



Equipe de recherche MAVERICS

Matériaux pour Accélérateurs Vide dynamiquE et
Recherche Innovante pour Cavités Supraconductrices

Plateforme Vide & Surfaces



Pôle Physique des Accélérateurs



Composition de l'équipe / plateforme

1. **Responsable scientifique de l'équipe: G. Sattonnay (Pr)**
2. **Budget Annuel Soutien Equipe (hors budget projets): 9,5 k€**
3. **Composition de l'équipe:**

- **5 permanents :**

D. Longuevergne, CR
M. Fouaidy, IR
G. Martinet, CR
B. Mercier, IR
G. Sattonnay, Pr

- **2 post-doctorants**

O. Hryhorenko (Nov 2020-2022, financement IN2P3) (Polissage innovant pour cavités/traitements thermiques/nettoyage plasma)
S. Bilgen (Fev 2021- Nov2021, financement RP) (Vide dynamique, émission électronique secondaire, analyse de surface)

- **1 Doctorant:**

Y. PISI (Oct 2021-2024, financement CNRS 80Prime/SIMaP/LPSC)
(Exploration de Procédés d'Ingénierie de Surface Anti-Multipacting pour les Accélérateurs)

1. **Responsable de la plateforme : B. Mercier (IR)**
2. **Budget Annuel Soutien Plateforme (hors budget projets): 46,6 k€**
3. **Composition :**

- **3 permanents :**

Eric Mistretta, AI
Frédéric Letellier, AI
Denis Grasset, TCE



MAVERICS : Thématiques de recherche



- **Propriétés supraconductrices des surfaces** (résistance de surface et blindage magnétique des cavités SRF)
- **Vide Dynamique**
 - désorption stimulée
 - phénomènes collectifs (nuages d'électrons dans le LHC)
- **Modifications par irradiation** (électrons, photons, ions) des propriétés de surface des matériaux (émission électronique secondaire, désorption moléculaire, chimie de surface)

But : Améliorer les performances des accélérateurs de particules de haute énergie

		Cavités SRF		Lignes faisceaux / chambres à vide		
		Augmenter les gradients accélérateur Réduire les pertes RF	Limiter le multipacting	Limiter les augmentations de pression		
	Traitements de surface	Niobium massif : thermique, étuvage, dopage/ infusion N, polissage <i>(Projets HELOISE et PACCAS du MP SRF)</i>	Traitements thermiques, étuvage Conditionnement des surfaces Nettoyage plasma, UV			Traitements de surface
	Couches minces	Matériaux alternatifs : multicouches supraconductrices S-I-S <i>(Projet AXE SRF du MP SRF/ I-FAST)</i>	TiN <i>(Projet MULTIPAC du MP SRF + CNRS 80PRIME)</i> NEG <i>(MP NPC-FCCee)</i> , Carbone amorphe			Couches minces

→ Analyses de surface des matériaux → Plateforme Vide et Surfaces

- Participation à des projets de conception / construction d'accélérateurs du Pôle (ESS, MYRRHA, PIP-II)
- Participation au Groupe Transverse FATI (fabrication additive métallique) / Projet FABBAC



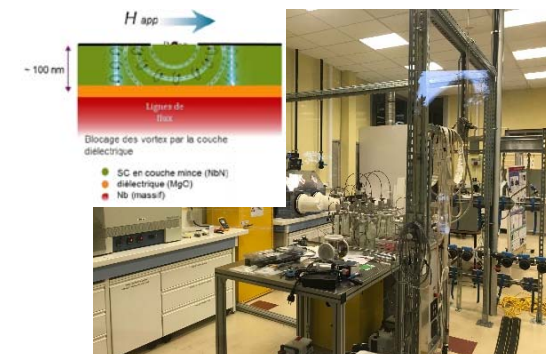
Coopérations/collaborations principales

Traitement thermique : dopage/infusion

IRFU
Desy (TTC)
CERN (via PERLE)
FNAL (PIP II)

Matériaux alternatifs au Nb, multicouches

IRFU

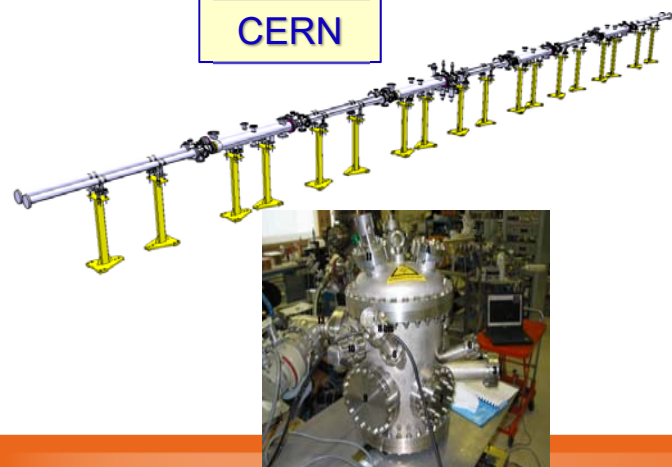


Projets

ESS
MYRRHA
PIP II
PERLE
FCC-hh/ee

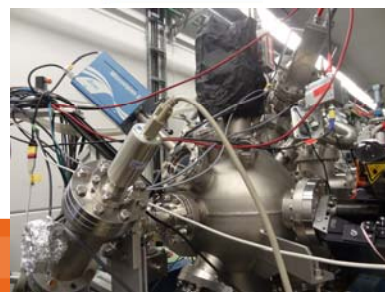
Vide dynamique

CERN



Désorption stimulée

CERN
GANIL
GSI



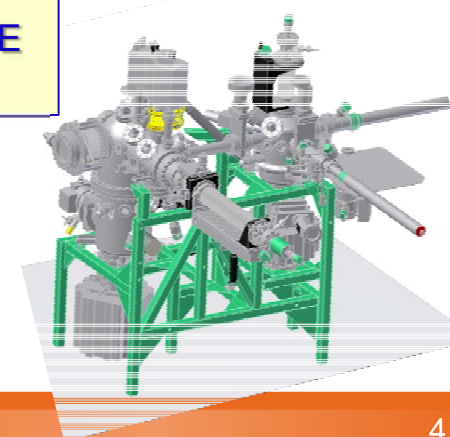
Multipacting

SIMaP
LPSC



Analyses de surface

ICMMO
ANDROMEDE
SCALP





Implication dans les projets

- Master Projet SRF (Cavités Supraconductrices RF) (D. Longuevergne)

