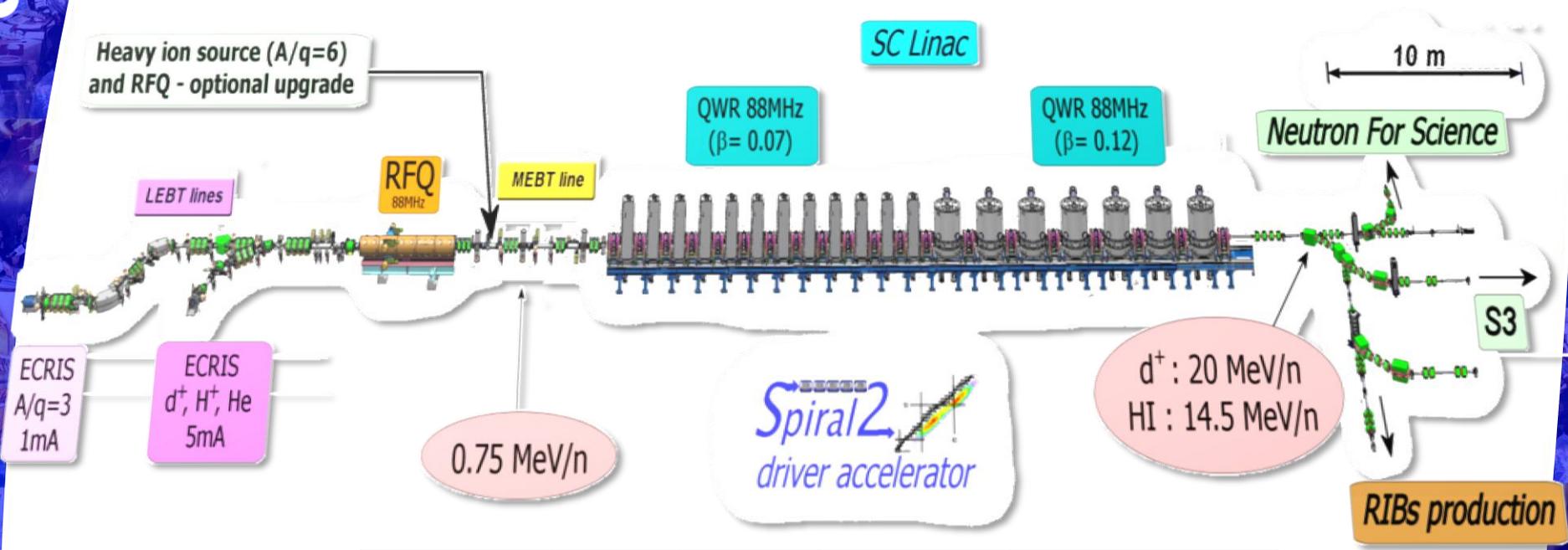
NFS

Phase 1



GANIL - Engineering S.A.

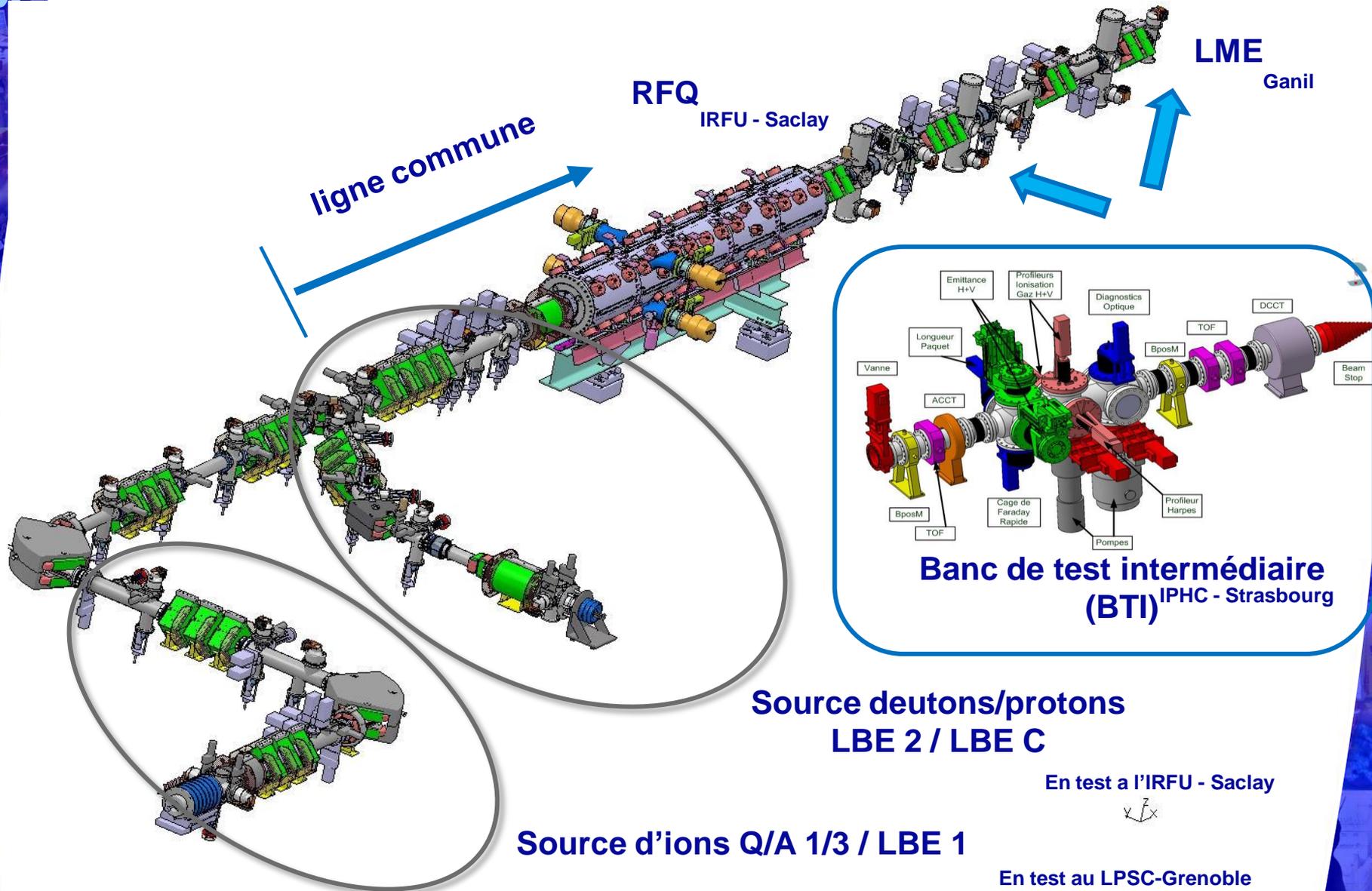
Le projet Spiral 2 l'accélérateur



	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	200
Ions	1/3	1	2 - 14.5	45
Ions (option)	1/6	1	2 - 8	48

Le projet Spiral 2

l'injecteur



Le projet Spiral 2

l'injecteur

source d'ions ECR q/A 1/3 et ligne basse énergie



Test de la source et de la
ligne de transport LBE1 au
LPSC (Grenoble)

**PHOENIX V2 @ 18 GHz, 47 kV
=> 60 kV
Ar, O, Xe, Ca ..**

**Commissioning 1 mA O⁶⁺,
47 kV
<P> : 2. 10⁻⁸ mb**



**Four LCO (ganil)
(ions métalliques)**

Le projet Spiral 2

source ECR deutons et ligne basse énergie

l'injecteur

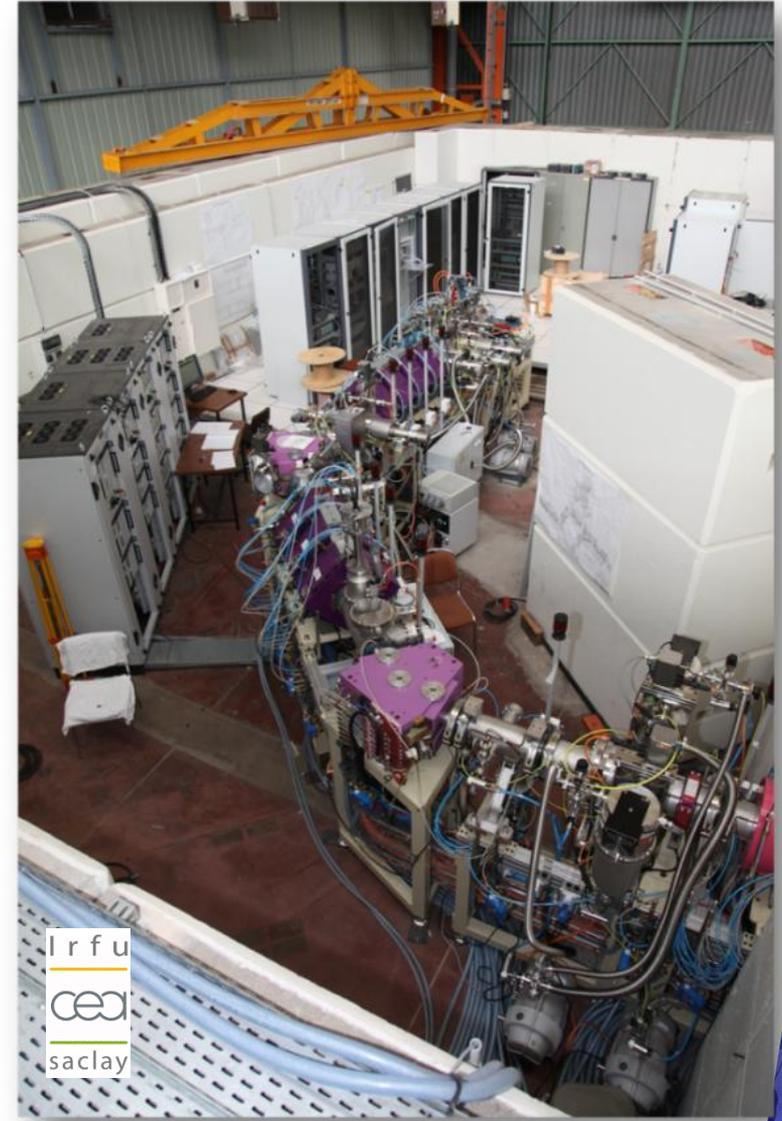


**Test de la source Deutons / protons
et de la ligne de transport LBE2-LBEC
à l'IRFU (Saclay)**

**D+ : 5,8 mA
H+ 7 mA**

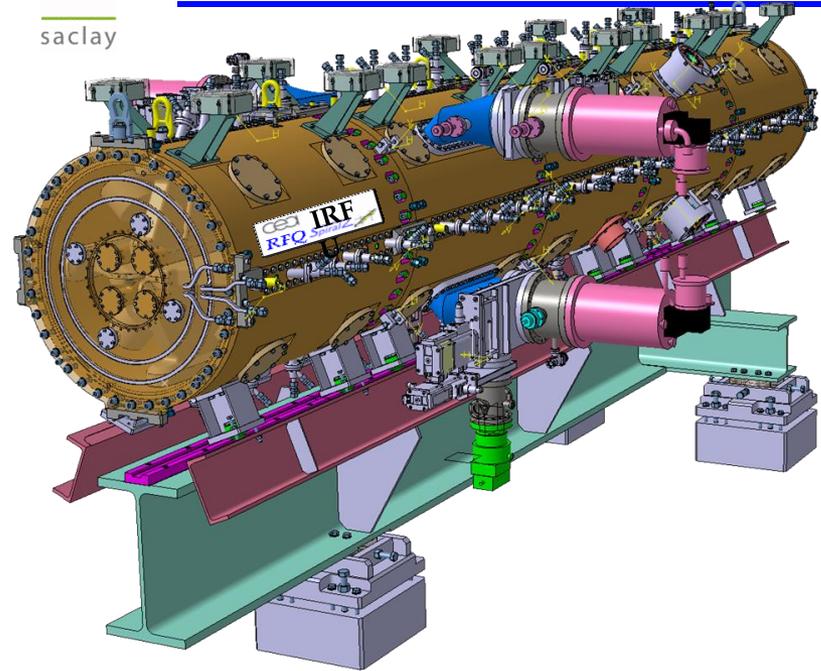
⇒ Protons 5,5 mA en LBEC (2011)

