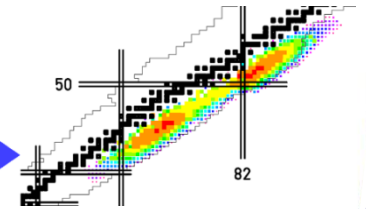
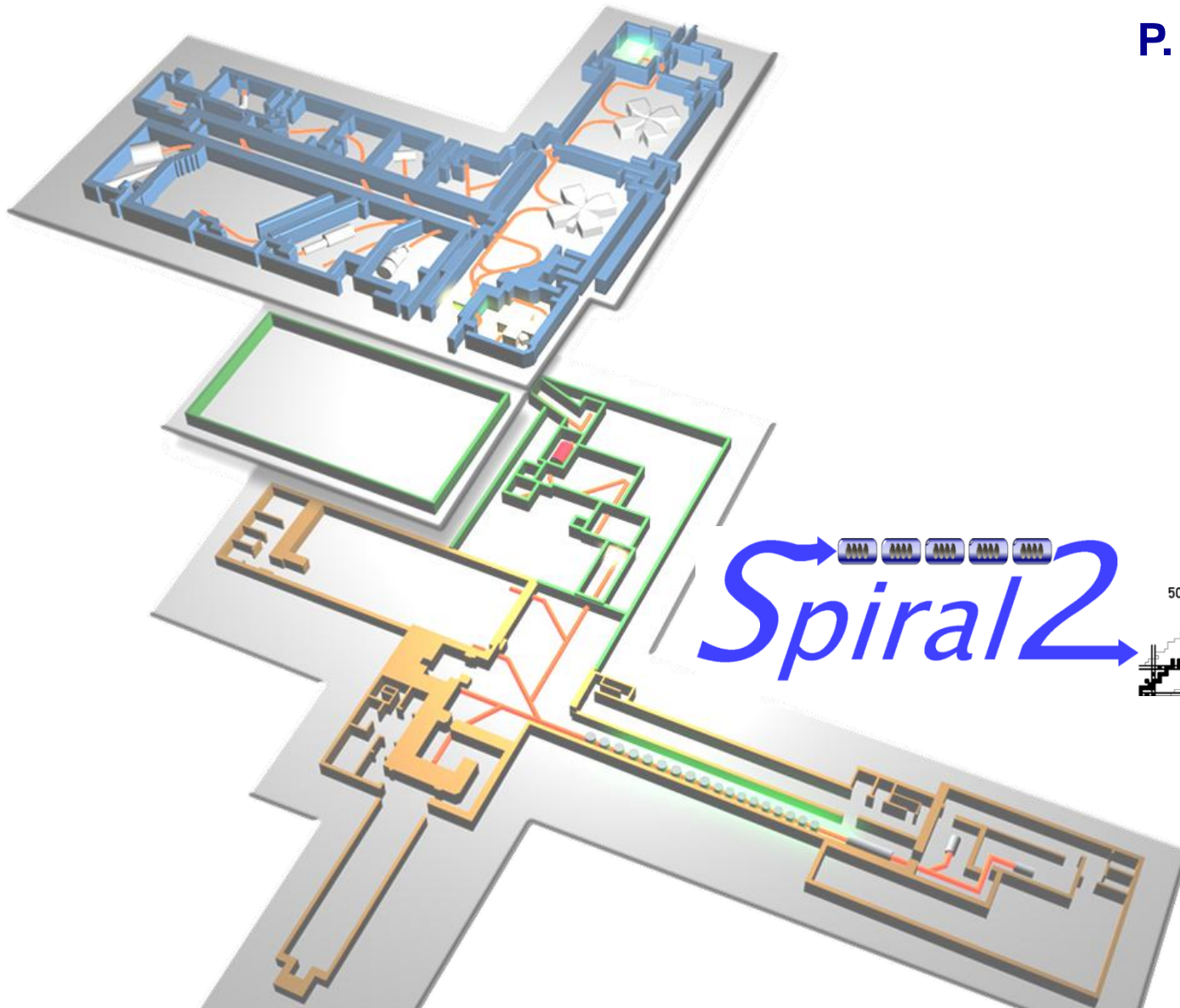


Le projet Spiral 2

P. Dolégiéviez
GANIL- Caen



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

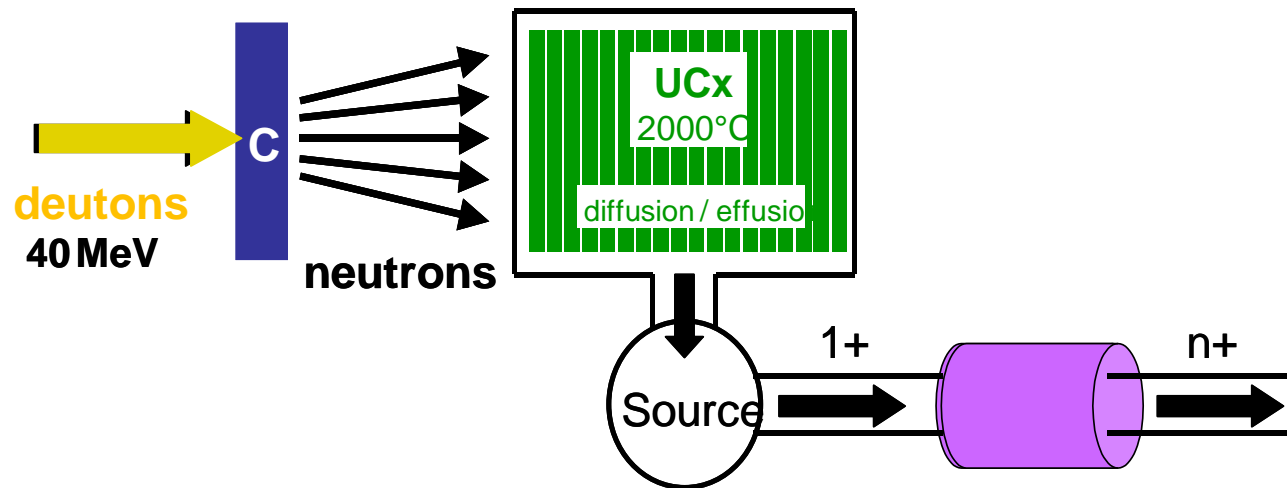


*SPIRAL : Système de production
d'Ions Radioactifs Accélérés en Ligne*

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

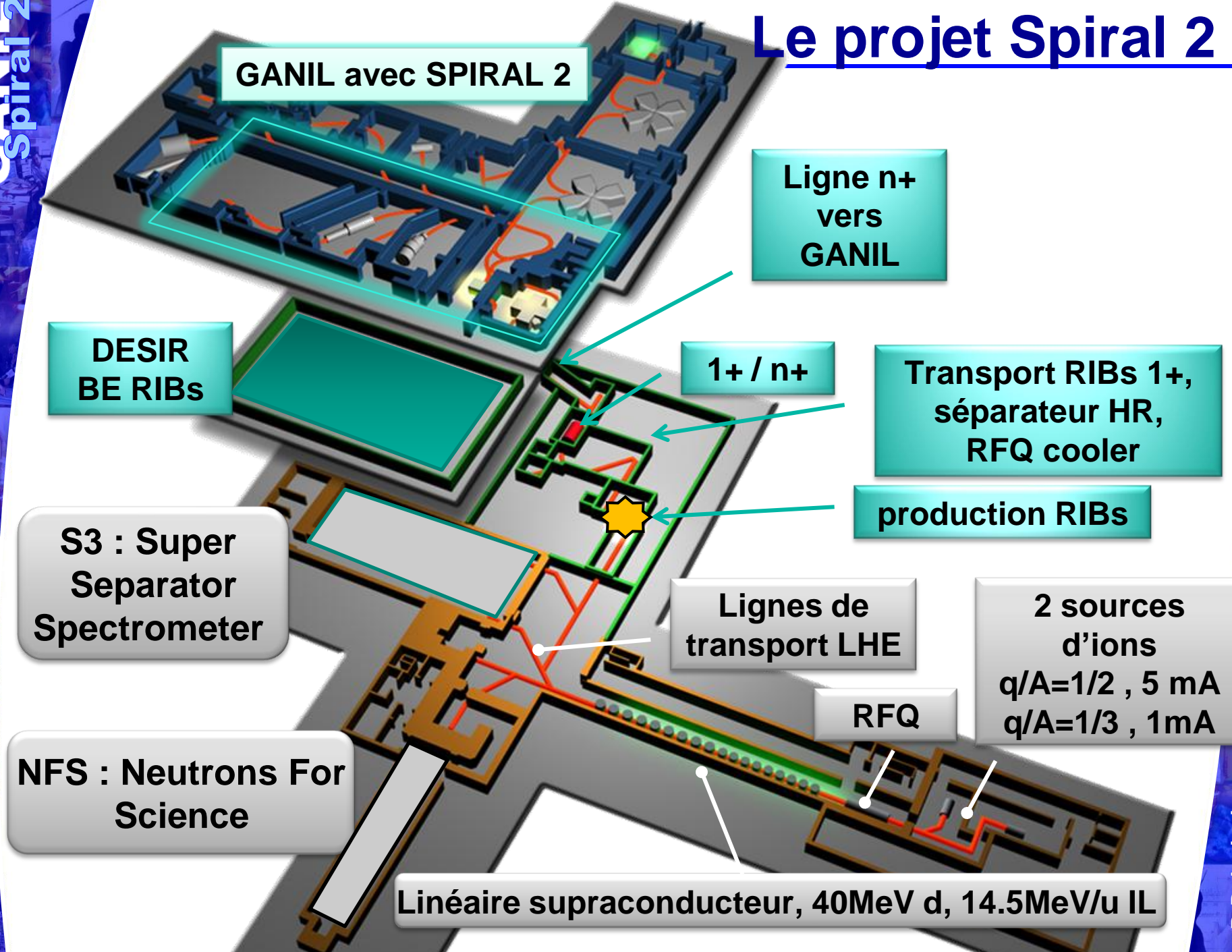
principe



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

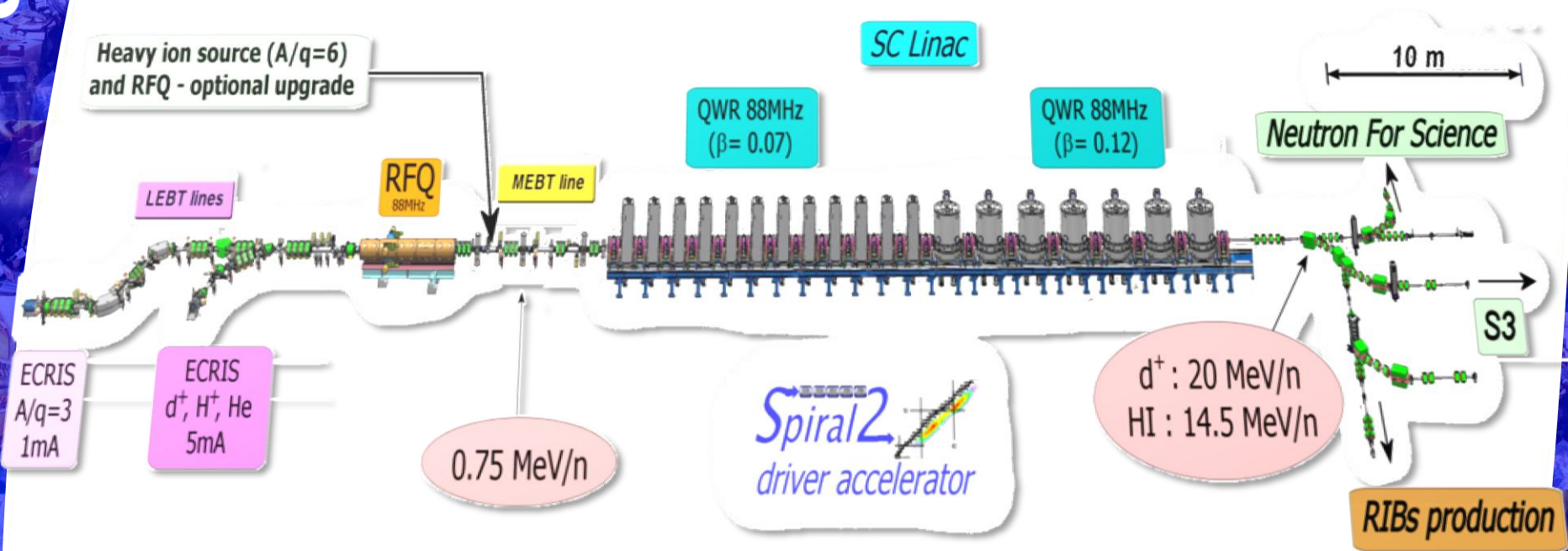
NFS

Phase 1



GANIL - Engineering S.A.