- ▶ Technologie Niobium massif
 - ▶ **HELOISE & AXE SRF** (Sésame Collaboration IRFU) : R&D traitement thermique innovant (Infusion, dopage N₂)
 - ▶ **PACCAS & AXE SRF** : Procédé Alternatif pour la Construction de Cavités Accéléatrices Supraconductrices
- ▶ Matériaux alternatifs et multi-couches
 - ▶ **AXE SRF** : Dépôt de couche par ALD, traitement thermique, Analyse de surface
- ▶ Bancs d'essais et instrumentation dédiés
 - ▶ **HELOISE** : Bancs de mesure de conductivité électrique et thermique 1.6 K- 300K, Détection de quench
 - ▶ **MULTIPAC**: Ligne coaxiale résonnante (LPSC-Gomez Martinez) + Bâti SEY (IJCLab)

- Projet PIP-II (Proton Improvement Plan-II) (David Longuevergne)

- ▶ Conception en collaboration FNAL : Optimisation mécanique de la cavité SSR2, Optimisation thermique coupleur SSR, Optimisation tuner
- ▶ Prototypage : Optimisation traitement de surface et validation RF de 5/6 cavités, Commande de 4 coupleurs prototypes et de 5 tuners
- ▶ Série : Suivi de fabrication et traitement de surface de 33 cavités, Validation en cryostat vertical de 33 cavités

- Master Projet NPC (Next Particle Colliders) (Angeles Faus-Golfe)

- ▶ **NPC-Vacuum** (IJCLab-Mercier) : Study of dynamic pressure for FCC-hh/FCC-ee

- EQUIPEX+ PACIFICS Particle Accelerators Initiative for Future Innovative and Challenging Systems (S. Bousson)

- ▶ Innovative materials science for accelerators (IJCLab/IRFU) (**G. Sattonnay**)
- ▶ High-performing magnet science and technology (IRFU/IJCLab) (**M. Fouaidy**)

- NGCRYO (M. Fouaidy)

- ▶ Propriétés Thermiques dans le domaine sub-Kelvin



Autres activités

• Responsabilités hors projets (laboratoire, université, sites, comités, ..)

- G. Sattonnay: Coordinateur Master international mention Nuclear Energy
Responsable 3^e année ingénieur Matériaux par alternance à Polytech Paris Saclay
Membre nommé du Conseil de labo IJCLab
- B. Mercier: Membre du COPIL et référent formation du réseau national des technologies du vide (RTVide)
- D. Longuevergne : Membre du groupe de travail Prospectives techniques IN2P3 (PECTIN)
Membre du Technical Board de la collaboration internationale TESLA Technology Collaboration (TTC) depuis 2019
Membre du Expert Panel "high gradient accelerating structure" nommé par le LDG pour établir la stratégie européenne pour la physique des hautes énergies.
- M. Fouaidy: Membre élu du conseil Scientifique de IJCLab
Responsable de WP4 'Propriétés thermiques dans le domaine sub-Kelvin' du projet transverse NGCRYO.
Membre du groupe de travail 'AF7 : Accelerator Technology R&D' de Snowmass : groupe d'expert pour définir la stratégie R&D accélérateurs pour les futurs machines

• Participations à l'enseignement, à la communication, à la vulgarisation

- **UFR Sciences / Polytech Paris-Saclay**
 - Cours/TD : Thermo / propriétés mécaniques / matériaux pour le nucléaire
- **IUT d'Orsay**
 - TD/TP Mesure physique
 - TP Mécanique des fluides, et vide.
 - Projets tutorés en mesure physique
 - Encadrement de stage IUT (~2 stagiaires/an)
- **ED PHENIICS** (Vide pour accélérateurs, Supra, RF, Cryo)
- **Formation CNRS**

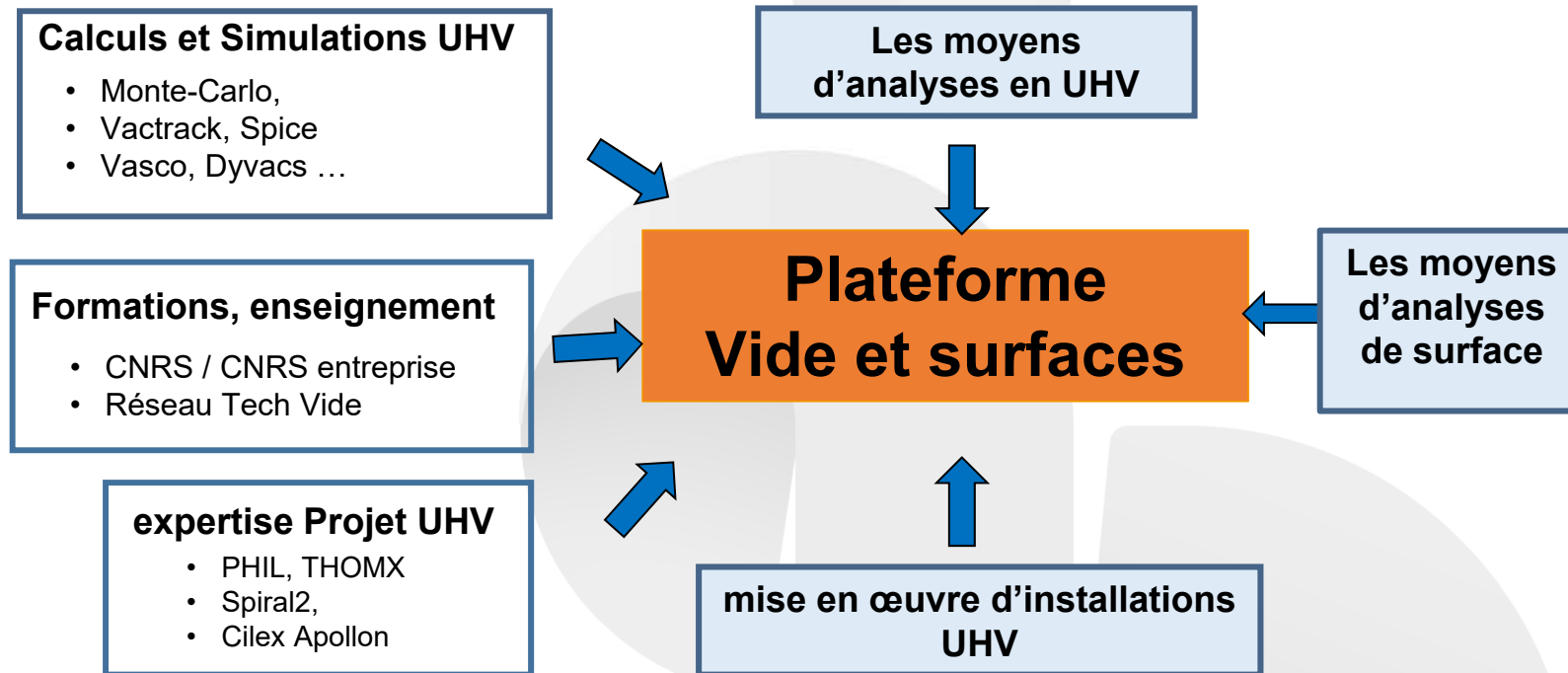


Plateforme Vide et Surfaces

Répondre aux thématiques de recherche de l'équipe MAVERICS

(Matériaux pour Accélérateurs Vide dynamique et Recherche Innovante sur Cavités Supraconductrices)

et maintenir et développer une expertise sur des projets ultravide (UHV)





