



**NUCLÉAIRE
& PARTICULES**

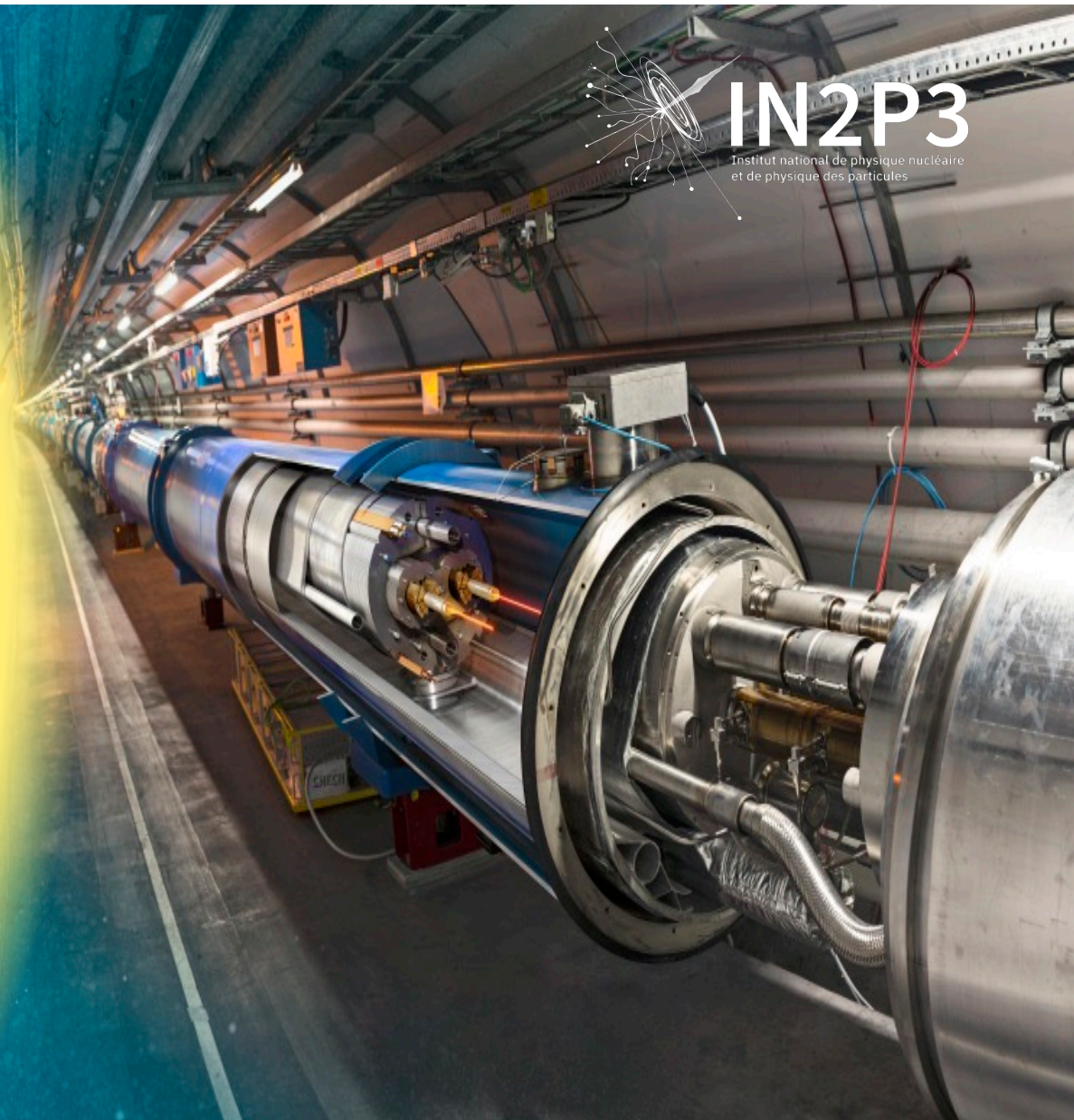


Accélérateurs et Technologie

Conférence SFP du 15-OCT-2024

Arnaud Lucotte

*Directeur Scientifique Accélérateurs, détecteurs R&D
et technologies*



Stratégie et Organisation

Stratégie et Programme de recherche « accélérateurs »

Implications dans les projets internationaux au cœur de notre discipline

Physique des particules sur collisionneurs : LHC, FCCee, Belle2 SuperKEK

Physique des neutrinos : PIP-II/DUNE

Physique nucléaire et hadronique : ESS @ Lund, NFS, S3 et DESIR @ GANIL, EIC @ BNL

Applied Physics : réacteurs pilotés par accélérateurs (MYRRHA), production radionuclides pour la santé

IN2P3

Stratégie et Organisation

Soutien aux activités de recherche et de R&D : infrastructures et plateformes

Inscription de nos infrastructures de recherche dans la feuille de route nationale : GANIL

Labellisation de nos plateformes dans un réseau national ouvert aux utilisateurs extérieurs

SupraTECH, ALTO, MOSAIC, GENESIS, AIFIRA, CYRCE, ARRONAX

Mise en place d'une politique de R&D intensifiée autour des grands projets

Ciblée sur des technologies « durables » (accélérateurs, détecteurs et matériaux)

Soutenue par postes CR / IT sur profil R&D accélérateurs (CR, IR permanents et CDD, Doctorants)

Articulation nationale : ministère, région, partenaires académiques (CEA, ...)

Très Large Infrastructures de Recherche (IR*) : GANIL, ESS, DUNE/PIP-II + IR* EIC en préparation

Equipements d'Excellence & CPER : EquipEX DESIR/S³ @ GANIL, ThomX, PACIFICS et NEWGAIN

Laboratoires d'excellence : dépendant du site et universités

Programme de recherche : accélérateurs & technologie

IN2P3

Stratégie et Organisation

4 Programmes de Recherche

- ❖ 22 Master Projets
~ 180 ETP / opération
~ 160 ETP / const. + R&D
- ❖ Annual Budget
~ 30 M€ -- opération
~ 40 M€ -- const./R&D's

Infrastructures Nationales

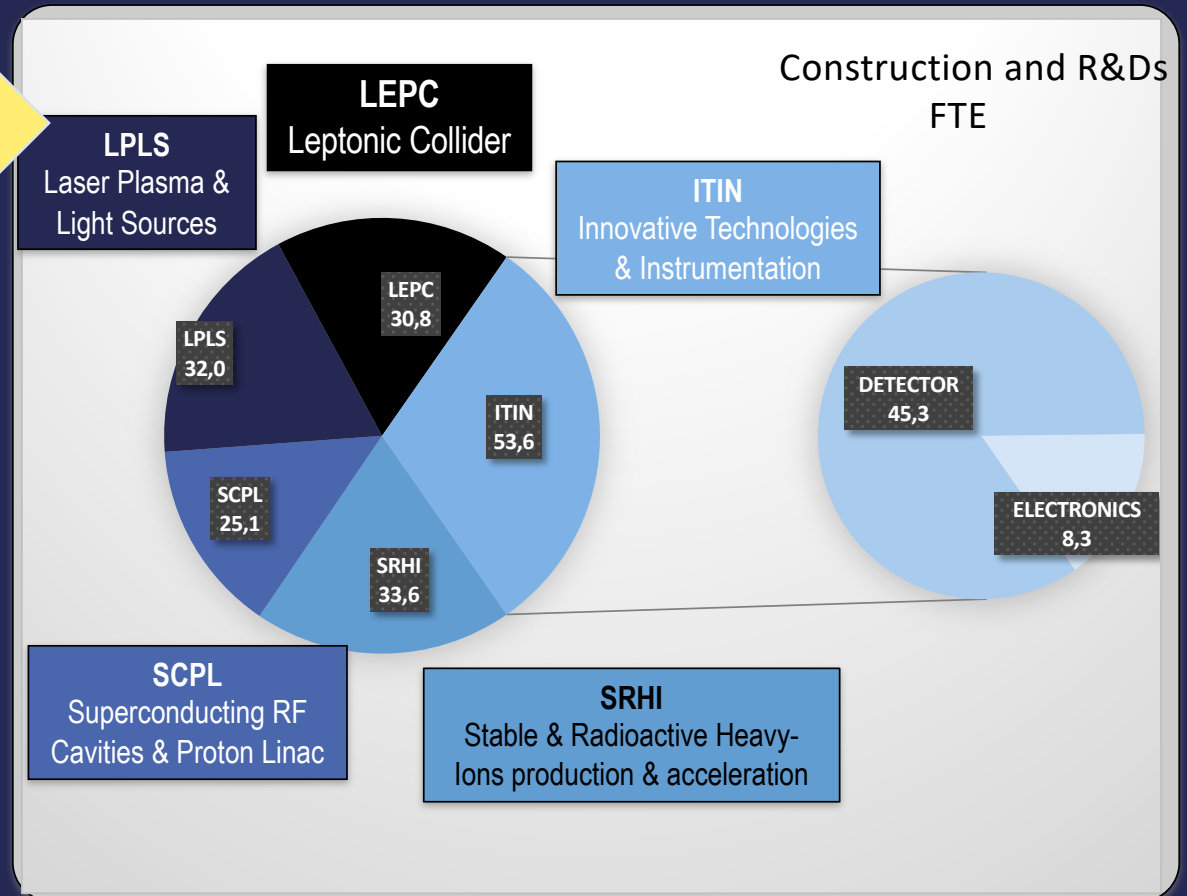
- ❖ GANIL / Caen
- ❖ LMA, CC-IN2P3 / Lyon
- ❖ LSM / Modane
- ❖ Omega / Palaiseau
- ❖ LSPM / Marseille

Infrastructures Accélérateurs

- ❖ Orsay / IJCLab
- ❖ Grenoble / LPSC
- ❖ Bordeaux / IP2I
- ❖ Strasbourg / IPHC

2 Groupements de Recherche

- ❖ GDR « Accélérateurs »
- ❖ GDR « Instrumentation »



IN2P3

Stratégie et Organisation

4 Programmes de Recherche

- ❖ 22 Master Projets
 - ~ 180 ETP / opération
 - ~ 160 ETP / const. + R&D
- ❖ Annual Budget
 - ~ 30 M€ -- opération
 - ~ 40 M€ -- const./R&D's

Infrastructures Nationales

- ❖ GANIL / Caen
- ❖ LMA, CC-IN2P3 / Lyon
- ❖ LSM / Modane
- ❖ Omega / Palaiseau
- ❖ LSPM / Marseille

Infrastructures Accélérateurs

- ❖ Orsay / IJCLab
- ❖ Grenoble / LPSC
- ❖ Bordeaux / IP2I
- ❖ Strasbourg / IPHC

2 Groupements de Recherche

- ❖ GDR « Accélérateurs »
- ❖ GDR « Instrumentation »

Infrastructures « accélérateurs » à l'IN2P3



IN2P3

Stratégie et Organisation

4 Programmes de Recherche

- ❖ 22 Master Projets
 - ~ 180 ETP / opération
 - ~ 160 ETP / const. + R&D
- ❖ Annual Budget
 - ~ 30 M€ -- opération
 - ~ 40 M€ -- const./R&D's

Infrastructures Nationales

- ❖ GANIL / Caen
- ❖ LMA, CC-IN2P3 / Lyon
- ❖ LSM / Modane
- ❖ Omega / Palaiseau
- ❖ LSPM / Marseille

Infrastructures Accélérateurs

- ❖ Orsay / IJCLab
- ❖ Grenoble / LPSC
- ❖ Bordeaux / IP2I
- ❖ Strasbourg / IPHC

2 Groupements de Recherche

- ❖ GDR « Accélérateurs »
- ❖ GDR « Instrumentation »



GDR Physique des Accélérateurs : SCIPAC

SCIPAC

Science for Particle Accelerators

Heavy Ion Accelerators

Hadron Beams Accelerators

Electron Accelerators

Laser Plasma Acceleration

Transversal expertise

Environ 350 personnes
(CEA+CNRS IN2P3, INP...)