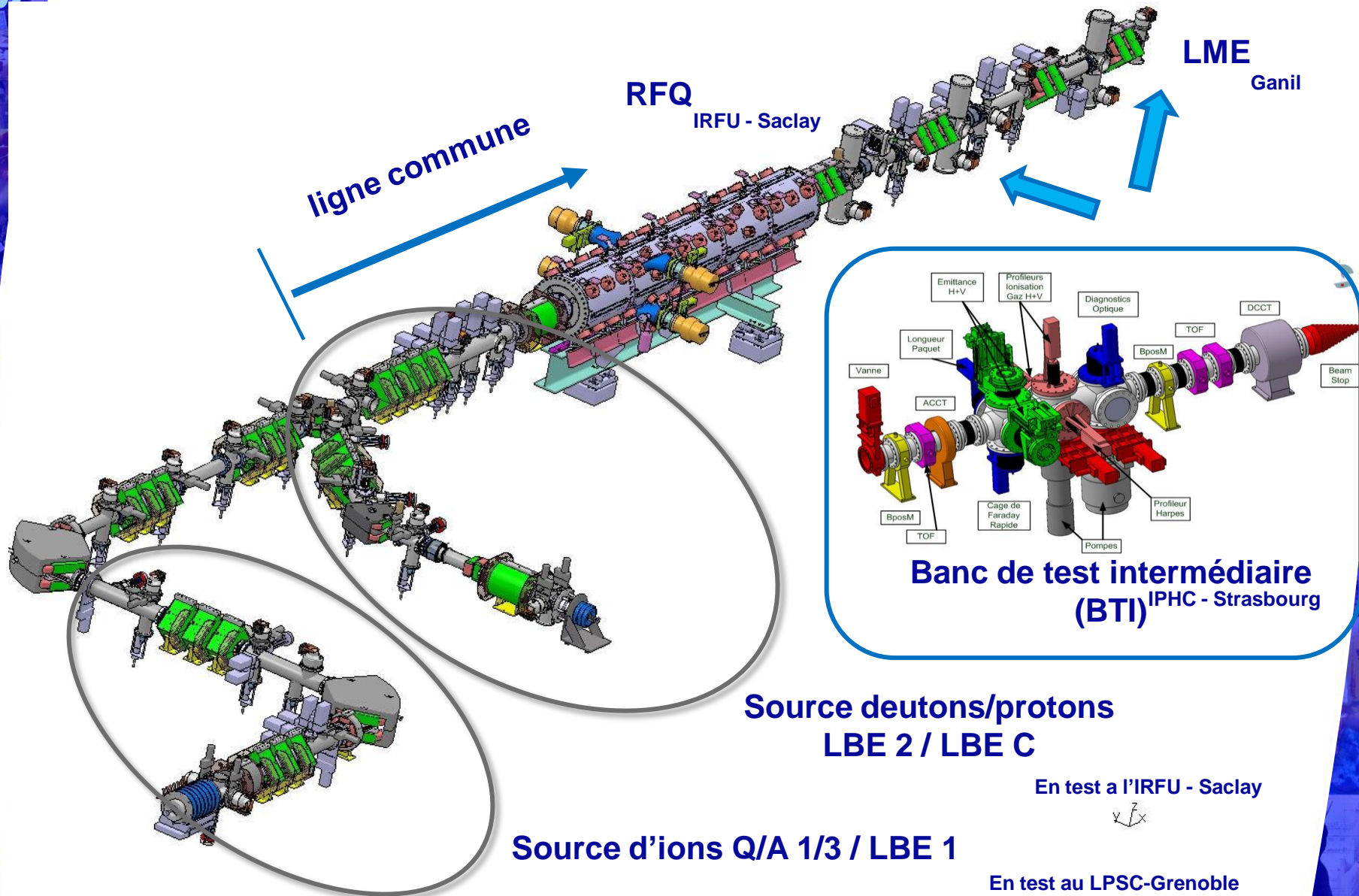
Le projet Spiral 2 l'accélérateur



	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



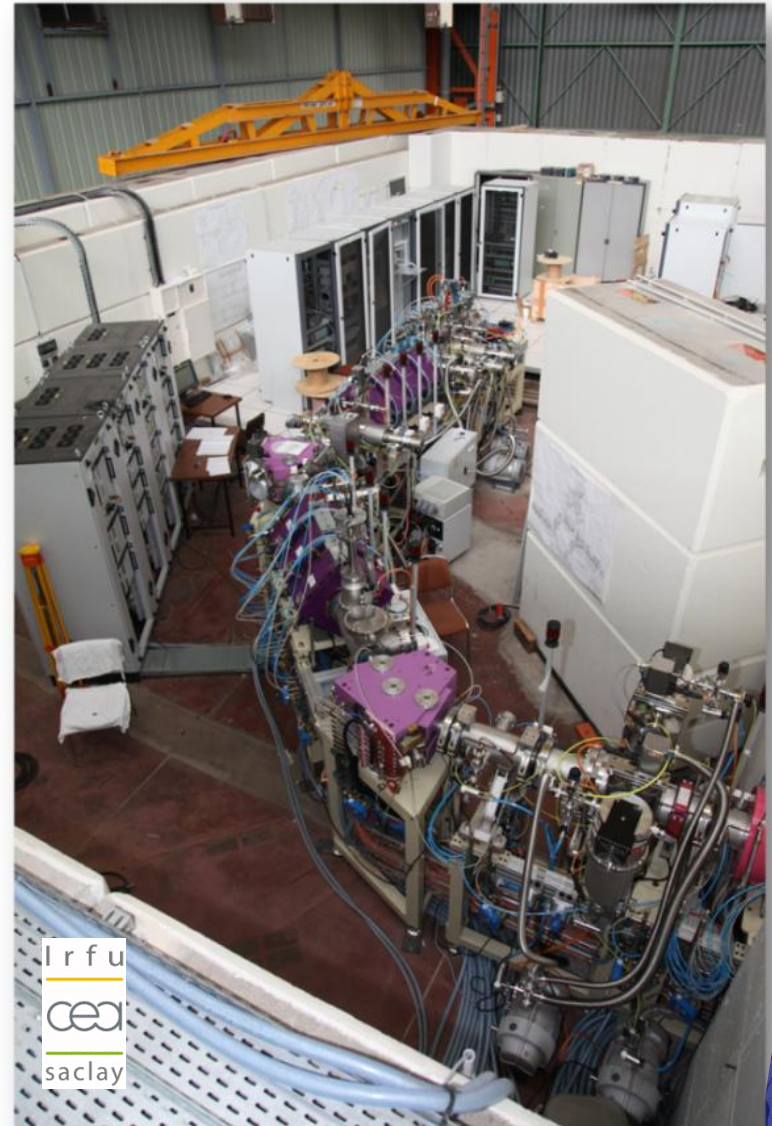
Test de la source Deutons / protons
et de la ligne de transport LBE2-LBEC
à l'IRFU (Saclay)

D⁺ : 5,8 mA

H⁺ 7 mA

⇒ Protons 5,5 mA en LBEC (2011)

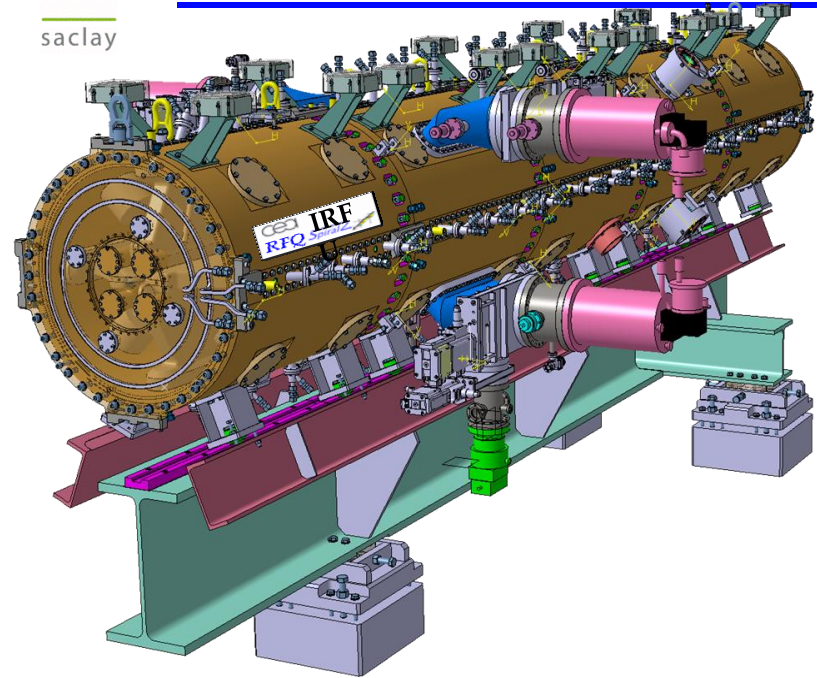
<P> : 10^{-6} mb / $2 \cdot 10^{-8}$ mb



irfu
cea
saclay

Le projet Spiral 2

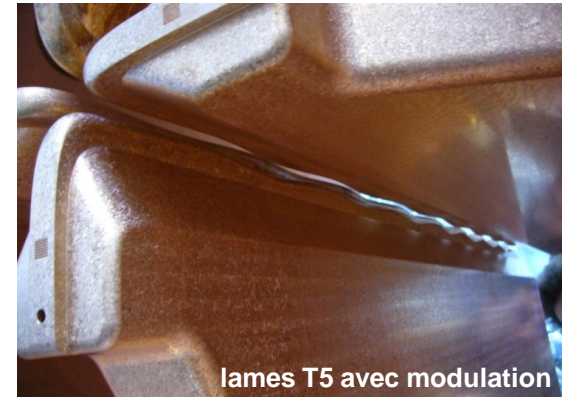
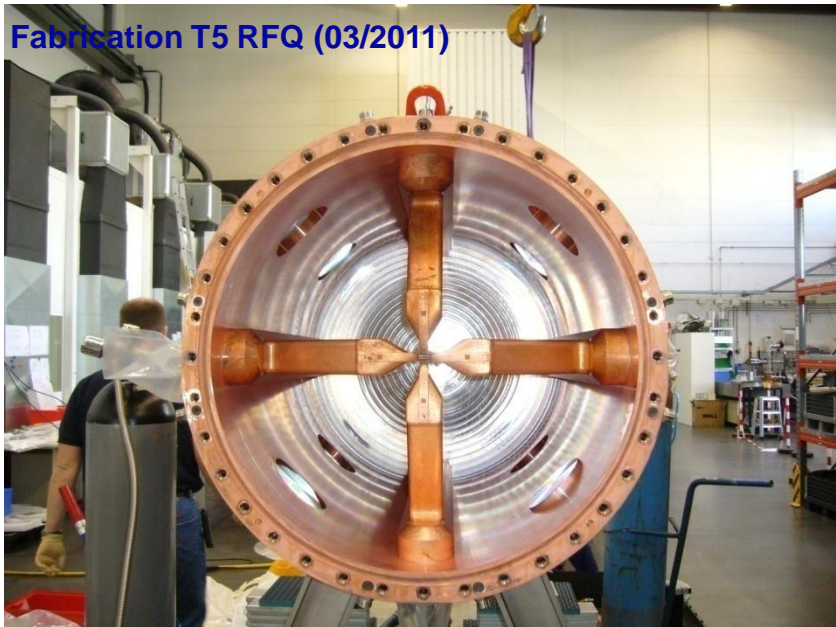
l'injecteur



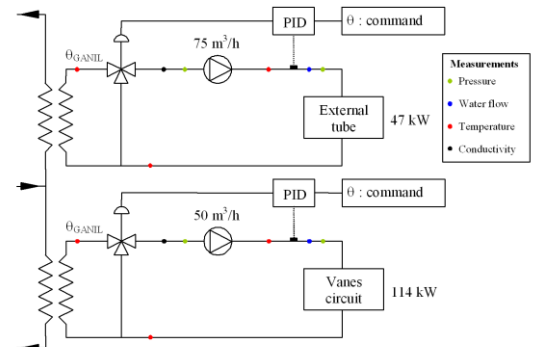
RFQ

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

Fabrication T5 RFQ (03/2011)



lames T5 avec modulation



ajustement en fréquence => syst de refroidissement

Le projet Spiral 2

l'injecteur

LME (ligne moyenne énergie)

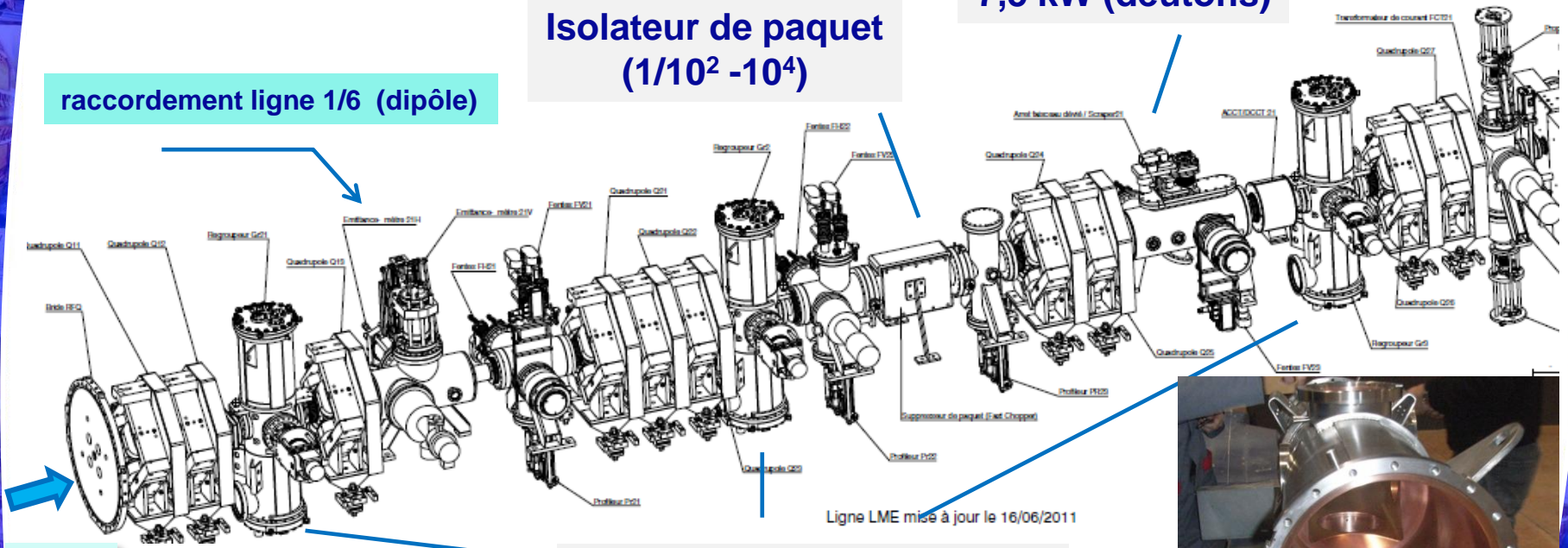
- transport sans accélération du faisceau RFQ -> linac
- maintien des paquets (regroupeurs)
- mesures du faisceau et limitation du halo (jeux de fentes)
- suppression de paquets
- connexion future ligne ions 1/6

raccordement ligne 1/6 (dipôle)

Isolateur de paquet
($1/10^2 - 10^4$)

