

Atelier Accélérateurs, Recherche et Société

25-27 mars 2026, LPSC, Grenoble

emir&a
Réseau national d'accélérateurs
pour l'irradiation et l'analyse des
molécules et matériaux

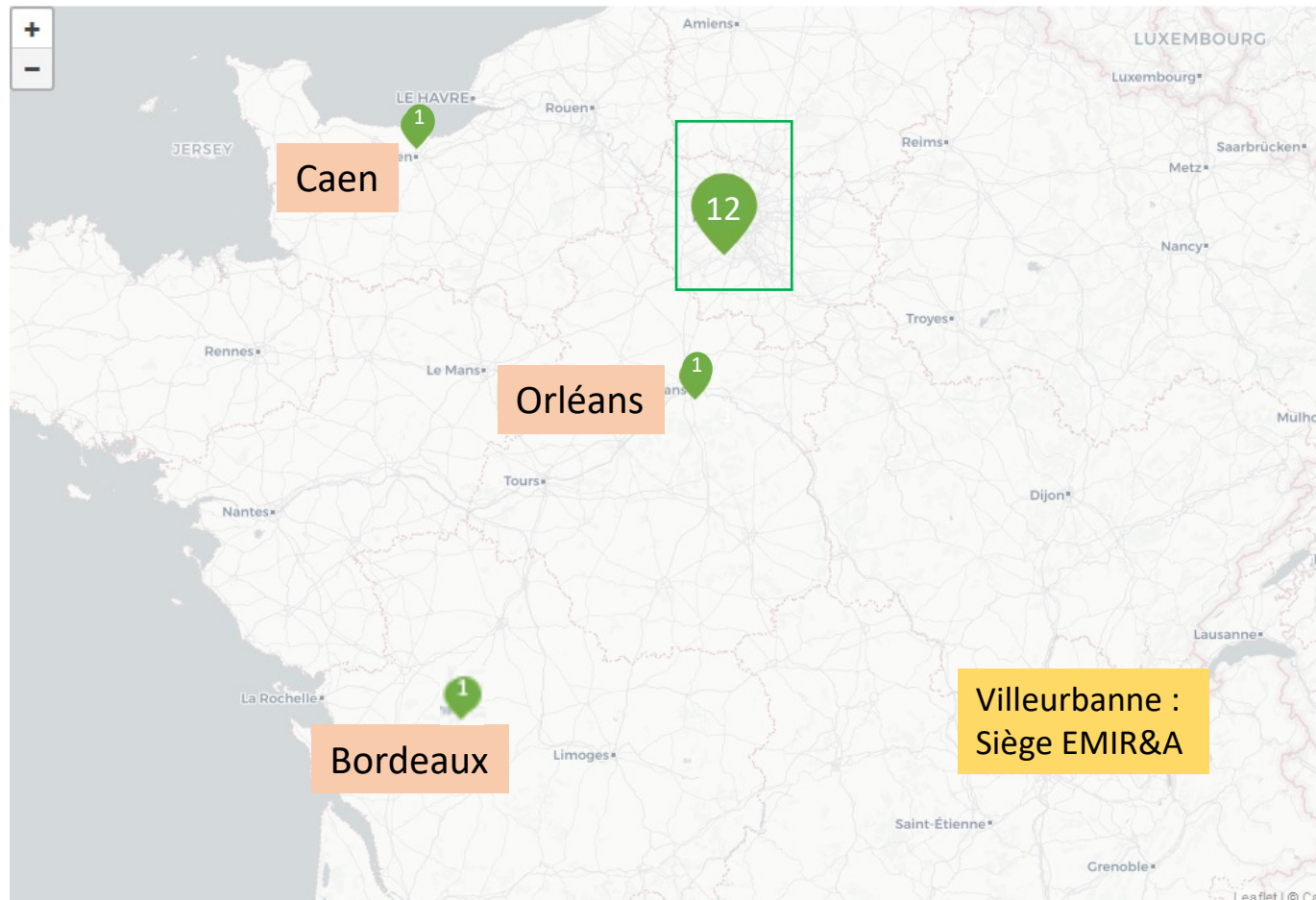
IR et FR 3618

Nathalie Moncoffre
IP2I Lyon

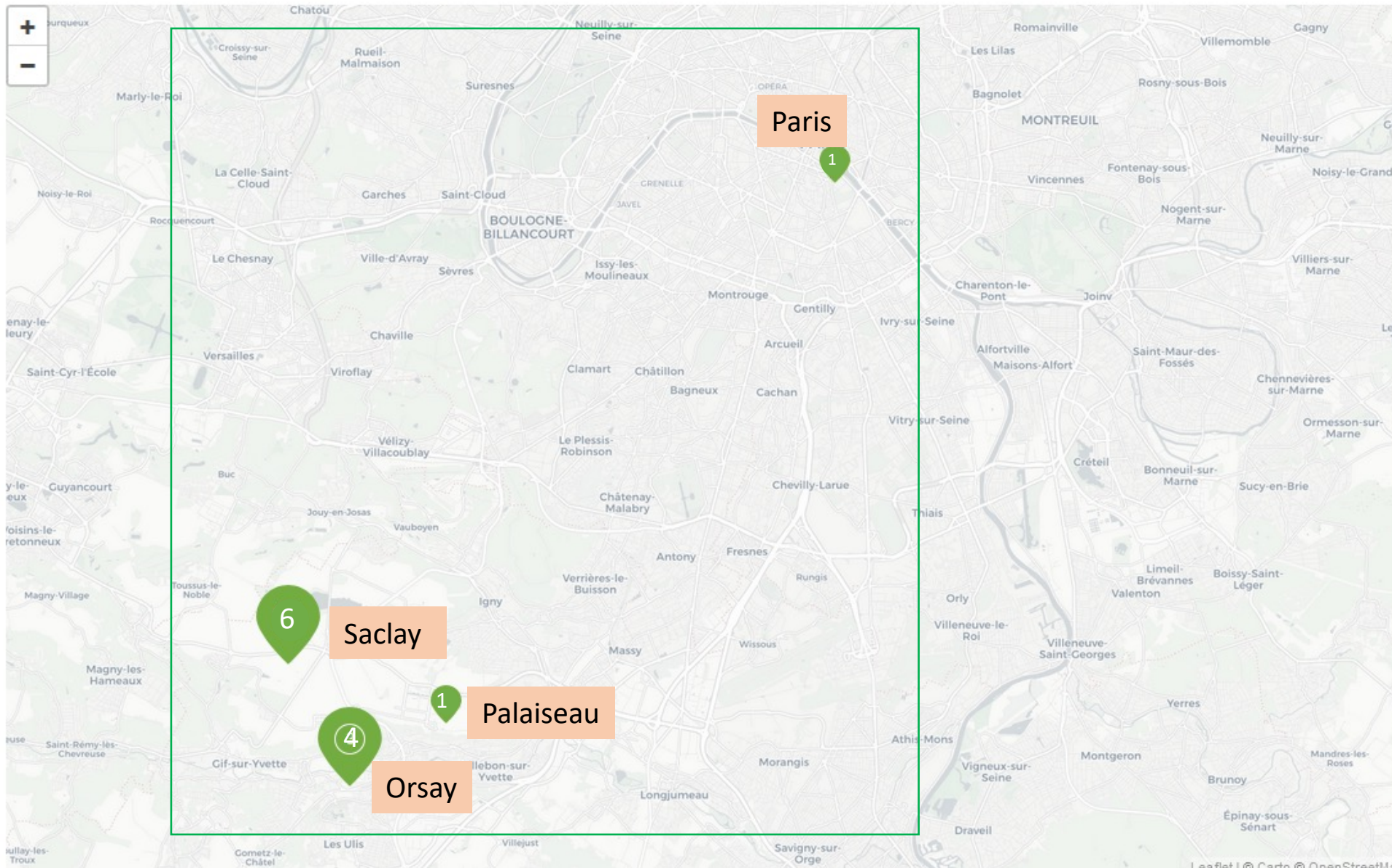
<https://emira.in2p3.fr/>

EMIR&A → FR 3618 (CNRS Physique, CNRS Chimie, CNRS Nucléaire et Particules)
→ IR : Renouvellement de la feuille de route des Irs en cours

15 accélérateurs d'ions et d'électrons et leurs instrumentations *in situ*
répartis sur 11 plateformes : FR distribuée sur 7 sites



- ALIENOR
- AIFIRA
- CIRIL@GANIL
- ELYSE
- JANNUs Saclay
- HVEM Saclay
- Microsonde LEEL
- MOSAIC
- Pelletron- CEMHTI
- SAFIR
- SIRIUS




- ALIENOR
- AIFIRA
- CIRIL@GANIL
- ELYSE
- JANNUs Saclay
- HVEM Saclay
- Microsonde LEEL
- MOSAIC
- Pelletron CEMHTI
- SAFIR
- SIRIUS

Rappel :

La communauté qui étudie les matériaux sous irradiation est structurée au CNRS depuis 2009

2009 : Réseau **EMIR** (Etude des Matériaux sous IRradiation) → Etudes utilisent des irradiations avec des particules chargées (ions, électrons) – Serge Bouffard

2014 : EMIR devient la **Fédération de Recherche CNRS EMIR**

2019 : EMIR devient EMIR&A (& l'Analyse) → + activités d'analyse par faisceaux d'ions (communauté IBAF) + radiolyse 