<P> : 10^{-6} mb / $2 \cdot 10^{-8}$ mb



Le projet Spiral 2

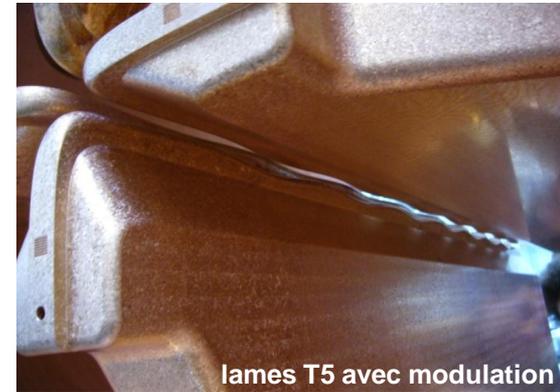
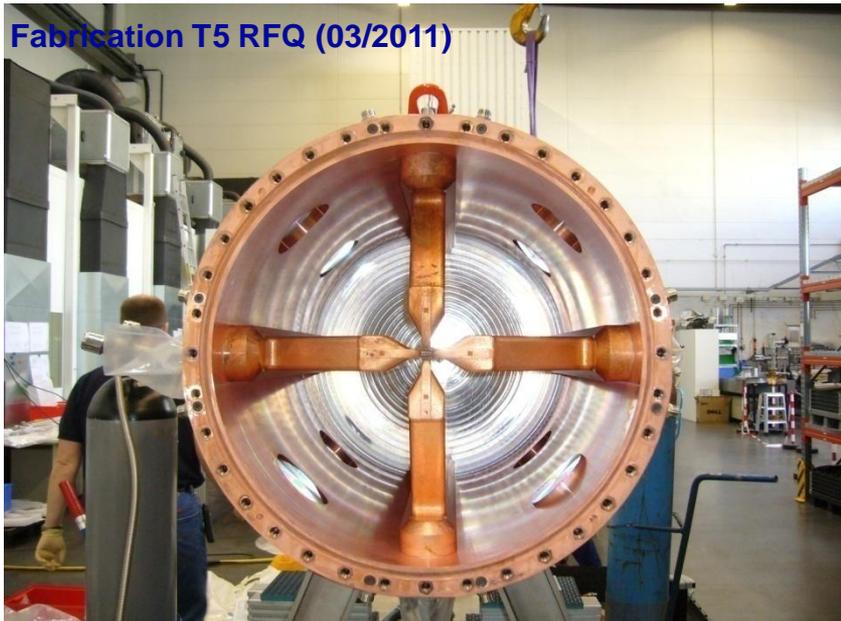
l'injecteur



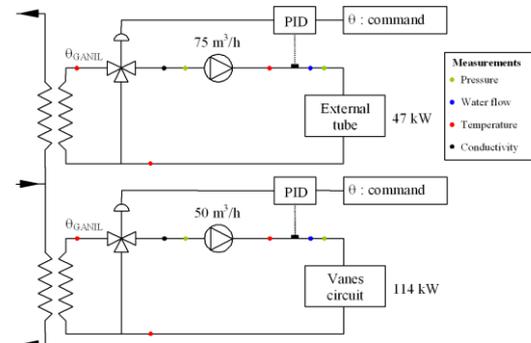
RFQ

- cavité quadripolaire radiofréquence
- assemblage de 5 tronçons ($\Phi : 0,78m$, $l : 1m$)
- structure en Cuivre Cu-C
88 Mhz E : 0,75 MeV/n
 $\langle P \rangle : 2.10^{-8}$ mb

Fabrication T5 RFQ (03/2011)



lames T5 avec modulation

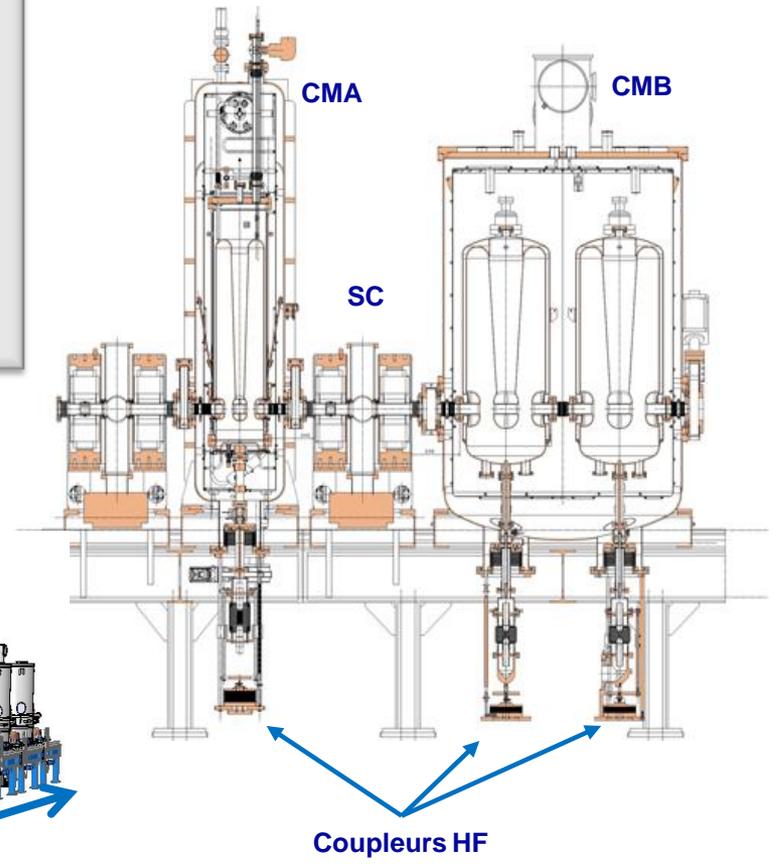
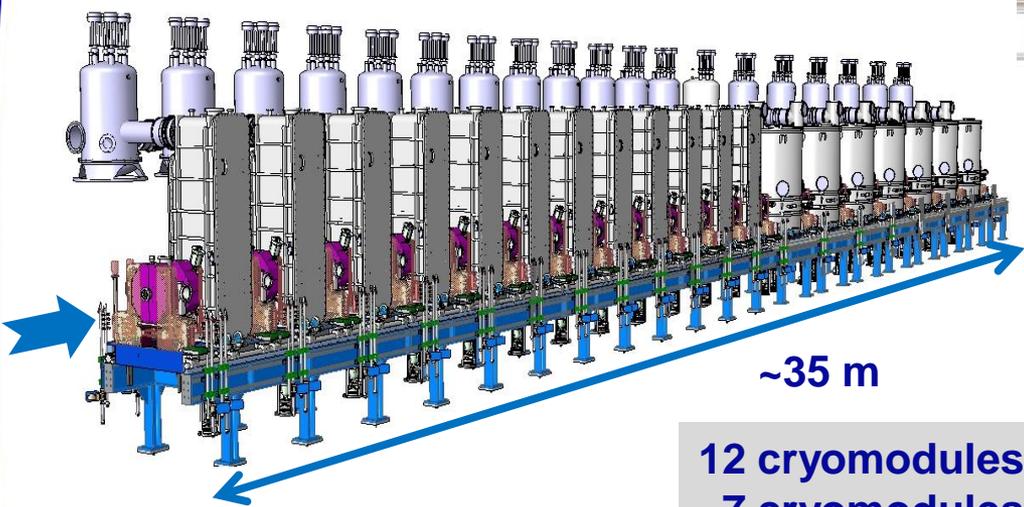


ajustement en fréquence => syst de refroidissement

Le projet Spiral 2 linac

Accélérateur linéaire supraconducteur

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



12 cryomodules A (1 cavité $\beta : 0,07$)
 7 cryomodules B (2 cavités $\beta : 0,12$)
 20 sections 'chaudes' (Q-pôle, diag, pompage)

Traitement des cavités et assemblage des CM

linac

chimie et HPR



montage en
salle blanche



! Traque aux particules en SB !

isolation du vide faisceau en SB



Étapes critiques pour les performances des cavités

Cryomodule A



Vacuum vessel

Magnetic shield (against the vacuum vessel wall)

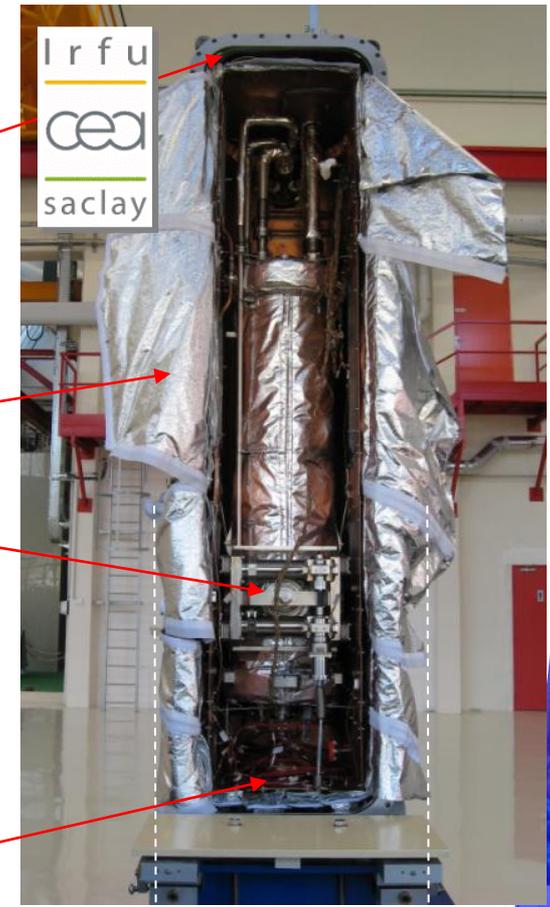
Cryogenic connections (towards valves box)

Superinsulation

Tuning system

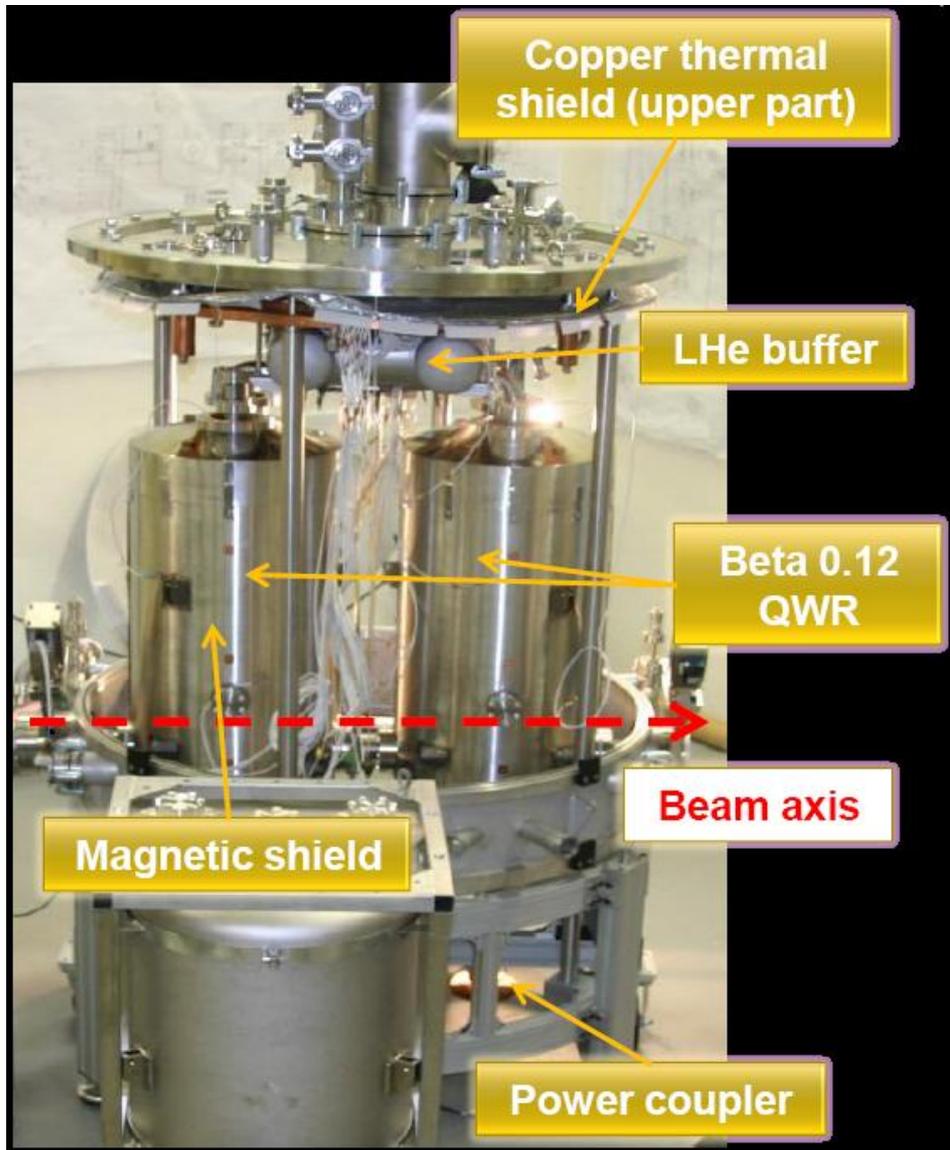
Beam valves

60K thermal screen



610 mm

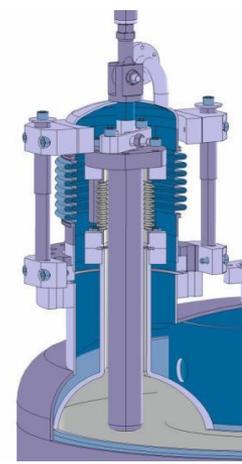
Le projet Spiral 2 linac



Cryomodule B



écran thermique CMB



Système d'accord HF (plongeur)

