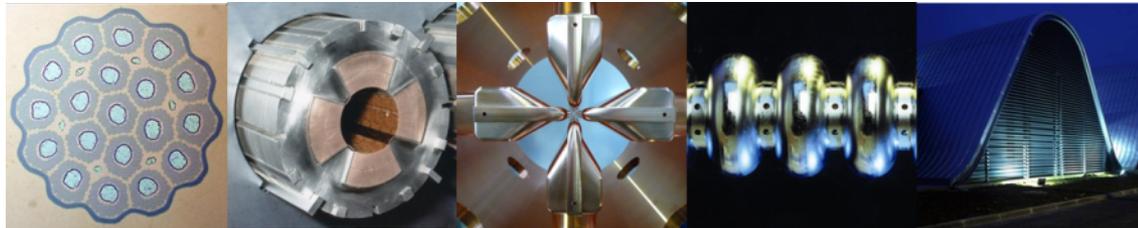


FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea



www.cea.fr



Rencontres Accélérateurs de la SFP

20 septembre 2016
GANIL (Caen)

Vision et Prospective CEA

O. Napoly

Direction de l'Irfu

Anne-Isabelle Etienvre
Assistante de direction : **Josiane Parnas**
Adjoints : **Nicolas Alamanos**
Marie-Cécile Aubert

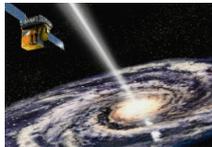
Larsim
Laboratoire de recherche sur les sciences de la matière
Etienne Klein

Assistants

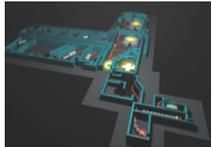
QSE*	Erick Blanchard
Projet	Emmanuelle Bougamont
Communication	Sophie Kerhoas-Cavata
Budget	Nathalie Judas
Europe	Sylvie Leray
Partenariats industriels	Christine Porcheray
Ressources Humaines	Christine Tiquet

Chargés de mission

Calcul intensif & simulation	Allan-Sacha Brun
Evaluation	Pascal Debu
Sécurité	Erick Blanchard
Moyens de calculs	Shebli Anvar
Formation par la Recherche	Jérôme Rodriguez



SAP
Service d'Astrophysique
Anne Decourchelle
Adjoint : **Pascale Delbourgo**

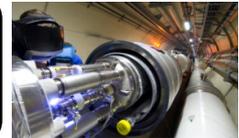


SPhN
Service de Physique Nucléaire
Franck Sabatié
Adjoint : **Jacques Ball**

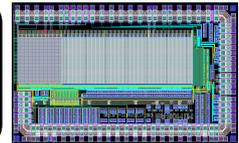


SPP
Service de Physique des Particules
Gautier Hamel de Machenault
Adjoint : **Georges Vasseur**

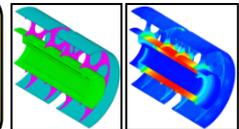
SACM
Service des Accélérateurs,
de Cryogénie et du Magnétisme
Pierre Védrine
Adjoints : **Ph. Brédy / O. Napoly**



Sedi
Service d'Electronique, des Détecteurs
et de l'Informatique
Eric Delagnes
Adjoint : **Philippe Bourgeois**



SIS
Service d'Ingénierie des Systèmes
Christian Veysièrre
Adjoint : **Frédéric Molinié**



* Qualité, sécurité, environnement et patrimoine



Direction : P. Védrine
Adjoint : P. Brédy, O. Napoly



CSTS :
Président
A. Chancé



LEAS
JM. Rifflet, A. Payn

Les Aimants supraconducteurs : détecteurs et accélérateurs



LEDA
J. Schwindling, R. Gobin

Les Accélérateurs de particules : électrons et hadrons



LCSE
P. Brédy, C. Mayri

La Cryogénie, les stations de test et la contribution au programme ITER & BA



LISAH
C. Marchand, O. Piquet

Systèmes accélérateurs et hyperfréquences



LIDC2
C. Madec, J.P. Charrier

Intégration et développement des cavités et des cryomodules



Assurer le succès des grands projets confiés à l'Irfu :

Spiral 2, Iseult, XFEL, IFMIF, FAIR, JT60 SA, ESS, SARAF ..

Développer dans chacun des 5 laboratoires notre activité R&D.

Renforcer nos collaborations avec le CERN pour le projet HL LHC (dynamique faisceau, RF et cryomodules, aimants supraconducteurs; ..)