2021 : **EMIR&A** est aussi une **Infrastructure de Recherche**

Missions

- **Structurer et fédérer** la communauté scientifique qui étudie la matière condensée avec **des ions et des électrons accélérés**
- **Offrir un portail unique d'accès** pour des projets mono/multi-plateformes
- **Encourager des collaborations** grâce à ce pool d'instruments et à l'expertise scientifique et technique associée
- **Animer** la communauté scientifique et encourager les jeunes (docs/post-docs)

15 accélérateurs - 11 plateformes - 7 sites

LP2I Bordeaux, UMR CNRS Nucléaire & particules, Université de Bordeaux

- AIFIRA HVE 3,5 MV

CEMHTI - Orléans, UPR CNRS Chimie, Université d'Orléans

- Pelletron 3 MV

CIMAP-Caen, UMR CEA/DRF/IRAMIS, CNRS Physique, ENSICAEN, Univ. Caen-Normandie

- CIRIL@GANIL - SME, IRRSUD

Orsay

ICP-Orsay, UMR CNRS Chimie, Université Paris-Saclay

- ELYSE, accélérateur d'électrons ps pulsé, 9 MeV

IJCLab-Orsay - UMR CNRS Nucléaire & particules, Université Paris-Saclay

- MOSAIC : JANNuS-Orsay : IRMA 190 keV implanteur, ARAMIS, Tandem-VdG 2 MV et Andromède, 4 MV Pelletron

Palaiseau

LSI, UMR CEA/DRF/IRAMIS, CNRS Physique, École Polytechnique

- SIRIUS, accélérateur d'électrons 2,5 MeV

Saclay

NIMBE - UMR CNRS Chimie, CEA/DRF

- ALIENOR, accélérateur d'électrons ns pulsé, 10 MeV
- LEEL Microsonde ionique, VdG 3,5 MV