- ❑ R&D SPIRAL2 DESIR, NEWGAIN, S3 et ALTO
- ❑ Ion sources (GANIL/ALTO, ECR, FEBIAD, res. laser, ...)
- ❑ Target-Source Ensemble (targets, ovens...)
- ❑ Beam lines, RFQ, ion traps ...

- ❑ SuperConducting R&D (cavities/CM, multipactor...)
- ❑ RF Structures (RFQ, couplers, HOM, FRT)
- ❑ Dynamic vacuum & materials (ch. And temp. treatment)
- ❑ Beam dynamics, design and reliability (AI)

- ❑ Beam dynamics
- ❑ Positron Sources
- ❑ Nanometric beam handling & stabilisation
- ❑ Luminometry
- ❑ Compton production Gammas, polarimetry
- ❑ Photogun, injectors

- ❑ Laser Plasma Acceleration : multi-staging, plasma cell,
- ❑ Simulations
- ❑ Beam Diagnostics & instrumentation

- ❑ Magnets
- ❑ Supraconducting high gradient Magnets

- ❑ Calculation and simulations
- ❑ Diagnostics, instrumentation
- ❑ Artificial Intelligence, retroaction loop, etc...
- ❑ Vacuum and matériaux
- ❑ Laser & optics

IN2P3

Stratégie et Organisation

4 Programmes de Recherche

- ❖ 22 Master Projets
 - ~ 180 ETP / opération
 - ~ 160 ETP / const. + R&D
- ❖ Annual Budget
 - ~ 30 M€ -- opération
 - ~ 40 M€ -- const./R&D's

Infrastructures Nationales

- ❖ GANIL / Caen
- ❖ LMA, CC-IN2P3 / Lyon
- ❖ LSM / Modane
- ❖ Omega / Palaiseau
- ❖ LSPM / Marseille

Infrastructures accélérateurs

- ❖ Orsay / IJCLab
- ❖ Grenoble / LPSC
- ❖ Bordeaux / IP2I
- ❖ Strasbourg / IPHC

2 Groupements de Recherche

- ❖ GDR « Accélérateurs »
- ❖ GDR « Instrumentation »



GDR Instrumentation des deux infinis : D12I

D12I

Instrumentation for 2 infinities

WP : Gaseous Detectors

WP : Semiconductors

WP : Cryogenic Detectors

WP : Calo & Photo-detectors

WP : Integrated Circuits DAQ

High rate, dedicated ASIC, high time resolution, Rad. Hardness, trigger architecture

- Fast Timing (ps)
- AI integrated in FPGA (triggering etc...) and DAQ
- Real time analysis

Environ 150 CR et IT

Energy, spatial and time resolution, High flux, Particle ID, Active target

- Low energy thresholds
- Low density wires
- Gas mixtures (eco)
- Electronics for fast timing

Energy, spatial, time resolution, high rates + techno (130/65/28)

- Photodetection with CMOS, MAPs, DeMAPS, LGADs, high granularity, fast timing, rad. Hardness
- Fabrication of high purity Ge detectors, low energy thresholds (DM)
- Ultra low T, high frequencies BiCMOS
- Wide band-gap SC : diamond, SiC
- Compound SC : CdTe, HgTeCd for X, IR and γ

Heat, light and ionization det., cryo-array of bolometers

- Ge and Zn monolithic detectors (cryoCube, Q-array)
- Bolometers pixel array for mm, IR, X detection with TES, KIDs

Granularity, energy, spatial and time resolution, high rates,

- Micro-channel plates PMTs (ToF PET)
- SiPM (CTA), low operating voltage
- Rad. Hard, ultra-fast crystal calorimeters
- Timing resolution (pile-up environment)
- Photosensors with improved UV sensitivity
- Micro(Nano)Channel Plate for ultra-high space & time resolutions : polymer-nano-tubes

Programme de Recherche SCPL

*Super Conducting Radio Frequency
accelerator & Proton Linac*

Accélérateurs Supraconducteurs & Linac Proton (SCPL)

Objectifs scientifiques

Concevoir et réaliser des accélérateurs Supraconducteurs en régime RF de haut gradient

- ❖ Etudes Matériaux, multi-couches, films minces, dopage, procédés chimiques et thermiques traitement de surfaces
- ❖ Etudes des mécanismes d'émissions de champ, limitation de l'effet multi-pacting, incluant simulations

Concevoir et réaliser des ensembles accélérateurs de faisceaux de hadrons de haute intensité

- ❖ Etudes de fiabilité, contrôles en ligne (IA), contrôle des distributions cryogéniques etc..

SCPL
Superconducting
Proton Linac

Programmes : installations européennes et futurs collisionneurs

Développement, Construction, validation d'accélérateurs SRF

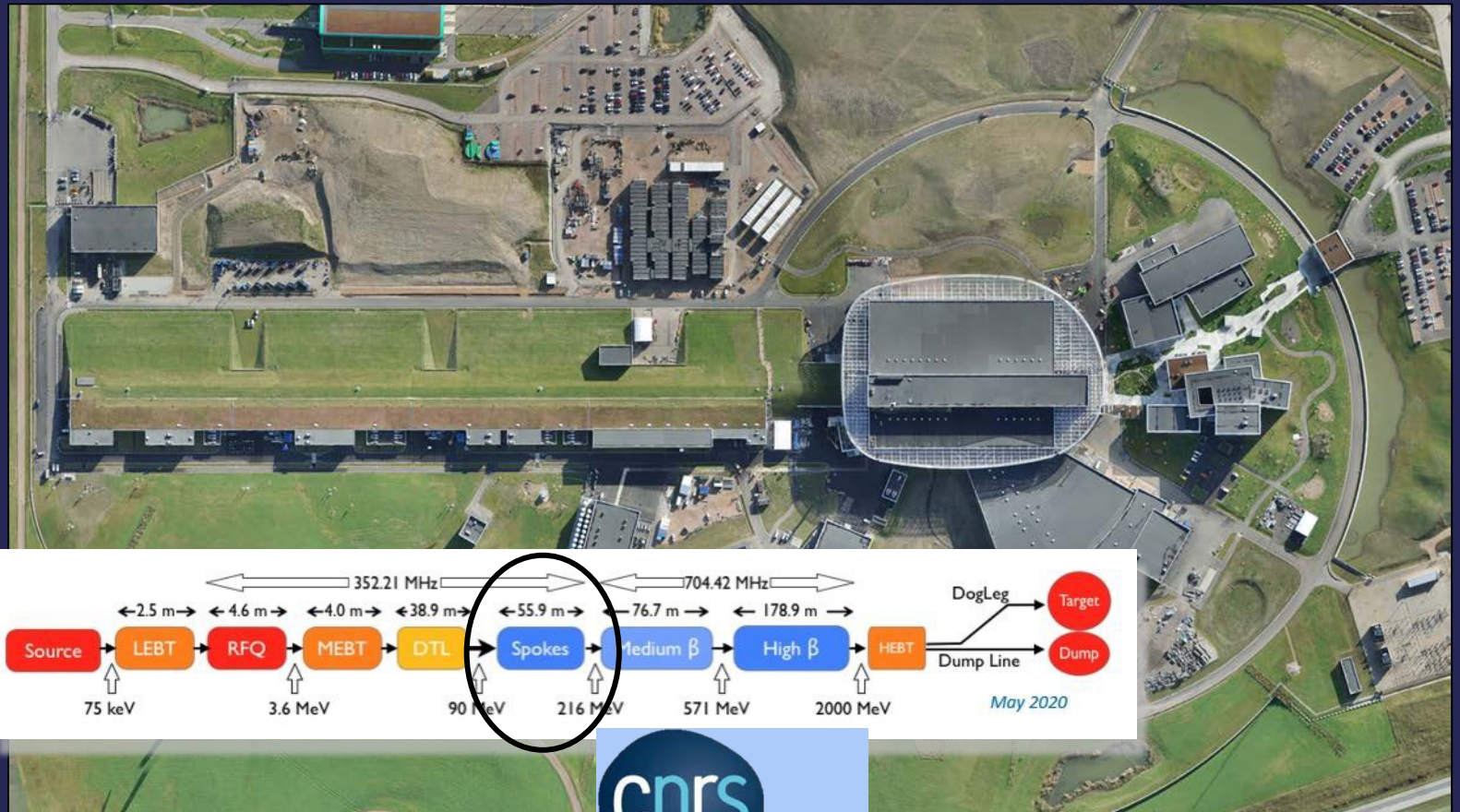
- ❖ ESS @ Lund (G. Olry) – IJCLab –
- ❖ MYRRHA @ Mol (L. Perrot & G. Olivier, F. Bouly) – IJCLab, LPSC, IPHC –
- ❖ PIP-II @ FNAL (D. Longuevergne & P. Duchesne) – IJCLab –

Activités de R&D's SRF : des matériaux aux procédés

- Master Projet SRF (D. Longuevergne) – IJCLab, LPSC –
- ❖ Traitement thermique innovant (SRF-Heloise)
- ❖ Polissage métallographique (SRF-PACCAS)
- ❖ Dépôts anti-Multipacting et characterization (SRF-MULTIPAC)
- ❖ Décontamination des cavités utilisant le nettoyage par plasma (SRF-DECAP)
- ❖ Etude de matériaux supradoncuteurs à HT_c alternatif (SRF-SURICAT)
- Master Projet I.FAST (W. Kaabi) -- IJCLab, LLR –

European Spallation Source (ESS)