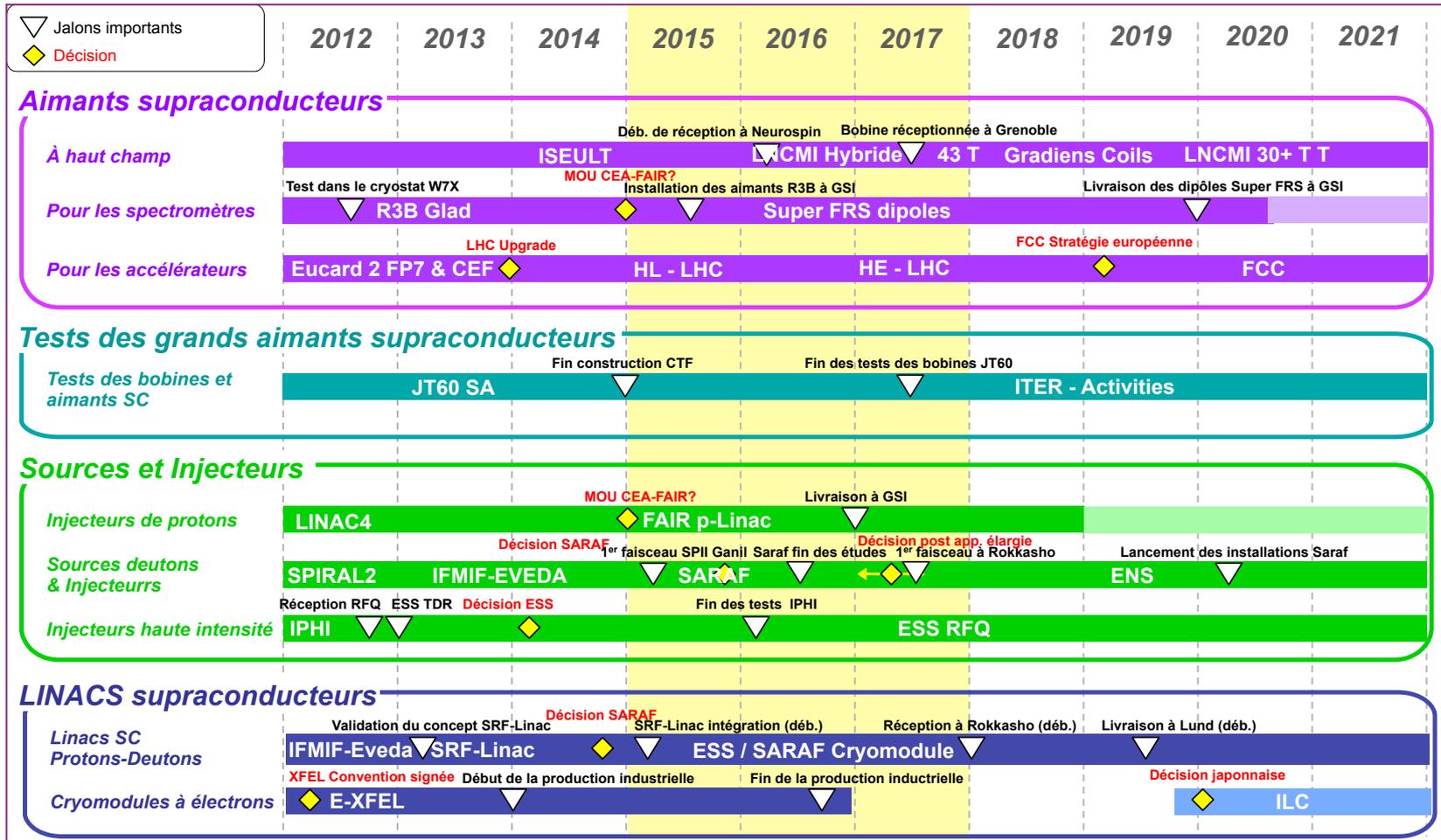
Développer notre implication dans les **études pour les futurs accélérateurs** (Cilex, EuPraxia, ILC, FCC, sources de neutrons, DONES ...)

Préparer les futurs projets dans le **domaine des aimants à haut champ** (LNCMI, champs intenses) et **les applications médicales** (IRM, Gantry).

Assurer l'opération, la maintenance et le développement des plateformes d'assemblage et d'essais au service de la R&D et de l'innovation

Développer notre rôle dans la fusion : R&D pour ITER (Demo) et ingénierie des tests PF Iter

Développer notre rôle dans le domaine de l'énergie (ADS MYRTE, éolien, etc...)