CEA/DES Paris Saclay

- JANNuS Saclay : EPIMETHEE, JAPET, PANDORE
- HVEM, µfaisceau 1,2 MeV électrons

Paris

INSP – UMR CNRS Physique Paris-Sorbonne Université

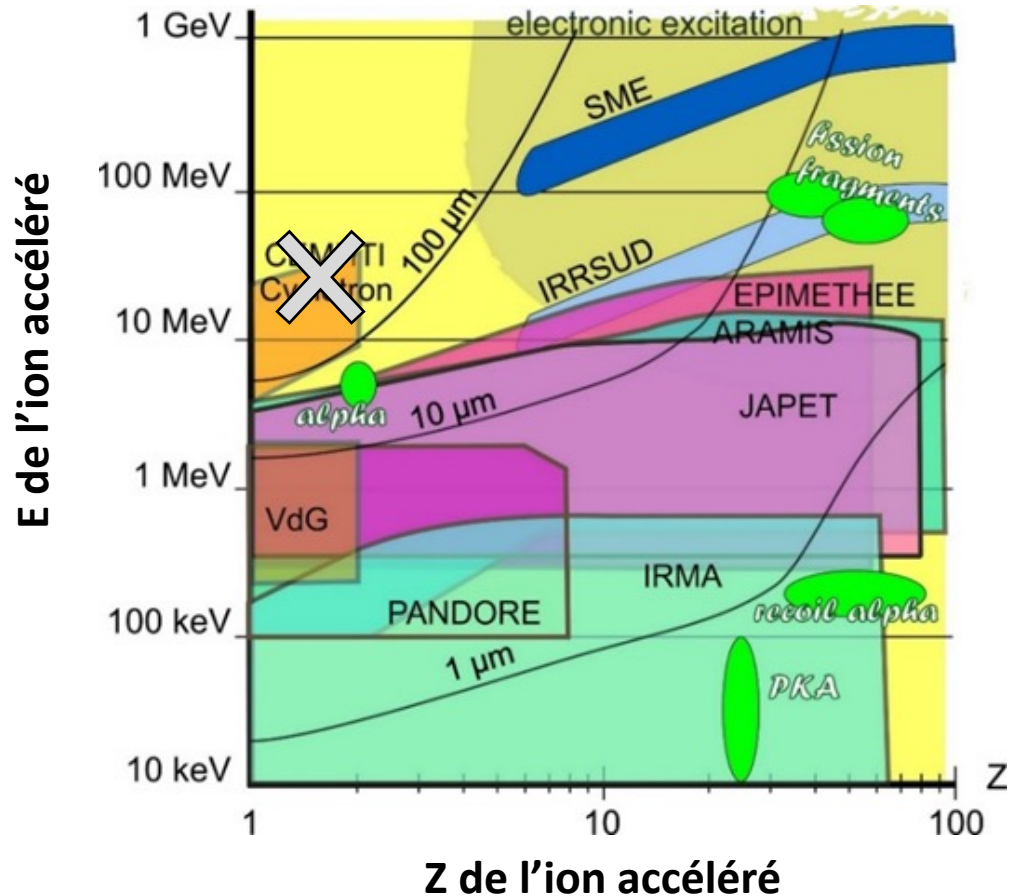
- SAFIR, accélérateur 2,5 MV VdG

Réseau d'accélérateurs

→ Très grande complémentarité de performances pour **l'irradiation** et **l'analyse** des matériaux

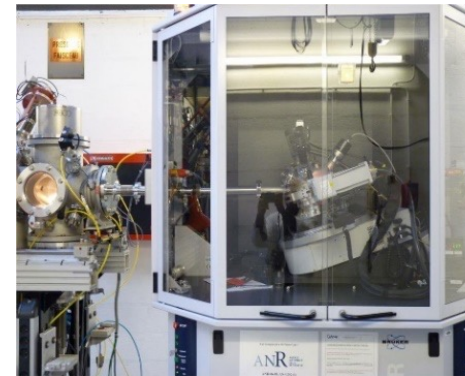
Irradiation

→ très large domaine Z – énergie
Z = 1 -> 92 et 10 keV à GeV

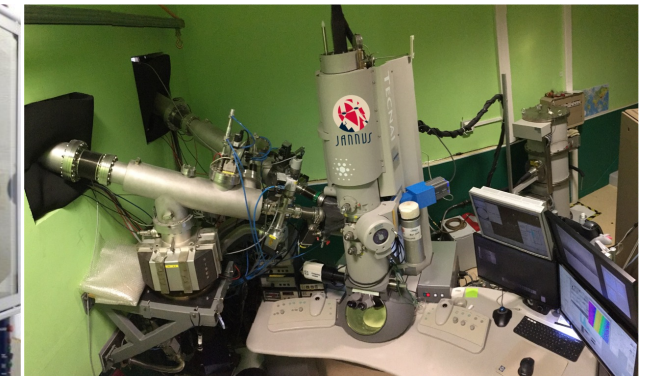


Caractérisation *in situ*

→ Instrumentations en ligne et expertises scientifiques associées : **microscopie électronique en transmission (MET)**, spectroscopie Raman, diffraction des RX (DRX), spectroscopies optiques, les techniques d'analyse par faisceaux d'ions (rétrodiffusion Rutherford, réactions nucléaires, ...)