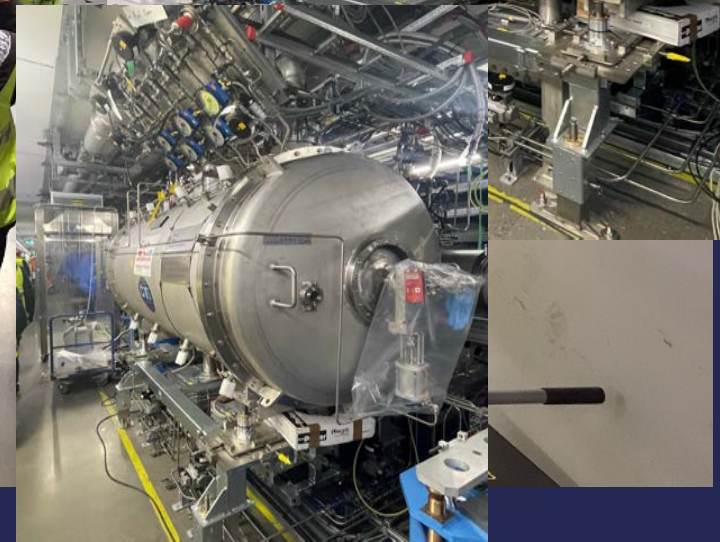
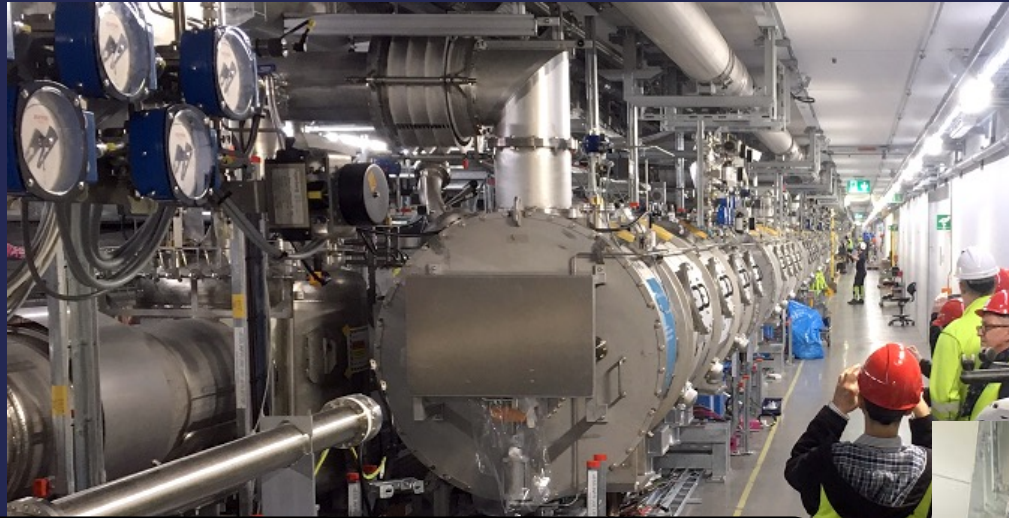
ESS
Superconducting
Proton Linac



European Spallation Source (ESS)

ESS

*Superconducting
Proton Linac*



Fabrication des 13 cryomodules

❖ **13 cryomodules (CM) livrés @ Lund**

Tous les CMs ont été testés & qualifiés @ Upsala
Les CMs sont installés dans le tunnel et connectés
Refroidissement à 2K s'est avéré un succès
1 CM de rechange livré en MAR 2024

Système de distribution cryogénique

❖ Tous les systèmes ont été installés et validés sur site

European Spallation Source (ESS)

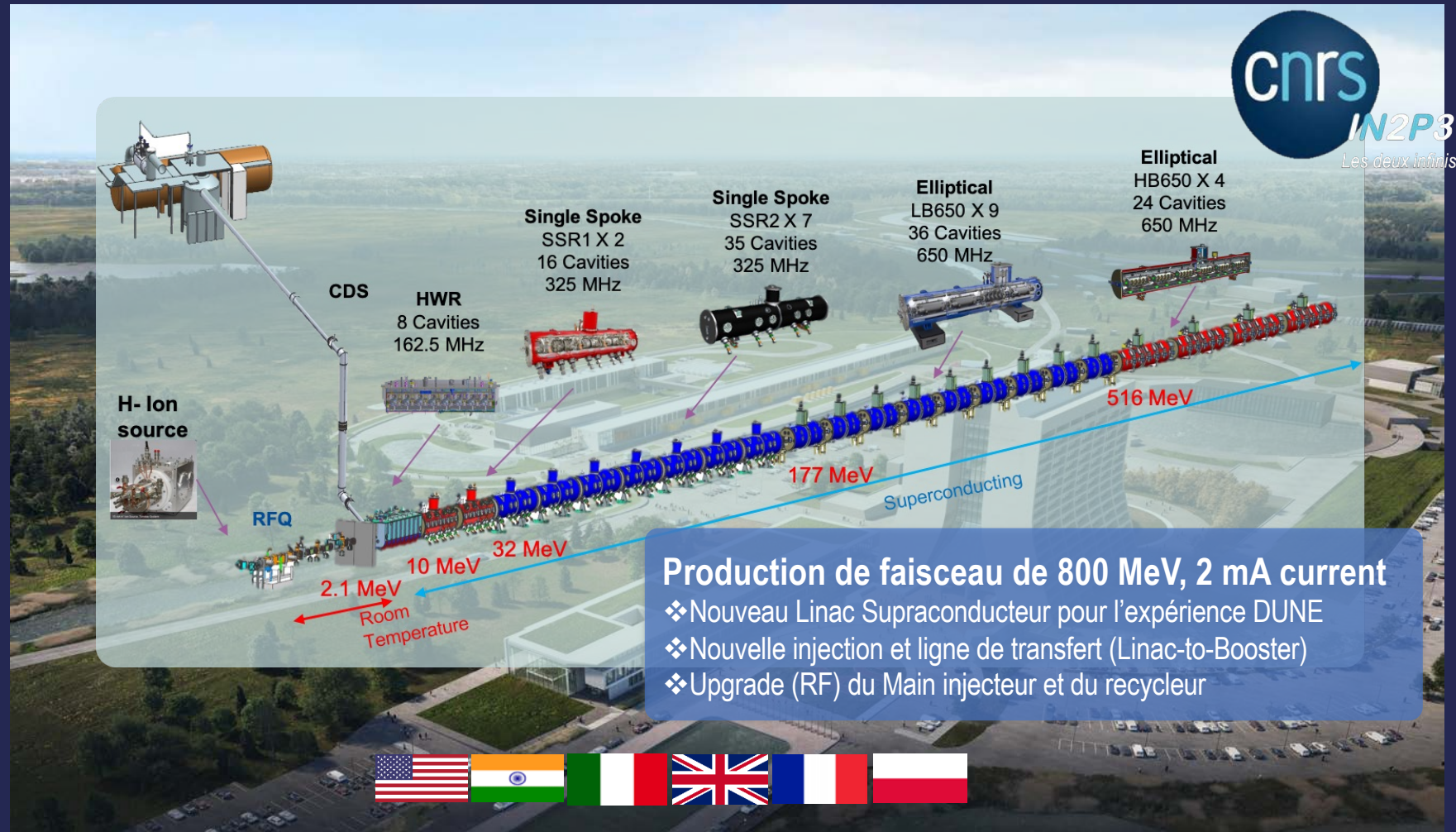
ESS
*Superconducting
Proton Linac*



Inauguration par le Roi Carl XVI et président français dans le tunnel @ ESS (Lund) le 31-JAN-2024...

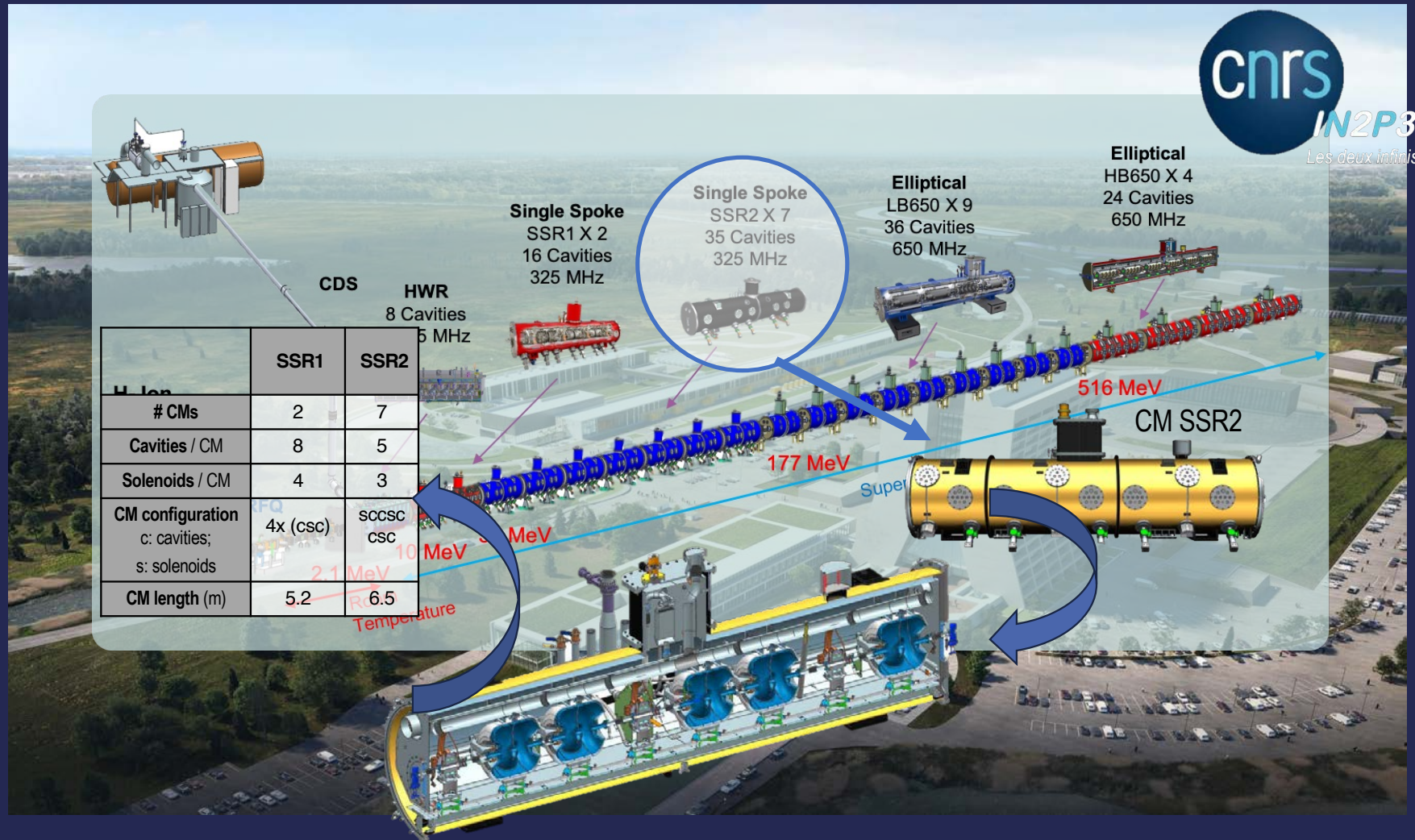
Proton Improvement Plan (PIP II)

PIP II Superconducting Proton Linac



Proton Improvement Plan (PIP II)

PIP II Superconducting Proton Linac



Phase 1 : prototypage et validation de chaine de production (2021-24)

Cavités Radio-Fréquence : 6 unités

- ❖ Suivi & validation des procédés de fabrication auprès de ZANON avec FNAL
- ❖ Préparation d'une cavité complète @ IJCLab
- ❖ Qualification des 6 cavités auprès du cryostat vertical @ IJCLab
- ❖ Mise en place du re-conditionnement (chimique, thermique, cleaning) @ IJCLab