Bloc d'arrêt
7,5 kW (deutons)

linac



RFQ

Regroupeurs
88 Mhz / Vmax 120 kV
Cavité 'chaude' inox cuivré



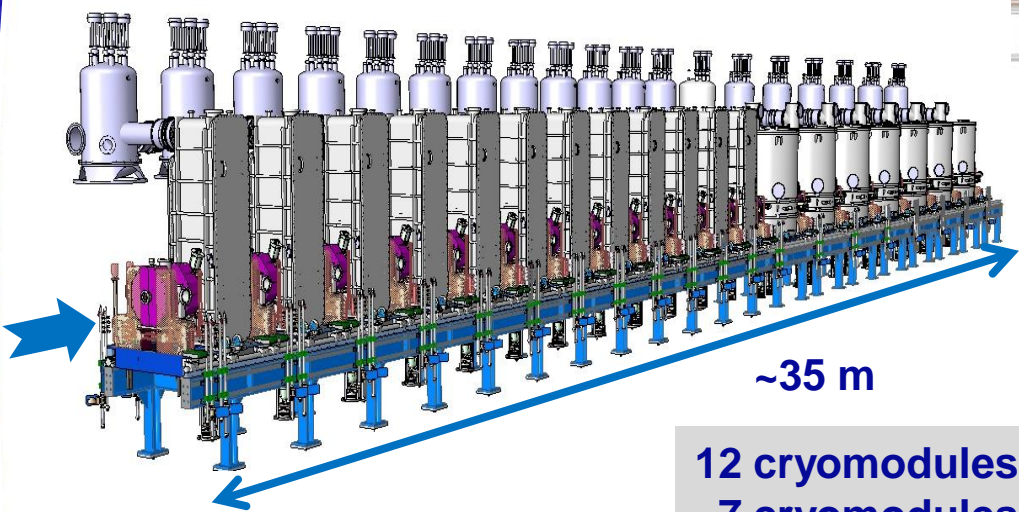
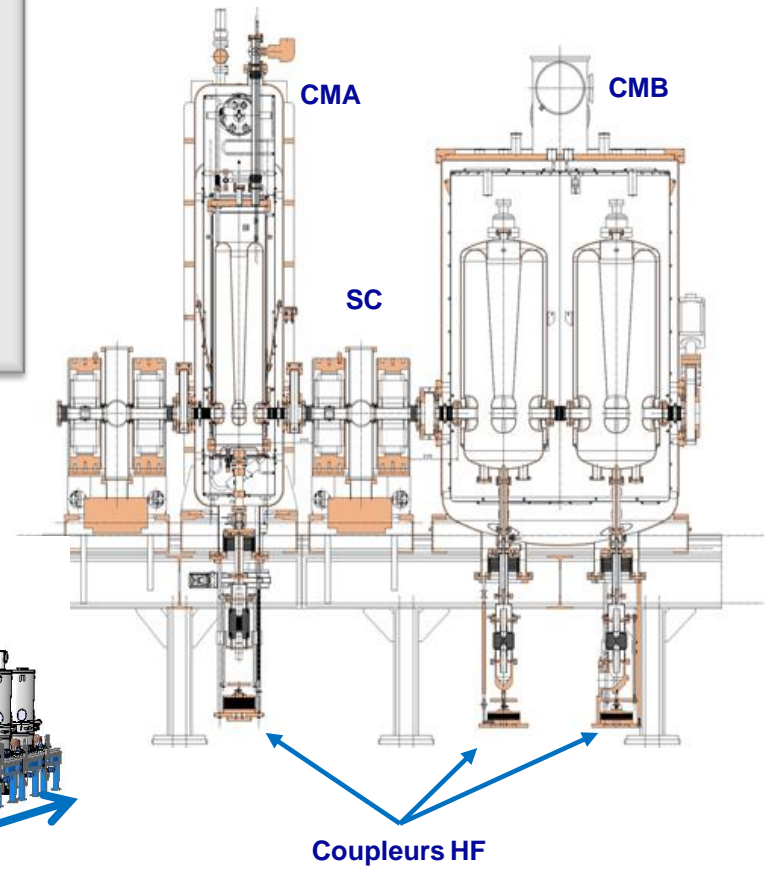
Ligne LME mise à jour le 16/06/2011

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)

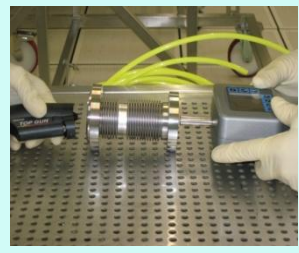
Traitement des cavités et assemblage des CM

linac

chimie et HPR



montage en
salle blanche



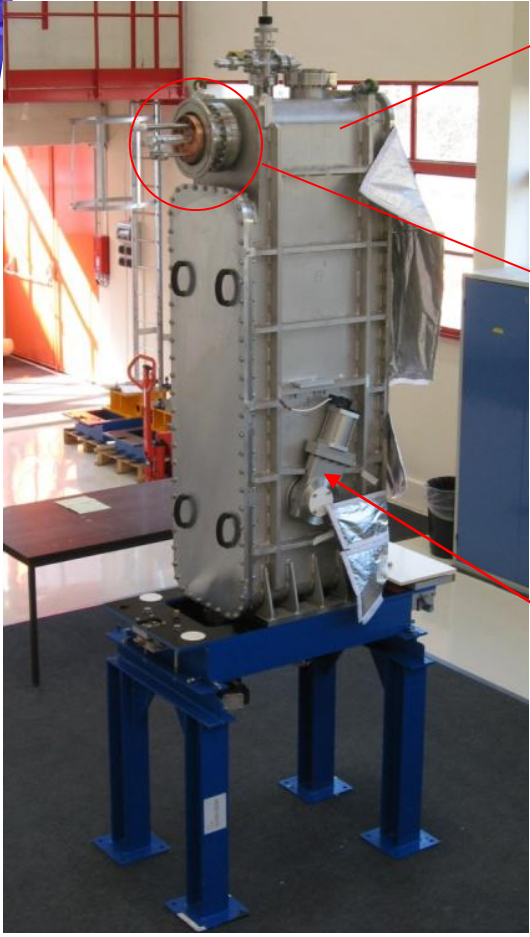
! Traque aux particules en SB !

isolation du vide faisceau en SB



Étapes critiques pour les performances des cavités

Cryomodule A



Vacuum vessel

Magnetic shield (against the vacuum vessel wall)

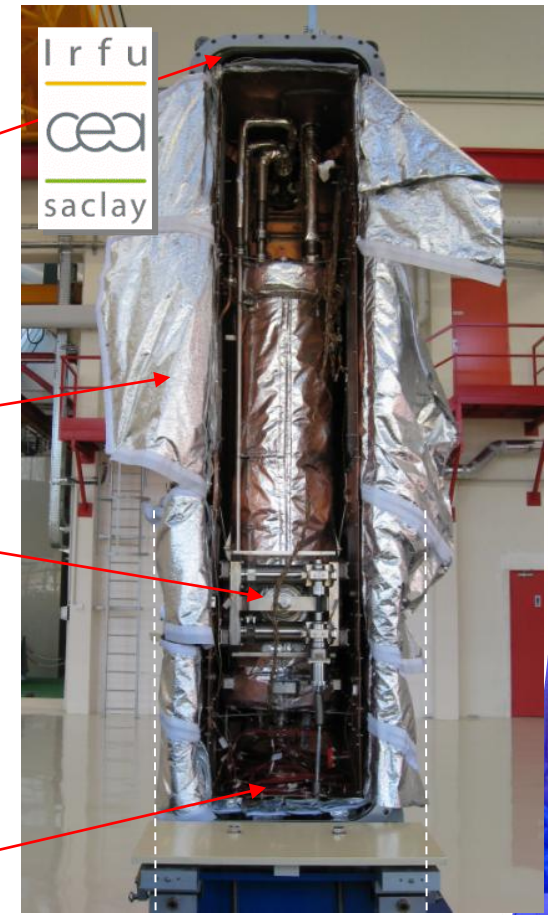
Cryogenic connections (towards valves box)