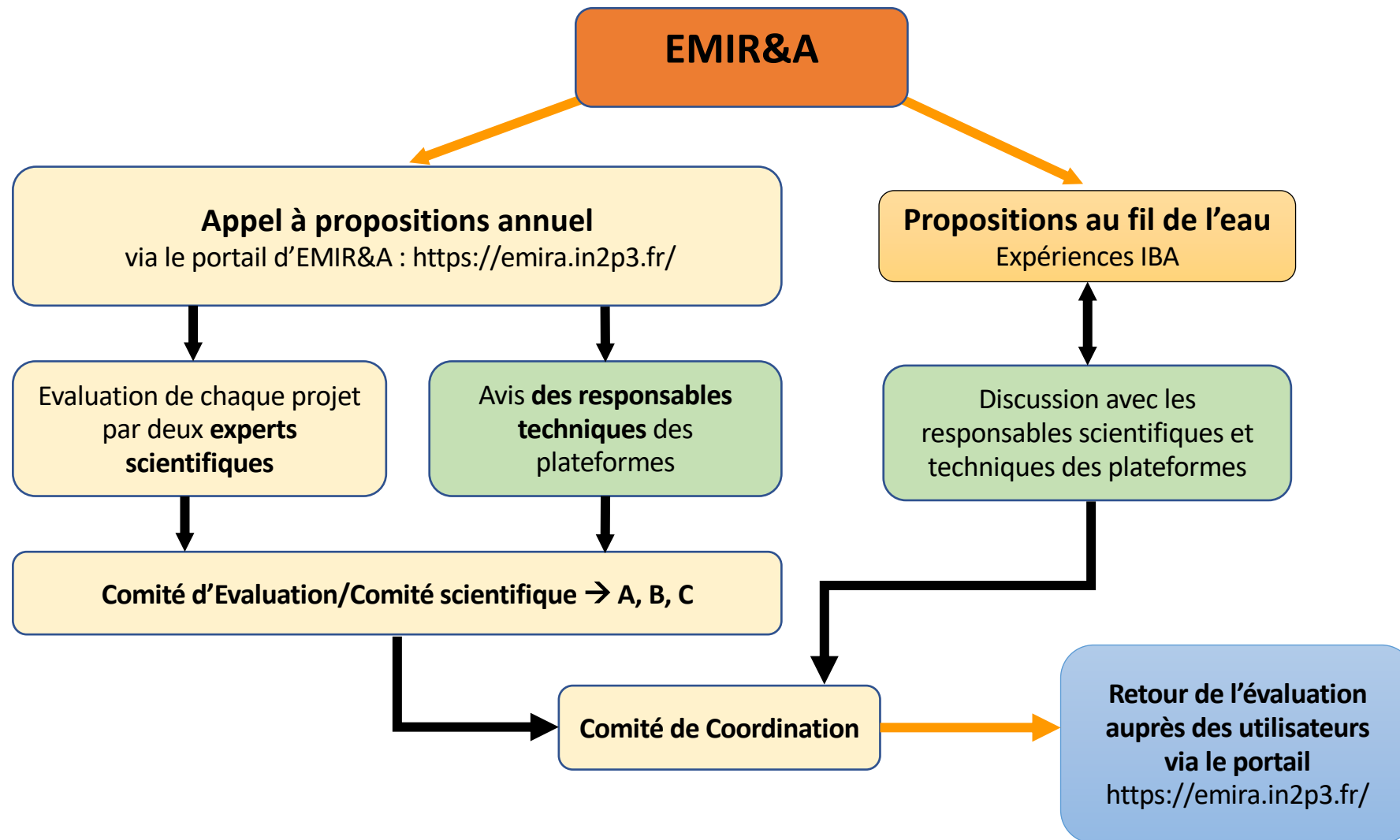


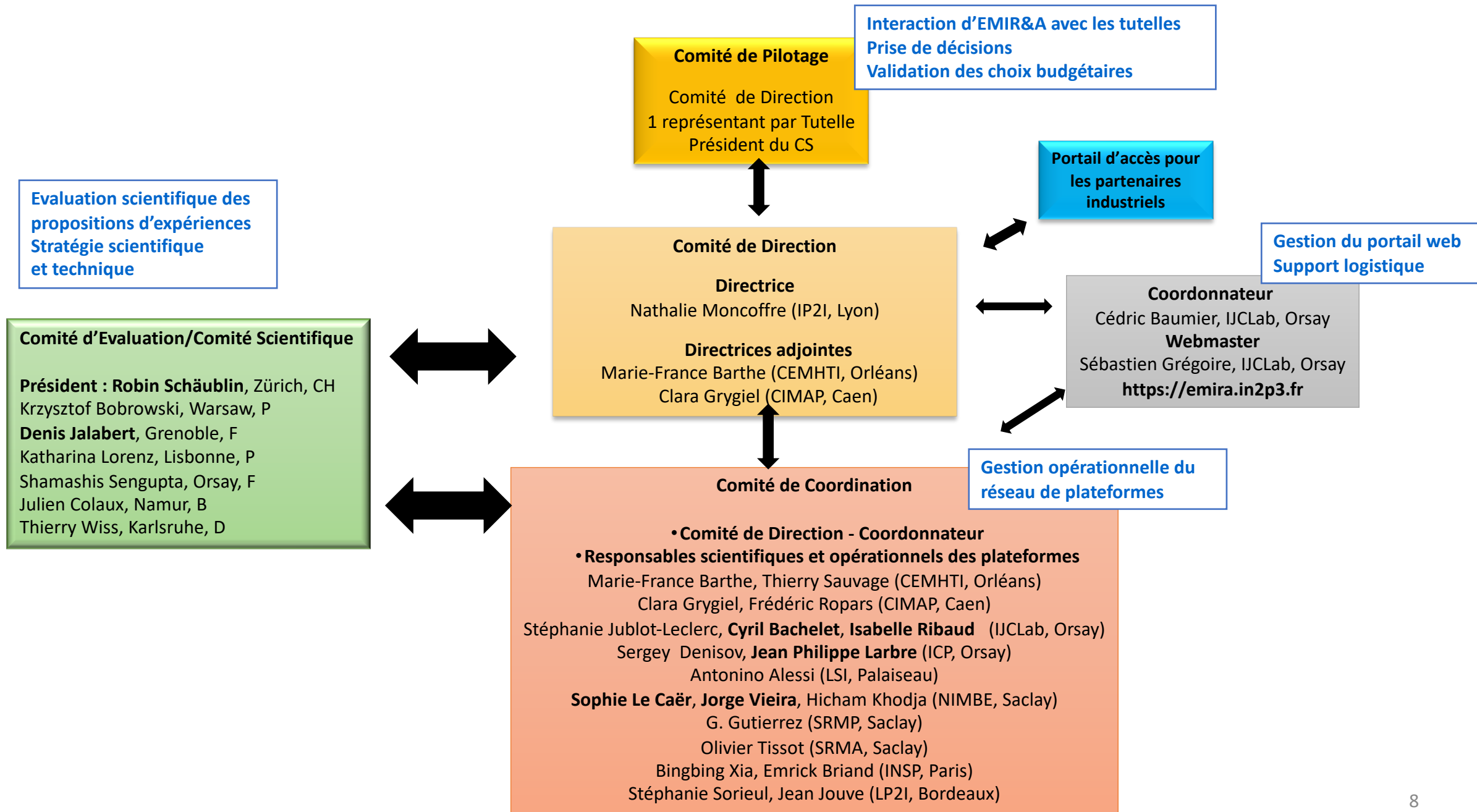
Diffraction RX *in situ*
IRRISUD-GANIL



MET *in situ*
JANNUS-Orsay (IJCLab)

Comment ça fonctionne ?