Le projet Spiral 2 linac



Couples de puissance RF
10 kW

Test cryomodules à
4,2 K

Montage et tests des
CM en cours

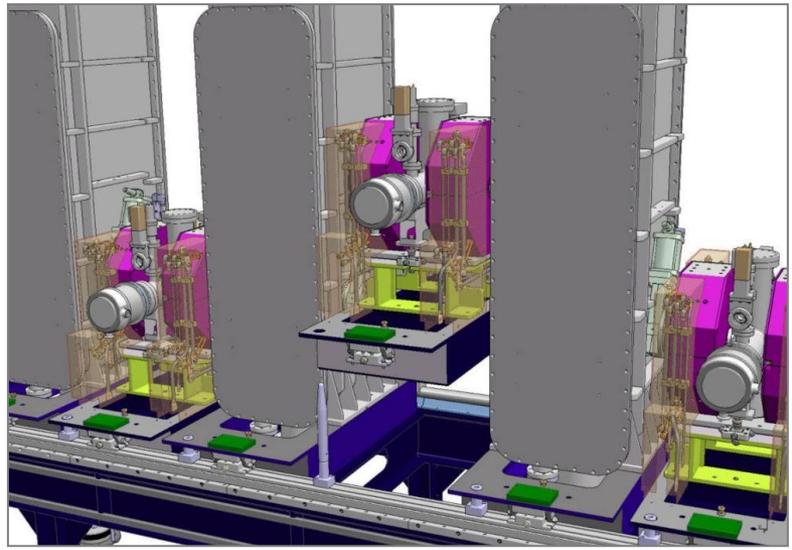


Test CMB avec section chaude

Le projet Spiral 2

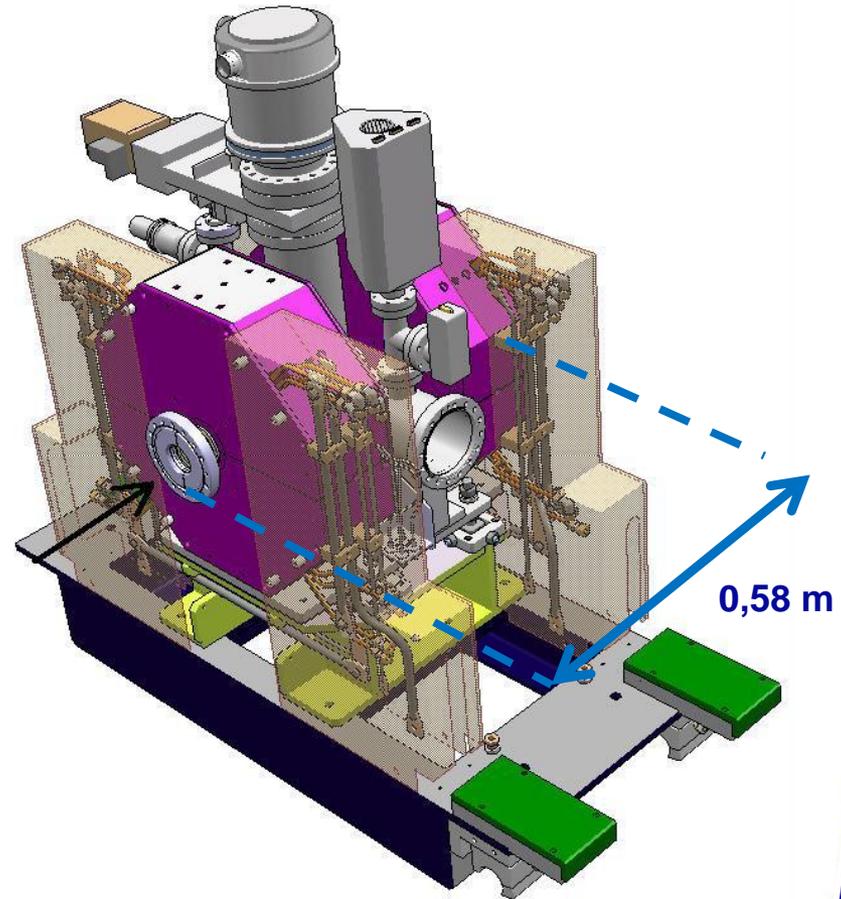
linac

Intégration sections chaudes



20 sections 'chaudes'

- ✓ quadripôles de focalisation
- ✓ diagnostics de faisceau
- ✓ système de vide (SC et vide cavités)



proximité des cavités HF supra →

exigences liées au risque pollution (montage, exploitation)

Le projet Spiral 2

linac

Intégration sections chaudes



Intégration SC sur CMA

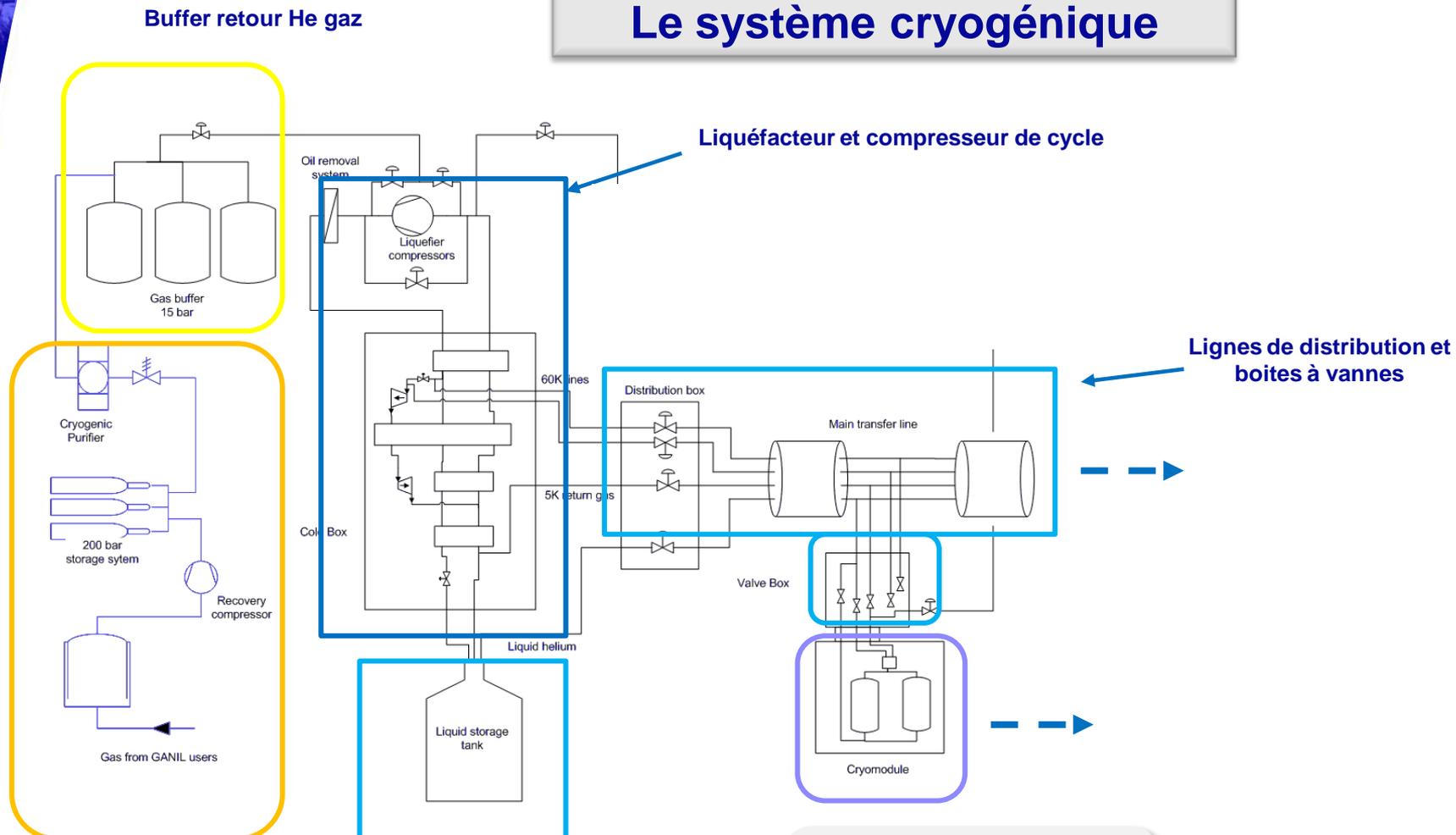


Installation de la boîte diagnostic entre le doublet de Q-pôle



Raccordement bride SC / bride CM

Le système cryogénique



Buffer retour He gaz

Le système cryogénique

Liquéfacteur et compresseur de cycle

Lignes de distribution et boites à vannes

Entreposage He gaz

Stockage Lhe
5000 l

cavités supra

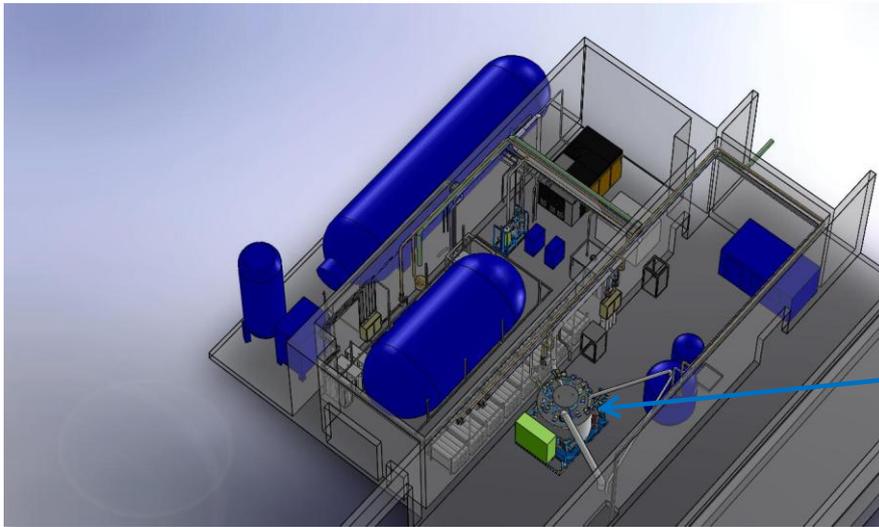
LHe : 4,2K@1015 mb (+/- 2 mb)

cryomodule (écrans isolation)

GHe : 60K@15 bars

Le système cryogénique : la boîte froide

Circuit	4.5K	60K	liquéfaction
Linac	709 W	1600 W	
LHE	116 W	320 W	
Ganil			10 l/h
total	825 W	1920 W	10 l/h
Liquéfacteur	1100 W	3000 W	10 l/h

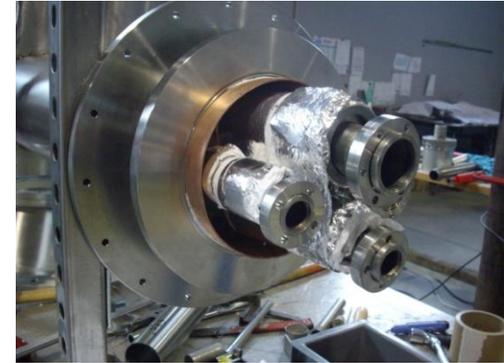
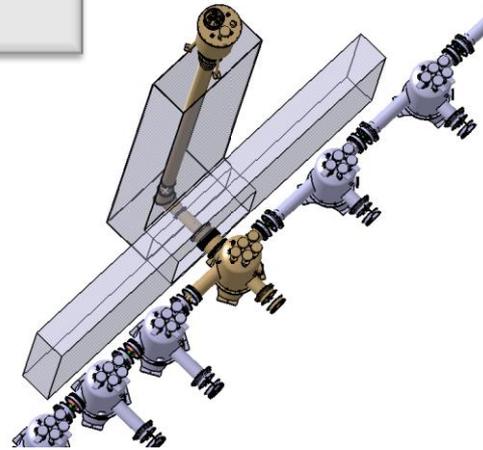
Intégration système cryogénique dans
le bâtiment