Accordeurs (tuners) : 3 unités

- ❖ Qualification de 4 tuners dans le CV @ IJCLab

Coupleur de puissance : 4 unités

- ❖ Test et livraison de 4 coupleurs à FNAL

Phase 2 : production (2024-2028)

Test et Validation des composants à IJCLab

- ❖ Qualification des 33 cavités SSR2 (5x6 CM + 3 spares)

Cavités équipées : 33 unités

- ❖ Suivi de fabrication et conditionnement, interventions auprès des industriels
- ❖ Tests et validation des 33 unités in CV1250 @ IJCLab
- ❖ Re-conditionnement si besoin @IJCLab (< 25%)

Cryostat Vertical de SupraTECH (CV1250)

- ❖ Mise à niveau et structuration de SupraTech, Amélioration du liquéfacteur d'Helium
- ❖ Installation, commissioning et utilisation du CV1250 @ IJCLab

Proton Improvement Plan (PIP II)

PIP II Superconducting Proton Linac

Tuners (synchroniseurs)

Validation en CV à froid

Validation moteurs + piezo

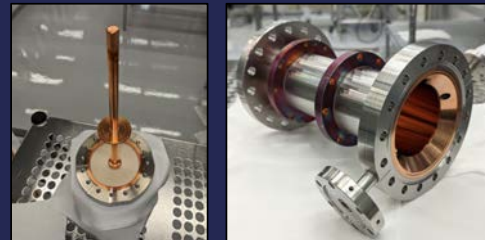
Cycle de vieillissement



Coupleurs de puissance

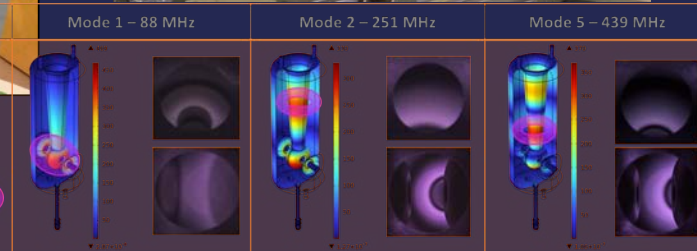
Livraison des 3 coupleurs @ FNAL

ensembles « antenne, céramique,
manchette » testés avec succès



Carte du champ
électrique de
surface

Position
du plasma



Qualification des 5 cavités

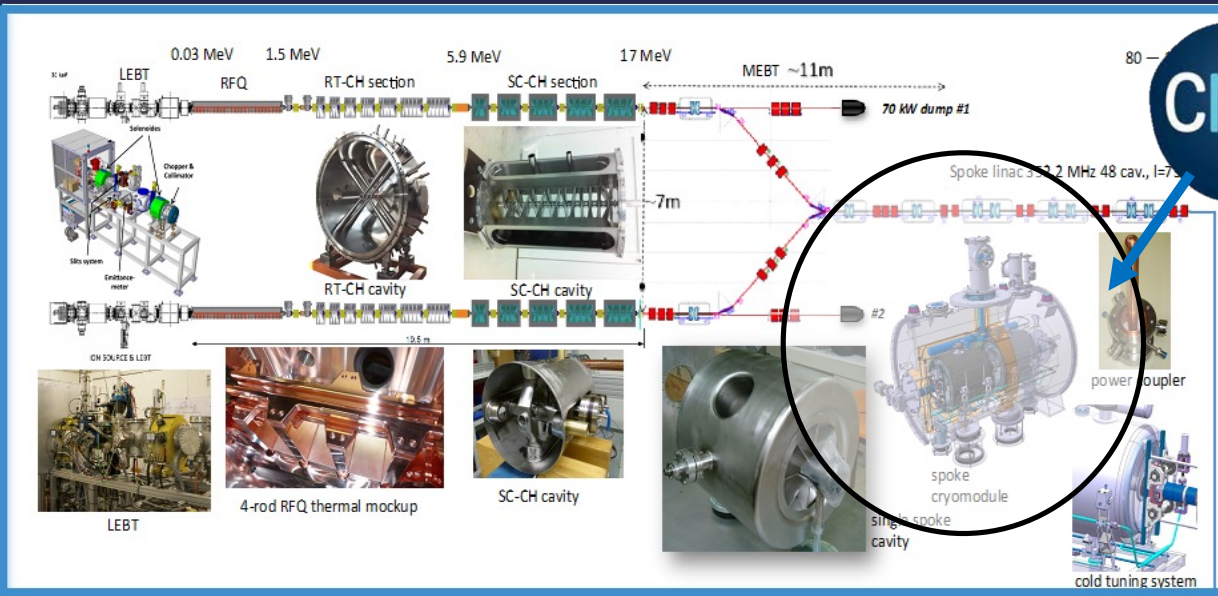
- ❖ Robotisation du procédé de nettoyage haute pression
- ❖ Nouveau procédé de nettoyage avec plasma à l'étude av FNAL



Accelerator-Driven System : MYRRHA et MINERVA

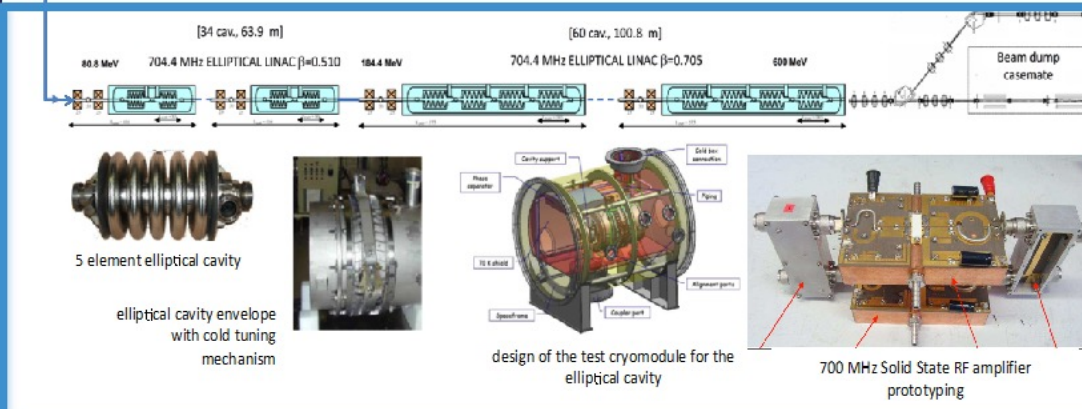
MYRRHA
Superconducting
Proton Linac

Phase 1 – 100 MeV

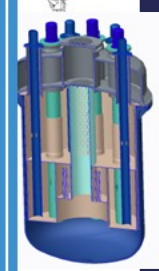


cnrs
IN2P3
Les deux infinis

Phase 2 – 600 MeV



Phase 3 – Reactor



Accelerator-Driven System : MYRRHA

MYRRHA
*Superconducting
Proton Linac*

ADS : Une implication de longue haleine de l'IN2P3

- ❖ Construction de la source de neutrons GENEPI (Generator of Intense Pulsed Neutrons)
- ❖ Dynamique faisceau pour les lignes moyenne et haute énergie MEBT3 & HEBT -- LPSC, IJCLab, IPHC
- ❖ Diagnostics pour la HEBT -- IJCLab
- ❖ Profileur faisceaux -- LPSC
- ❖ Système LLRF pour l'injecteur RFQ -- IJCLab --
- ❖ Cryogenic valve box, cryomodule vessel (IJCLab)
- ❖ RF power amplififer (SCK), LLRF (IJCLab)

MINERVA : La phase MYRRHA 100 MeV

Test & Validation des composants SRF à IJCLab

- ❖ Conception, assemblage et qualification des 6 cavités pré-series à 2K
- ❖ Assemblage and intégration, test et caractérisation RF, re-conditionnement

Cold Tuning System : 6 pre-series + 47 series

- ❖ Assemblage et integration
- ❖ Qualification du CTS

Couplers : 6 pre-series, +49 series

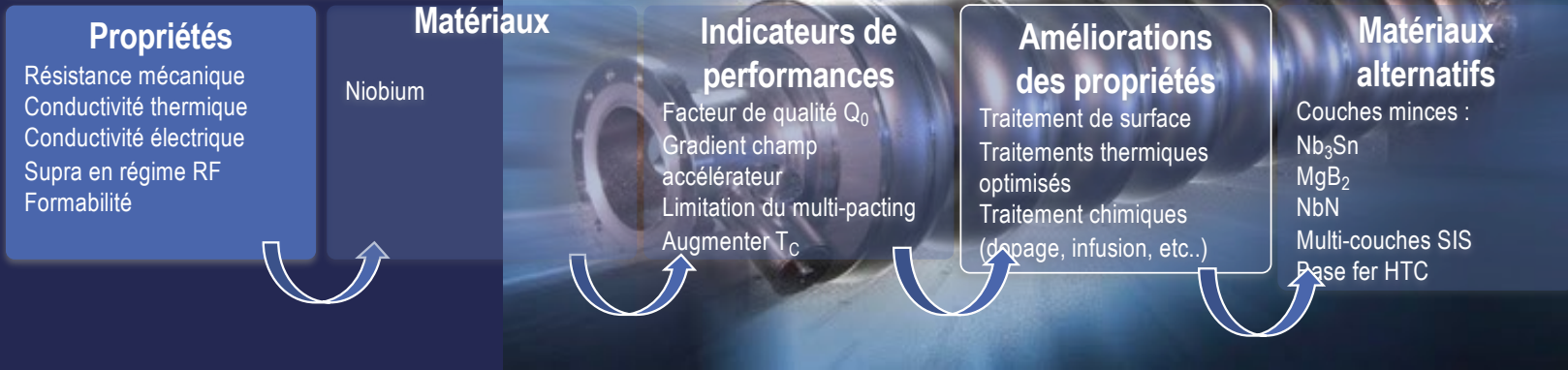
- ❖ Design et qualification à 80 KW

R&D's : des matériaux aux procédés SRF

Les enjeux matériaux : lignes faisceaux



Les enjeux matériaux : cavités SRF



SCPL R&D
Supraconducting
Proton linac

Programme de Recherche SRHI

Stable and Radioactive Heavy Ion Beams

Faisceaux d'ions stables et radioactifs (SRHI)

Objectifs scientifiques

- ❖ Concevoir et optimiser les sources d'ions intenses
- ❖ Concevoir et optimiser l'accélération, la sélection, le transport de faisceaux d'ions stables et radioactifs

Programme autour du GANIL et de ALTO

Développements, construction et préparation à l'exploitation

- ❖ SP2-S³ (B. Blanck, H. Savajols) -- GANIL, IJCLab, IP2I, LPC –
- ❖ SP2-DESIR (B. Blank & F. Varenne) -- GANIL, IJCLab, CENBG, LPCC –
- ❖ SP2-NEWGAIN (MH Moscatello, I. Stefan) – GANIL, IJCLab, IP2I, LPSC, CENBG, IPHC –
- ❖ SPES-booster et SPES-cooler (J. Angot) (G. Ban) – LPSC, LPCC –