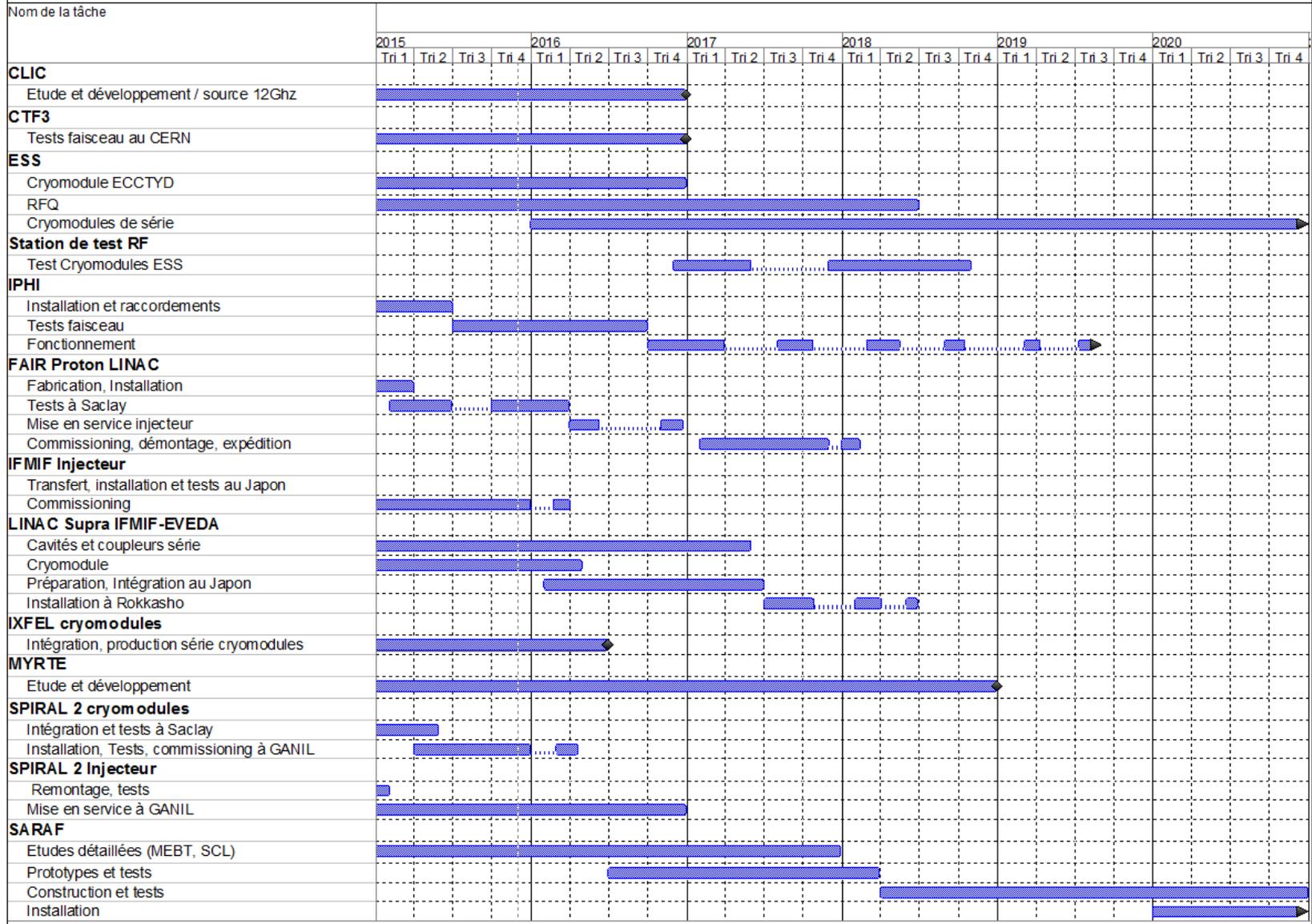


ROADMAP SACM ACCÉLÉRATEURS



Accelerator Road Map

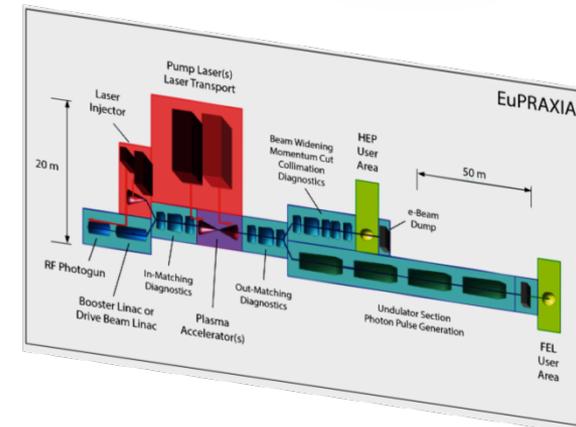
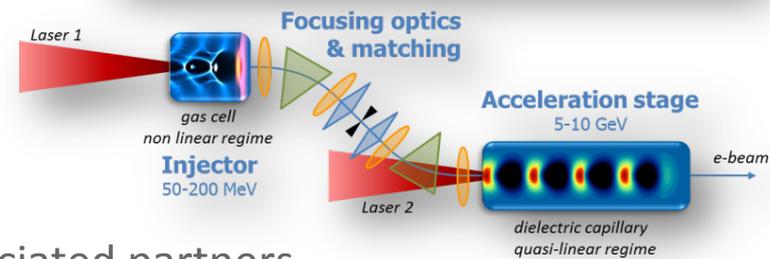
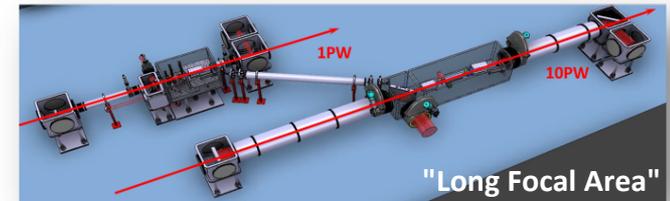
Jeu 26/11/15



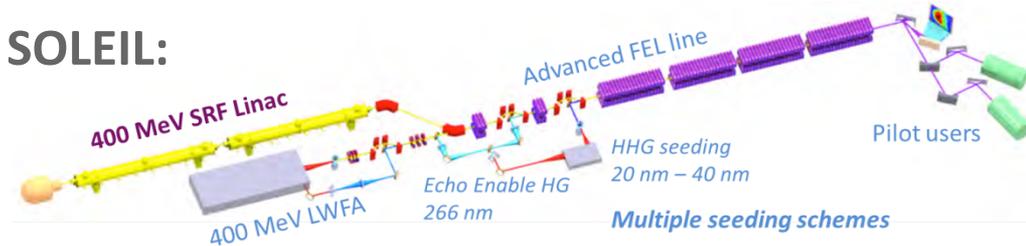
- Le Campus Paris Saclay est un pôle mondial sans équivalent dans le domaine des cryomodules RF.
- Le CEA/Irfu est un acteur majeur dans le domaine des tests à froid des aimants supraconducteurs à haut champ et/ou de grande taille, et un collaborateur privilégié du CERN dans le domaine des aimants accélérateurs supraconducteurs.
- La stratégie principale du SACM est de consolider ces deux pôles, adossés sur des compétences et des moyens cryogéniques importants, en relançant et renforçant les activités de R&D.
- La 'faisceauologie' doit rester un pôle de compétence fort pour comprendre et intervenir dans les projets: le SACM cherche à le renforcer par des développements de diagnostics faisceau RF et non-interceptifs.