Boîte froide en cours de réalisation

Le système cryogénique : la distribution



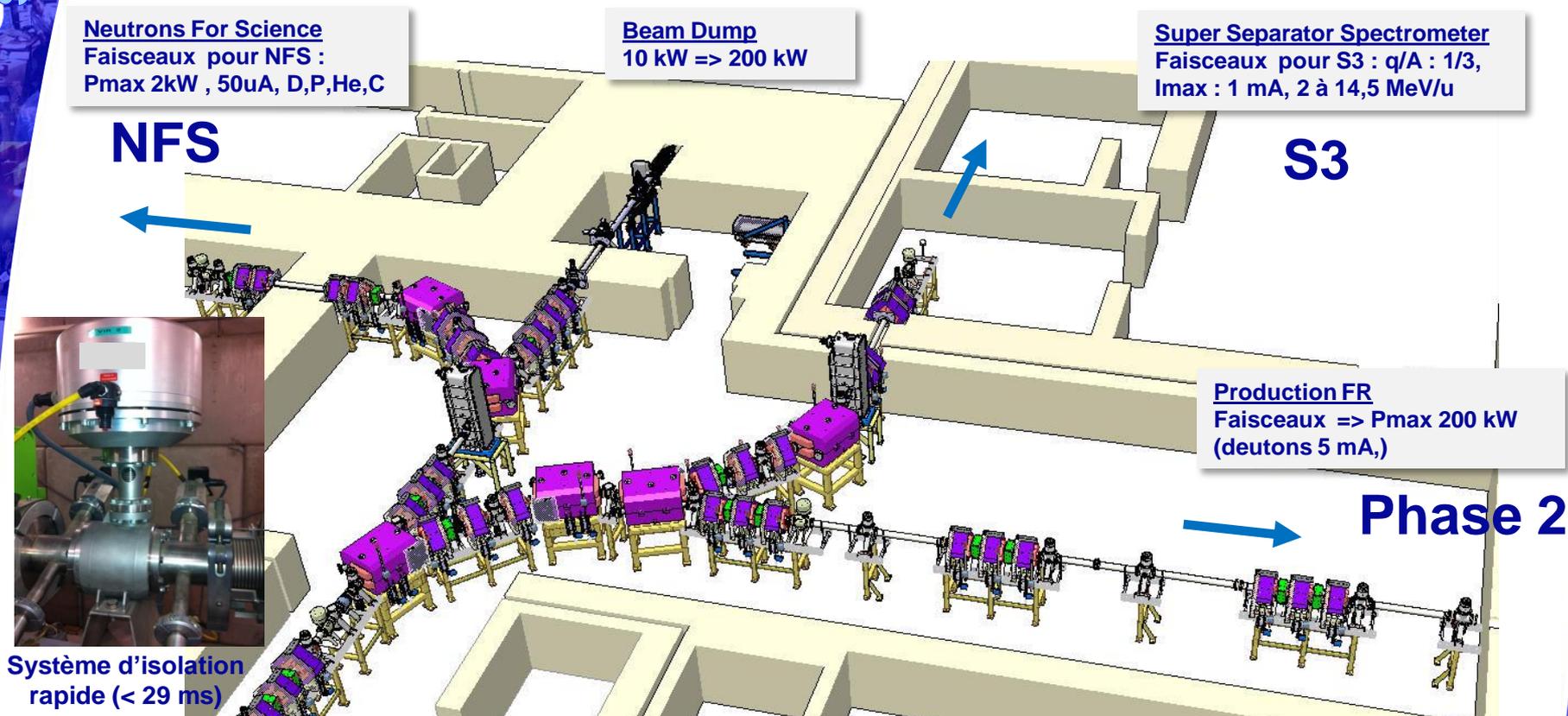
Boîtes à vannes réalisées et stockées
chez le constructeur



Boîte à vannes prototype en test sur
CMB (IPN-O)

Le projet Spiral 2

Lignes de transfert haute énergie



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

Beam Dump
10 kW => 200 kW

Super Separator Spectrometer
Faisceaux pour S3 : q/A : 1/3,
Imax : 1 mA, 2 à 14,5 MeV/u

Production FR
Faisceaux => Pmax 200 kW
(deutons 5 mA,)

Système d'isolation
rapide (< 29 ms)

linac

Problématiques particulières :

- transport faisceaux de puissance :
=> protection machine, limitation de l'activation (objectif de dose)
- sûreté - interface points cibles /accélérateur
=> gestion des EIS (dont confinement, gestion des effluents)

Le projet Spiral 2

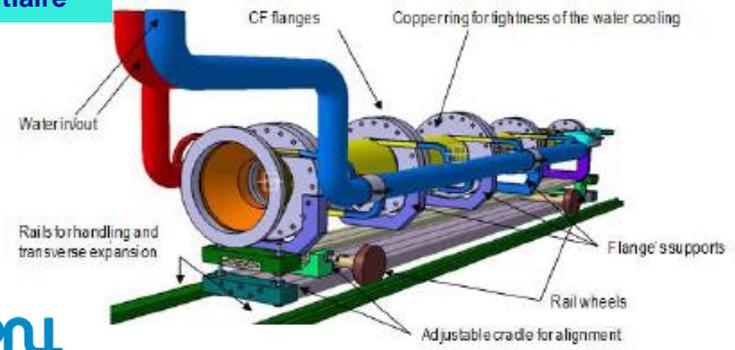
Lignes de transfert haute énergie

Arrêt faisceau principal

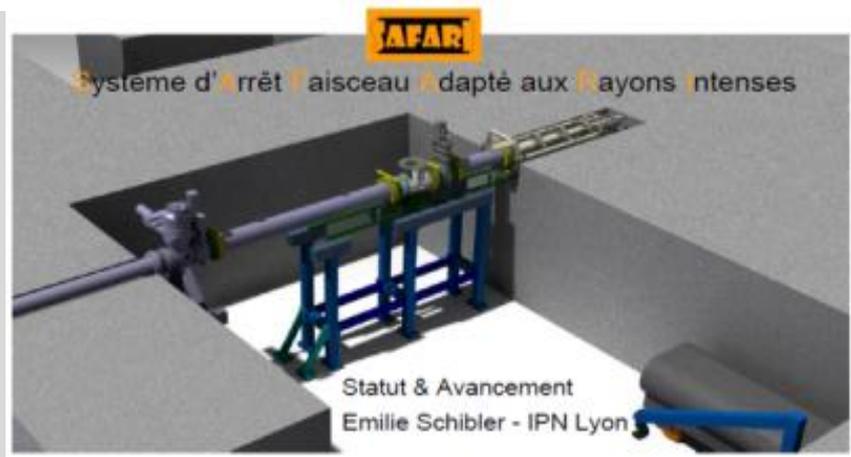
Fonction : arrêter le faisceau en phase de réglage et de contrôle du faisceau

- ✓ dimensionnement :
200 kW deutons (5mA / 40 MeV)
- ✓ en opération :
limitation du temps et de la puissance déposée (limitation de l'activation de la structure)

Refroidissement : circuit tertiaire



tests thermiques et mécaniques sur prototype



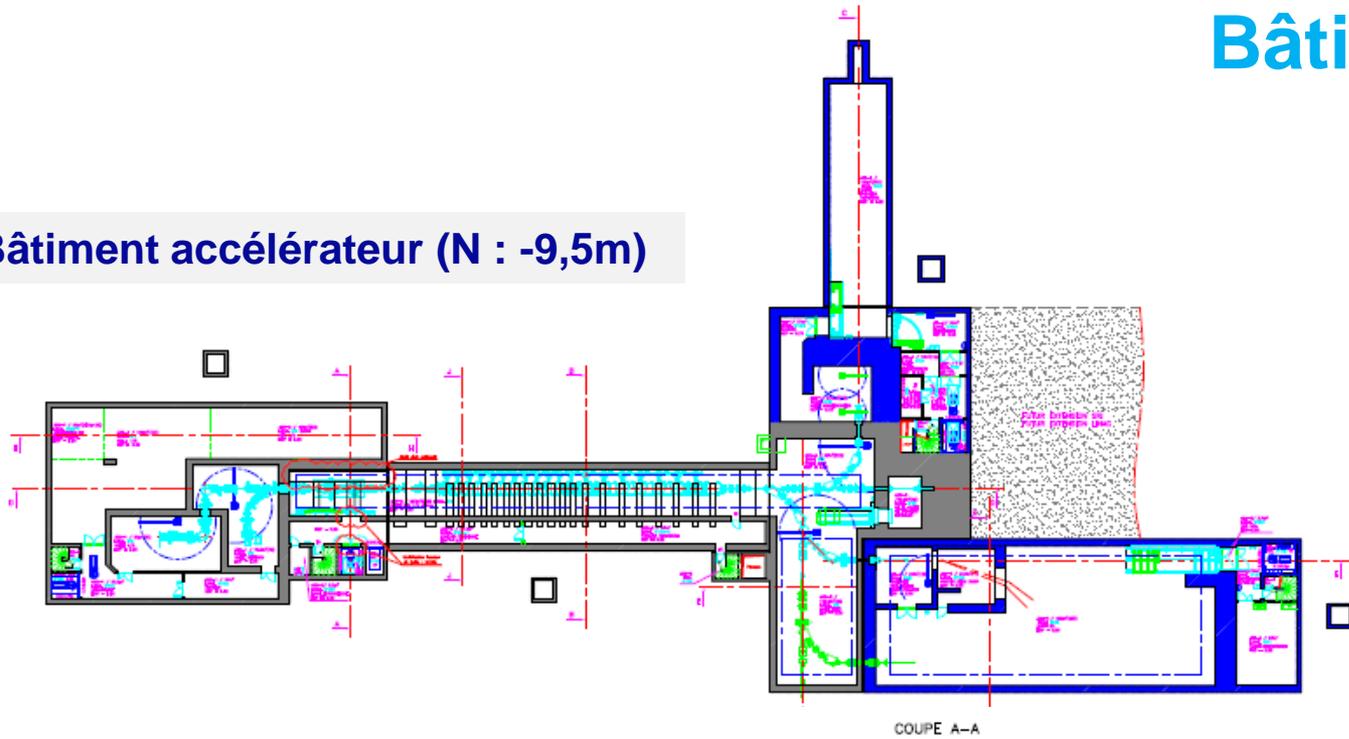
- Structure de l'AF : longueur totale 1609mm, ce design fait suite à des processus itératifs variés
- 6 sections de cuivre Cu OFHC (Cu sans oxygène) séparées par des brides CF, faible volume à pomper
 - Réduction du rayon interne progressif : $r_{max} = 48mm$ (3σ faisceau)
 - Sections II à IV : refroidissement par canaux avec eau circulant à contre courant, les autres sections sont simples
 - Canaux usinés dans le cuivre : pas de brasage donc limitation des risques de fuite, pas de résistance thermique au contact