Programme de R&Ds « ions stables »

- ❖ Sources d'ions ECR, sources HF (60 GHz), simulation plasma ECR @ LPSC (SEISM, ECRIPAC)
- ❖ Production d'ions métalliques (fours HT inductifs et résistifs) @ IPHC, GANIL (FMI)

Programme de R&Ds « ions radioactifs »

- ❖ Cibles UCx pour la fission @ ALTO (STUC)
- ❖ Ensemble Cible Source / Fusion-Evaporation @ GANIL (TULIP)
- ❖ Sources d'ions FEBIAD, Nier-Bernas pour GANIL & ALTO (MCM)
- ❖ Spectroscopie par Ionisation laser résonante à ALTO et GANIL (RIALTO, GISELE)
- ❖ Optimisation du transport de faisceau @ IPHC
- ❖ Charge Breeding au LPSC and GANIL (C.BREEDER)

*Stable and Radioactive
Heavy Ion beams*

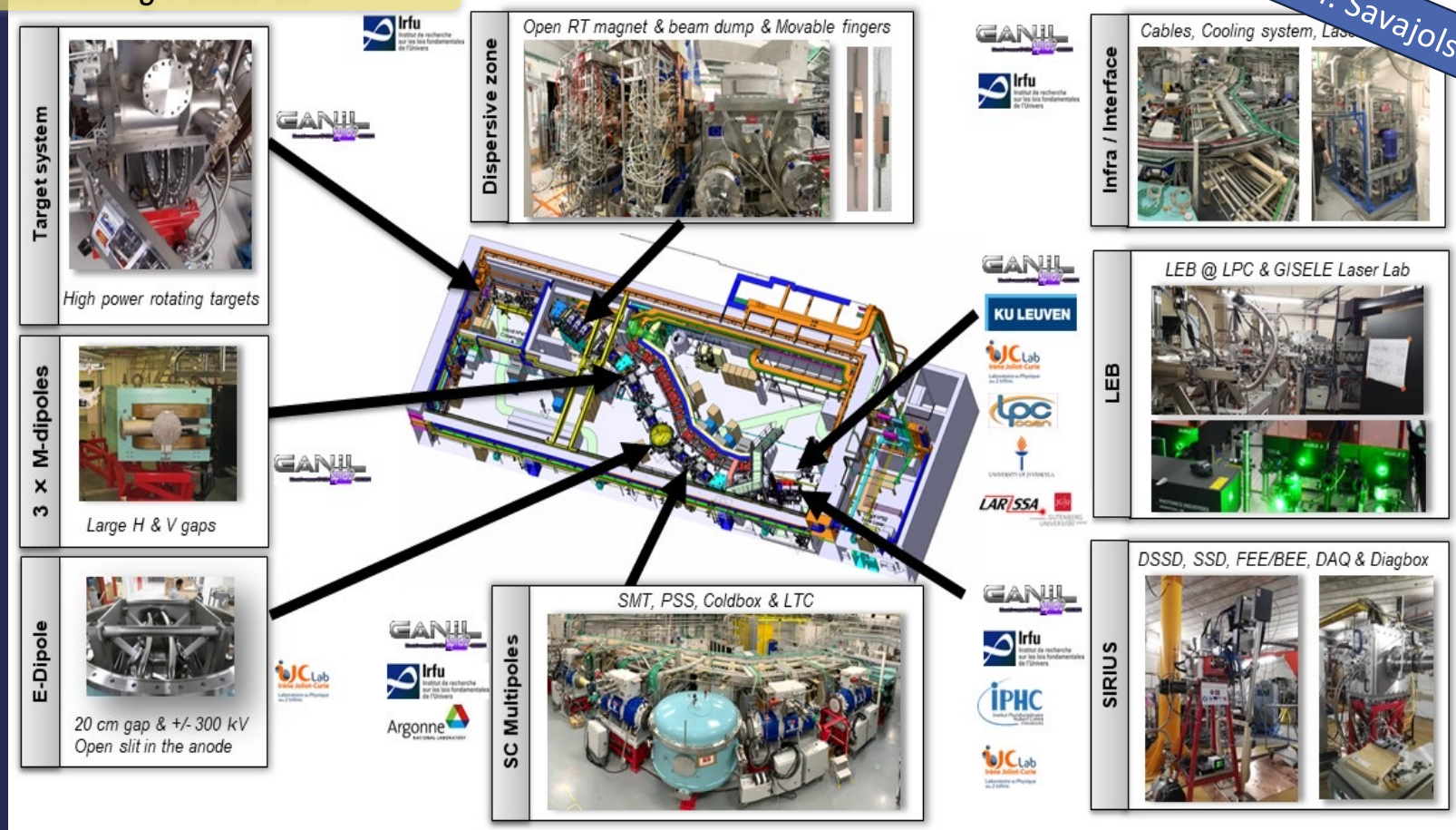


Superconducting Separator Spectrometer (S³)

Premier faisceau : Nov 2024
 Commissioning : 2025-26

H. Savajols

S³ @ GANIL
 Stable and Radioactive
 Heavy Ion beams

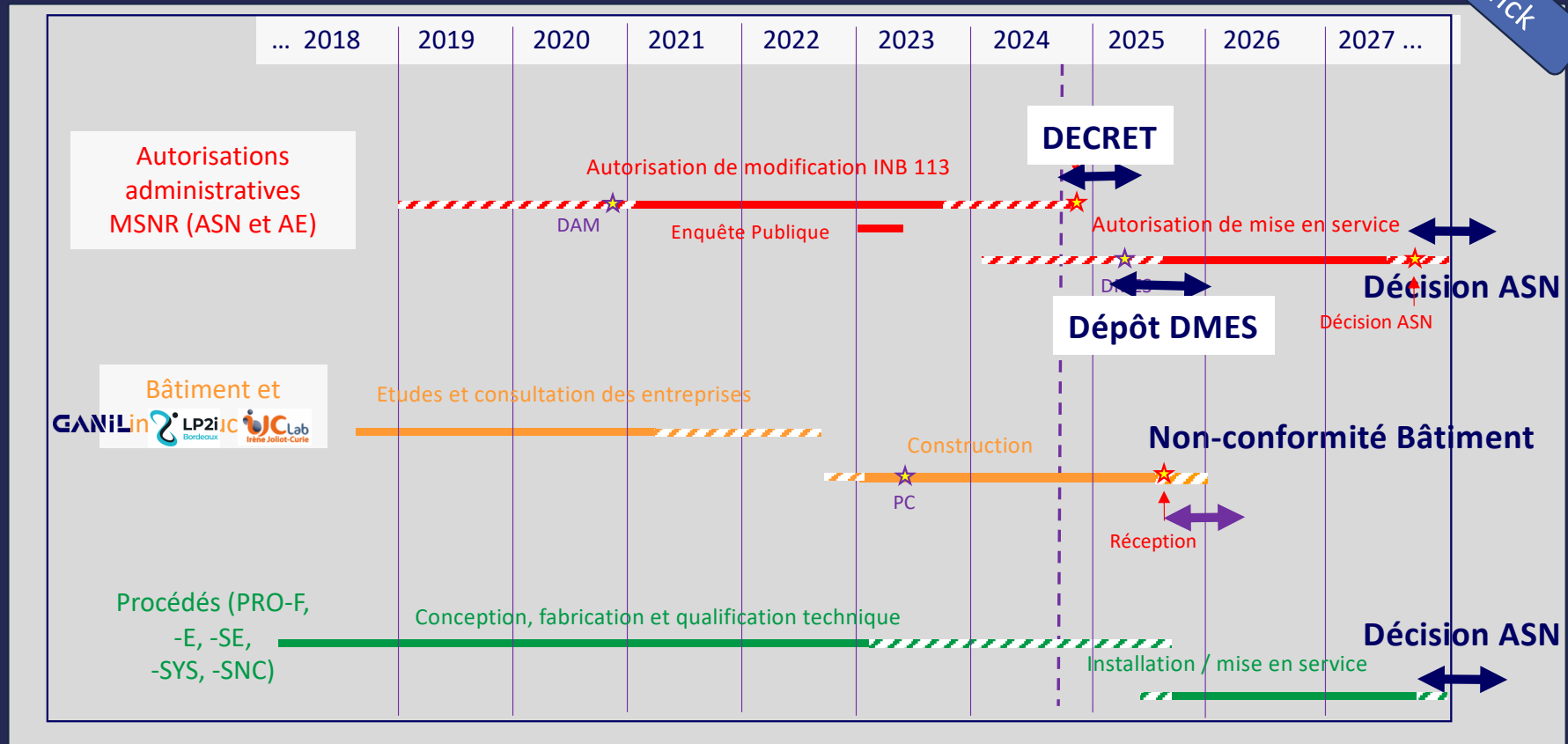


DESIR : Calendrier

Installation procédés : 2025-27
Mise en service : 2028-30

B. Blanck

DESIR
Stable and Radioactive
Heavy Ion beams



Bâtiment et
GANILin LP2i UC Lab
Bordeaux Irène Joliot-Curie

Bâtiment en construction...

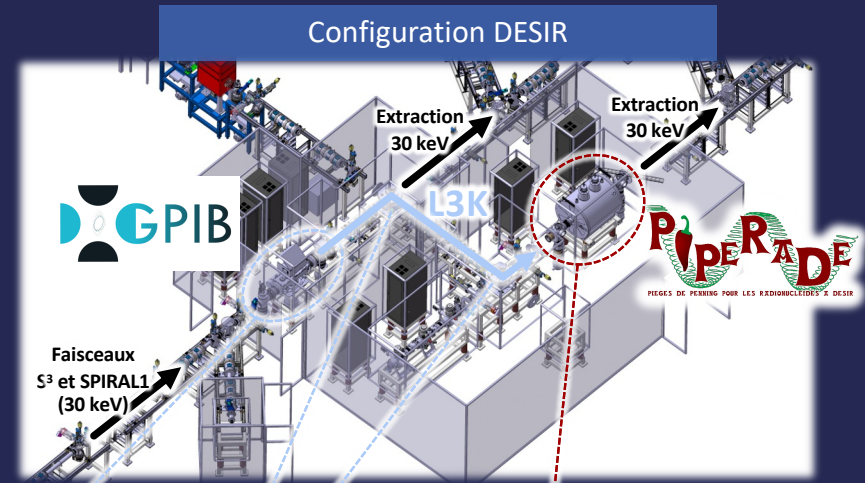
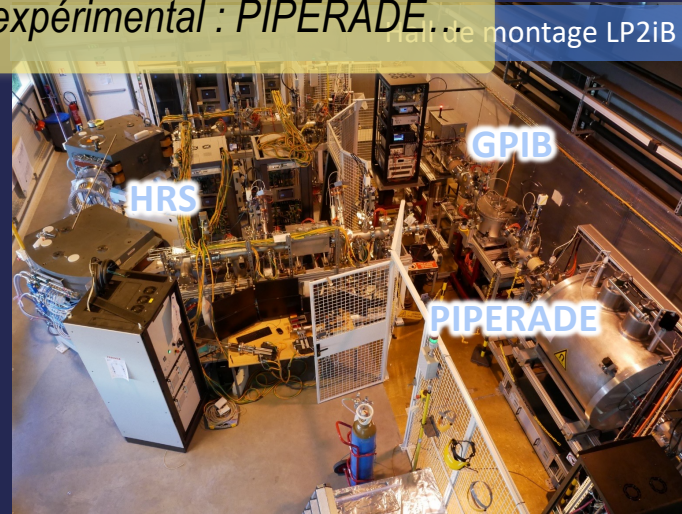