Tarifications actuelles des plateformes

Plateformes	Tarifs	Temps de faisceau disponible/an
ALIENOR	3 k€/semaine	Quelques semaines
CEMHTI	60 €/h	10 semaines
CIRIL@GANIL	Gratuit pour les académiques	~60 jours
JANNU-S-Orsay	2000€/expérience*	5 (+1) semaines
Microsonde LEEL	Gratuit pour les académiques	10 semaines
ANDROMEDE	2000€/expérience*	Quelques semaines
ELYSE	Gratuit pour les académiques	50 jours
SIRIUS	1500 €/jour	50 jours
JANNU-S-Saclay	2000€/expérience*	3 semaines
HVEM	Gratuit	5 jours
SAFIR	300 €/shift de 4h	Quelques semaines

* 5 jours

Quelques chiffres :

- 45-50 propositions par an dont une vingtaine de propositions internationales : **Allemagne Chine, Espagne, Japon, Pologne, Royaume Uni, USA,...**
- 85 à 90 % de propositions acceptées
- + 15 - 20 propositions au fil de l'eau

IR « Sciences de la matière et ingénierie (SMI) »

15 IR dans cette division thématique :

ChemBioFrance

Pascal Villa



Antonio Bonucci



François Mathieu

emir&a

Nathalie Moncoffre



Caroline Boudou



Mathieu Kociak

E-RIHS.fr
EUROPEAN RESEARCH INFRASTRUCTURE
FOR HERITAGE SCIENCE

Victor Etgens
Rémi Petitcol



Olivier Lafon
Alicia Vallet



Erik Lefebvre



Edward Mitchell



Alain Menelle



Michel de Labacherie
Isabelle Sagnes
Caroline Boissard



Jimmy Andersen



Florence Lecouturier-
Dupouy
Aimée Savourey



Philippe Deblay

Les thématiques de recherche

Les particules chargées accélérées →

- Contrôle précis des conditions d'irradiation (énergie, dose, température) → Accélérer les processus de vieillissement
- Découplage des différents paramètres d'endommagement → compréhension des mécanismes
- Simplification des expériences (pas de matière active, gain de temps)
- Couplage expériences - modélisation

1. Recherche fondamentale

Irradiation → outil pour comprendre les propriétés des solides, des liquides, des gaz

- Créer des défauts – régime hors équilibre
- Piégeage des défauts, dopage
- Rôle des défauts sur les propriétés des matériaux (catalytiques, électroniques, hydrophiles, optiques, ...)
- Processus fondamentaux de radiolyse

→ outil unique pour créer de l'endommagement contrôlé et mieux comprendre la microstructure et les propriétés d'usage des matériaux

- Rôle des joints de grains
- Ségrégations chimiques
- Processus induits par irradiation (diffusion, corrosion, radiolyse)
- Modifications des propriétés (mécaniques, ...)

Matériaux modèles

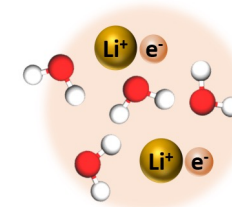


*Système cryogénique
SIRIUS, LSI*

2. Recherche appliquée

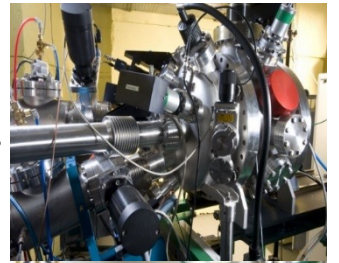
Energie

- Nucléaire (fission, fusion)
 - Vieillessement des matériaux : ions pour simuler l'effet des neutrons : Etude des matériaux du cycle électronucléaire de l'amont à l'aval : aciers, céramiques,
 - Effets d'endommagement dans différents domaines d'énergie (dE/dx)
 - Stabilité sous irradiation
 - Processus de diffusion (He, PF, ...)
 - Corrosion aux interfaces
- Batteries : Mécanismes de dégradation des électrolytes (radiolyse ps)
- Photovoltaïque, ...



S. Le Caër et al.
NIMBE, CEA, CNRS,
Université Paris-Saclay

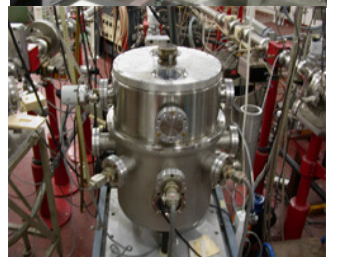
Chambre Triple
faisceaux
JANNuS Saclay



Raman/Irradiation/HT
CEMHTI



Chambre goniométrique
SAFIR, INSP
© INSP Emrick Briand



Matériaux innovants, nanomatériaux Nanostructuration

- Membranes sélectives, nanopores pour fonctionnalisation :
- Energie (batterie), capteurs (analyse molécule unique), canaux ioniques - traces (traitement des eaux, dessalement), électronique douce

Electronique

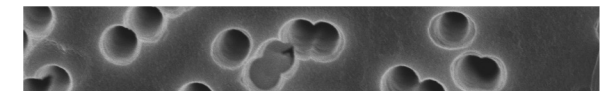
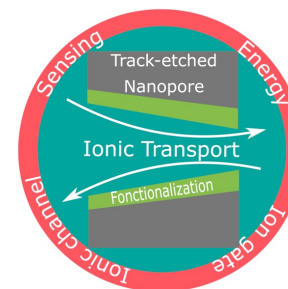
Implantation, smart-cut process, qbits

Milieu radiatif

Robots pour le nucléaire, satellites, Applications spatiales

Réticulation des polymères

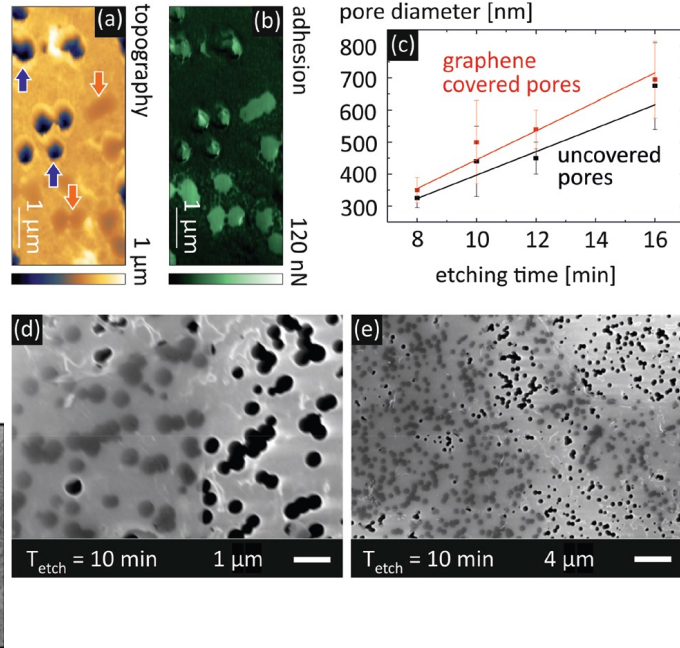
Câbles, gaines, ...