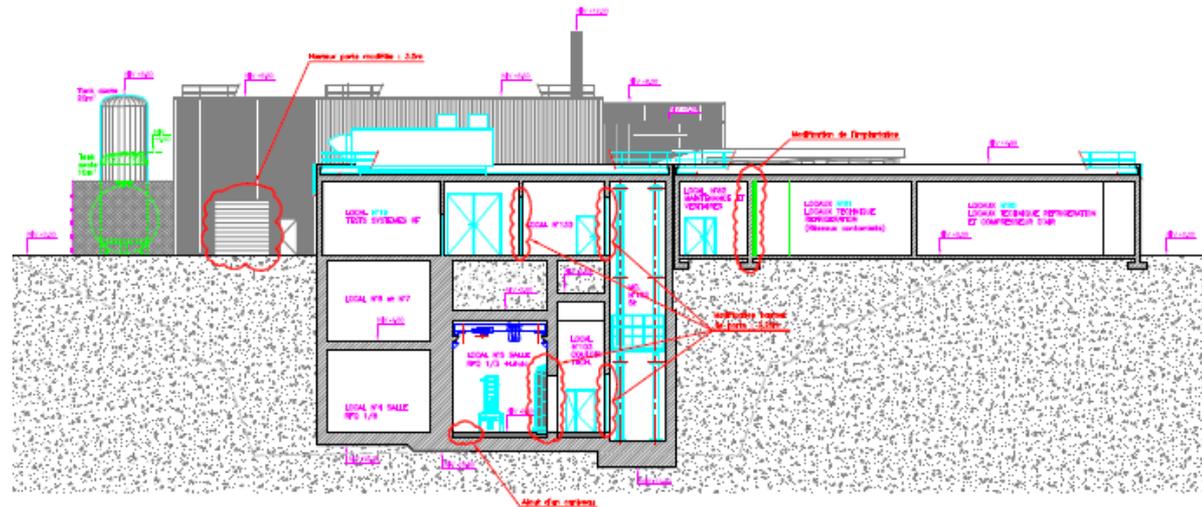
Le projet Spiral 2

Bâtiments Ph1

Bâtiment accélérateur (N : -9,5m)



coupe niveau
salle RFQ linac



Le projet Spiral 2

Bâtiments Ph1



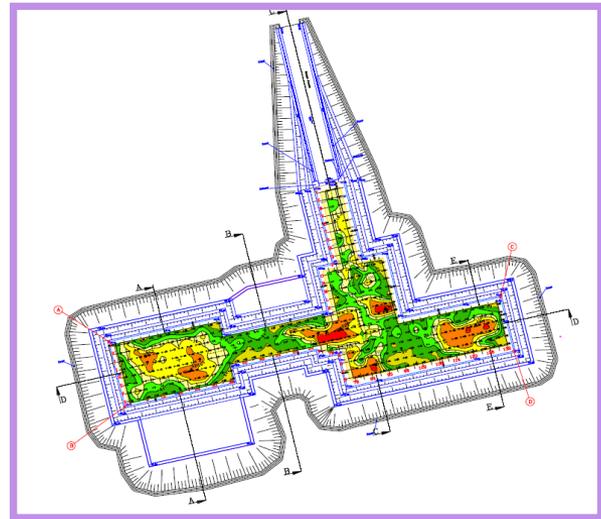
Début chantier
Décembre 2010



Terrassement
Mars 2011
(BRH)



Mai 2011
Etudes sols



Le projet Spiral 2

Bâtiments Ph1



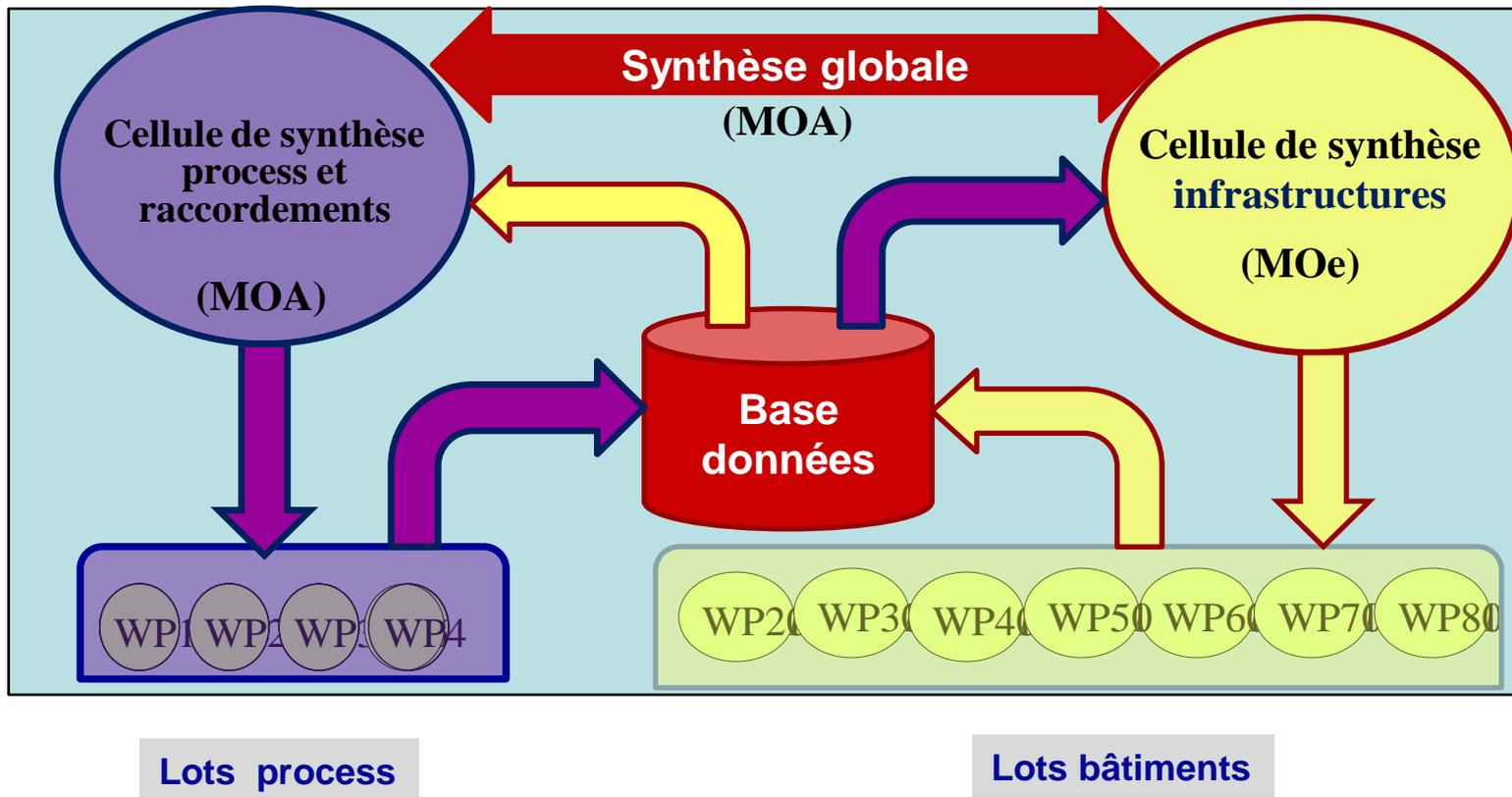
17/10/2011

Le projet Spiral 2

Intégration Ph1

S'assurer de la bonne intégration des procédés et servitudes dans les bâtiments et valider le Génie Civil

Planifiée d'Avril 2011 à Février 2012



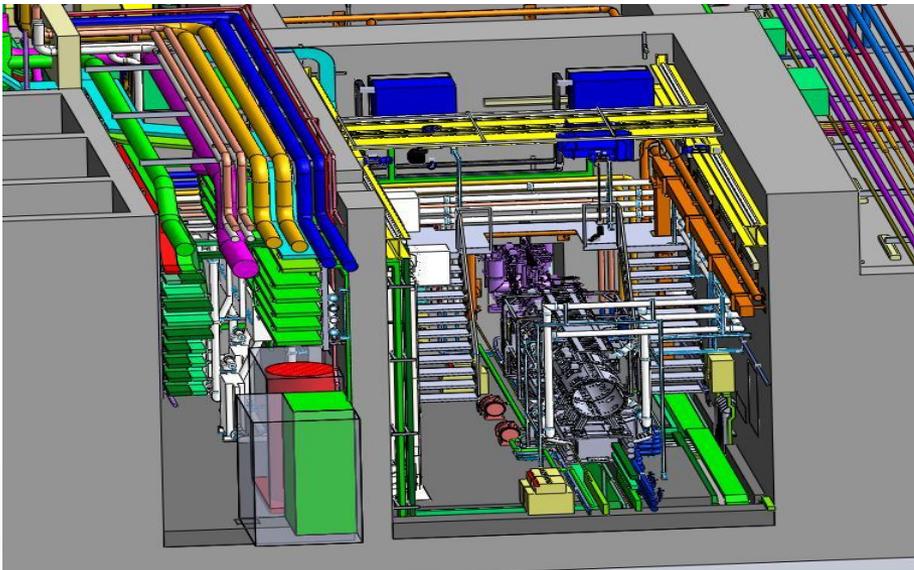
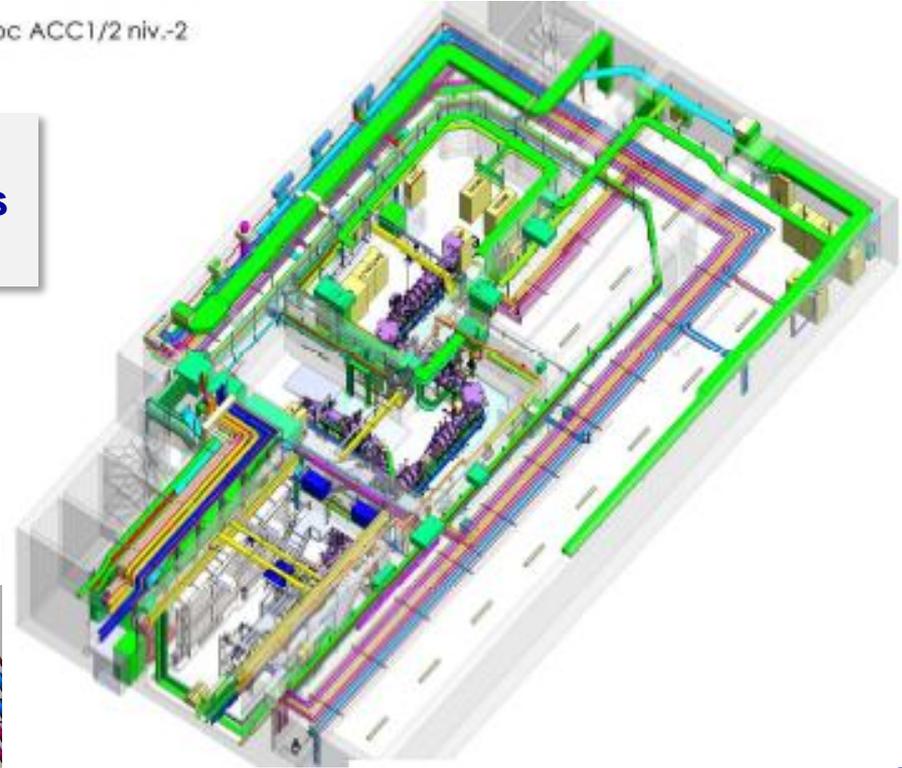
Le projet Spiral 2

Intégration Ph1

Outils 3D

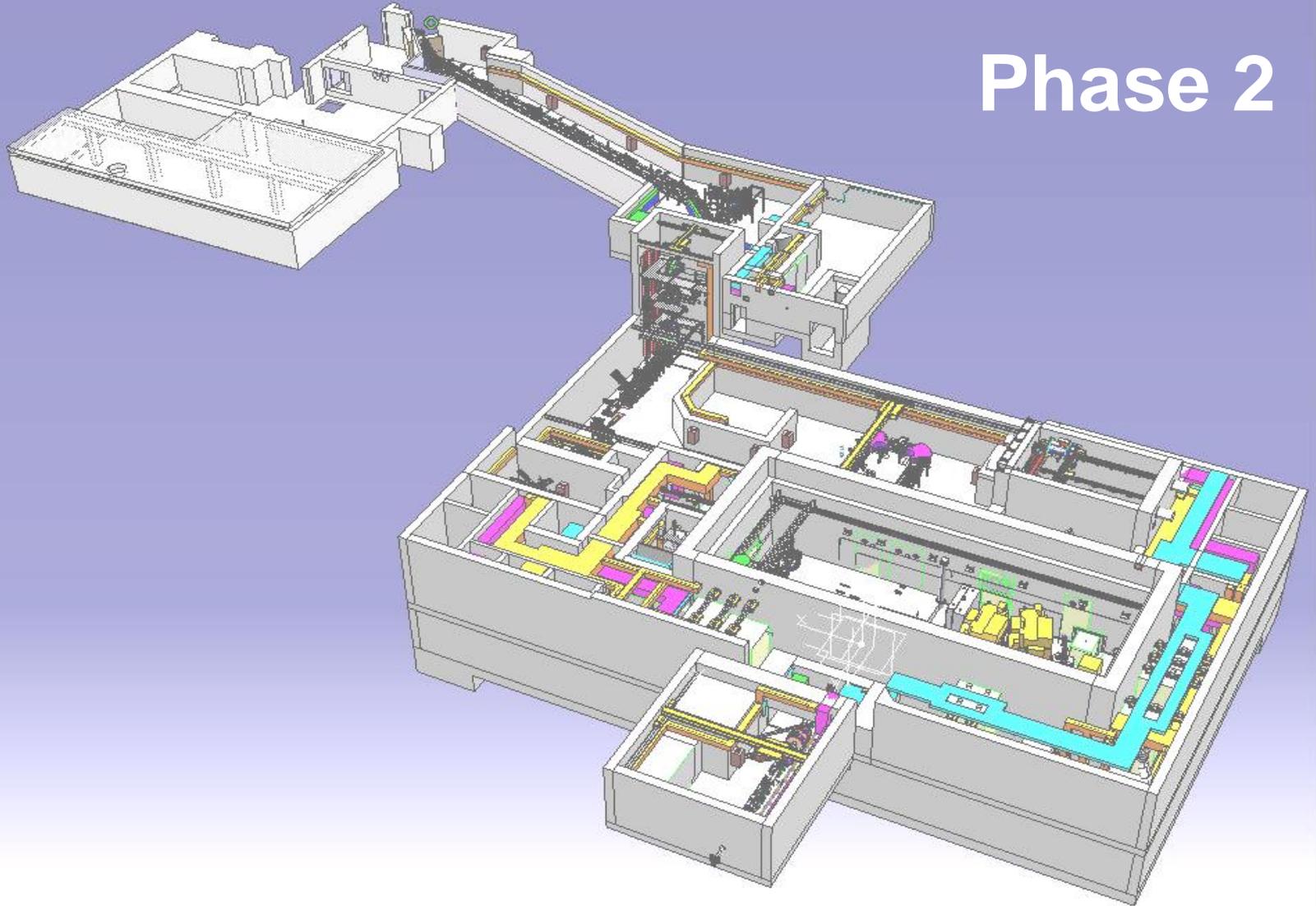
- ✓ intégration des procédés
- ✓ ingénierie câblage et raccordements
- ✓ bâtiments