IRFU/SACM is engaged in new e^- acceleration techniques

- Potential in energy demonstrated (ex. LBNL 4.25 GeV in 9 cm long capillary)
- Effort now focused on high quality beam production and usable for applications
- **Apollon-Cilex facility**
 - e^- LPA demonstrator with multi-PW lasers
 - R&D: plasma structures (gasjet, gas cell, capillary) internal injection, single stage, 2-stage scheme with e-beam characterization
 - SACM: Participation to "Groupe Projet LFA" in charge of transport and analysis beamlines
- **EuPRAXIA**: 16 Labs of 5 EU member states + 18 associated partners
 - EU Design study for accelerator up to 5 GeV
 - Two pilot applications: beam test for HEP detectors, FEL
 - Strong French Involvement: all partners of CILEX
 - SACM: WP2 coordinator (Physics & Simulation) and WP5 deputy-coordinator (e- Beam design & optimization)



- In the context of LUNEX5 project at SOLEIL:
to investigate the production of short, intense, coherent pulses in the 4-40 nm spectral range



- The LUCRECE project

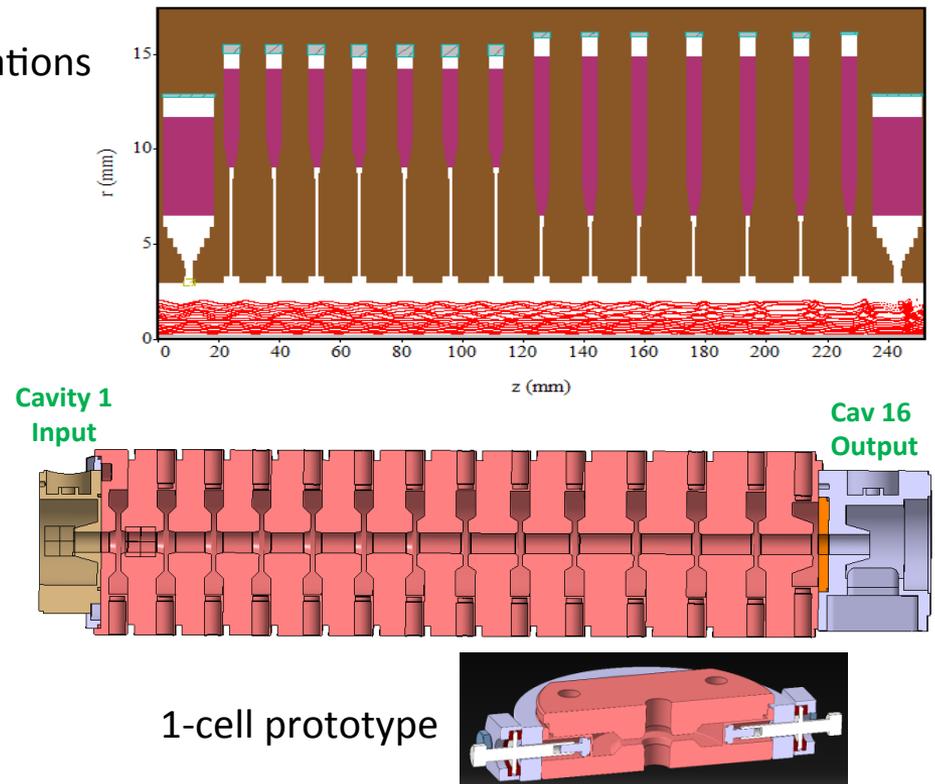
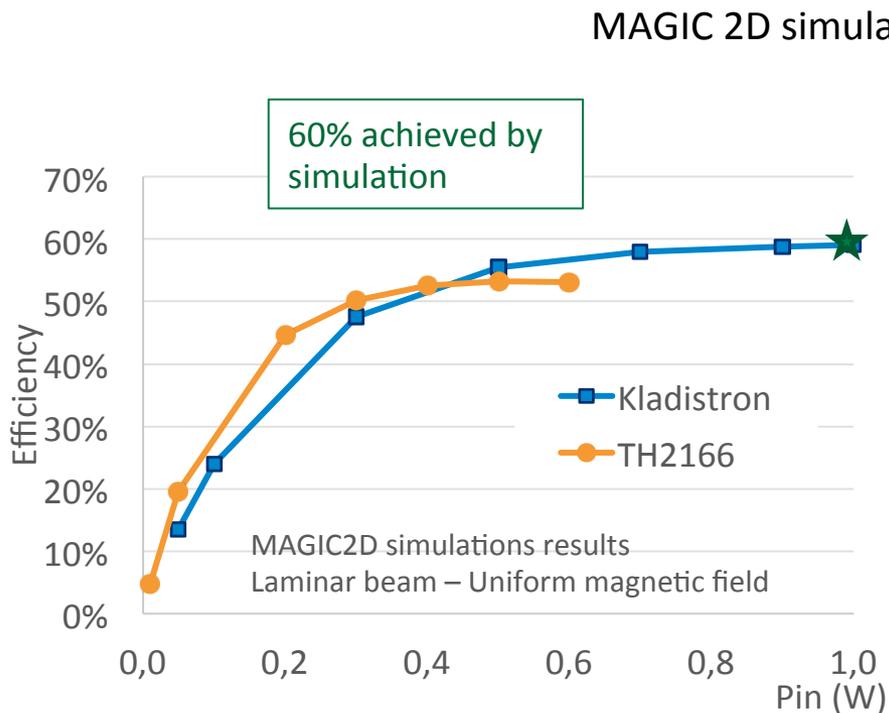
- Objective: to develop a complete RF system unit (cavity, power source, LLRF and controls) suitable for CW operation at 1.3 GHz in VUV-X Rays femtosecond FEL based light sources at high repetition rate
- Partners: 3 laboratories (SOLEIL, CEA/IRFU, LAL) and 3 industrial partners (Sigmaphi Electronics, Alsyom, Thales)
- IDF region grant (Sesame) for hardware procurement