Superinsulation

Tuning system

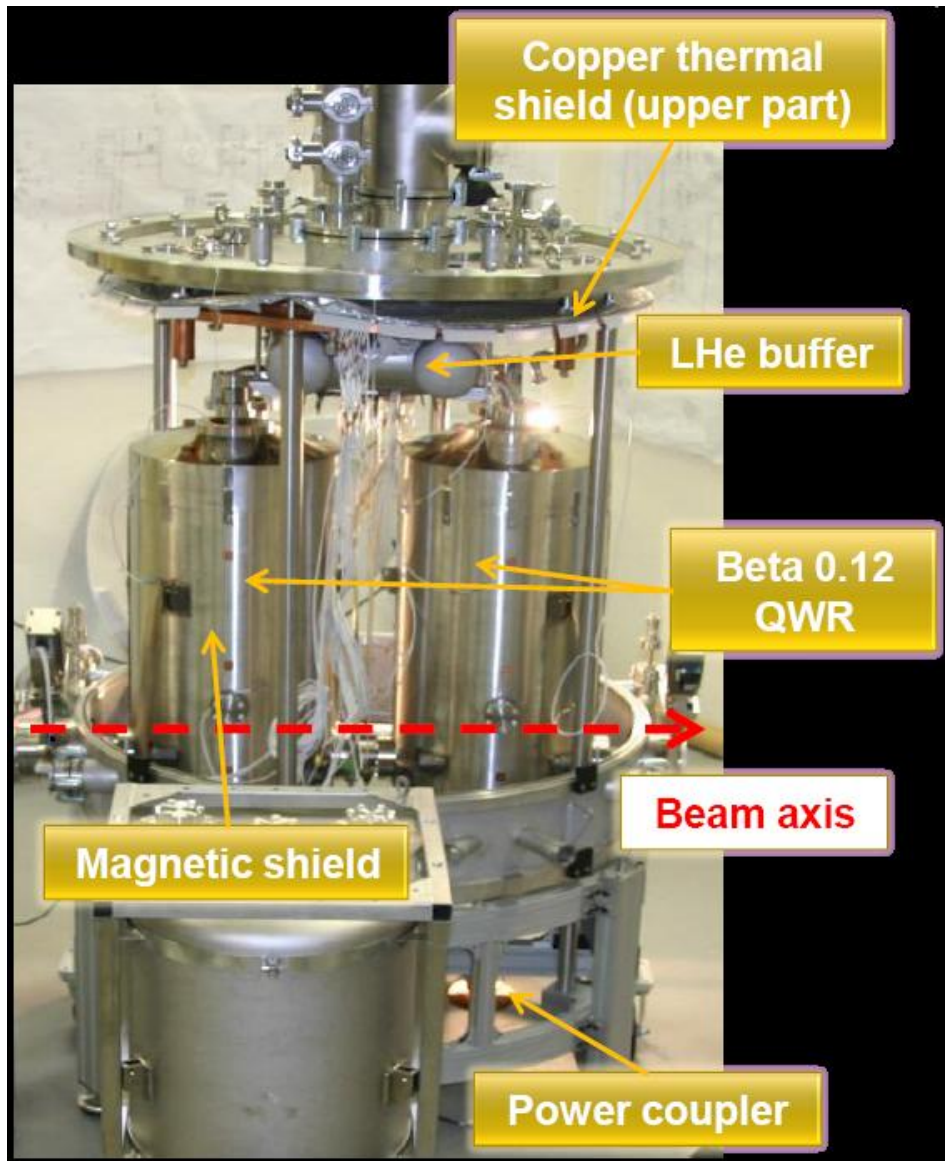
Beam valves

60K thermal screen



610 mm

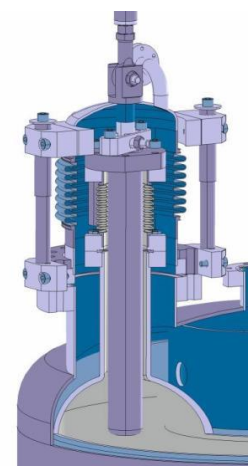
Le projet Spiral 2 linac



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

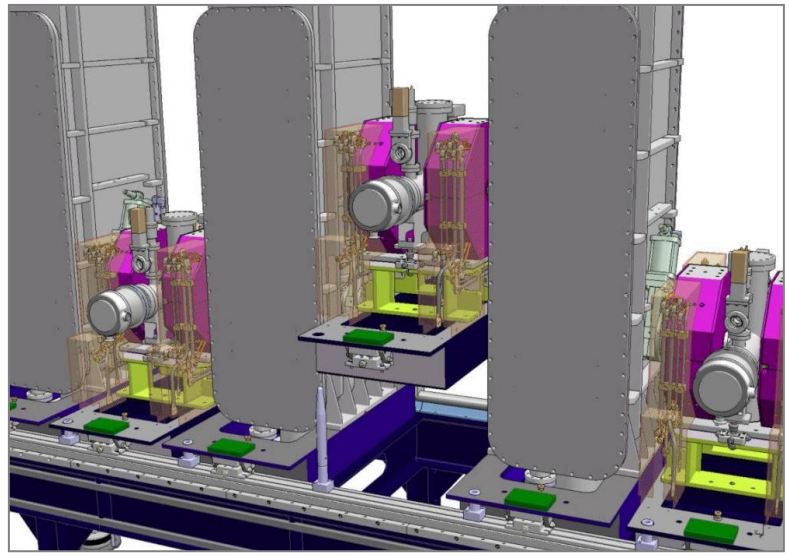


Test CMB avec section chaude

Le projet Spiral 2

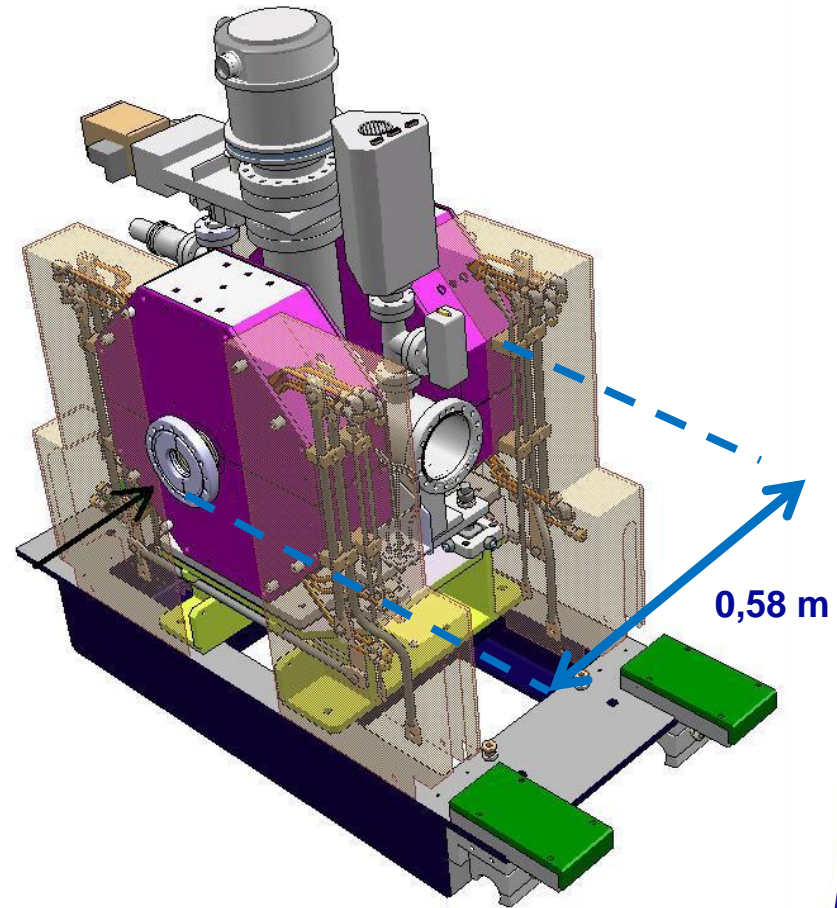
linac

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

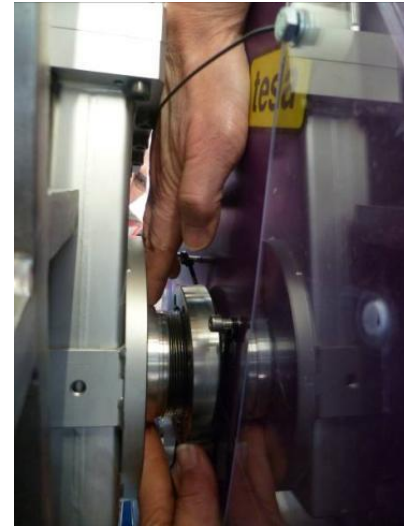
Intégration sections chaudes



Intégration SC sur CMA

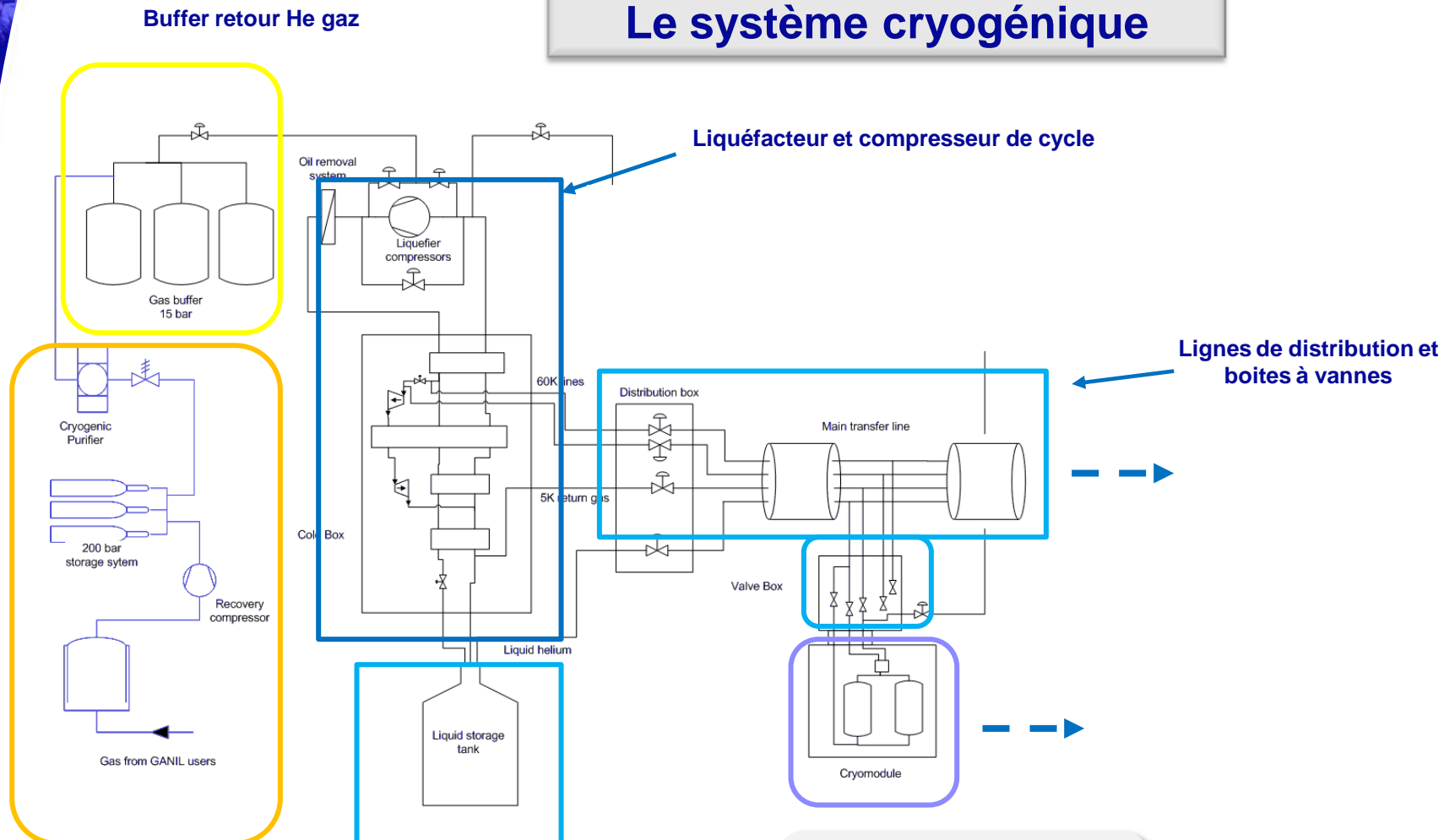


Installation de la boîte diagnostic entre le doublet de Q-pôle



Raccordement bride SC / bride CM

Le système cryogénique



Buffer retour He gaz

Liquéfacteur et compresseur de cycle

Lignes de distribution et boîtes à vannes

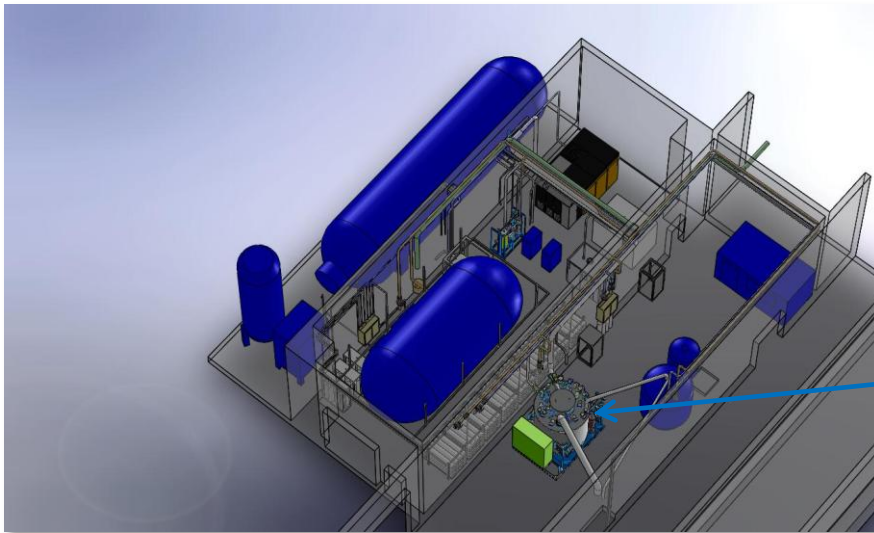
Entreposage He gaz

Stockage Lhe 5000 l

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

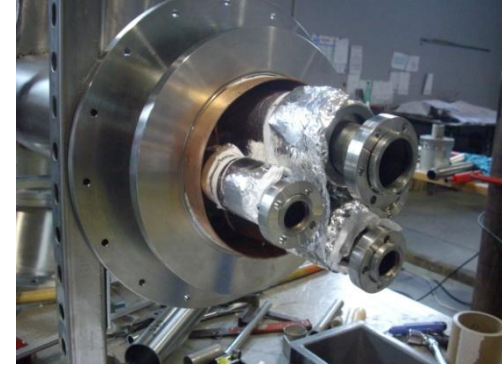
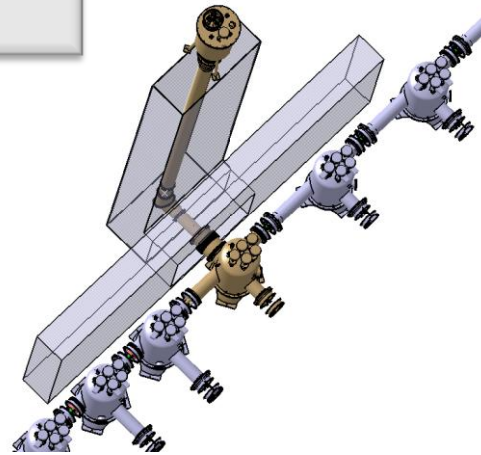
Intégration système cryogénique dans
le bâtiment

Boîte froide en cours de réalisation

Le système cryogénique : la distribution



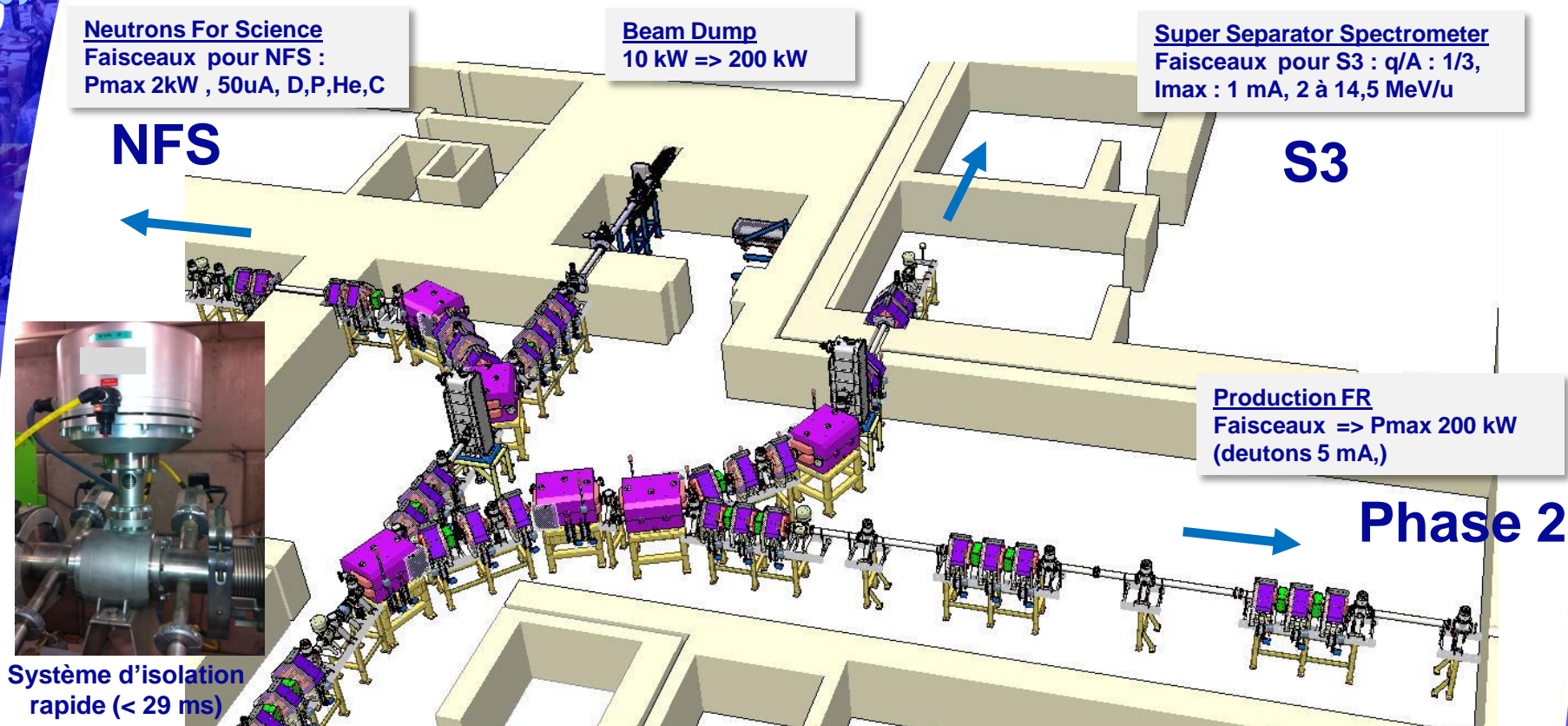
Boîtes à vannes réalisées et stockées
chez le constructeur