Plateforme Vide et Surfaces



La plateforme Vide & Surfaces intègre :

- la plateforme d'analyse et de caractérisation de matériaux pour les accélérateurs du site d'Orsay (PANAMA - début 2014)
- Les équipements ultra vide de l'ex-groupe Technologies Vide & Surfaces du LAL

Regroupement de tous les équipements dans les Halls D3 et D4 (420m²) après leur réhabilitation (fin 2021)

Site Orsay

Ex-IPNO

- Spectrométrie de masse des ions secondaires (SIMS)
- microscope confocal
- Microscope optique

Ex-LAL

- Diffractomètre à rayons X rasant (DRX)



Ex-LAL

- Bâti de mesure du taux d'émission secondaire (SEY)
- Bâtis de dépôts (NEG, TIN)
- Mesure de l'énergie de désorption moléculaires

CEA-IRFU

- Caractérisation cryo (RRR,...)
- Mesure Cp (chaleur spécifique)
- Bâti de dépôts films moléculaires (ALD)
- Magnétométrie locale

Site Saclay



Hall D3 D4 de l'IGLEX Bât.
(CPER) 209C

Autres moyens de caractérisation à IJCLab

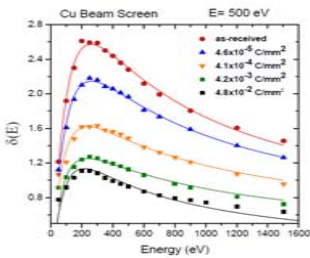
- Service cryo (Mesures propriétés de transports à basse T)
- SUPRATECH
- ANDROMEDE / SCALP

Equipment of the V&S Platform (some Examples)

Accelerator Department

dedicated to characterization and surface analysis of materials used in accelerator technology

Secondary Electron Yield (SEY)



Thèse S. Bilgen

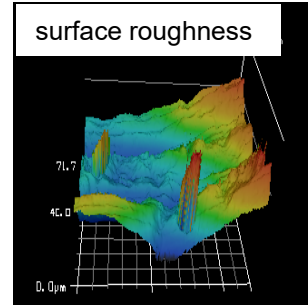
outgassing rate



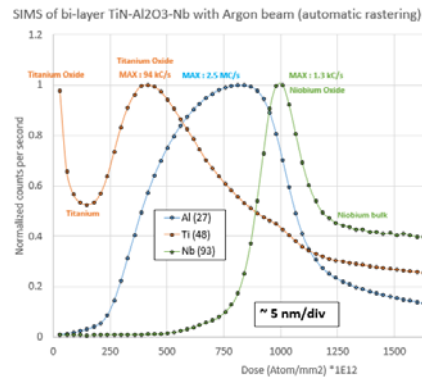
NEG coating chamber (Ti,Zr,V)



Confocal Microscope



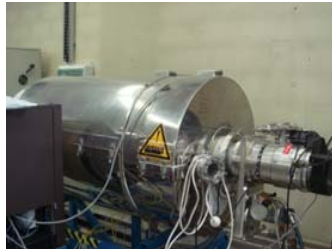
Secondary Ion Mass Spectrometry (SIMS)



Profile of bi-layer
TiN/Al2O3/Nb

Thèse S. Birra

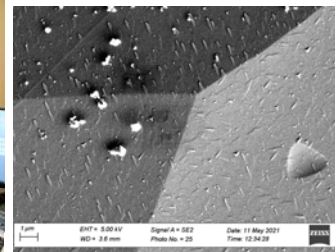
Heat treatment (H2)



molecular desorption energy



scanning electron microscope



Compact SIMS
Hiden Analytical

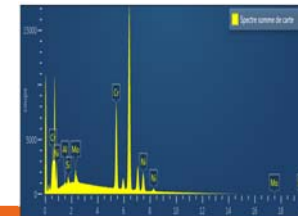
X-ray diffractometer



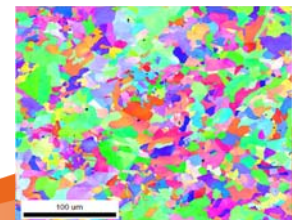
Surface Structure and Texture



Composition (EDS)



Structural (EBSD)

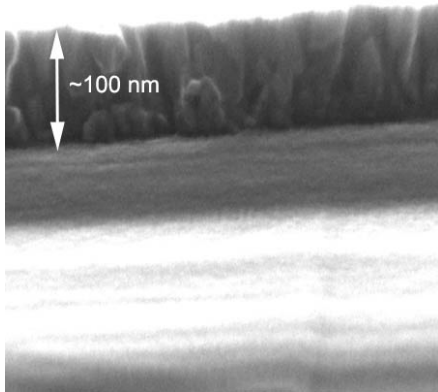




Microscope électronique à balayage FEG

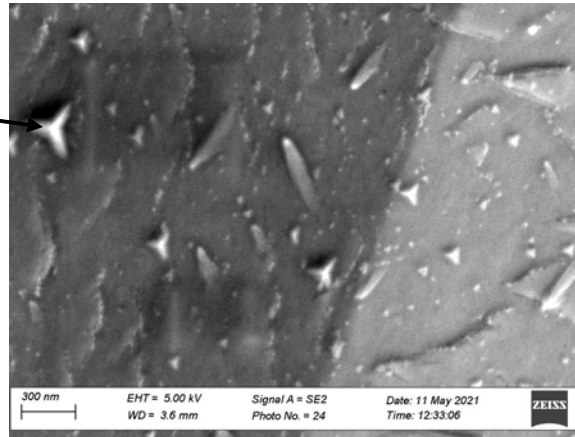


Couches minces supra par ALD (CEA/IRFU)

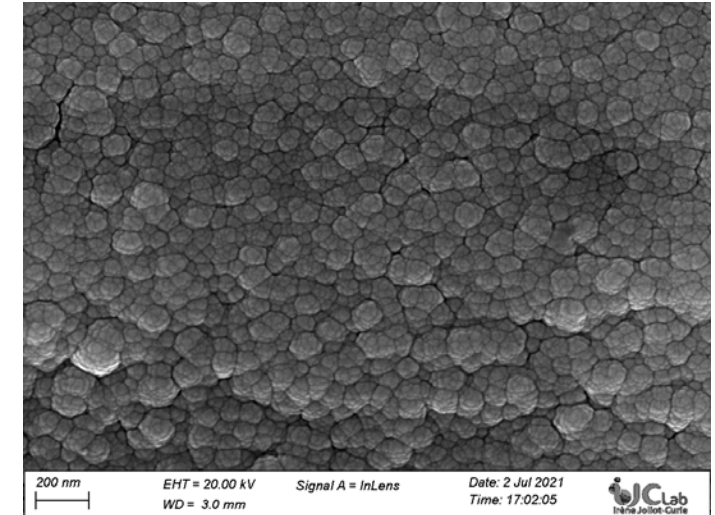


Traitement Nb (Axe SRF)