- Description of tasks

- **Task 1:** Cavity and its accessories, preparation and tests (CEA/IRFU & SOLEIL): 9-cell cavity and HOM couplers design, manufacturing follow-up; tuner manufacturing follow-up and integration; Preparation and tests in Vertical Cryostat
- **Task 5:** Integrated RF Test in CryHoLab (CEA/IRFU & SOLEIL & LAL)
- **Task 6:** Study of the TESLA cryomodule upgrade for CW operation (CEA/IRFU & ALSYOM)

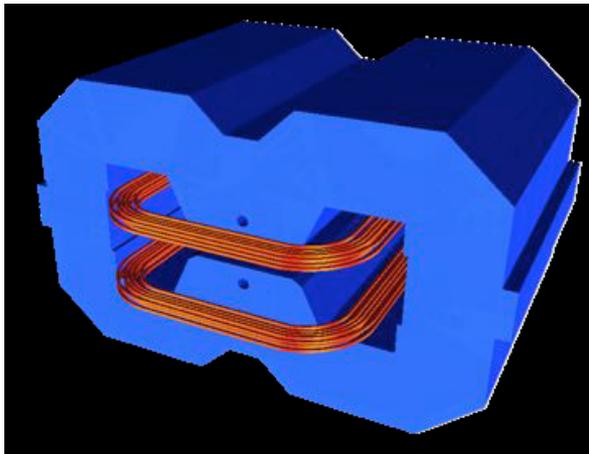
PROSPECTIVE: EFFICIENT RF SOURCE 'KLADISTRON'

- High-efficiency klystron with a large number of cavities working on the usual TM_{010} mode: inspired by RFQ, this architecture leads to a smoother bunching and thus to a higher efficiency due to better electron transmission in the output cavity.
- We are working on the design of a 12 GHz klystron with very high efficiency (70%)
- We will build a "kladistron version" of an existing klystron from Thales (TH 2166, 4.9 GHz, 50 kW, 6 cavities) to give a proof of principle on this new concept, with the objective of 60% efficiency. It includes 16 cavities in the same interaction length



Global project (magnetism and cryogenics) of magnet design with HTc superconductor and innovating cryogenic cooling at 77 K (LN₂):

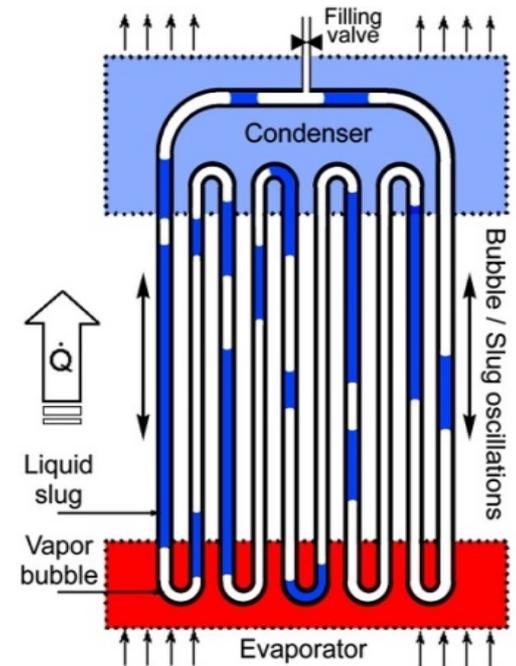
- Objectif : development of a superferric magnet with planar coils
- Application : upgrade of CERN PS using YBCO (@ 2T in pulsed mode) with « Cryogenic Pulsed Heat Pipe » LN₂ cooling