Bloc ACC1/2 niv.-2



Vues 3D des procédés +
raccordements +
bâtiments

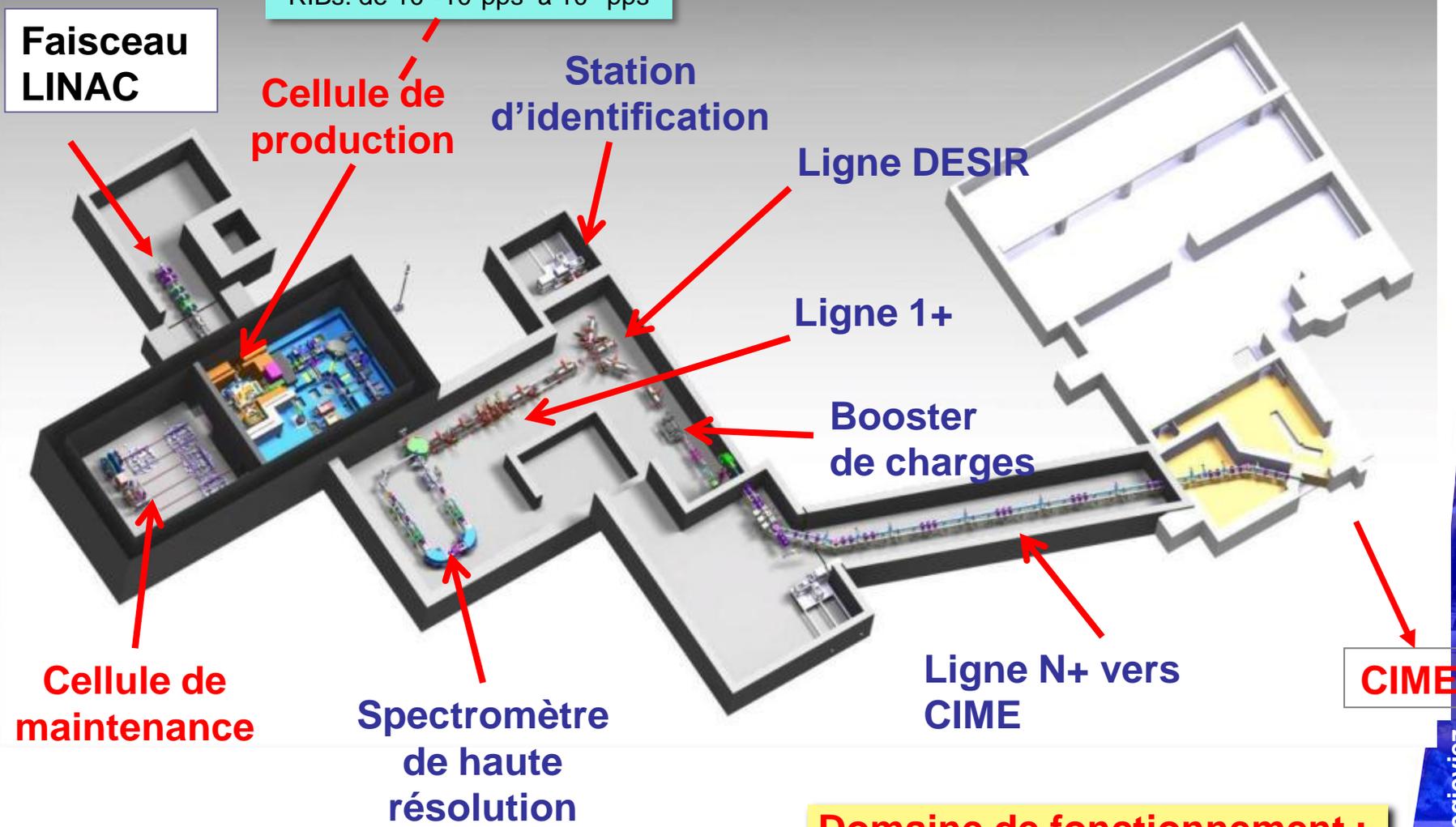
Phase 2



Le projet Spiral 2

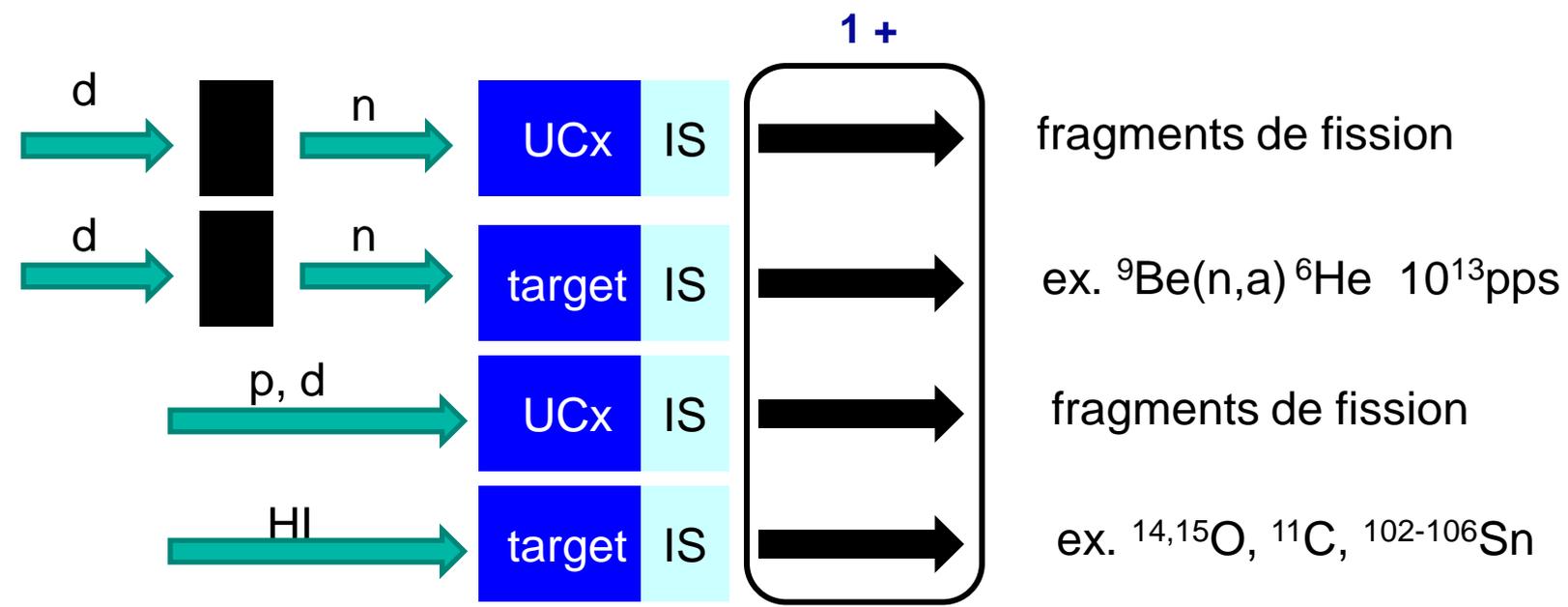
Phase 2

cible (UCx) 10^{14} fissions/s
run_{max} 3 mois
RIBs: de 10^2 - 10^3 pps à 10^{12} pps



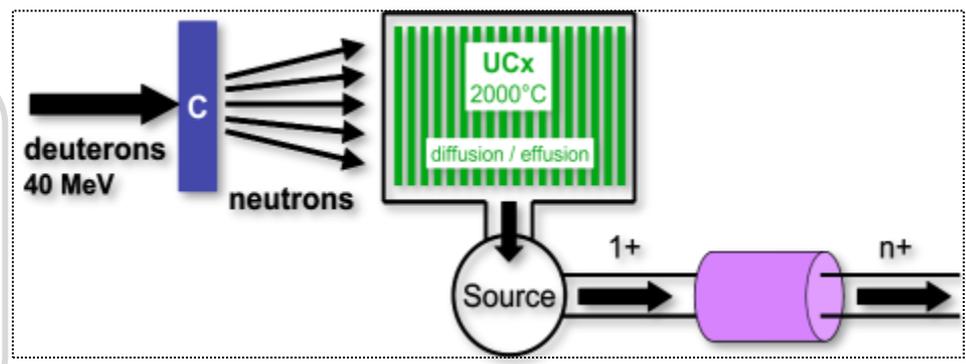
Domaine de fonctionnement :
≤ 60keV et 1-15 MeV/nucl.

Plusieurs méthodes de production



jusqu'à 2.3 kg UC_2 HD

cas dimensionnant

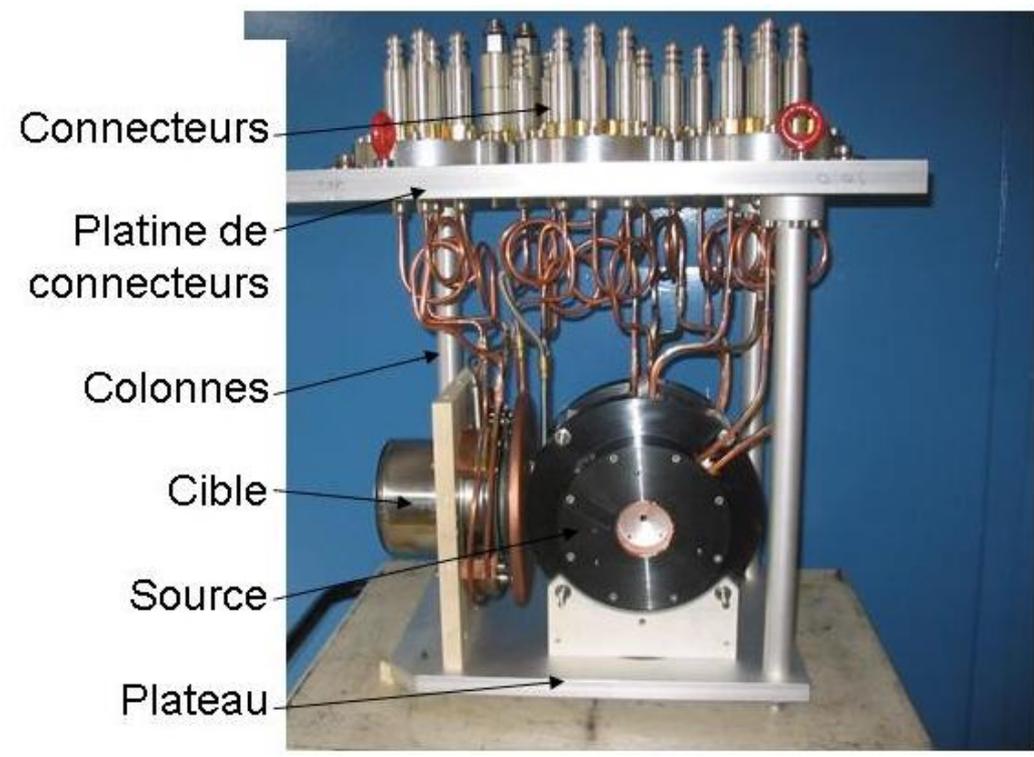


Plusieurs types de sources d'ionisation

- ✓ ECR
- ✓ ionisation de surface
- ✓ FEBIAD
- ✓ LASER



$\sim 70 < M < \sim 150$



Ensemble cible-source ECR sur chassis d'intégration module de production (60 kV)