DESIR

*Stable and Radioactive
Heavy Ion beams*

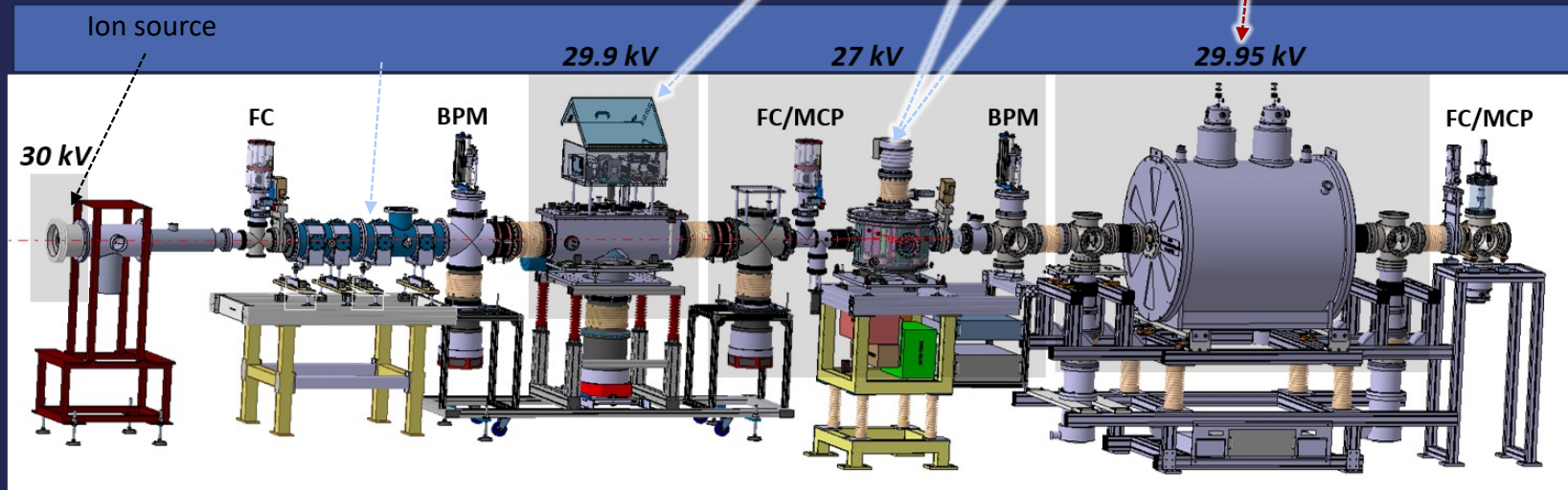
DESIR : GPIB et PIPERADE (SRHI)

Procédé expérimental : PIPERADE



DESIR

Stable and Radioactive Heavy Ion beams



New GANIL Injector : NEWGAIN

Installation prévue : 20230

Mise en service : 2032

Construction d'un injecteur Q/A =1/7

Financement et organisation

EquipEX NEWGAIN : 13.7 M€

5 Laboratoires : GANIL, LPSC, IP2IB, IPHC + CEA/IRFU

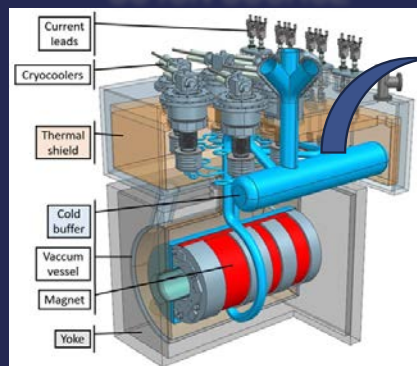
- ❖ Supraconducting Ion Sources (CEA and LPSC)
- ❖ RFQ (CEA/IRFU)
- ❖ Transport Lines LEBT, MEBT
- ❖ Equipment, vacuum, power supply
- ❖ Infrastructure, Control Command

NEWGAIN

Stable and Radioactive

Heavy Ion beams

SC ION SOURCE



18-28 GHz, 4K,
HT ovens, HV (80kV)



NEWGAIN prévu en opération en 2032

Programme de Recherche LPLS

Laser Plasma Acceleration and Light Sources

Sources de Lumière et Accélération Laser Plasma (LPLS)

Objectifs scientifiques

Explorer et étudier la possibilité d'accélération par laser-plasma

- ❖ Accélération d'électrons : Cellule plasma, Injecteur, démonstration de stabilité et reproductibilité, simulations,
- ❖ Accélération d'ions : Compréhension, caractérisation et (code de) simulations

Concevoir des accélérateurs pour production de faisceaux intenses de γ

- ❖ Sources de lumière intense

Enjeux des accélérateurs LP et sources de lumière

Activités de développement de sources de lumière intense

- ❖ ELI-NP F. Zomer – IJCLab + european infrastructure (Italy, Romania, France, ..) –
- ❖ THOM-X H. Monard – IJCLab – High Flux Compton Source
- ❖ GammaFactory A. Martens – IJCLab –

Activités de R&D Accélération Laser Plasma

- ❖ PALLAS (K. Cassou, IJCLab, LLR) – Démonstrateur accélérateur LP multi-staging, 10Hz, 150 MeV
- ❖ ALP-e (A. Specka, LLR, IJCLab) – R&D accélération laser plasma d'électrons / Apollon / simulation
- ❖ ALP-ions (M. Tarisien, LP2IB) – R&D accélération laser plasma d'ions
- ❖ TWAC (C. Bruni, IJCLab) – R&D sur l'accélération THz

Source-X compacte par Compton Inverse : Thom X

Caractéristiques visées du démonstrateur

- ❖ Flux: 10^{12} à 10^{13} γ/s
 - ❖ Brillance: 10^{11} ph/s/mrad²/mm²/0.1%bw
 - ❖ Energie ajustable (30-90 keV)
 - ❖ Surface des équipements : environ 300 m²
- 13 M€ investissement / EquipEX terminé : 31.12.2023

ThomX

Light Source & Laser
Plasma Acceleration

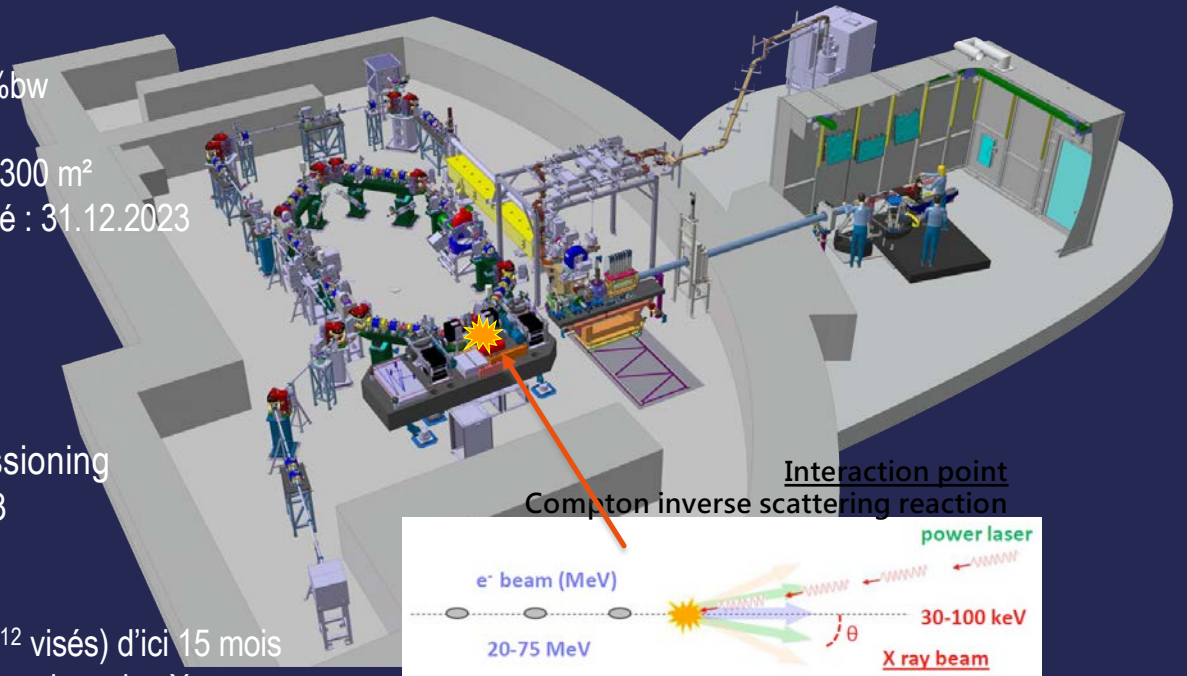
Statut du projet

Démonstrateur installé en commissioning

- ❖ Premiers faisceaux X en JUL-2023
- ❖ Première mondiale !