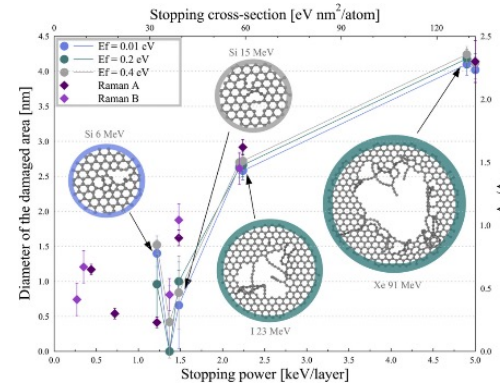
- Biocapteur au niveau de la molécule unique
 - Dépollution de l'eau
- S. Balme et al., Institut des membranes de Montpellier

Fabrication de membranes nanoporeuses graphene/polymère

Expérience



Simulation
Diamètre des pores en fonction pouvoir d'arrêt



Collaboration:

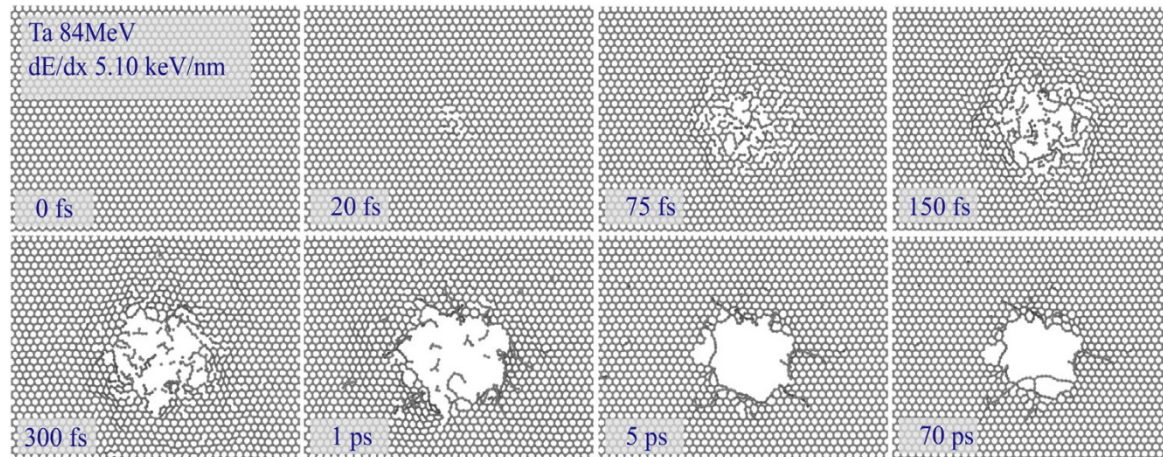
Universities of Helsinki and Aalto, Finland
Nottingham, UK
Duisburg-Essen, Germany
Wien, Austria
Science and Technology MISiS, Russian Federation

CIMAP, France
Ruder Boskovic Inst., Croatia
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Germany

Application:

Dessalement de l'eau de mer
Projet NU TEGRAM
flagship Graphene

Diamètre des pores en fonction du temps



H. Vázquez *et al.*
Carbon 114 (2017) 511

L. Madauß *et al.*
Nanoscale 9 (2017) 10487

Etude de l'impact des paramètres d'irradiation aux ions sur la microstructure irradiée du Nickel pur

Lisa Lefort¹, Brigitte Décamps², Marie Loyer-Prost³, Guilhem Sagnes¹

¹ Université Paris-Saclay, CEA, Section de Recherche en Corrosion et Comportement des Matériaux, SRMP, 91191 Gif-Sur-Yvette

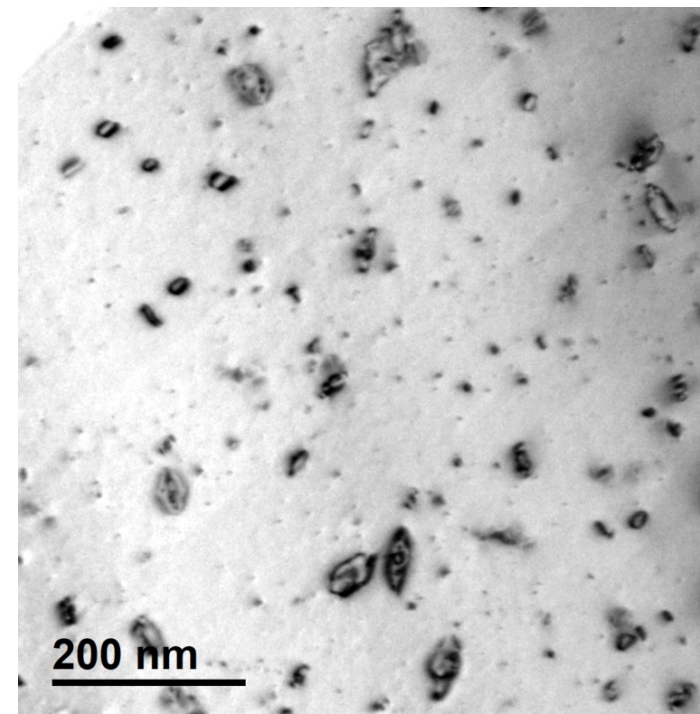
² Université Paris-Saclay, CNRS/IN2P3, IJCLab, 91405 Orsay, France

³ Université Paris-Saclay, CEA, Service de Recherche en Matériaux et procédés Avancés, SRMA, 91191 Gif-Sur-Yvette

Objectif : Comprendre les mécanismes à l'origine des changements dans la microstructure des matériaux sous irradiation

→ Développer des outils de simulation plus proches de la réalité.

→ Trouver des conditions satisfaisantes pour la transférabilité des ions aux neutrons.



Observation des boucles de dislocation formées sous irradiation

Résultats et analyses

Influence des **pauses** lors de l'irradiation → **Pas d'impact** du séquençage du faisceau ou des rampes en température.

Influence du **flux d'irradiation** → \nearrow flux = \searrow **taille** de boucles, \nearrow **densité** de boucles. Proportion boucles Parfaites/Frank

Influence de l'**orientation cristalline**

Conditions : 0.06 dpa (9×10^{13} at/cm²), 450°C, ions Ni 2MeV, ARAMIS.