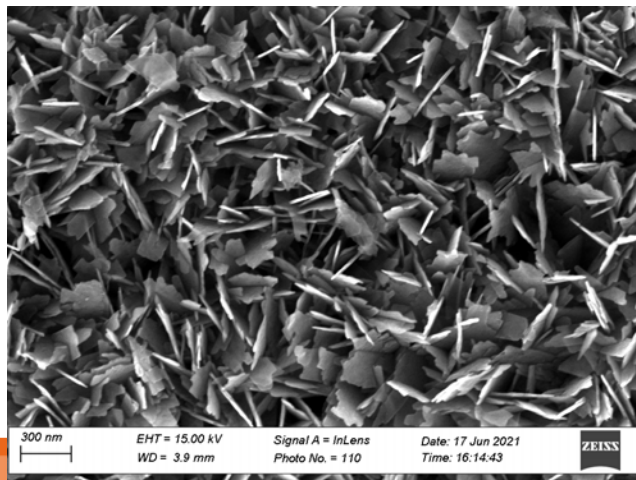
NbC



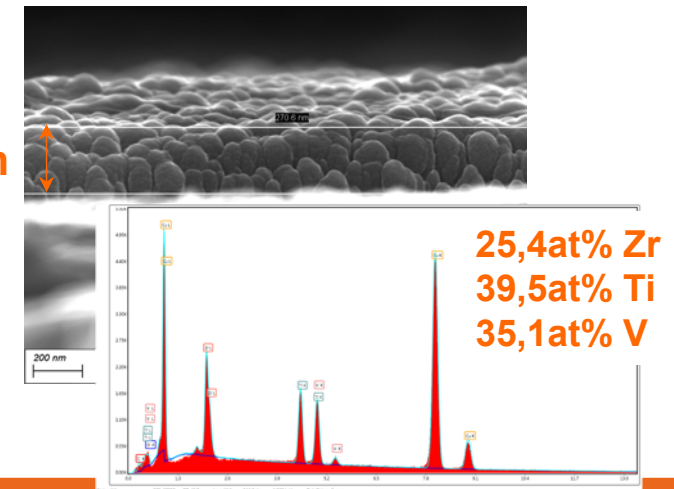
Caractérisation dépôts NEG « maison (FCCee)



Impact de l'oxyde de cuivre CuO sur le multipacting (beam screen LHC)



270 nm





Emission électronique secondaire / Analyses de surfaces

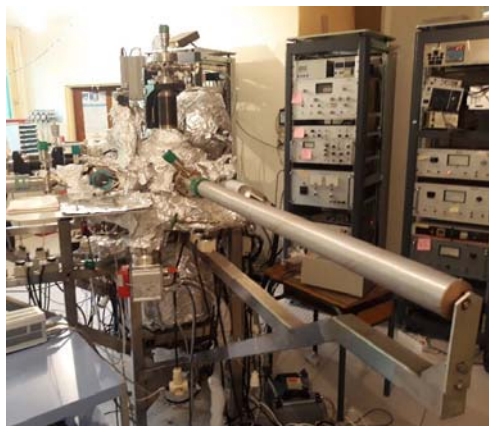


Bâti mesure SEY



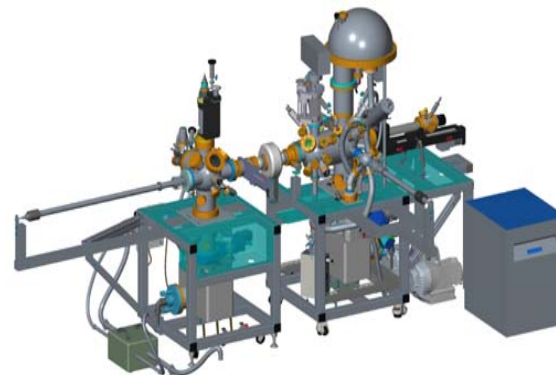
**ISIS (ICMMO)
SEY**

+Analyse de surfaces
+ mesures haute T

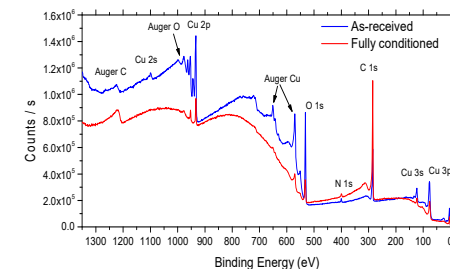


Financement sur RP

**Bâti multitechnique
SEY
+Analyse de surfaces (XPS)
+mesures basse T (10K)**



**Analyse de surfaces
XPS de routine**



2022/2023

EQUIPEX PACIFICS



Plateforme : site de réservation opérationnel





Irène Joliot-Curie
Laboratoire de Physique
des 2 Infinis

MAVERICS
Vide & surfaces



SURFACES
VACUUM



MAVERICS
ACCELERATOR PHYSICS
MATERIALS-VACUUM-SUPERCONDUCTING RF

[Equipe MAVERICS](#) ▾ [Plateforme Vide & Surfaces](#) ▾ [Membres](#) ▾ [Activités et événements](#)

Visualisation de toutes les réservations

01 juillet, 2021																															
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
Réservation du MEB	01	02	03	04	05	06	Gael pour Emma IJCL...							14	Proslir CEA							23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Réservation du SIMS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Réservation du DRX	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Réservation du Microscope cor	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	Proslir CEA							23	24	25	26	27	28	29	30	31	



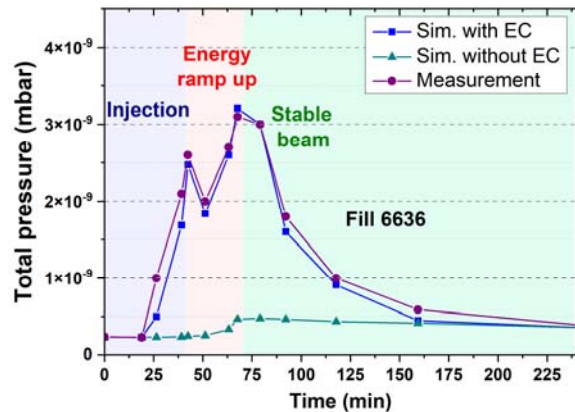


Faits Marquants MAVERICS : juin 2020-juin 2021



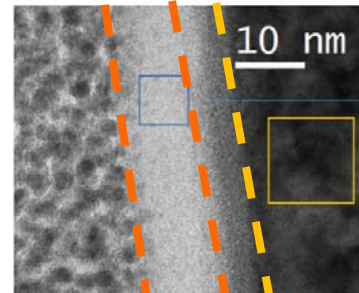
Simulation du vide dynamique dans le LHC : code DYVACS (Thèse S. Bilgen, soutenue 14/12/2020)