PS dipole design



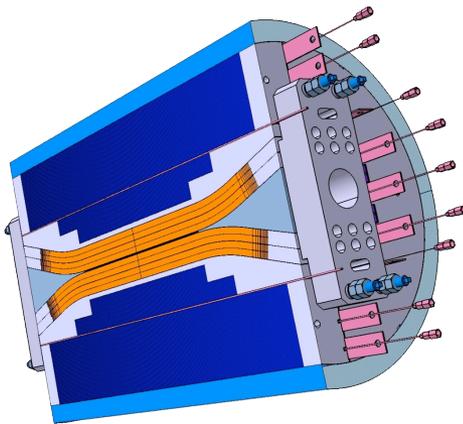
Roebel cable made of HTS tapes



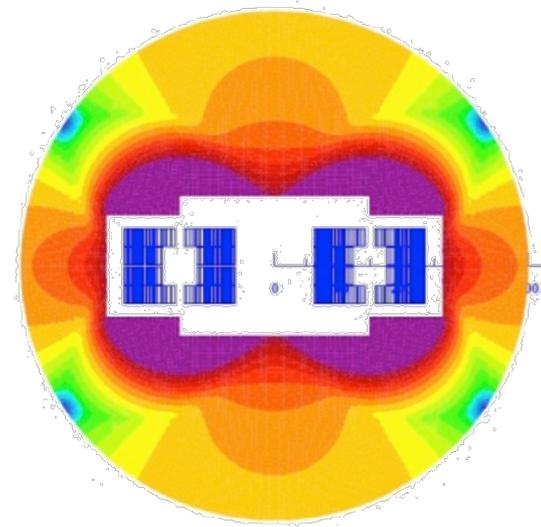
Concept of
PHP capillaries

Design of superconducting Nb₃Sn magnets :

- Gain advantage from the know-hows acquired during Iseult solenoid construction: double pancake winding technology, quench protection and pressure rise modelling in case of quench with 1.8 K superfluid He.
- Applications : 16 T accelerator magnets (FCC dipoles), medical imagery (Iseult v2.0)



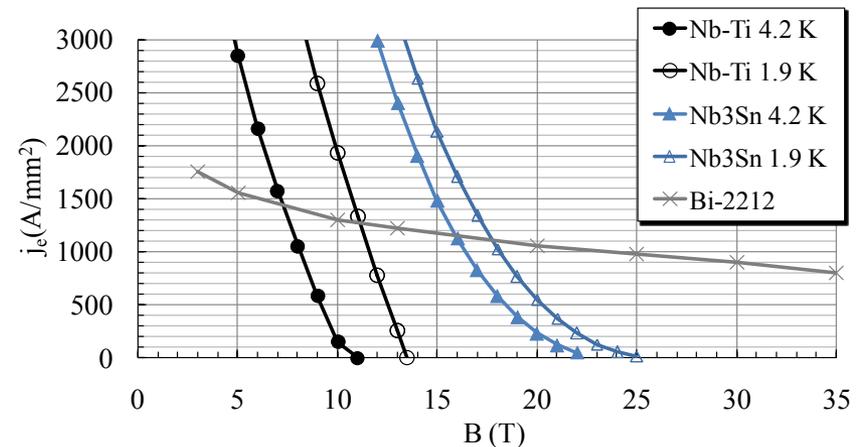
FRESCA Nb₃Sn magnet



FCC dipoles: block design with hybrid coils
E. Todesco, 2013

Design of MgB₂

- Objective : replace NbTi, limited to 7-8T @ 4K, and 12-13 T @ 1.8K in its application domains but at 10 K
- Applications : detector upgrades (CMS, FCC), gantry for hadrontherapy, 10-15 MW superconducting wind turbines



Design of high field magnets (20 T or more):

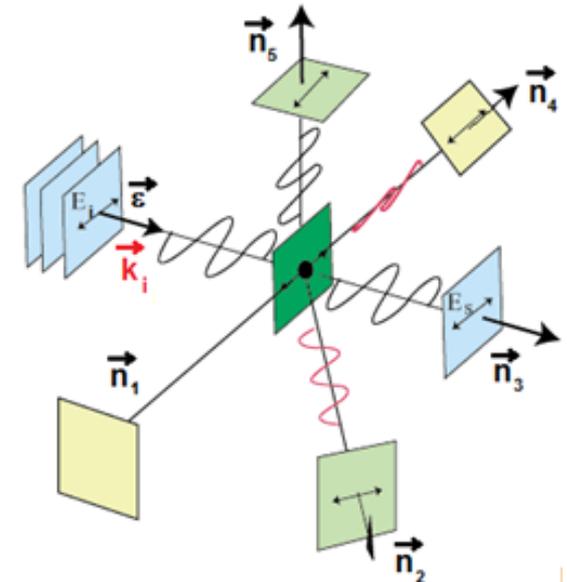
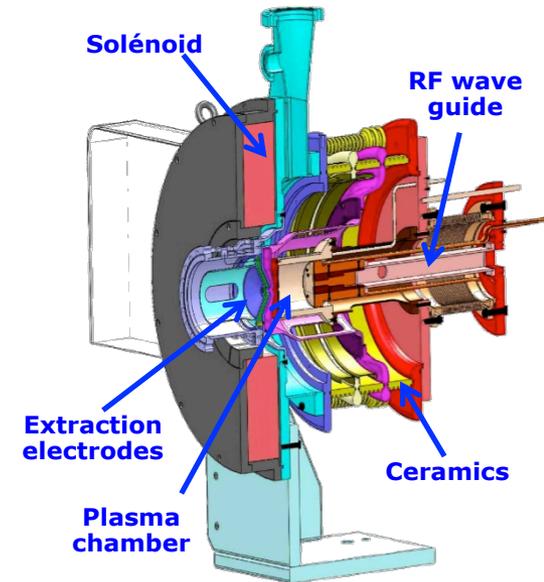
- YBCO/REBCO winding without insulation as a way to solve the fundamental problem of the quench protection.
- Influence of field gradient on the magnet cooling (coolant flow, critical heat flux)