Proposal **emira**
2024-7017 Réseau national d'accélérateurs pour l'irradiation et l'analyse des molécules et matériaux

Expérience réalisée du 10 au 14 mars 2025



L'Exobiologie sur le Pelletron du CEMHTI

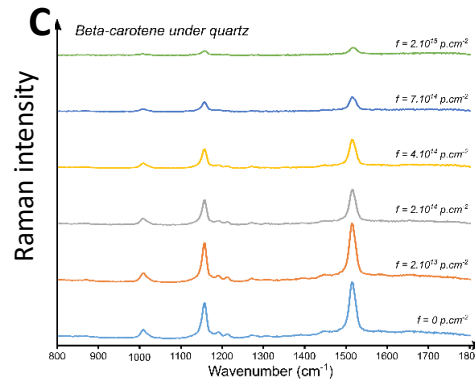
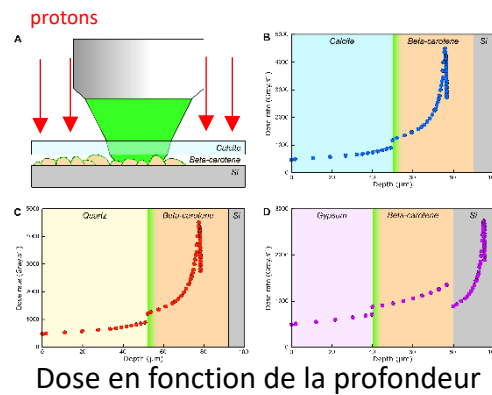
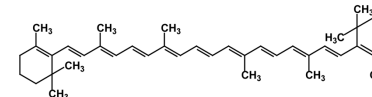


Frédéric Foucher a rejoint le CEMHTI en juillet 2023 et développe une nouvelle thématique: l'Exobiologie (i.e., l'étude de l'origine de la vie et la recherche de vie extraterrestre)

Objectif : étudier la dégradation de molécules d'intérêt pour la recherche de vie sur Mars.

Moyens : Dév. d'une sonde Raman *in situ* pour le suivi sous irradiation (dispositif AMSESS 2).

Résultats : Beta-carotène = biosignature de la vie sur Mars



← Dose équivalente à 3,5 milliards d'années à 1m de profondeur sur Mars
 ↑ Fluence protons ↗

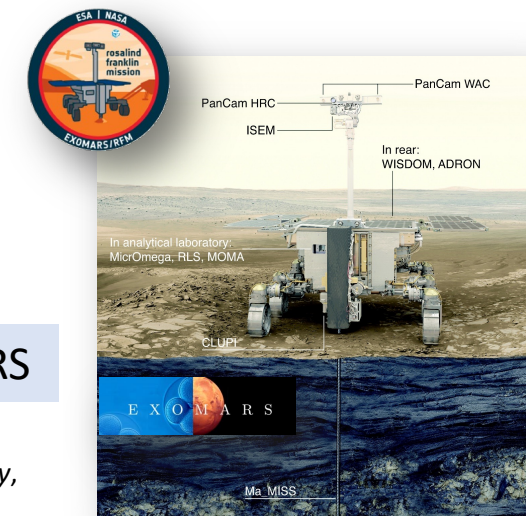
Signal Raman

- décroit quand la fluence de protons augmente → dégradation du beta-carotène
- reste détectable pour une dose équivalente à 3,5 milliards d'années à 1m de profondeur sur Mars

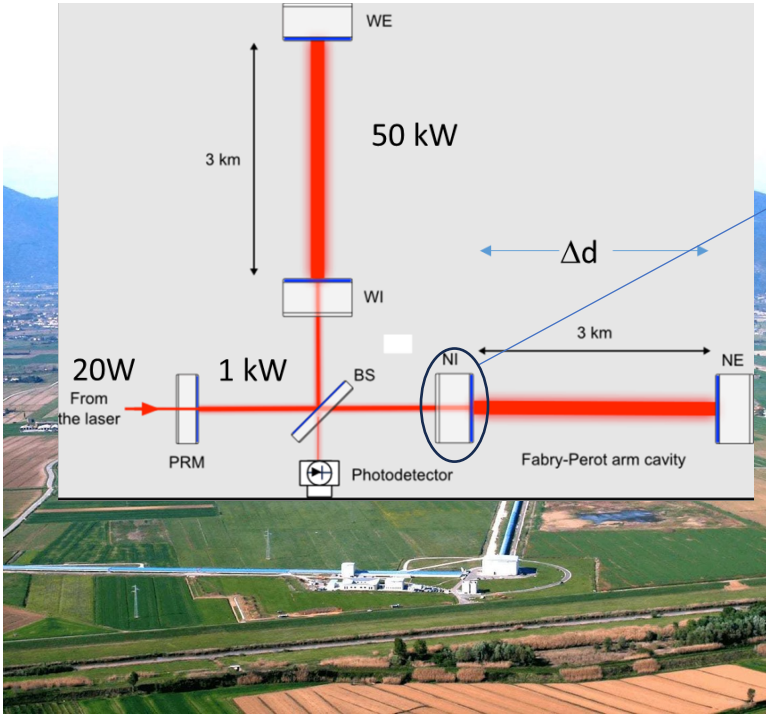
➔ Encourageant pour la mission EXOMARS

2 Publications :

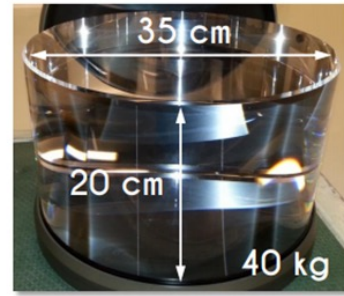
- Degradation of beta-carotene under mineral thin sections during proton irradiation monitored *in situ* by Raman spectroscopy, Foucher et al., Icarus (2025)
- Detecting Carotenoids in Salt Crystals: Insights into Biosignature Detection under Mars-Like Proton Irradiation using *In-Situ* and *Ex-Situ* Raman Spectroscopy, Bourmancé et al., Int. J. Astrobiology (2025)