Thèse S. Bilgen : “Dynamic pressure in particle accelerators:
Experimental measurements and simulation for the LHC”



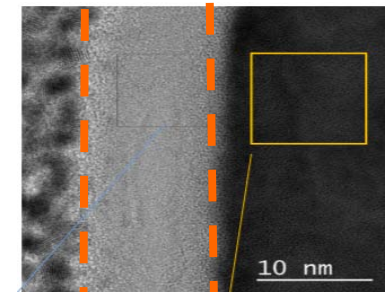
Excellent accord simulation/expérience

Axe SRF : dépôts de couches minces (Al_2O_3 , Y_2O_3) en collaboration avec l'IRFU Thèse S. Birra (soutenue le 04/06/2021): « Conception d'un résonateur quadripolaire pour la caractérisation des propriétés de couches minces supraconductrices en régime radiofréquence pour les cavités accélératrices »



$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{NbO}_x/\text{Nb}$

Dépôt Al_2O_3 avant recuit



$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Nb}$

Dépôt Al_2O_3 après recuit à 650°C :
dissolution de la couche d'oxyde de niobium

Images MET collab. LPS

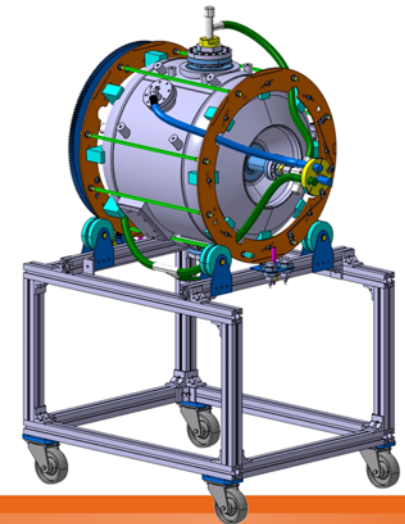
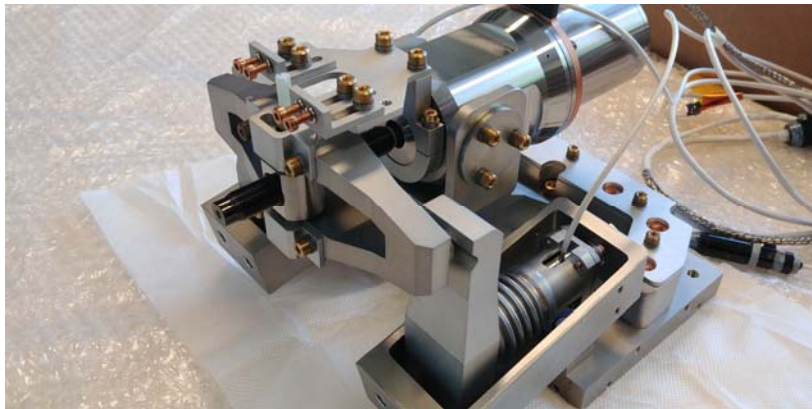
- Lauréat de l'AP CNRS 80PRIME 2021 : financement d'une thèse environnée IJCLab/SIMaP (Grenoble)/LPSC (Grenoble)
Projet EPISAMA : Exploration de Procédés d'Ingénierie de Surface Anti-Multipacting pour les Accélérateurs
- EQUIPEX PACIFICS :
axe 2 Innovative materials science for accelerators / financement XPS + Bâti multitechnique analyses de surfaces à froid
axe 1 Magnet Science and Technology / financement 3 bancs d'essais (propriétés élastiques, hélium pressurisé, refroidissement par Pulse Tube)
- Plusieurs contributions dans les conférences internationales

SRF2021 / IPAC2021 / CEC-ICMC 2021 / FCC-France 2021



Faits Marquants PIP-II : juin 2020-juin 2021

- Consolidation de la contribution CNRS au projet PIP-II
 - Phase prototypage : Fabrication de 4 coupleurs, 5 tuners et soutien au suivi de fabrication, test en cryostat vertical, re-conditionnement et envoi de 6 cavités Spoke SSR2
 - Phase Série : Soutien au suivi de fabrication, test en cryostat vertical, re-conditionnement si besoin et envoi à FNAL de 33 cavités Spoke SSR2
- Conseil scientifique de l'IN2P3 février 2021
 - Recommandation: Contrôleur projet et qualicien dédiés indispensables à intégrer au plus tôt au projet
- Plan qualité et plan gestion des risques en finalisation
- Outillages pour manipulation/préparation des cavités bien avancés : développement d'un banc BCP rotatif
- 4 coupleurs prototypes en cours de fabrication (finalisation des plans de détails). Réception des céramiques de FNAL
- Tuners prototypes réceptionnés



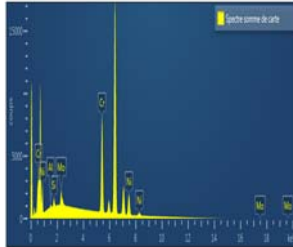


Vide et surfaces juin2020/juin2021

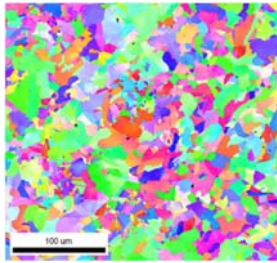
- Installation du MEB et de ses techniques d'analyses associées (EBSD et EDS) (Mai 2021)



microscope

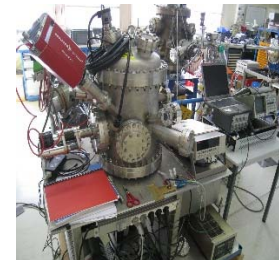


Composition (EDS)

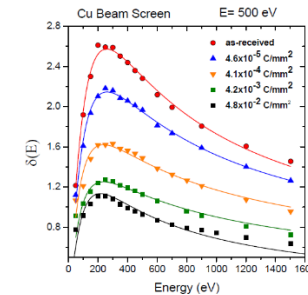


Structural (EBSD)

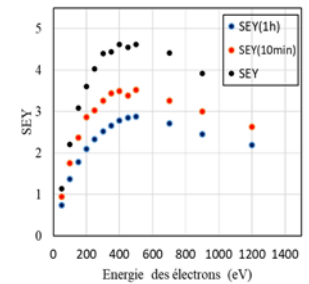
- Mesures puis upgrade du Bâti SEY (porte échantillon chauffant /canne de transfert/pilotage informatique de la mesure, F. Letellier)



Bâti SEY



Thèse S. Bilgen

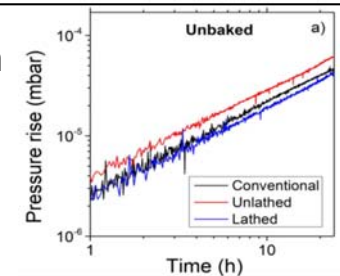


Thèse S. Bira

- Réalisation d'un bâti pour l'étude du nettoyage plasma. collab. future avec l'IRFU et le GANIL pour une application sur les cavités supra RF (E. Mistretta, O. Hryhorenko, B. Mercier)