Fours pour cible Ucx
=> 2100 °C

Tantale

Graphite

module de production

Extraction

Source
ECR

Einzel lens

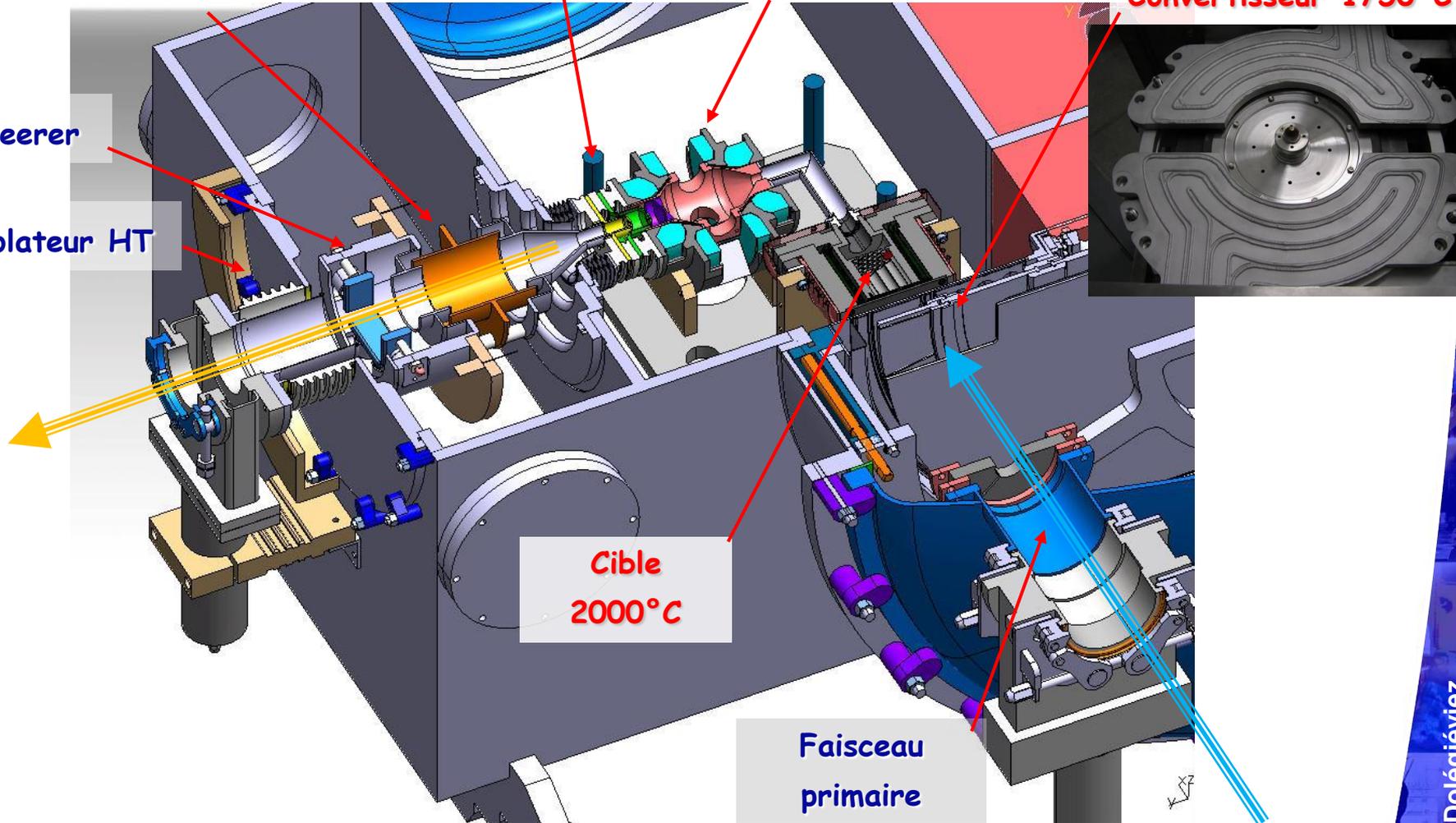
Convertisseur 1750°C

Steerer

Isolateur HT

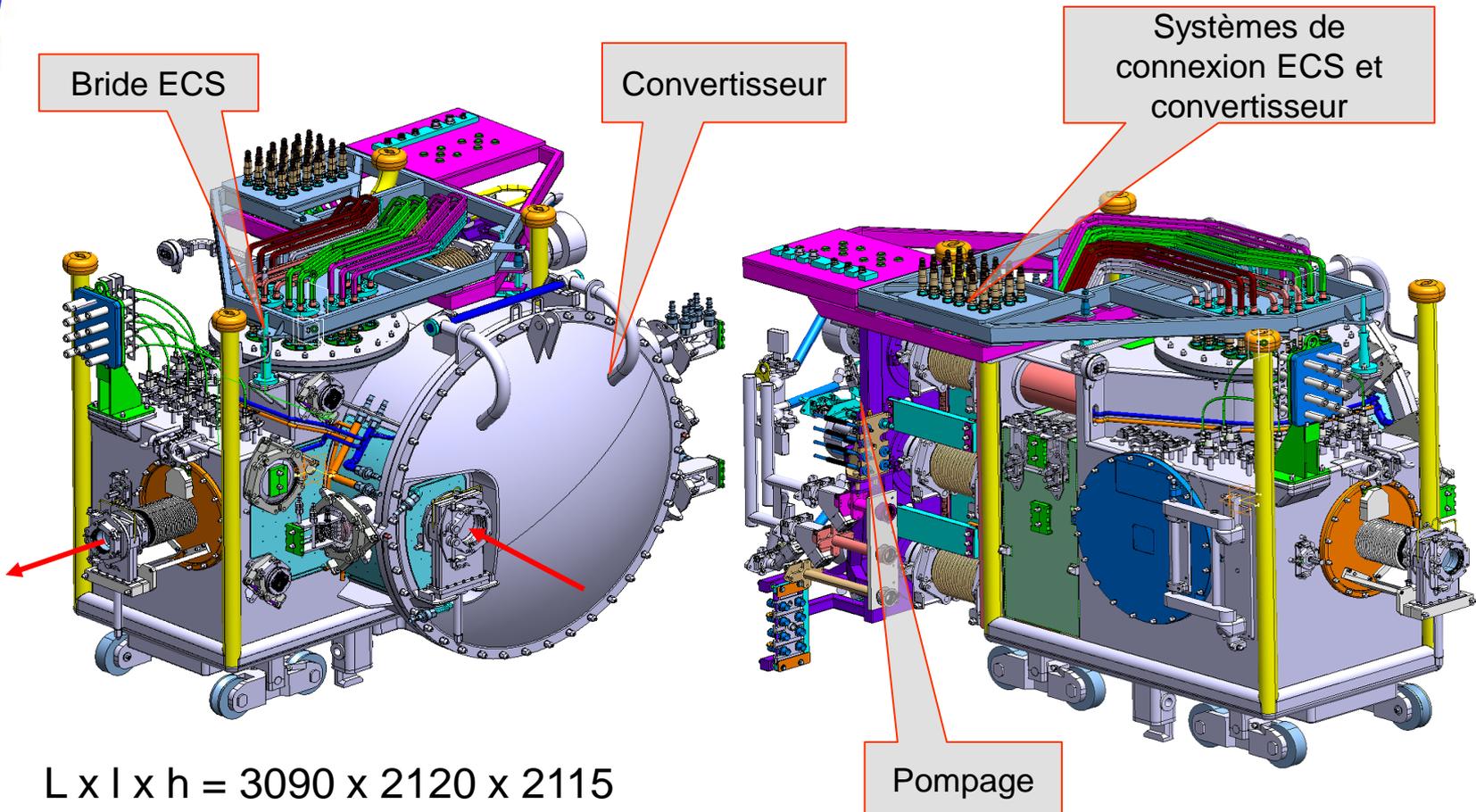
Cible
2000°C

Faisceau
primaire



module de production

Phase 2

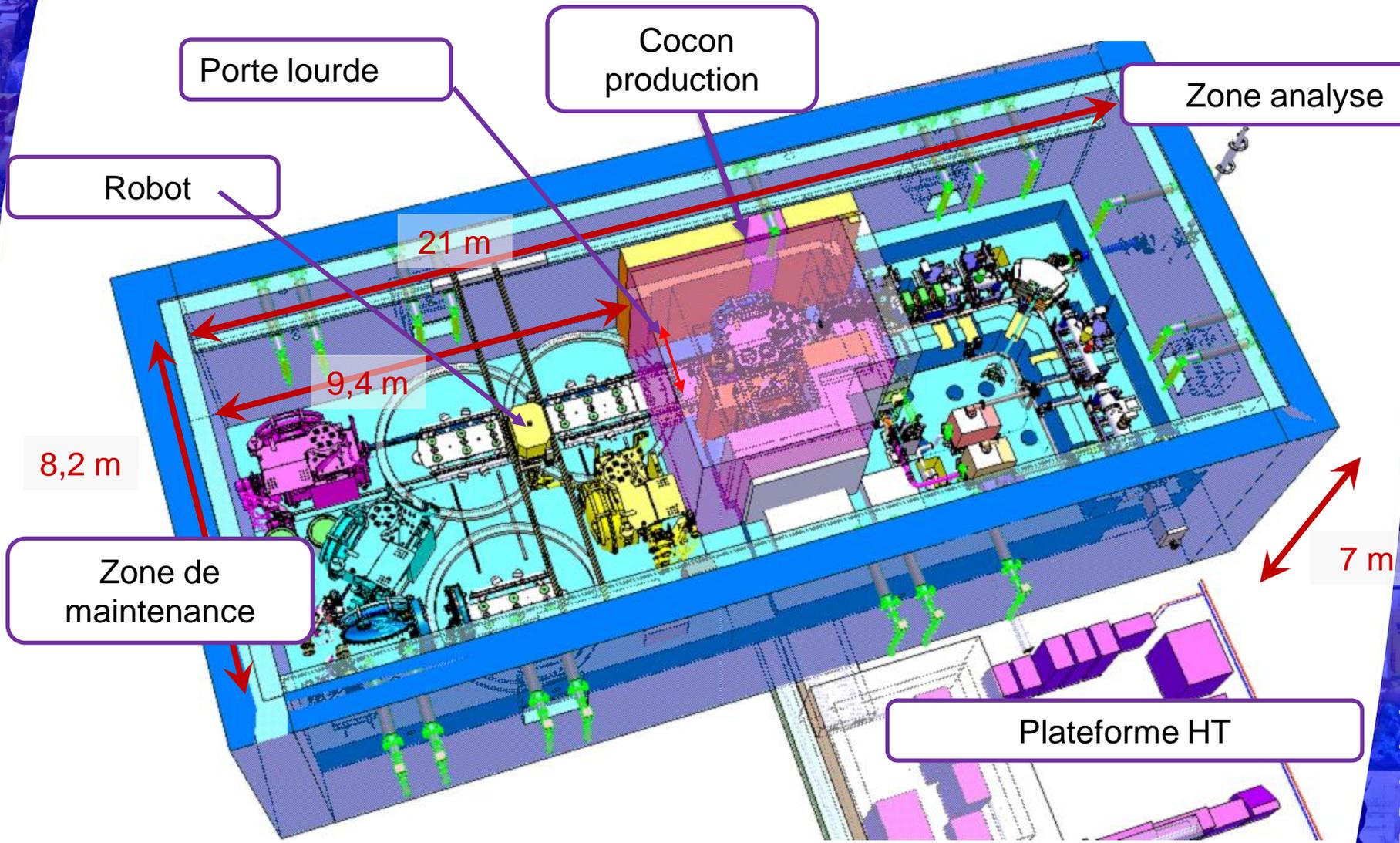


L x l x h = 3090 x 2120 x 2115
 Poids Total : 8900 kg

Le projet Spiral 2

zone de production : intégration du procédé

Phase 2



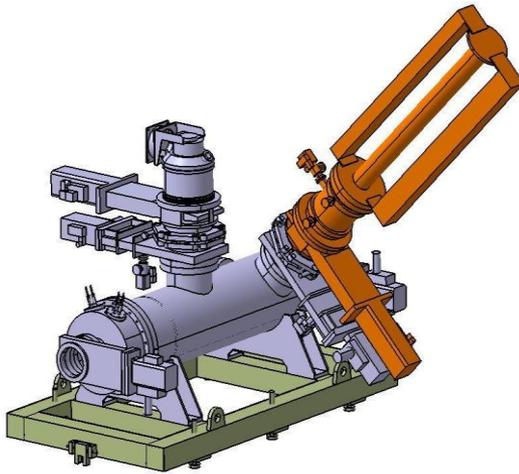
Le projet Spiral 2

Phase 2

Contamination labile



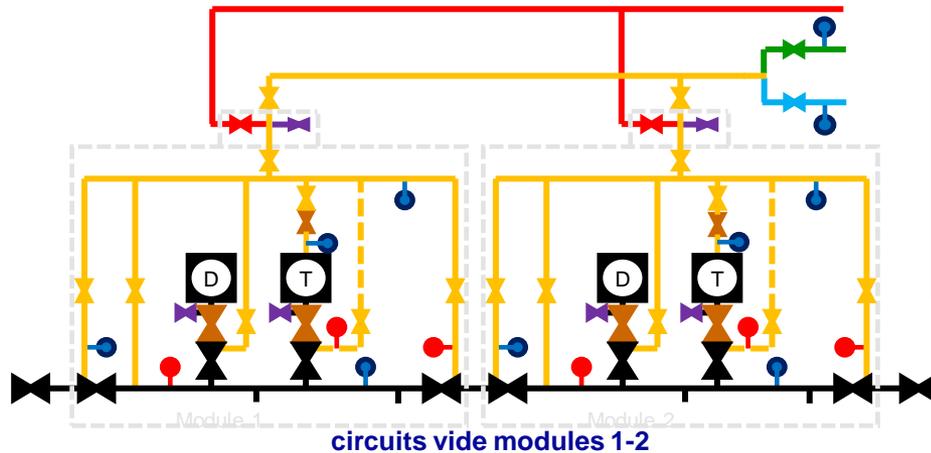
confinement du process et
entreposage des effluents gazeux