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

Le projet Spiral 2

Lignes de transfert haute énergie



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

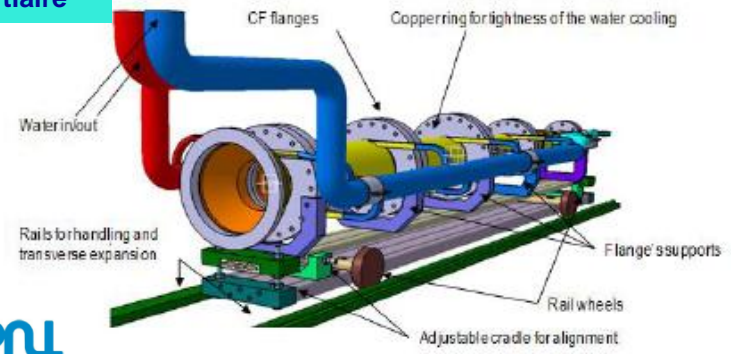
Lignes de transfert haute énergie

Arrêt faisceau principal

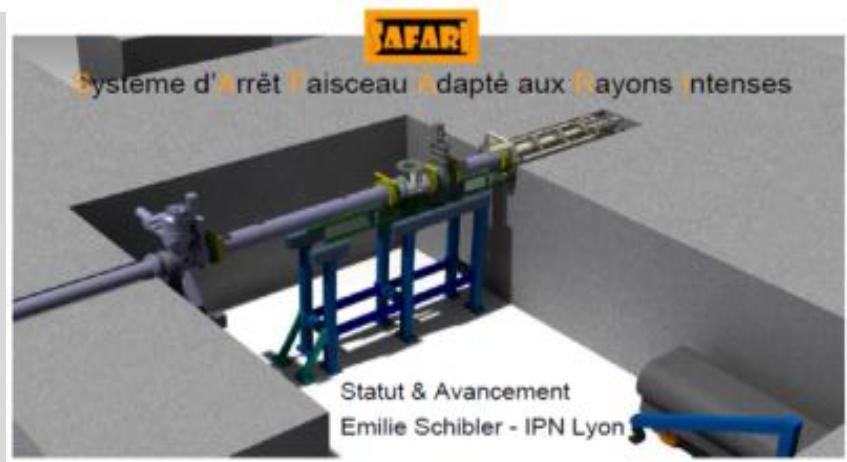
Fonction : arrêter le faisceau en phase de réglage et de contrôle du faisceau

- ✓ 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



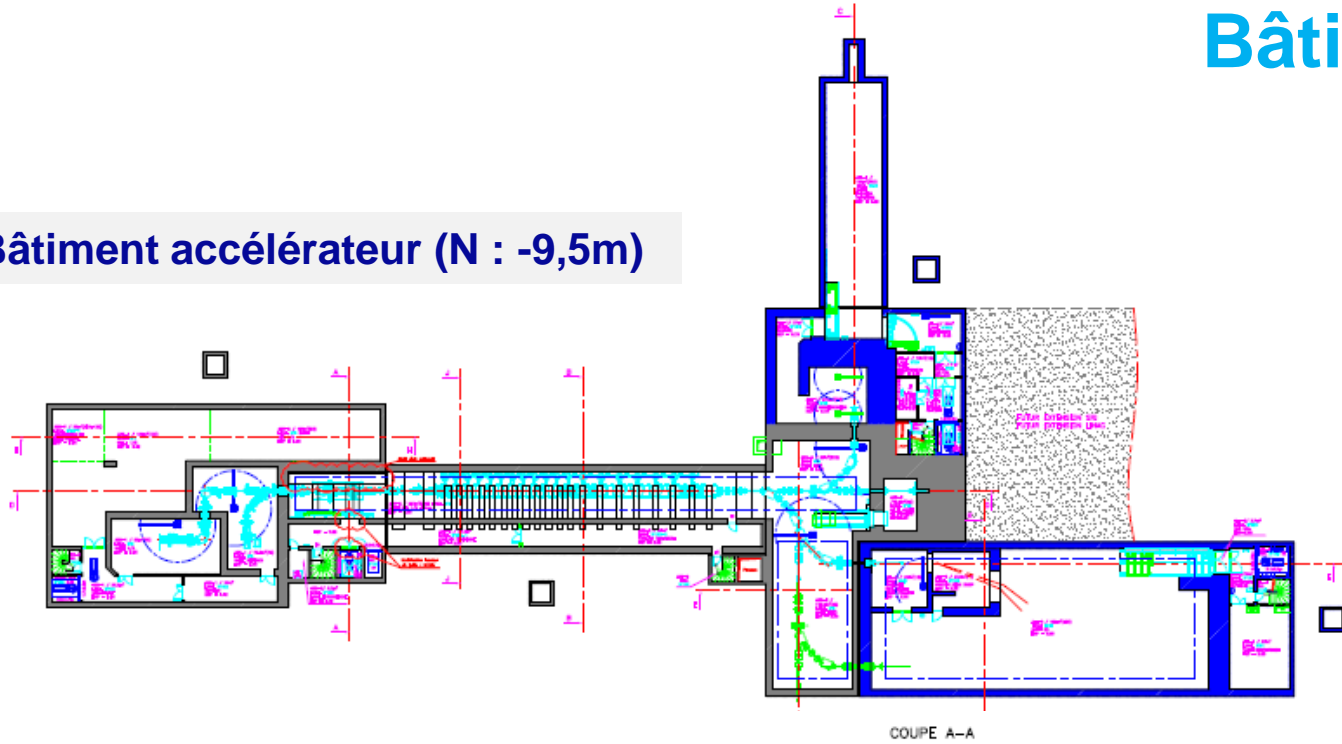
- Structure de l'AF : longueur totale 1609mm, ce design fait suite à des processus itératifs variés
- 6 sections de cuivre Cu OFHC (Cu sans oxygène) séparées par des brides CF, faible volume à pomper
 - Réduction du rayon interne progressif : $r_{max} = 48mm$ (3σ faisceau)
 - Sections II à IV : refroidissement 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

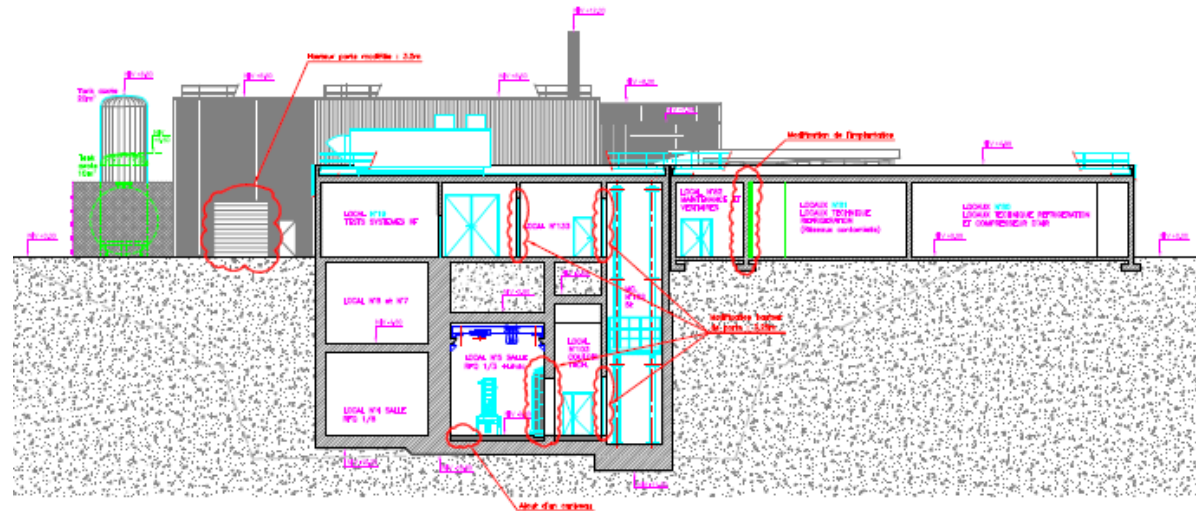
Bâtiments Ph1

Bâtiment accélérateur (N : -9,5m)



COUPE A-A

coupe niveau
salle RFQ linac



Le projet Spiral 2

Bâtiments Ph1



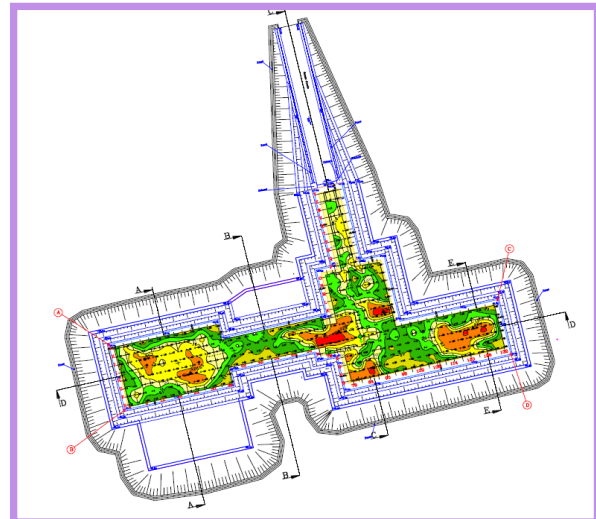
Début chantier
Décembre 2010



Terrassement
Mars 2011
(BRH)