- Compatibilité UHV de la fabrication I3DMETAL (nouvelles méthodes CLAD et LMD pour l'inox) (E.Mistretta, F. Letellier, E. Toffin)



- THOMX: Obtention après étuvage (avec un film chauffant ultramince) d'un ultravide de l'ordre de 10^{-10} mbar (eq. N_2) (E. Mistretta, F. Letellier, B. Mercier)

- Début travaux D3/D4 mai 2021



Evolution de l'Equipe/Plateforme

Equipe

Arrivées:

- 1 Poste IR concours 2021 : Physique du vide et Science des matériaux pour accélérateurs (Dec. 2021)
- 1 Doctorant projet EPIMASA/80PRIME collab. SIMaP et LPSC Grenoble (Oct. 2021)

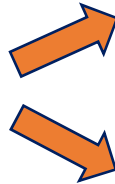
Plateforme

Départs:

- M. Alves (T, retraite 2020)
- F. Letellier (AI, NOEMI 2021)
- D. Grasset (T, retraite 2022)

groupe vide et surface / LAL / 2017

E. Mistretta, AI
F. Letellier, AI (départ NOEMIE)
D. Grasset, TCE (retraite mars 2022)
M. Alves, TCE (retraité juillet 2020)
B. Mercier, IR
C. Prevost, IR (retraité 2017)
S. Bilgen, CDD +Thèse (fin déc 2020)



Plateforme Vide&Surfaces / IJCLab / fin 2021

E. Mistretta, AI
Demande EAOM AI
Demande EAOM IE

Equipe / fin 2021

B. Mercier
S. Bilgen



Evolution de l'Equipe/Plateforme

Demandes de postes permanents à l'IN2P3 (pour 2022):

- 1 AI (T FSEP 2020/2021 infructueux)
- 1 IE Couches minces et analyses de surfaces

Demandes de postes en CDD :

- 1 CDD IE Couches minces et analyses de surfaces

Demandes de financement de theses à l'IN2P3:

- Nouveaux matériaux getter pour application ultra vide dans les accélérateurs de particules de haute énergie
 - Dépôts NEG minces pour FCCee + études exploratoires
 - R. Kersevan FCCweeks2021: "We plan to use NEG-coating (as thin as 150 nm, to minimize the resistive-wall impedance contribution) in order to profit from its low photon-stimulated molecular desorption (PSD) and also a rather low photoelectron yield (PEY) and secondary electron yield (SEY) as well"
- Amélioration des propriétés de surface des composants accélérateurs par traitement plasma in-situ
 - collab. GANIL (SPIRAL2)/ INSP Jussieu / LPP Polytechnique
 - banc étude de nettoyage plasma opérationnel sur la plateforme



Back up

Production scientifique

• Publications (2020-2021) :

- Thanh Loan Lai, Dominique Jacquet, Isabelle Ribaud, Michael John Eller, Dmitriy Verkhoturov, Emile Albert Schweikert, Luiz Henrique Galvão Tizei, Fuhui Shao, Suheyla Bilgen, Bruno Mercier, Gael Sattonnay and Serge Della Negra, "Enhanced sputter and secondary ion yields using MeV gold nanoparticle beams delivered by the Andromede facility" J. Vac. Sci. Technol. B38, 044008 (2020)
- D. Longuevergne, A. Miyazaki, "Evidence of reduced magnetic sensitivities in low beta SRF cavities", 20th Int. Conf. on RF Superconductivity (SRF'21), Virtual, 2021
- D. Longuevergne et al., "HOM Excitation in Spoke Resonator for SRF Studies", 20th Int. Conf. on RF Superconductivity (SRF'21), Virtual, 2021
- O. Hryhorenko et al., "Investigation of an Alternative Path for SRF Cavity Fabrication and Surface Processing", 20th Int. Conf. on RF Superconductivity (SRF'21), Virtual, 2021
- S. Birra et al., "Multipacting Analysis of the Quadripolar Resonator (QPR) at HZB", 20th Int. Conf. on RF Superconductivity (SRF'21), Virtual, 2021.
- Y. Gómez Martínez, J. Angot, M.A. Baylac, T. Cabanel, P.-O. Dumont, N. Emeriaud, O. Zimmermann (LPSC) D. Longuevergne G. Sattonnay (Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab) First Measurements on Multipactor Study
- S. Bilgen, S. Della-Negra, D. Jacquet, B. Mercier, I. Ribaud, G. Sattonnay (Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab) V. Baglin (CERN) Evolution of the LHC BeamScreen Surface Conditioning Upon Electron Irradiation
- S. Bilgen, B. Mercier, G. Sattonnay (Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab) V. Baglin (CERN) DYVACS (DYnamic VACuum Simulation) Code: Gas Density Profiles in Presence of Electron Cloud in the LHC
- S. Bilgen, B. Mercier, G. Sattonnay (Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab) V. Baglin (CERN) Dynamic Pressure in the LHC: Detection of Ions Induced by Ionization of Residual Gas by the Proton Beam and by the Electron-Cloud
- Y. Kalboussi, C.Z. Antoine, B. Delatte (CEA-IRFU) S. Bira, D. Longuevergne (Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab) D. Dragoe (ICMMO) A. Gentils, S. Jublot Leclerc (IJCLab) J. Leroy (CEA/DRF/IRAMIS/SIS2M) Th. Proslie (CEA-DRF-IRFU) S. Tusseau-Nenez (Ecole Polytechnique) Material Engineering of ALD-Deposited Multilayer to Improve the Superconducting Performances of Rf Cavities Under Intense RF Fields
- Kalita P, Ghosh S, Gutierrez G, Rajput P, Grover V, Sattonnay G, Avasthi DK, SCIENTIFIC REPORTS Volume 11, 10886 Grain size effect on the radiation damage tolerance of cubic zirconia against simultaneous low and high energy heavy ions: Nano triumphs bulk
- M. Fouaidy, F. Chatelet, D. Le Drian, D. Longuevergne, R. Martret, G. Olry, T. Pepin-Donat T. Proslie, L. IEEE Transactions on Applied Superconductivity Volume: 31 Issue: 5 Maurice Recent Results of High Temperature Vacuum Heat Treatment Program of SRF Resonators at IJCLab

• Principales Communications à des conférences (2020-2021) :

Oraux:

- SRF2021 : David Longuevergne (Orsay), Geometrical Effect of Flux Trapping in SRF Cavities
- CEC-ICMC 2021 : M. Fouaidy Talk 'Thermal conductivity of niobium and thermally sprayed copper at cryogenic temperature'
- FCC-France 2021: Suheyla BILGEN "Dynamic pressure in particle accelerators - Simulation for the FCC studies".
- O. Hryhorenko, "Alternative polishing technique of Niobium for SRF applications", International Workshop on Future Linear Colliders, LCWS2021, Oral presentation
- O. Hryhorenko, "Investigation of an alternative path for SRF cavity fabrication and surface processing", 2021 Joint Workshop of TYL/FJPPL and FKPPL, Oral presentation.