ALISES H⁺ Source

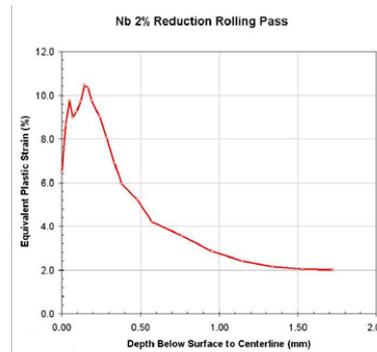
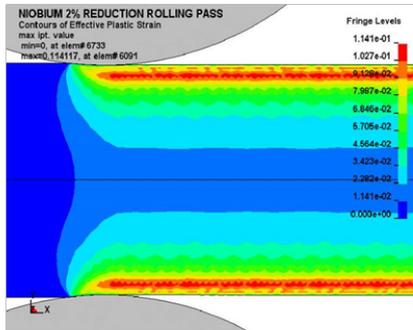
- ✓ ECR light ion source (2.45 GHz)
- ✓ Single solenoid for ERC resonance and beam focalisation
- ✓ Grounded solenoid and short extraction length
- ✓ Simple geometry

Investigation means for higher RF coupling efficiency and larger beam current:

- ✓ Variable length of plasma chamber
- ✓ Tuneable RF injection
- ✓ Plasma diagnostics, e.g. density, H⁺ and e⁻ temperature
- ✓ Beam tests on BETSI facility
- ✓ Already several evolutions of the source design
- ✓ One PhD Thesis, and one PhD proposal



- Une plus grande densité de dislocation a été récemment incriminée au niveau :
 - De l'apparition de points chauds sur des cavités en fonctionnement
 - De l'apparition de précipités d'hydrures en plus grande densité
 - Dans la sensibilité au piégeage du champ magnétique terrestre
- La couche écrouie à éliminer semble provenir essentiellement du laminage
 - Elle ne semble pas complètement éliminée par les traitements chimiques



Simulation éléments finis d'une réduction d'épaisseur de 2% pour une tôle de 3.5 mm avec des rouleaux de 1 cm diamètre. Les contraintes sont concentrées dans la région près de la surface (rouge). Les contraintes locales peuvent excéder d'un facteur 5 la contrainte moyenne (Courtesy Non-Linear Engineering, L.L.C.).

*[R. Crook et al, Black Laboratory] &
http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/srf2009/posters/tuppo071_poster.pdf*

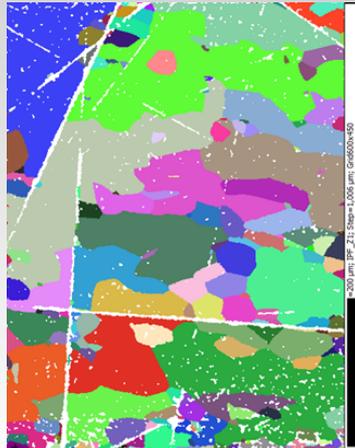
- Polissage Mécanochimique :
- Objectif : remplacer les longues heures d'EP par un poli mécanique initial des tôles
 - 1^{ère} étape: vérifier qu'on peut polir sans réintroduire de nouvelle couche écrouie
 - Fait sur échantillon !!! (Collaboration SOMOS):
 - A développer sur des tôles + grandes »
 - 2^{ème} étape : vérifier que la fabrication (mise en forme, soudures BE) ne ramènent pas des dislocations « irréparables »
- L' Electropolissage est toujours nécessaire, mais seulement en étape finale < 10 µm

Surface de la tôle



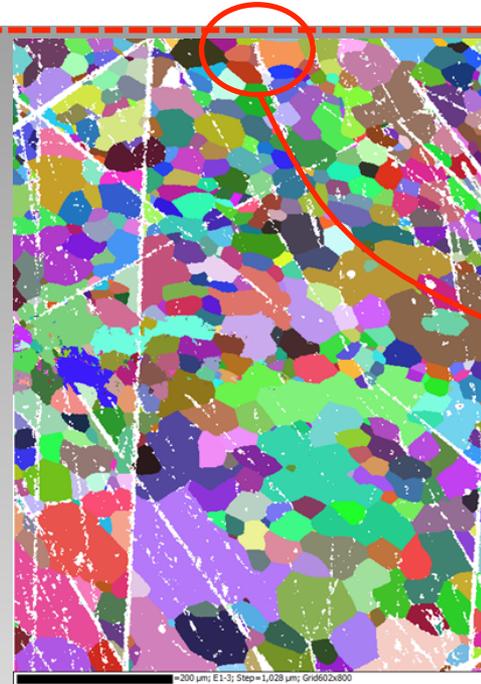
En surface Les grains sont petits, distordus (sur une épaisseur > 250 μm).
NB Les zones en blanc sont tellement déformées qu'elle ne diffractent plus les e-