Mai 2011
Etudes sols



Le projet Spiral 2

Bâtiments Ph1



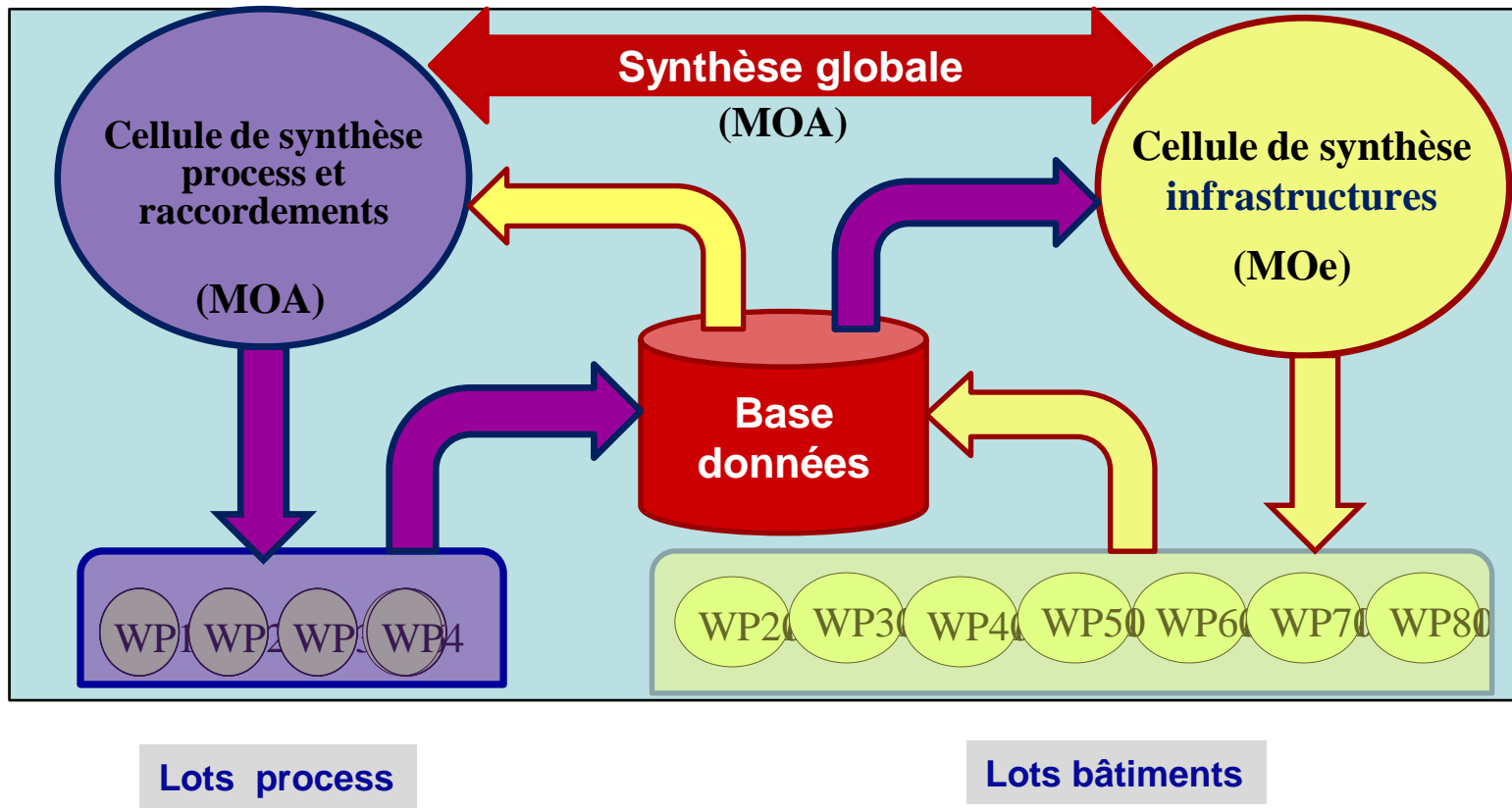
17/10/2011

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



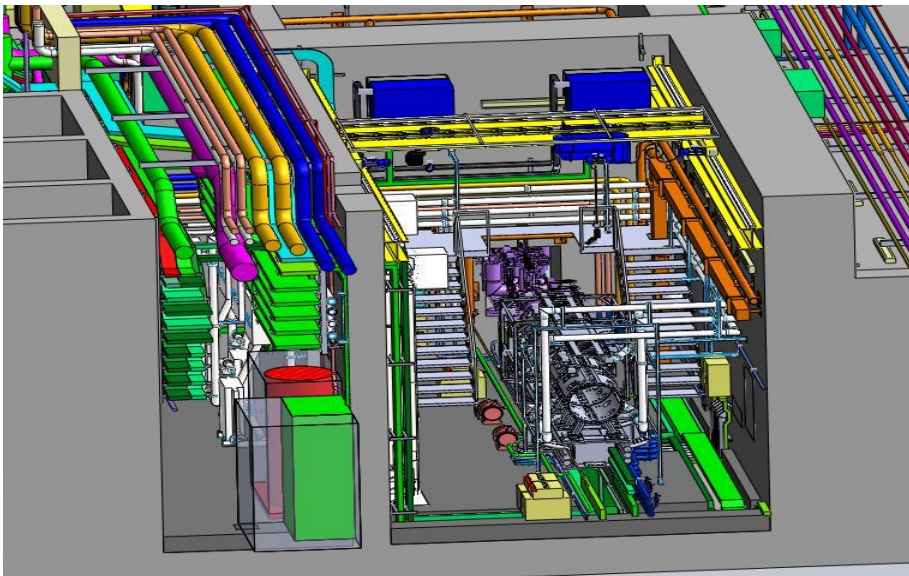
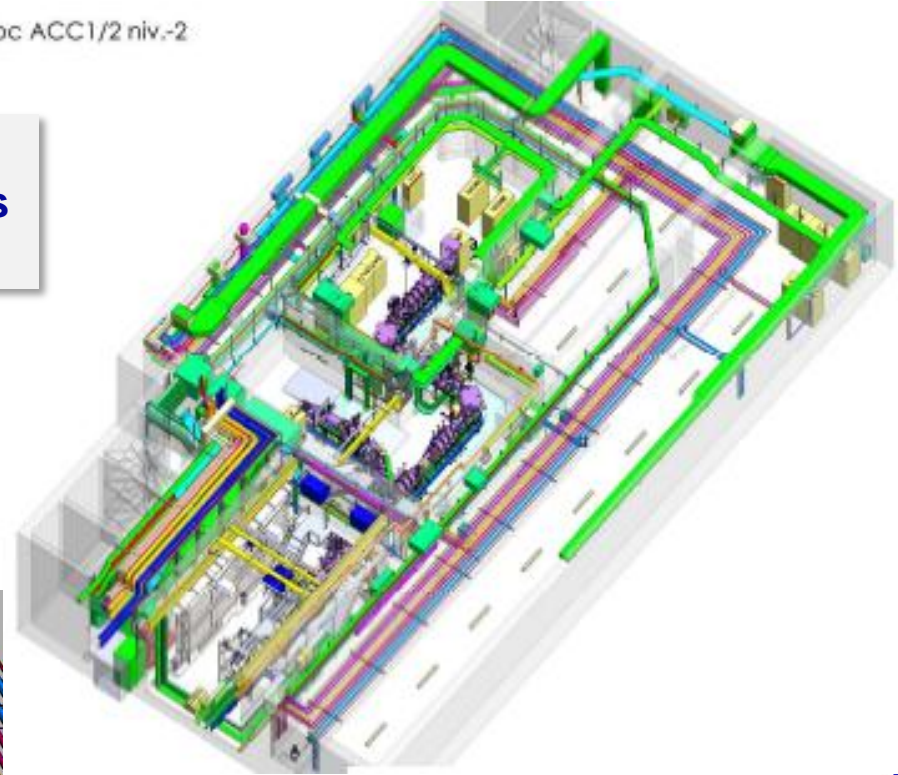
Le projet Spiral 2

Intégration Ph1

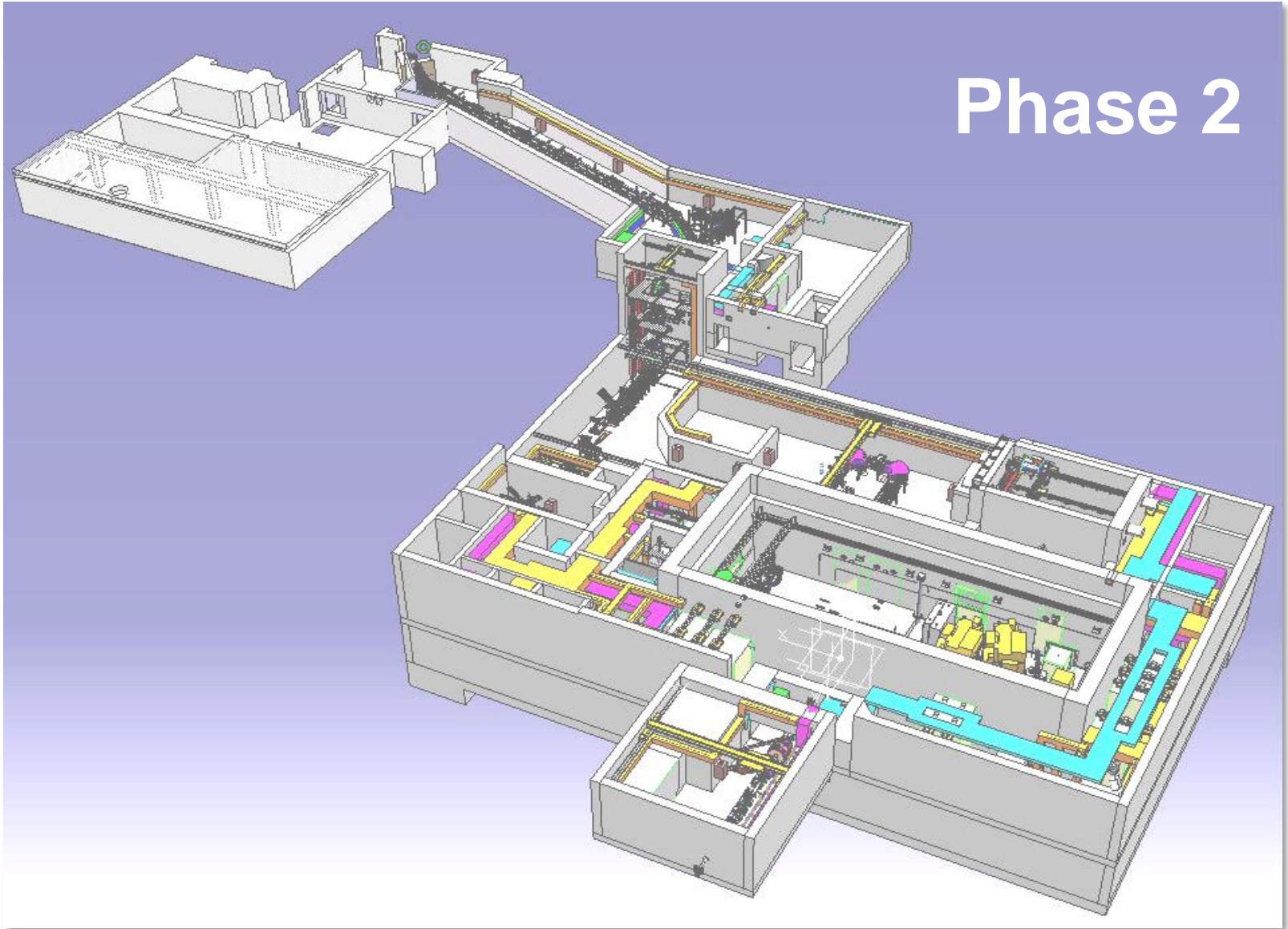
Outils 3D

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

Bloc ACC1/2 niv.-2



Vues 3D des procédés +
raccordements +
bâtiments

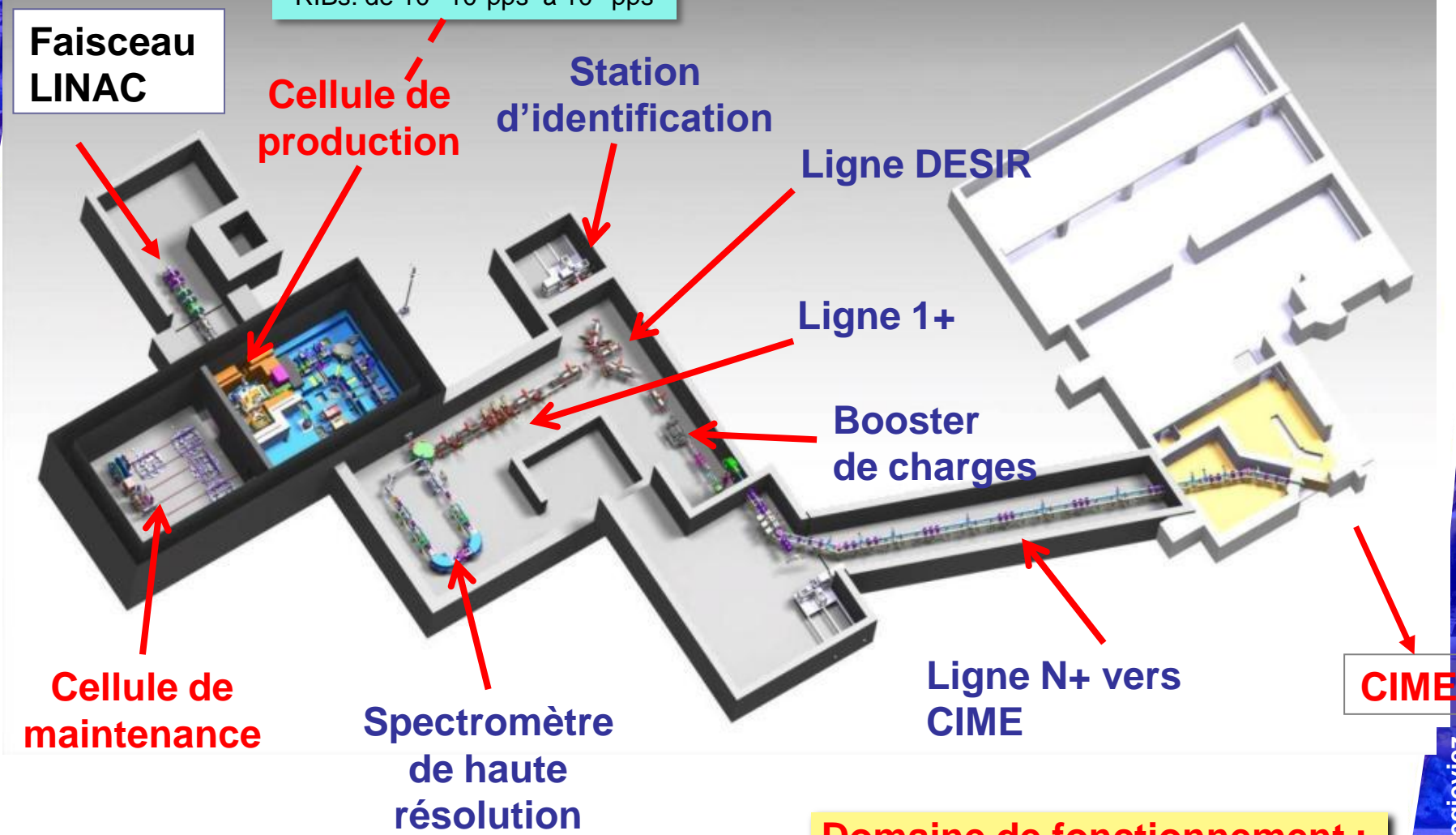


Phase 2

Le projet Spiral 2

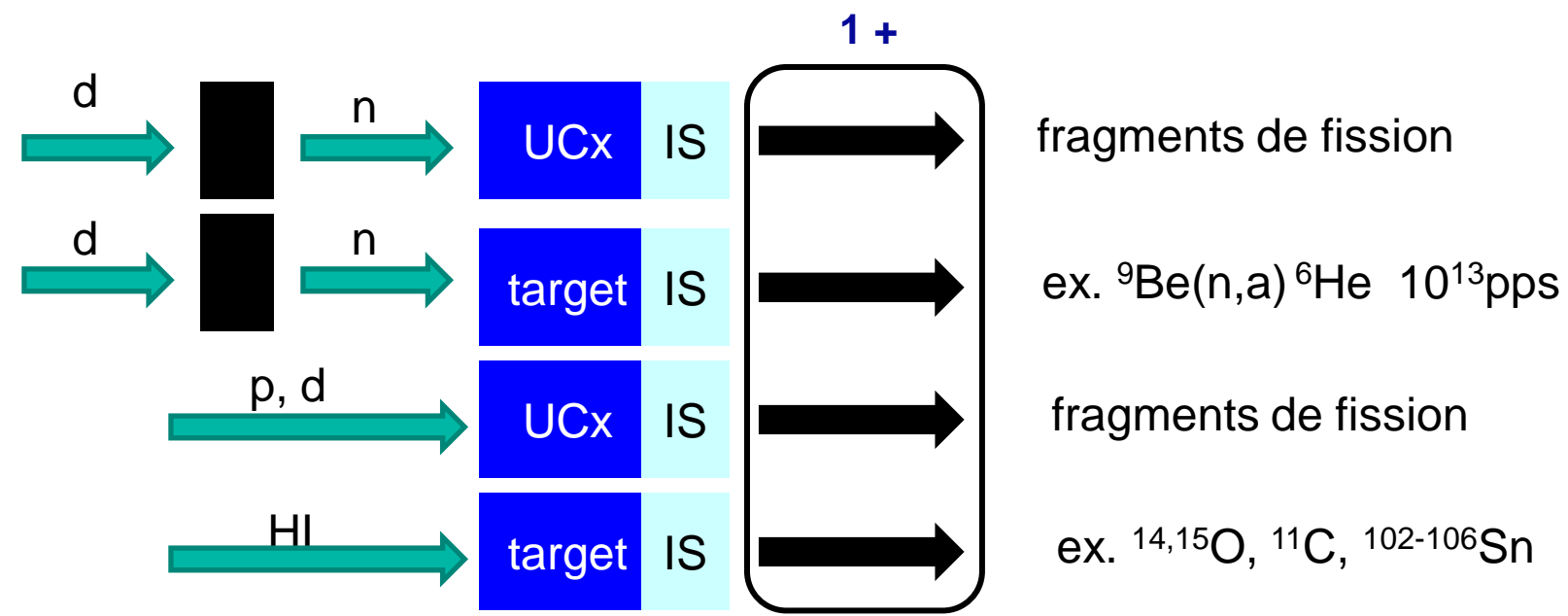
Phase 2

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



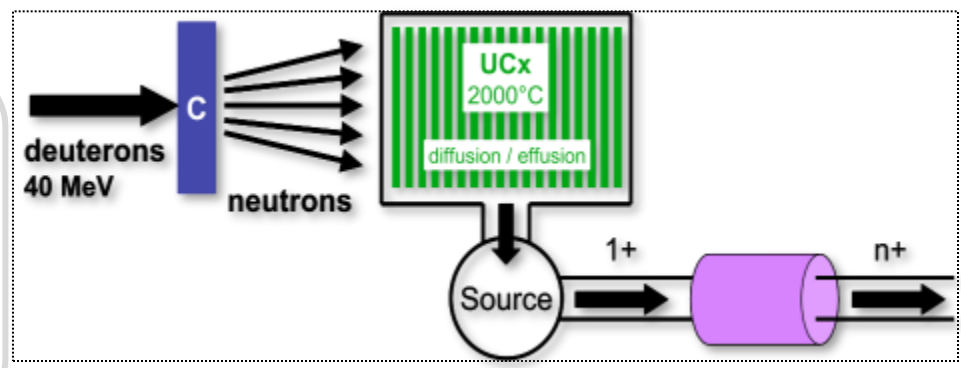
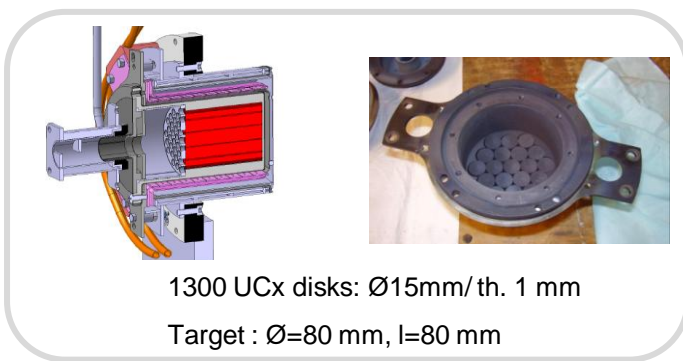
Domaine de fonctionnement :
≤ 60keV et 1-15 MeV/nucl.