Calendrier 2024-25

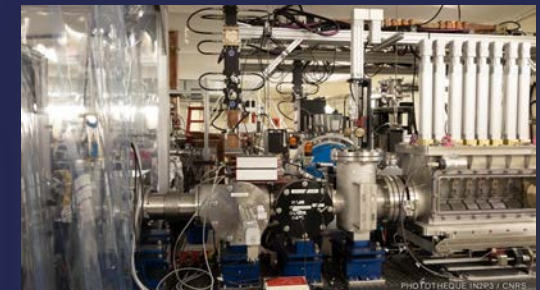
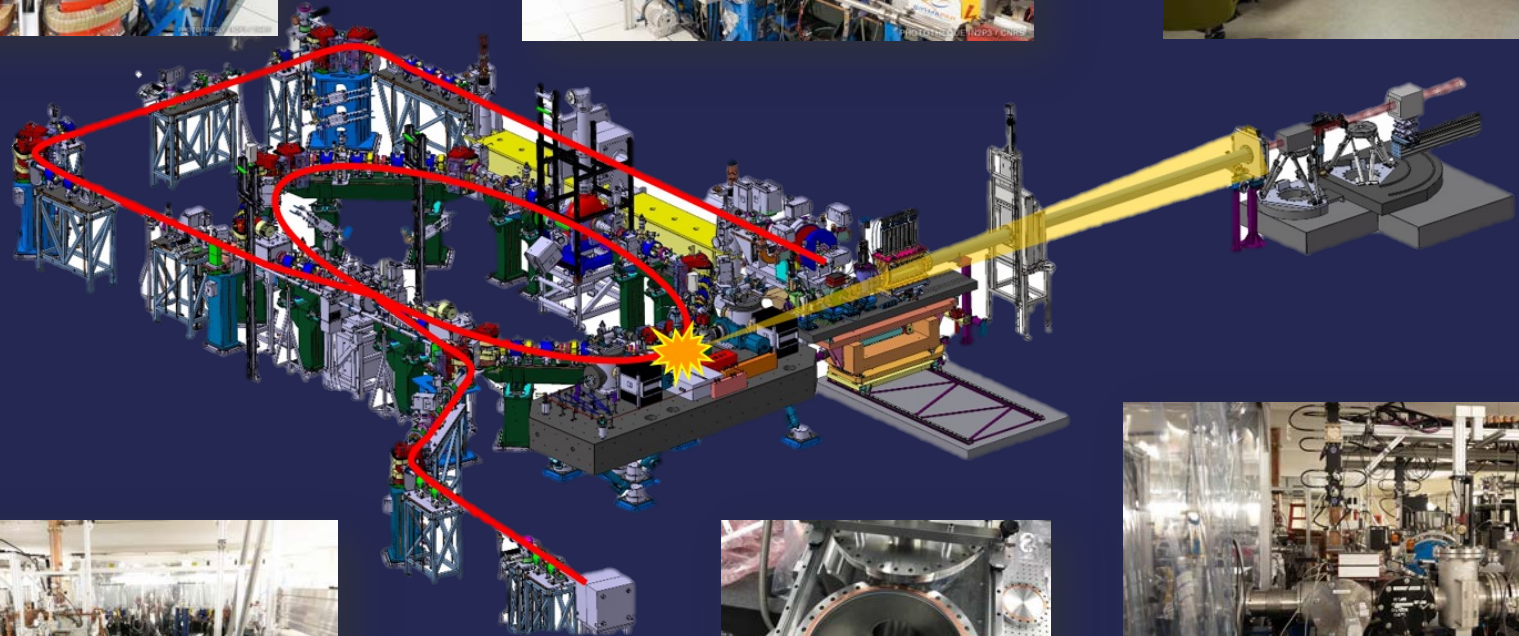
- ❖ Commissioning pour haut flux ($> 10^{12}$ visés) d'ici 15 mois
- ❖ Commissioning des équipements d'analyse des X
- ❖ Recherche de partenaires / utilisateurs en cours



Source-X compacte par Compton Inverse : Thom X



ThomX
*Light Source & Laser
Plasma Acceleration*



Le Contexte Européen : EuPRAXIA

EUROPEAN PLASMA RESEARCH ACCELERATOR WITH EXCELLENCE IN APPLICATIONS

EuPRAXIA
*Light Source & Laser
Plasma Acceleration*

Le programme Eu-PRAXIA vise la construction de deux sites majeurs accueillant un Accélérateur LP :

- ❖ electron-beam-driven plasma wakefield acceleration (INFN)
- ❖ laser-based plasma wakefield acceleration (TBD)

Il s'appuiera sur une petite dizaine de centres d'excellence en Europe (1 en France) dont le contour est en voie de définition



La position de la communauté dans EuPRAXIA

Sratégie CNRS basée sur 2 projets :

PALLAS

Injecteur laser-plasma 10 Hz, 150 MeV @ Orsay

- ❖ Utilisation de LaserIX pour une installation laser-plasma
- ❖ Développement de cible plasma (cellule plasma)
- ❖ Validation du multi-staging et contrôle de LPI

LAPLACE

Développement du LPA et ses applications

- ❖ Source à haut taux de répétition (100Hz)
- ❖ Développements issus Laser à Electrons libres
- ❖ Validation qualité-faisceaux, etc...

EuPRAXIA
*Light Source & Laser
Plasma Acceleration*



Feuille de route française

Actuellement en cours de définition avec le CEA et le ministère

- ❖ Positionnement du CEA/CNRS dans le programme EuPRAXIA (phase d'implémentation)
- ❖ Discussion avec le ministère d'ici la fin de l'année
- ❖ Principaux laboratoires de l'IN2P3 et de l'INP (CNRS)
IJCLab et LLR LOA, LULI, LPGP
- ❖ Principaux industriels
Thales, Amplitude, ImagineOptic, SourceLab, PHASICS, FastLite, FemtoEasy ...

Projet PALLAS

Injecteur laser-plasma électron 10 Hz, 150 MeV

- ❖ Conception et construction Injecteur laser plasma
- ❖ Plateforme IJCLab LaserIX (40 TW – 10 Hz)
Développement de cible plasma (cellule plasma)
Test et validation du multi-staging et du contrôle
- ❖ Budget : AP IN2P3, PACIFICS, IJCLab, Orsay

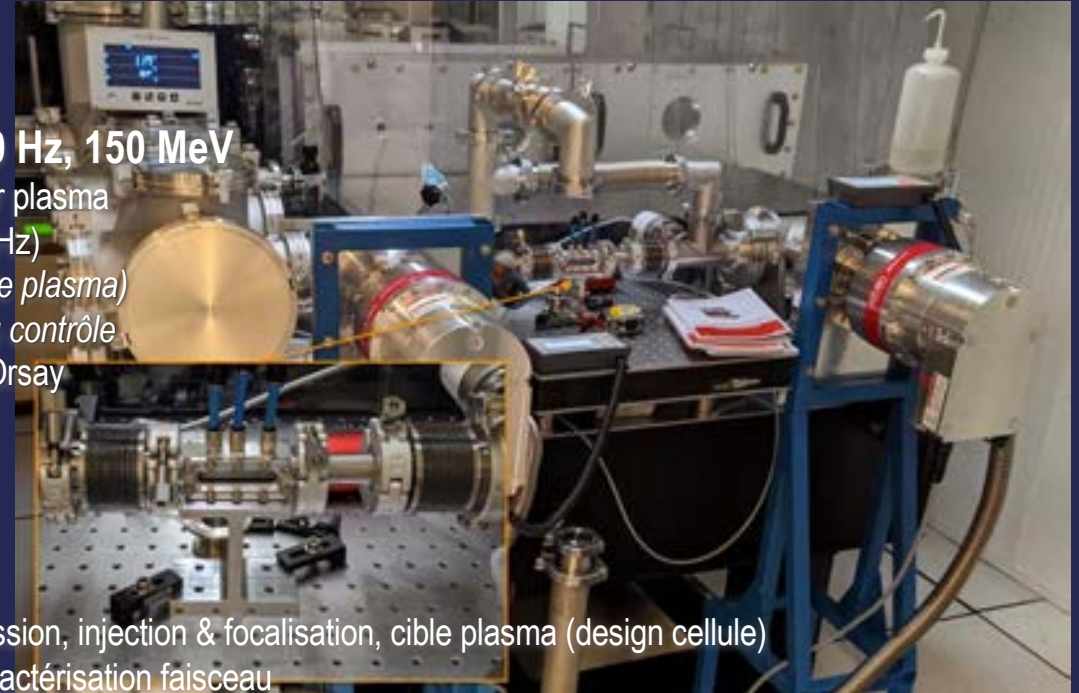
Phasage du projet

Phase-1 (2020-2026)

- ❖ Construction de transport laser, compression, injection & focalisation, cible plasma (design cellule)
- ❖ Design et construction de la ligne de caractérisation faisceau
- ❖ Implémentation d'une section focalisante à la sortie du plasma vers la ligne faisceau électron
- ❖ Upgrade du Laser Driver (intensité), réglage LWFA & optimisation; contrôle rétroactif surligne électrons
- ❖ Amélioration/contrôle de la qualité du faisceau d'électrons à la sortie de cellule plasma

Phase-2 (2026-2030)

- ❖ Implémentation d'une ligne de transport pour injection dans une 2ème stage
- ❖ Contrôle du LPI + *Simulation SMILEI PIC code (simulation LWFA, cible plasma, diagnostics faisceau)*



PALLAS

Light Source & Laser
Plasma Acceleration

PALLAS and EuPRAXIA

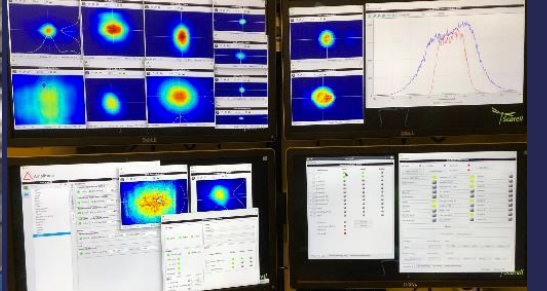
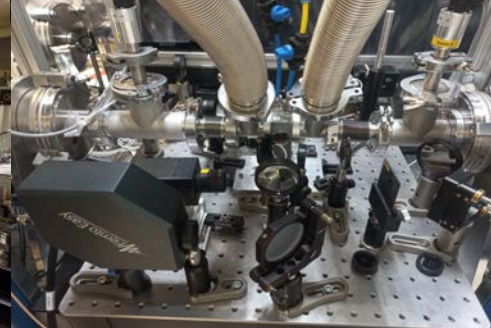
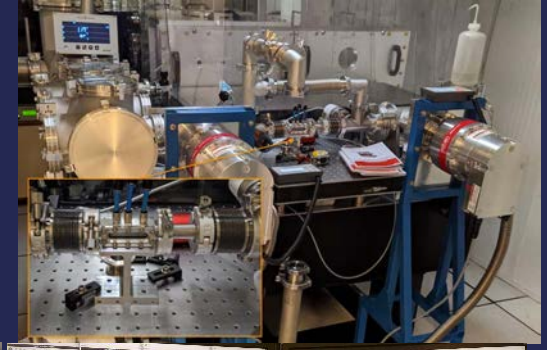
PALLAS Light Source & Laser Plasma Acceleration



PMultibeam platform LaserX @ Orsay



Test bench for plasma cells



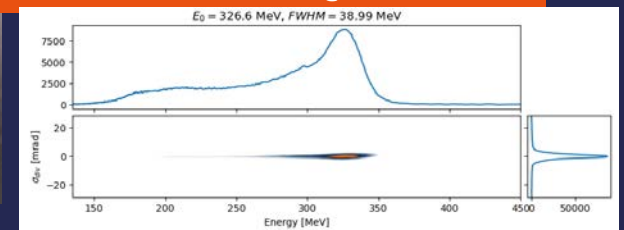
Laser Monitoring & Control



Plasma cells tested @ APOLLON



...first accelerated electrons @ APOLLON



Programme de Recherche LEPC

Lepton Accelerators for future Colliders

Futur Collisionneurs (LEPC)

Objectifs scientifiques

Conception d'accélérateurs pour les futurs collisionneurs

- ❖ e-e⁺ : production, stabilisation, nano-faisceaux, sources de positrons source, polarimétrie,
- ❖ Conception de cavités SRF, luminosity monitoring, dynamic pressure (hh) etc..
- ❖ Réutilisation de l'énergie (Energy Recovery Linac)

Structuration & organization

Future Lepton Colliders R&D's

FCC-NPC (A. Faus-Golfe)

- ❖ Production et stabilisation de nanofaisceaux, contrôle et positionnement
- ❖ Mesure de luminosité et compréhension des fonds aux points de collision
- ❖ Sources de positrons de haute intensité
- ❖ Polarimétrie laser
- ❖ Etudes de vide/pression dynamique et matériaux
- ❖ Etude de techniques anti-multipacting pour le SRF