200 μm

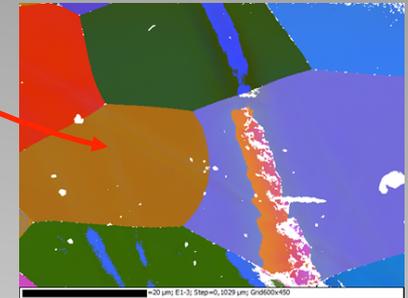


A cœur: les grains sont assez grands, légèrement allongés
NB il reste des rayures et de dommages dus à la préparation de cette coupe (<<100 nm)

Tôle à réception



Surface: les grains ont l'air homogènes en taille, on obtient une bonne diffraction partout sur l'échantillon



20 μm

Détail de surface : à part sur la rayure, les grains sont bien uniformes en couleur (même orientation partout)

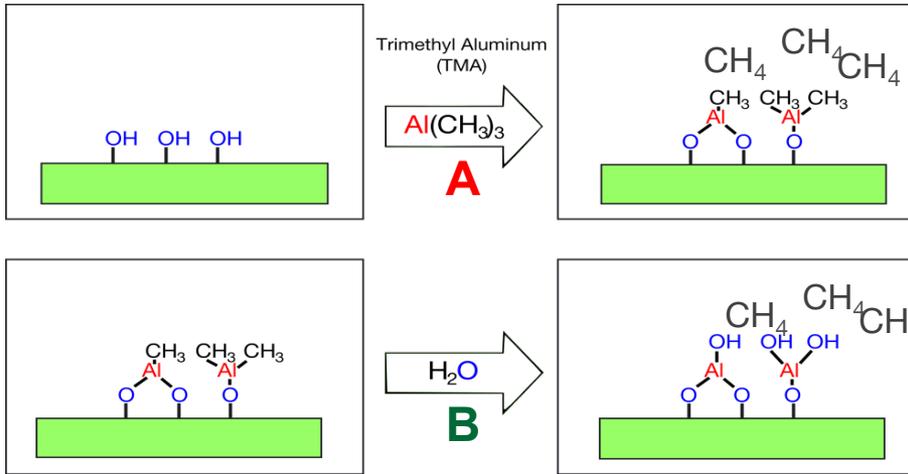
**Après polissage
2 étapes
20 + 25 min
(Collaboration avec
SOMOS
300 μm enlevés)**

But : enlever la couche écrouie avant mise en forme des cavités + développer un procédé industrialisable

SCRF : ATOMIC LAYER DEPOSITION (ALD)

ALD est une technique de synthèse de film mince basée sur des réactions chimiques de surface auto-limitantes et séquentielles entre des précurseurs sous forme vapeur. Le dépôt se fait couche atomique par couche atomique.

Principes



Un cycle de réaction entre 2 précurseurs A et B donnent une couche atomique du matériau désiré: ici Al_2O_3

Avantages:

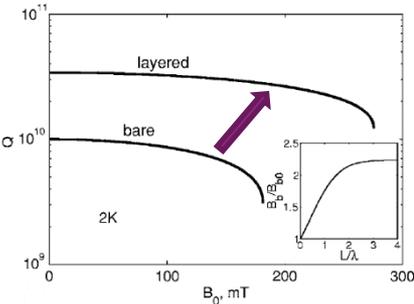
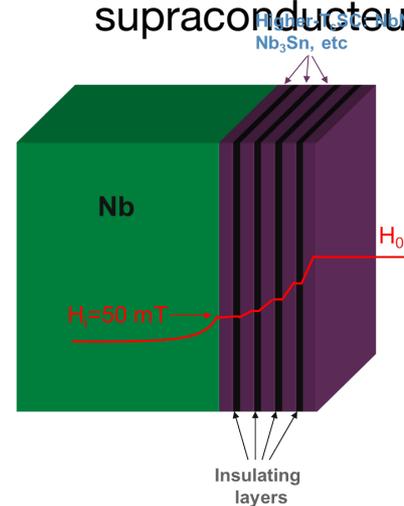
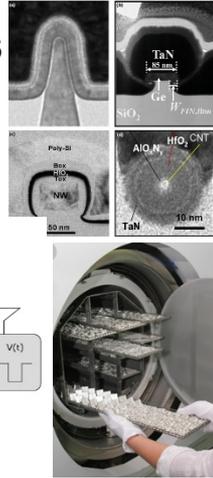
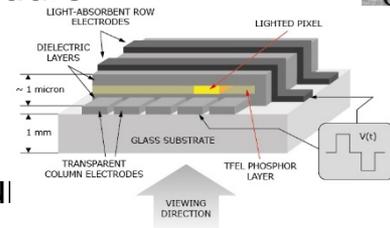
- Contrôle de la composition chimique et épaisseur au niveau atomique
- Films lisses, continus, et sans trous sur de larges surfaces
- Excellente conformalité sur des surfaces à géométrie complexes
- Large palette de matériaux disponible

Limites:

- Dépôt lent
- Nouveaux matériaux nécessitent de nouvelles chimies.

Applications

- Microélectronique
- Disques durs
- Optique
- Solaire
- Batterie
- Détecteur
- Catalyse
- Cavités SRF - multicouches supraconducteurs/isolant:



Ce sont les principaux axes de recherche: cette liste n'est pas exhaustive ni figée.

Le SACM est ouvert à de nouvelles idées et à de nouveaux développements,
et nous avons pour ambition d'être créateurs de nouveaux concepts.

Merci pour votre attention.