- ✓ conception modulaire du process
- ✓ gestion des flux de pompage

Gestion de tous les effluents gazeux du bat. de production
=> 2 circuits indépendants :

- - flux de prévidage
- balayage des sas
- test process
- flux de pompage en production



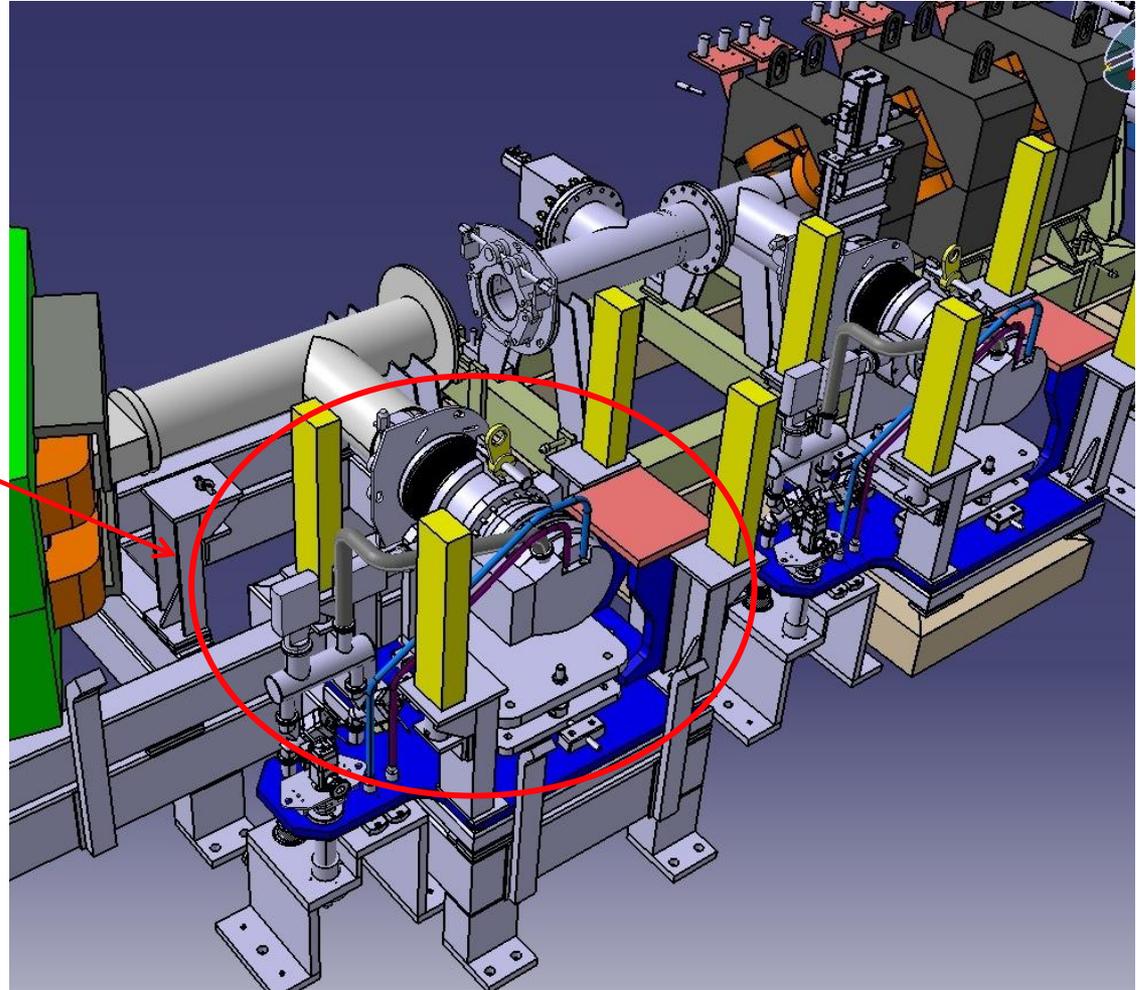
Le projet Spiral 2

Phase 2

modules en zone de production : exploitation téléopérée

module de pompage
en zone de production

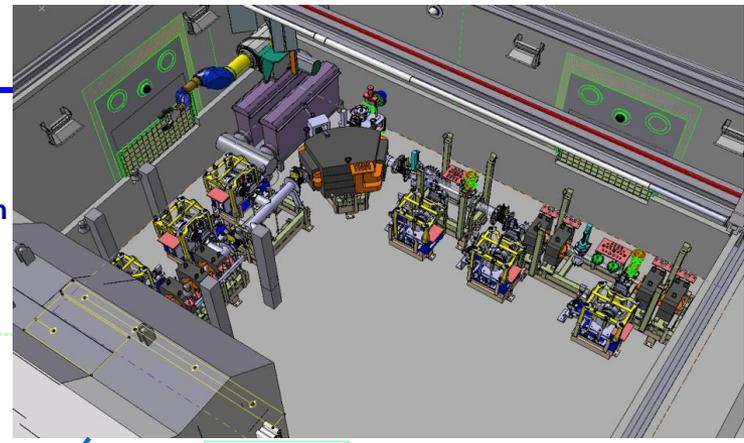
challenge :
nucléarisation d'un
procédé type
accélérateur



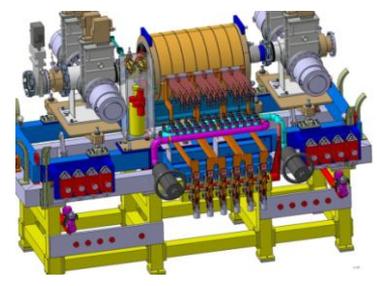
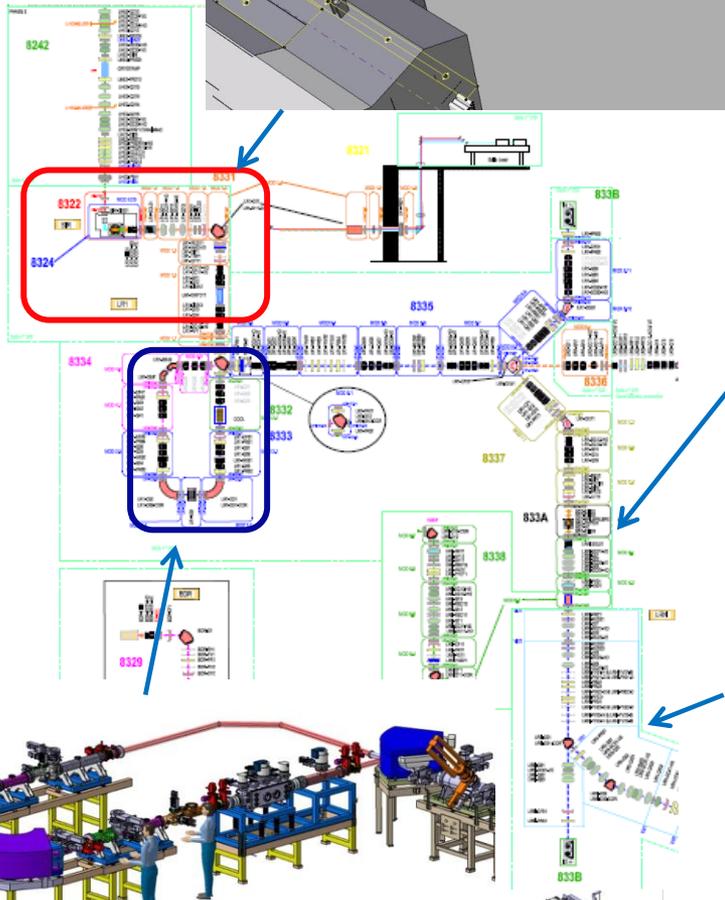
Le projet Spiral 2

Phase 2

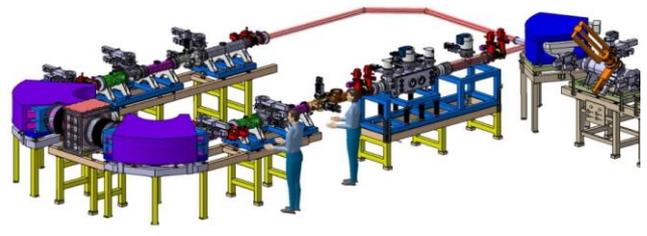
1+ zone production



conception modulaire de l'installation

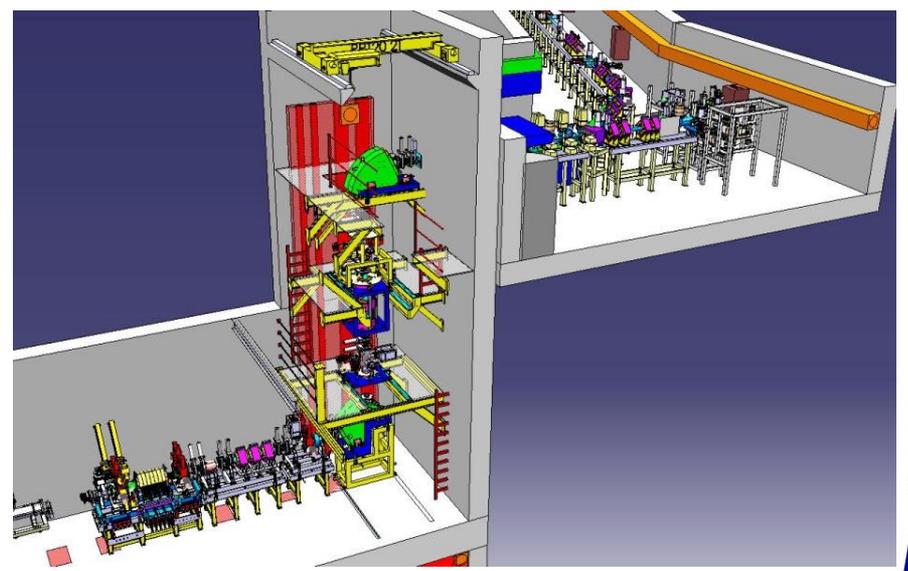
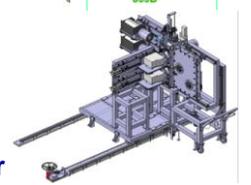


Booster 1+/n+



HRS - RFQ cooler

identificateur



N+ analyse booster et ligne jonction CIME (Ganil)

Objectifs fin 2011 et 2012

Phase 1

Le projet Spiral 2

Infrastructures

- ✓ **Poursuivre la construction**

Accélérateur et lignes faisceaux

- ✓ **Terminer l'approvisionnement et les tests des sous ensembles**
- ✓ **Organiser et commencer le démontage, le transport et l'installation sur site des sous ensembles**
- ✓ **Effectuer les premiers tests sur site**
- ✓ **Poursuivre l'appropriation par le personnel Ganil**



**Second semestre 2013 :
Premiers tests faisceau**

Objectifs fin 2011 et 2012
Phase 2

Le projet Spiral 2

Infrastructures

- ✓ Terminer l'APS
- ✓ Réaliser l'APD
- ✓ Rédiger les DCE

Production faisceaux radioactifs

- ✓ Mener les études pour la rédaction des spécifications
- ✓ Préparer les appels d'offres



Second semestre 2013 :
analyse offres industrielles



Merci de votre attention