Posters:

- IPAC 2021** - S. Bilgen, S. Della-Negra, D. Jacquet, B. Mercier, I. Ribaud, G. Sattonnay (Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab) V. Baglin (CERN) Evolution of the LHC BeamScreen Surface Conditioning Upon Electron Irradiation
- S. Bilgen, et al DYVACS (DYnamic VACuum Simulation) Code: Gas Density Profiles in Presence of Electron Cloud in the LHC
 - S. Bilgen et al Dynamic Pressure in the LHC: Detection of Ions Induced by Ionization of Residual Gas by the Proton Beam and by the Electron-Cloud
 - Y. Gómez Martínez et al First Measurements on Multipactor Study
 - Y. Kalboussi et al Material Engineering of ALD-Deposited Multilayer to Improve the Superconducting Performances of Rf Cavities Under Intense RF Fields
- SRF 2021** : - Sarra Bira et al Multipacting Analysis of the Quadripolar Resonator (QPR) at HZB
- Oleksandr Hryhorenko et al : Investigation of an Alternative Path for SRF Cavity Fabrication and Surface Processing



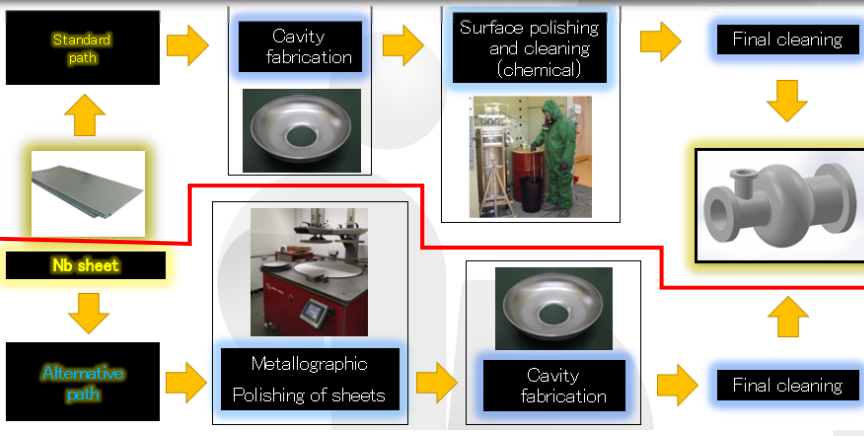
Investigation of an alternative path for SRF cavity fabrication and surface processing (PICASU, PACCAS, AXE SRF)

Motivations

- Possible cost reduction of cavity fabrication & surface processing (ILC, FCC, ...)
- Achieve better surface roughness than standard chemical cleaning & study impact on SRF properties
- Substrate preparation for thin films deposition (prepare for future technology)
- Improve environmental footprint and worker safety (reduce usage of acids)

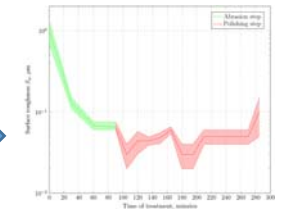
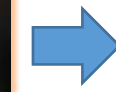
ON-GOING COLLABORATIONS & ROLES

- **IJCLab**: Niobium polishing & material characterization
- **IRFU** (H2020, Axe SRF): Expertise in metallurgy
- **KEK** (FJPP): Niobium forming & welding. Cavity fabrication
- **LAMPLAN**: company specialized in lapping & polishing

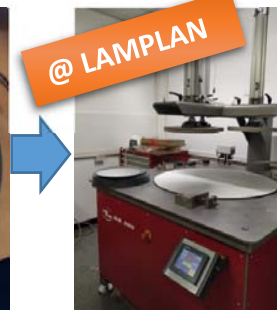
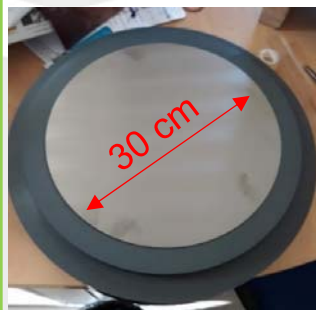


PHASE 1 : PICASU : Optimization of Polishing on small samples (2016-2019)

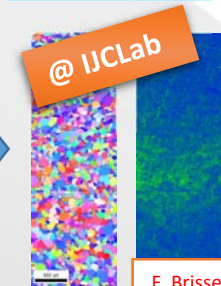
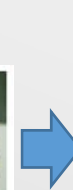
- o Supported by IN2P3, H2020 (Ensar2)
- o 1 PhD : Oleksandr Hryhorenko



PHASE 2 : PACCAS : Large disks polishing (2020 – 2021)



PHASE 3 : PACCAS : Optimized forming of pre-polished sheets (2020 – 2022)





Investigation of alternative SRF materials (ECOMI, AXE SRF)

Motivations

- Go beyond bulk Niobium technology.
- Improvement of accelerator gradient (Eacc) and quality factor (Qo)
- Dope Niobium surface (remove deleterious oxide layer) to improve superconducting properties
- Study several pathways : thick films (Nb₃Sn) or multilayers (S-I-S structures)

Multilayer path (SIS)

- o 2 layers of superconductor separated by a thin layer of isolator (S-I-S)
- o Suggested by Gurevich in 2007
- o Shielding by multilayer still not fully demonstrated under intense RF fields
- o ALD (Atomic Layer Deposition) very promising as very uniform nanometric layers required
- o TODAY investigated at IN2P3

Thick films (A15 compounds)