Plusieurs méthodes de production



jusqu'à 2.3 kg UC₂ HD

cas dimensionnant

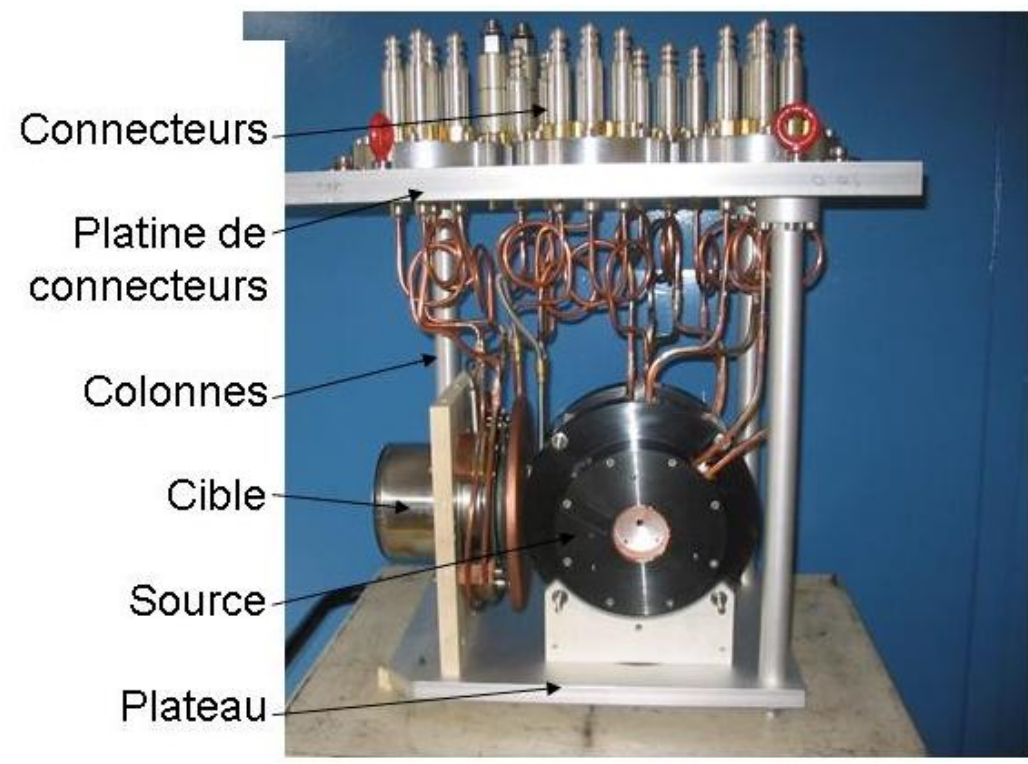


Plusieurs types de sources d'ionisation

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



$\sim 70 < M < \sim 150$



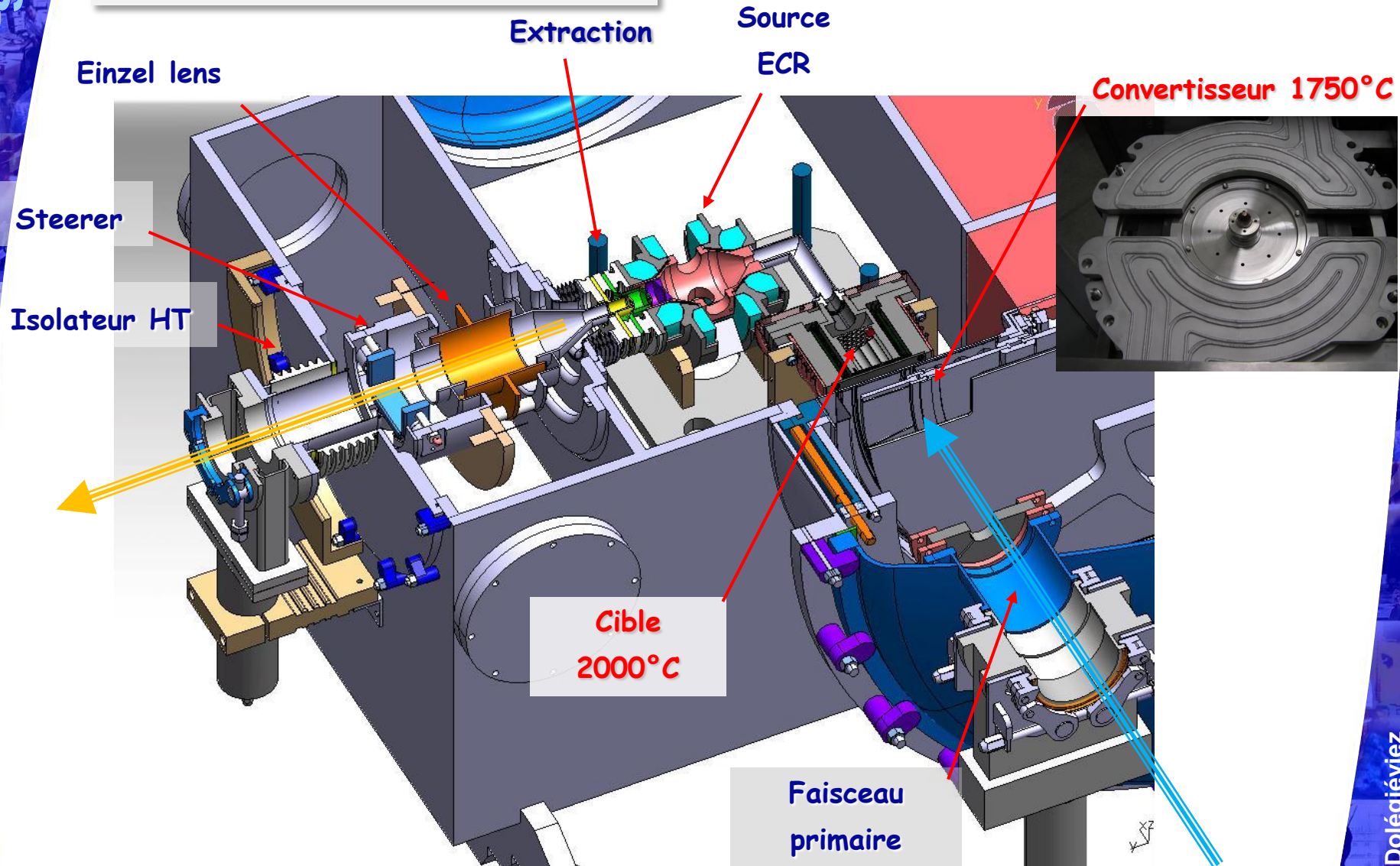
Ensemble cible-source ECR sur chassis d'intégration module de production (60 kV)