– IJCLab, LAPP, LPSC –

Energy Recovery Linac (W. Kaabi)

- ❖ iSAS, PERLE : Cryomodule for ERL
- ❖ EIC* ... en discussion avec la direction de EIC

– IJCLab, LPSC –

LEPC

Future Colliders

Future Circular Collider : FCC-ee

Feuille de route vers le projet FCC (ee)

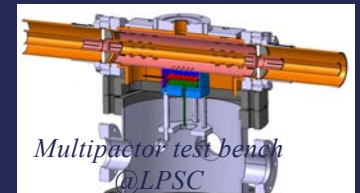
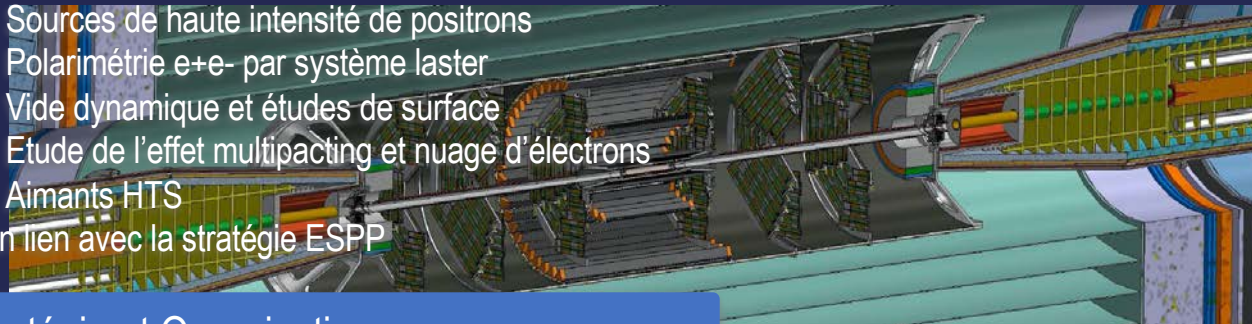
Axes de recherche en France

- ❖ Nanofaisceaux handling
 - ❖ Stabilisation de nanofaisceaux et positionnement/suivi
 - ❖ Luminométrie et fonds
 - ❖ Sources de haute intensité de positrons
 - ❖ Polarimétrie e+e- par système laster
 - ❖ Vide dynamique et études de surface
 - ❖ Etude de l'effet multipacting et nuage d'électrons
 - ❖ Aimants HTS
- ... en lien avec la stratégie ESPP

Stratégie et Organisation

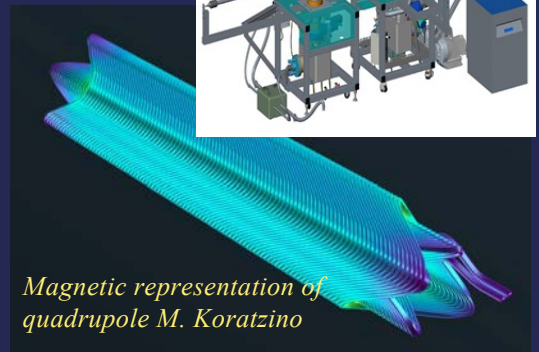
Réorientation progressive vers le projet FCC

- ❖ Personnels en croissance (15 FTE)
 - Priorité volontariste vers FCC
 - Adaptation lorsque pertinent des activités ILC/ATF vers FCC
- ❖ Activités nourries par les implications passées et présentes
 - SuperKEK B (luminométrie)
 - ATF-2 and ATF 3, CLIC (nano-faisceaux)
 - PSI (sources de positrons)



Multipactor test bench
@LPSC

SEY meas at IJCLab (dyn.
Vacuum and materials)



Magnetic representation of
quadrupole M. Koratzino

Energy Recovery Linac : PERLE

Objectif scientifique

Démonstration d'un ERL de puissance avec recirculation

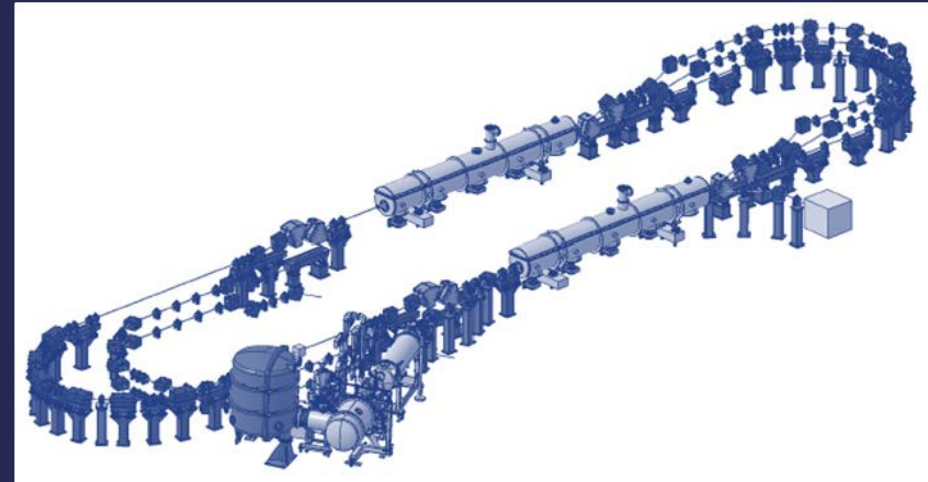
- ❖ Un passage obligé pour les systèmes accélérateurs durables
 - ❖ Réutilisation de 90% de l'énergie RF
- ❖ Un des 5 piliers de la feuille de route européenne R&D de la ESPP
 - ❖ Concept ERL envisagé pour LHeC, FCC or even FCC-HH
 - ❖ Démonstrateurs européens : bERLinPro et PERLE
- ❖ Machines inscrites dans le paysage des installations existantes et à venir
 - ❖ S_DALINAC (Darmstadt), CBETA (Cornell), MESA (Mainz), CEBAF ...
 - ❖ ERL pour refroidissement par faisceau d'e pour EIC en 2030

PERLE
Future Colliders

Design

L'expérience PERLE (250/500 MeV)

- ❖ Schema actuel avec 2 LINACs SC
 - ❖ 4 x 5-cell 801.58 MHz LINAC SC CM
- ❖ Energie faisceau de 500 MeV
 - ❖ 3 arcs de re-circulation (160 MeV/tour)
 - ❖ Courant moyen : 20 mA
 - ❖ Puissance : 10 MW



Energy Recovery Linac : PERLE

Collaboration internationale

- ❖ CDR élaboré avec un ensemble de partenaires
Jlab, Liverpool, CERN, Cornell ...
- ❖ Technical Detailed Report (TDR) de PERLE attendu pour 2025
Design Machine, beam dynamics, main systems design etc...
Focalisation sur l'optimisation de l'injection et le design des CryoModules (cavités, HOM, coupleurs..)
Etudes de sûreté pour installation des infrastructures

Financement de l'expérience

Financement pour 1 LINAC SC, 1 tour

- ❖ Financement **INFRATECH iSAS (5M€)** -- CM design & HOM --
with ESS, CERN, DESY, HZB + INFN, CEA...+ industriels
 - ❖ Financement IN2P3 en soutien de iSAS : 1 M€
 - ❖ Financement CNRS : **3,0 M€** (*Mission du Programme National « recherche à risque »*)
 - ❖ Financement régional : **2 M€** (Infrastructures)
- Configuration avec 2 LINAC SC, multi-tour à mettre en place
- ❖ Définition de contributions (in-kind, autres) auprès de partenaires internationaux

PERLE

Future Colliders

Electron Ion Collider : EIC

Contribution to EIC accelerator construction : the RCS Cryomodules

Volonté de contribuer à la construction d'un élément important du dispositif accélérateur

- ❖ Le Rapid Cycling Synchrotron utilisé dans le refroidissement du faisceau de hadron
- ❖ Utilise la synergie existante entre JLab/BNL sur des développements SRF communs

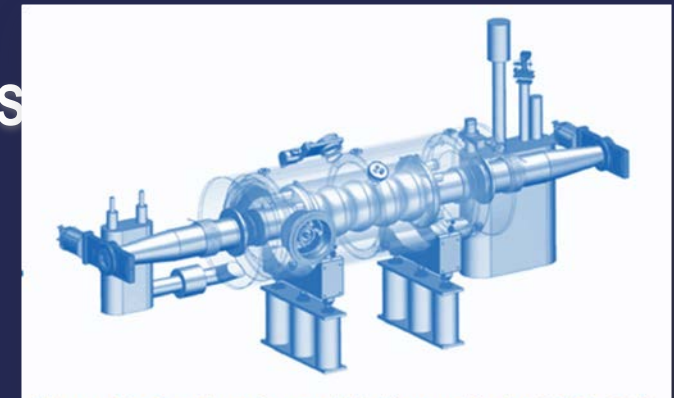
Projet soumis au ministère avec le CEA

- ❖ 40 M€ CEA/ IRFU et CNRS/IN2P3
- ❖ Detector + accélérateur (CEA : magnet, spin rotators)

Construction de 4 cryomodules SRF pour le RCS

591 MHz 5-cell cavities, power coupler and tuner from EIC designs

- ❖ Cryomodule and associated tooling designs by CNRS/IN2P3
- ❖ Fabrication of all components by CNRS/IN2P3
- ❖ Assembling and components testing by CNRS/IN2P3
- ❖ Qualification/validation of SRF components at 2K by CNRS/IN2P3
- ❖ Shipping and transfer to BNL by CNRS/IN2P3



Cost Estimate

Investments (M&S): 15.4 M€

Manpower : 360 m.m / 2.9 M€



EIC

Future Colliders



Conclusion

Conclusion et Perspectives

IN2P3

Conclusion & perspectives

Stratégie élaborée à partir de nos prospectives et de la feuille de route européenne

- ❖ En vue de développer une implication dans les projets majeurs en PP et PN
- ❖ En vue d'accroître les activités de R&D pour les enjeux majeurs du domaine (SRF, HTc, ERL)
... en assurant la structuration de la communauté et en apportant un soutien financier et RH significatifs

Des axes prioritaires de R&D clairement identifiés

❖ Basés sur des expertises et compétences reconnues

Autour d'infrastructures internationales (CERN, ESS, PIP-II, MYRRHA...)

Autour de projets internationaux (DUNE/PIP, FCC-NPC, EIC, FCC-hh..)

Dans le cadre de techniques et matériaux compatibles avec la transition écologique

❖ S'appuyant sur un réseau de plateformes

Infrastructures nationales, installations labellisées, plateaux techniques)

❖ Orientés vers le futur de nos disciplines

Développer les implications dans les projets accélérateurs liés à FCC ee et hh, eh,

R&D dans le domaine SRF, Accélération Laser-Plasma et ERL

R&D dans le domaine de la production d'ions stables et radioactifs (breeders, sources, cibles, laser)

Explorer l'usage de l'IA dans les accélérateurs : opération, fiabilité, design, analyse données)