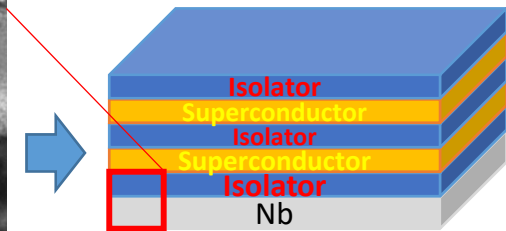
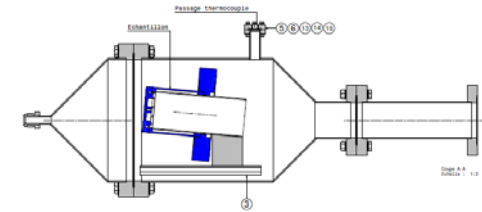
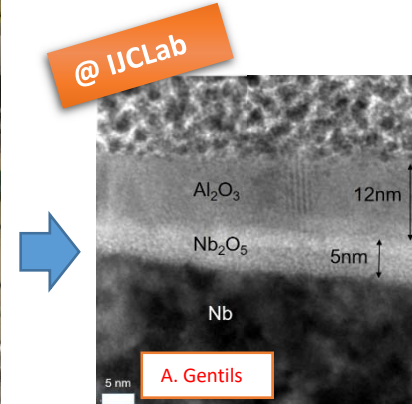
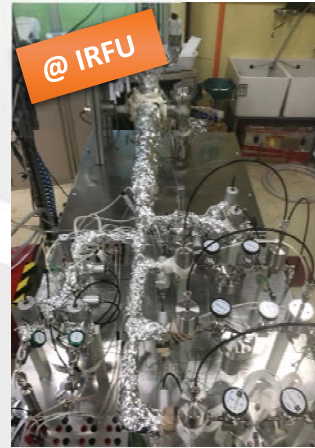
- o A15 : Nb₃Sn, V₃Si
- o Operation at 4.2K (T_c > 15K)
- o Accelerating gradient doubled
- o But limitation today at B~80 mT because of granular superconductivity
- o Several paths : Sn diffusion on Nb (USA), Nb/Sn deposition on copper (CERN), « bronze route » (China).
- o NOT investigated at IN2P3

ON-GOING COLLABORATIONS & ROLES

- IJCLab : Material characterization & SRF testing (TE011)
- IRFU (Axe SRF, I-FAST): Expertise in ALD & SRF testing (1.3 GHz elliptical cavities)
- HZB (TTC): SRF testing in Quadrupole Resonator (QPR)

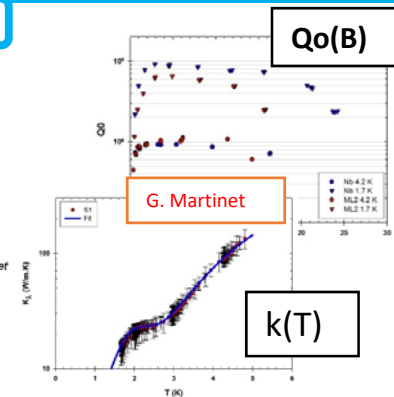
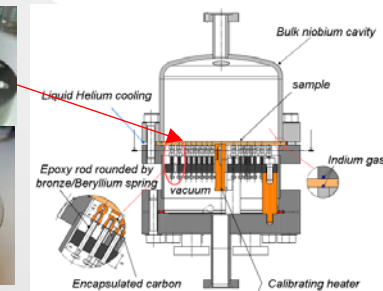
AXIS 1 : AXE SRF : Production of thin films by ALD at IRFU (2018-2022)

- o Supported by IN2P3, IRFU, Ile de France Region
- o 2 PhDs : Sarra (IJCLab), Yasmine (IRFU),



AXIS 2 : ECOMI : SRF testing of flat disks (2012 – 2020)

- o TE011 resonator (RF and calorimetric measurement)





Mitigation of multipacting phenomenon in accelerators (MULTIPAC)

Motivations

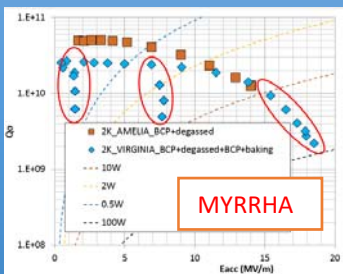
- Multipacting is a general problem/limitation in SRF structures (cavity and couplers)
- Causes vacuum degradation (e⁻ clouds) in synchrotrons (limitation of luminosity in LHC)
- Mitigation of multipacting helps mitigating risks of failure and improvement of reliability in accelerators

ON-GOING COLLABORATIONS & ROLES

- **IJCLab** : Material characterization & Simulations
- **LPSC** : Simulation & Dedicated multipacting test bench
- **IRFU** : TiN coating by ALD & Plasma processing
- **SIMAP** : Expertise in thin film deposition (ALD, PVD, ...)

Multipacting in cavity

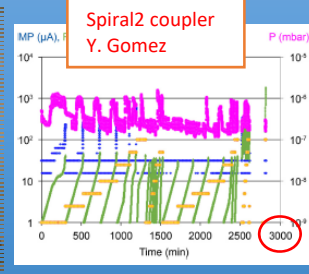
Qo degradation and field limitation



LHC coupler
E. Montesinos

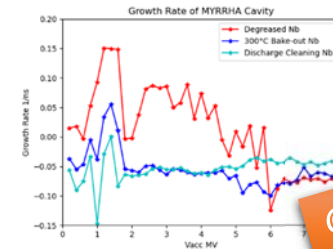
Multipacting in coupler

Surface damages and long conditioning time



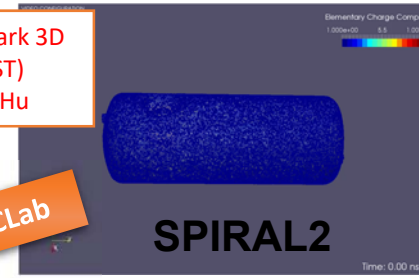
AXIS 1 : SIMULATION : Identification & localization of multipacting)

- o Several 3D codes available (CST PIC & SPARK3D)
- o Code developed @ IJCLab (MUSICC3D). 1 PhD (2015).
- o Integrated in design phase of cavities and couplers
- o Essential for new accelerator projects : risk mitigations



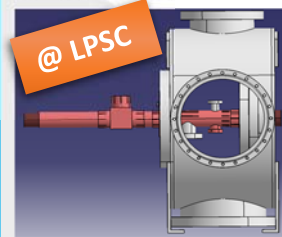
Spark 3D
(CST)
N. Hu

@ IJCLab



AXIS 2 : TESTING : dedicated test bench

- o Test in nominal conditions



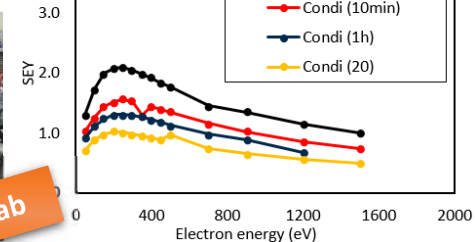
- o Measure SEY



Coated at IRFU

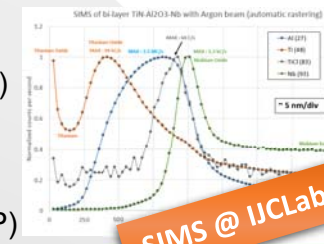
TiN (5.5 nm) /Al2O3/Nb

S. Bira



AXIS 3 : MITIGATION : Improve TiN coating & surface processing (plasma, UV, ...)

- o Thin film deposition (TiN) on ceramics (Al2O3)
- Companies (HEF, PMB, Thalès-RI)
- IRFU (ALD)
- o Investigate several coating techniques, thicknesses, ...
- o Investigate new materials (SIMAP)



- o Specific surface processing as plasma and UV (Activity to be initiated)