Fours pour cible Ucx
=> 2100 °C

Tantale

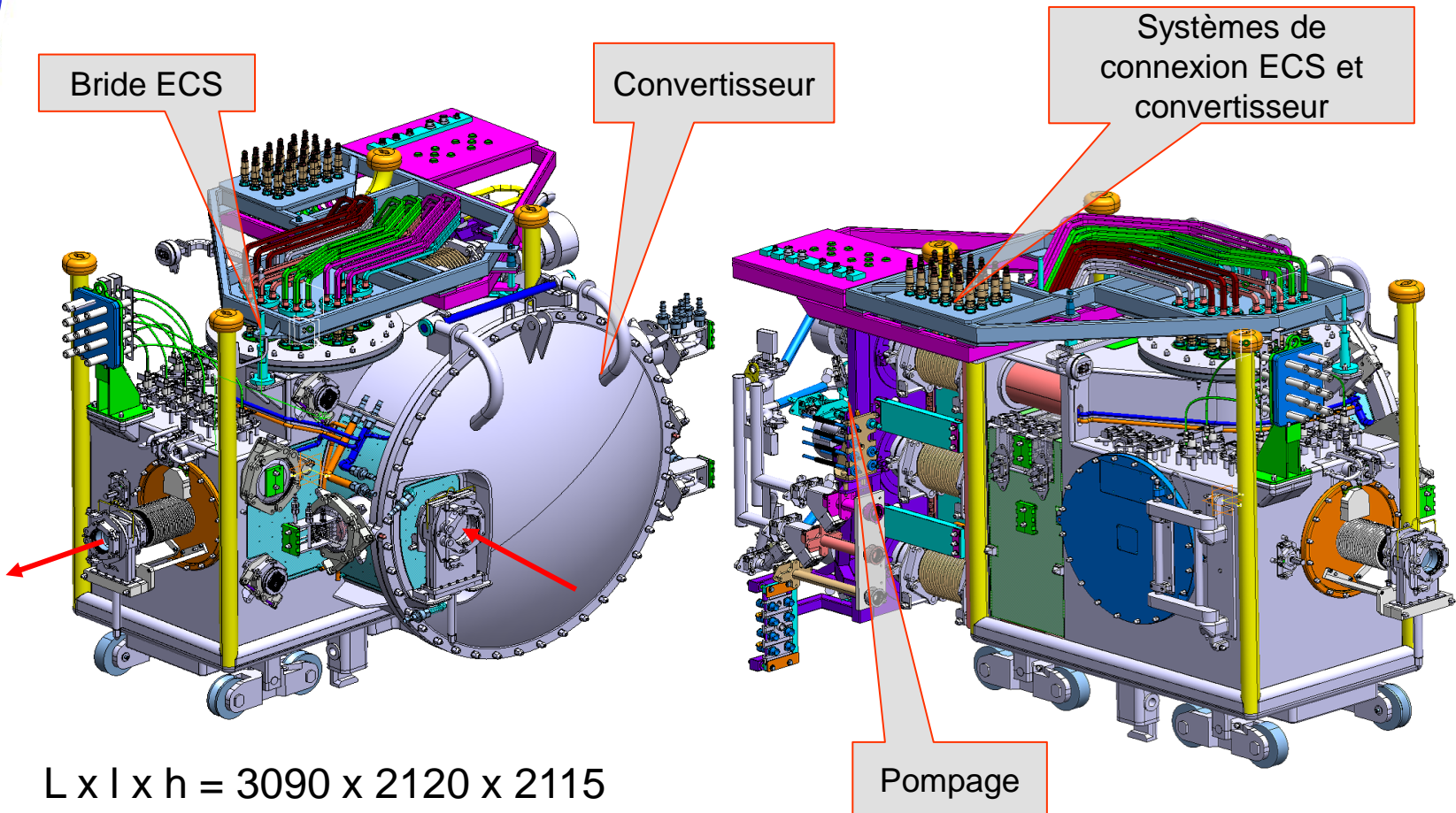
Graphite

module de production



module de production

Phase 2

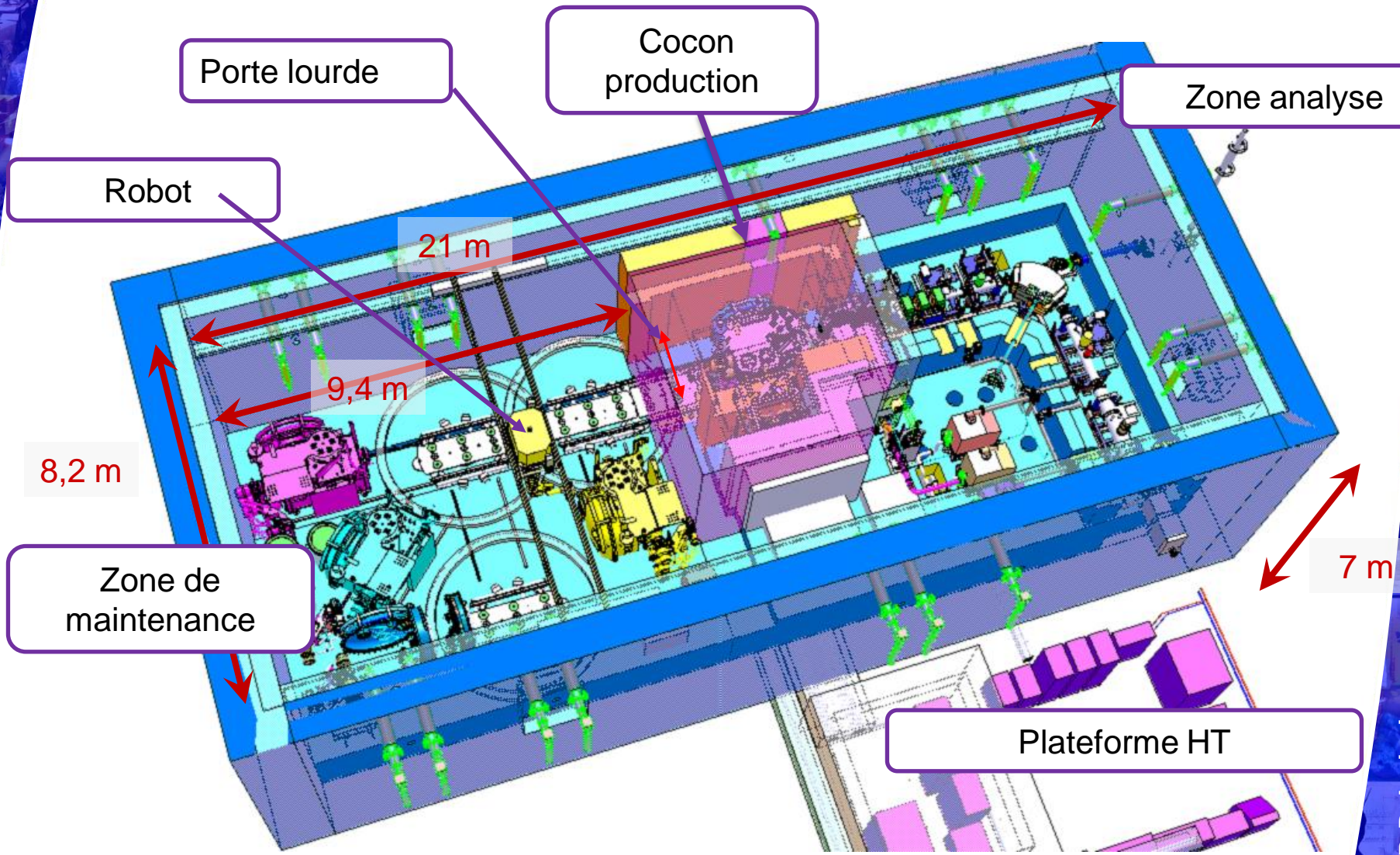


L x l x h = 3090 x 2120 x 2115
Poids Total : 8900 kg

Le projet Spiral 2

zone de production : intégration du procédé

Phase 2



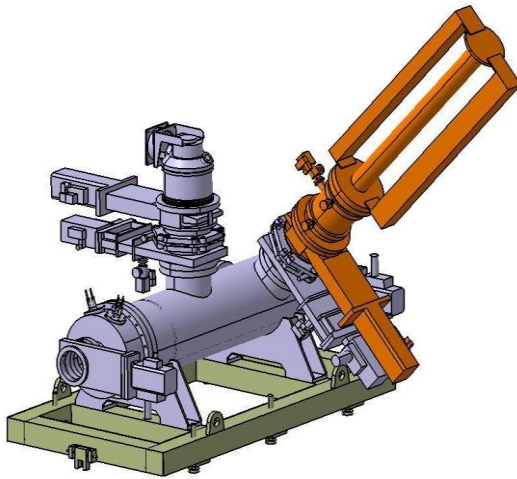
Le projet Spiral 2

Phase 2

Contamination labile



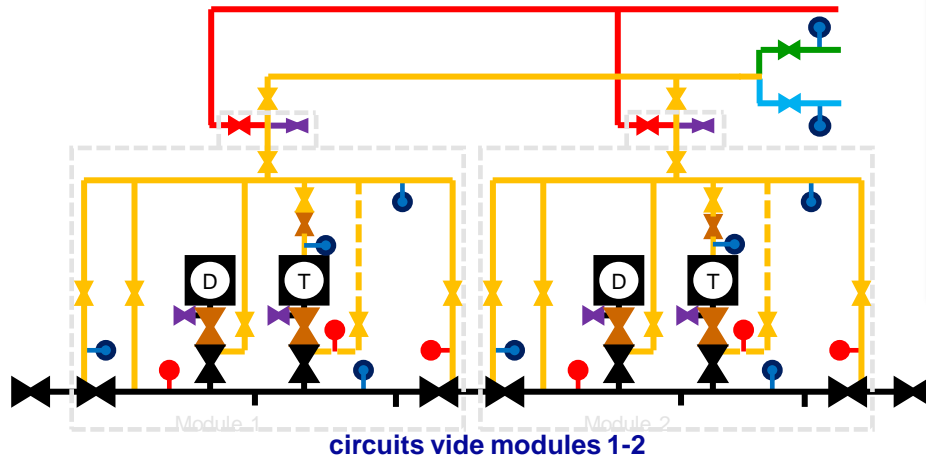
confinement du process et
entreposage des effluents gazeux



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

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

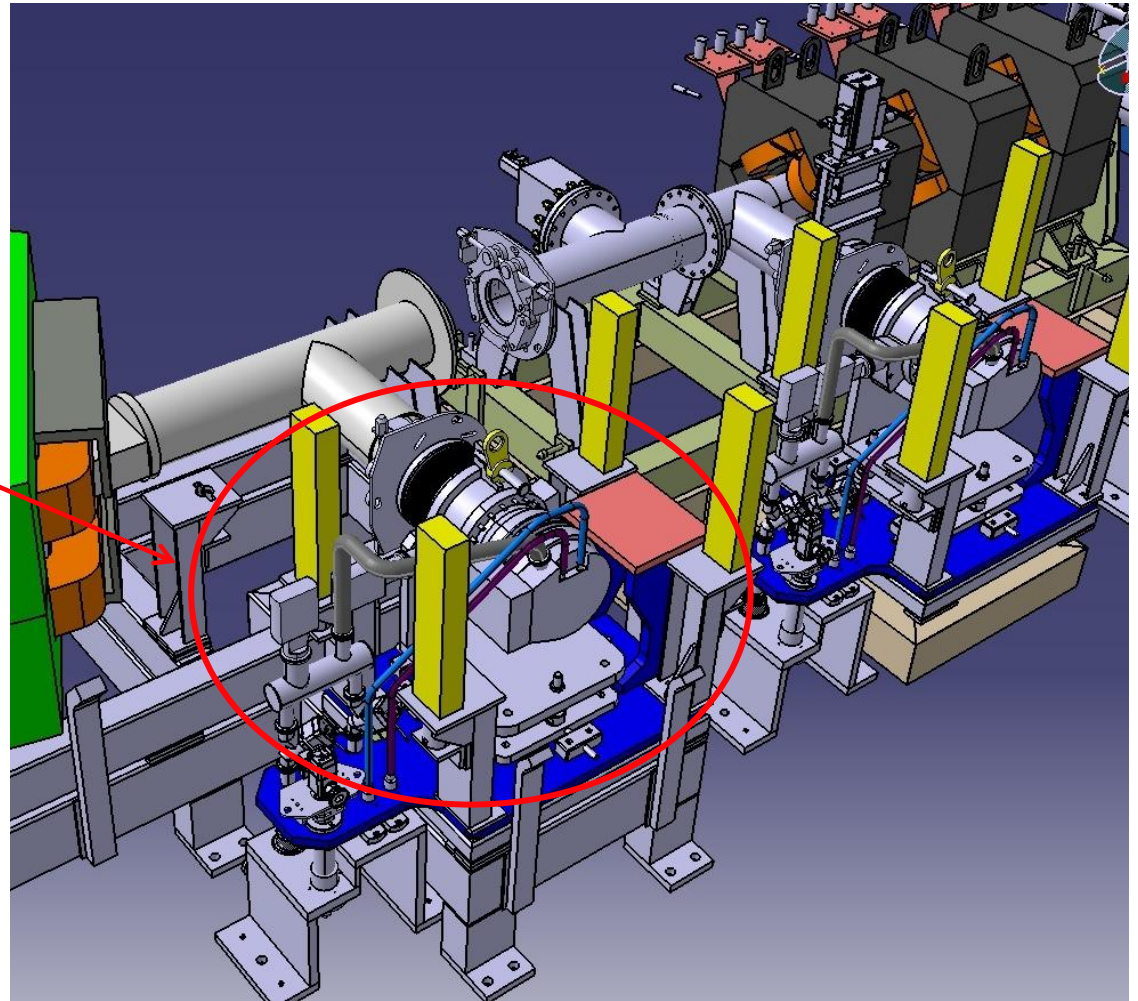
- - flux de prévidage
- balayage des sas
- test process
- flux de pompage en production



modules en zone de production : exploitation téléopérée

module de pompage
en zone de production

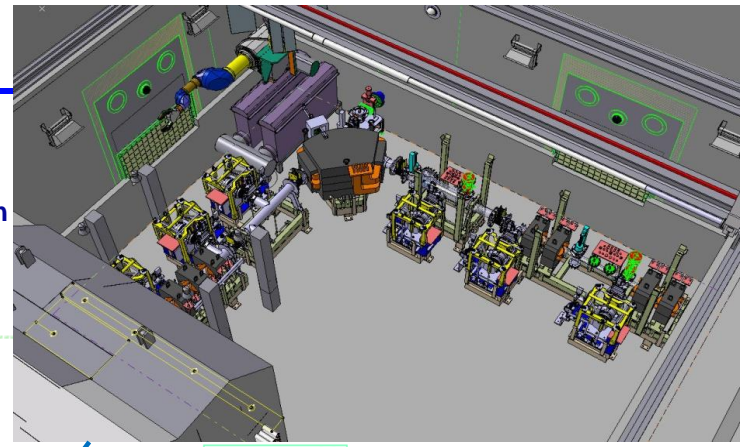
challenge :
nucléarisation d'un
procédé type
accélérateur



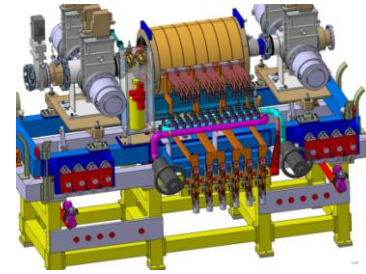
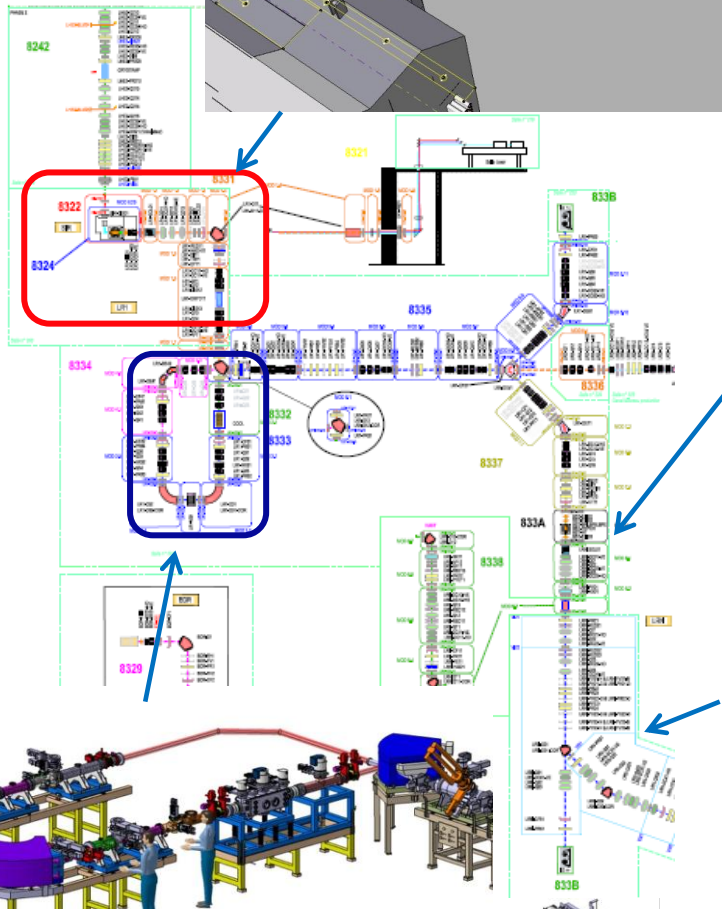
Le projet Spiral 2

Phase 2

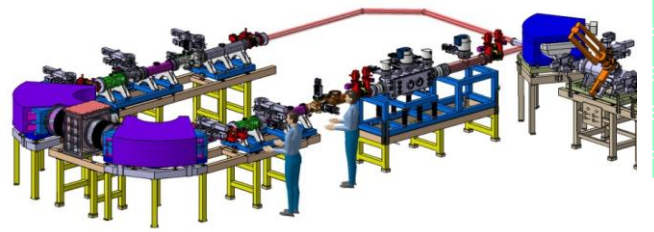
1+ zone production



conception modulaire de l'installation

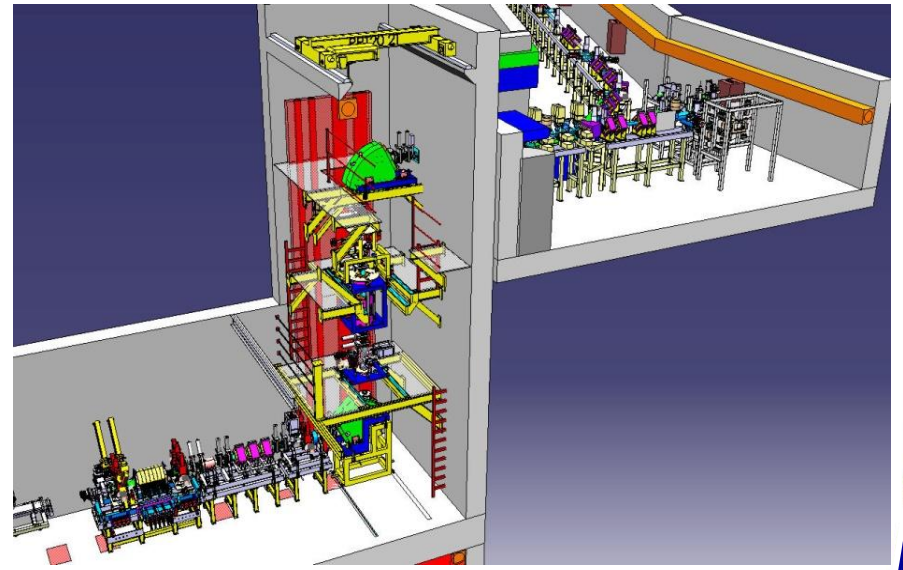
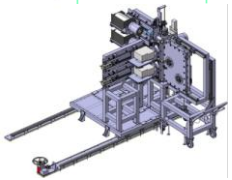


Booster 1+/n+



HRS - RFQ cooler

identificateur



N+ analyse booster et ligne jonction CIME (Ganil)

Objectifs fin 2011 et 2012

Phase 1

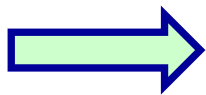
Le projet Spiral 2

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