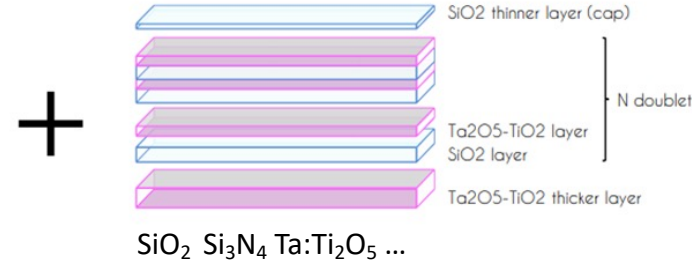
Surface coatings for the mirrors of GW detectors



mirrors



Grown by IBS at LMA
Annealed 500°C Air 1hr



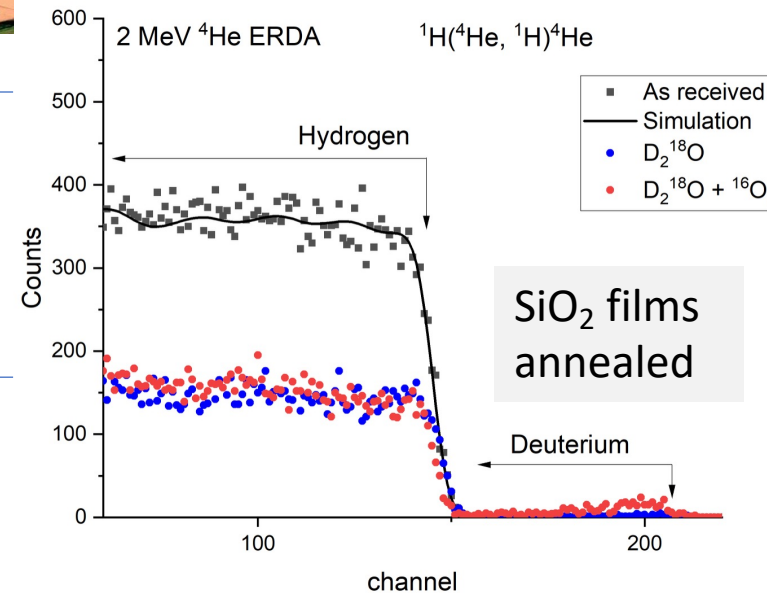
Look for links between composition, process parameters and optical performance

Elemental analysis by IBA is regularly applied :

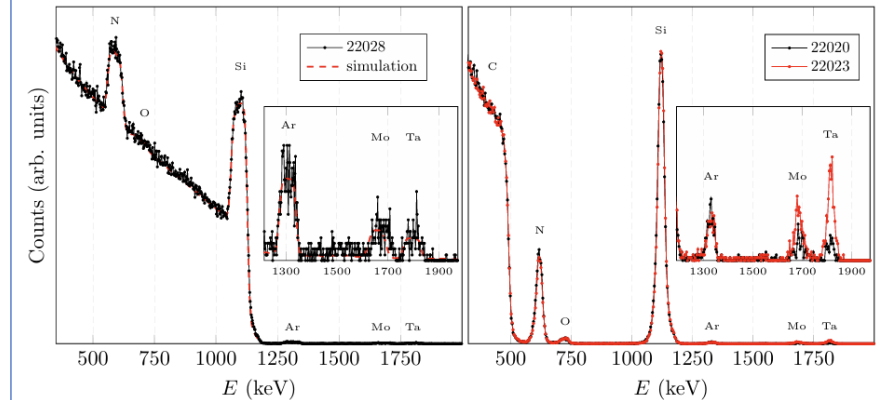
- **RBS** – stoichiometry, contaminants
- **ERDA** – Hydrogen (and deuterium)
- **NRA** – ^{16}O , ^{18}O ...

As grown SiO_2 5 at% hydrogen

After anneal, 2.2 at%



RBS of Si_xN_y films



Identification and quantification of contaminants Ar, Mo, Ta

A. Amato, ... I. Vickridge, M. Granata, Development of ion-beam sputtered silicon nitride thin films for low-noise mirror coatings of gravitational-wave detectors, Phys. Rev. D. 111 (2025) 42003



Animation scientifique

➤ Formation

Master 2 **Grands Instruments** de l'université Paris Saclay (Olivier Guilbault)

→ Chaque plateforme organise une journée d'accueil de la promo (entière ou partielle)

→ Présente ses recherches liées à la plateforme et/ou présentations plus techniques

→ vivier d'étudiants pour nos labos.

→ profils différents adaptés à notre communauté,

→ du chercheur à l'ingénieur de recherche, du théoricien à l'expérimentateur.

➤ Newsletter

Actualité, faits marquants scientifiques et techniques...



➤ Participation à des conférences et salons

- Conférence Matériaux 2022 à Lille en Octobre 2022

Stand avec d'autres IR SMI

- Salon Vacuum Technologies for Tomorrow en juin 2025 à

Grenoble (Stand de 6m²)

Liste des exposants et plan 2025

4D-3D	Agilent Technologies	allectra	allianceconcept	ALTEC	ANEST IWATA
ApSy	APTECH	AMETEK	BECKER	Bronkhorst	BÜSCH
CAMECA	CODEX	COMPALIT	EDWARDS	emira&a	HIDEN ANALYTICAL
VACUUM TECHNOLOGY Hositrad	ISR LE FOS SALLERS	INFICON	innody	Université de Bourgogne	UT
jr tech	Kurt J. Lesker	Leybold	MICRONOR	MIL'S	neyco HEP
OMCEP	OMICRON technologies	OPKI	PFEIFFER VACUUM-FAB SOLUTIONS	REACT	SCT
SIMEI	SFY	SOBERG	SOLCERA	SHI Cryogenics Group	Technatis
TELTEC	VAT	VZ			

➤ **Rencontres des équipes techniques et scientifiques des plateformes d'EMIR&A et des membres du Conseil Scientifique**

Septembre 2022 à l'Ecole Polytechnique et IJCLab et en novembre 2025 à Paris (INSP)

- Discussions avec les membres du CS
- Visites de sites → Renforcer la cohésion des plateformes



- Le réseau **RASTA** (Réseau d'Aides Scientifiques et Techniques des Accélérateurs) mis en place par IBAF étendu à EMIR&A
 - Réseau d'entraide technique – partage de compétences
 - échanges de savoir-faire → forum RASTA : **Réseau d'Aide Scientifique et Techniques des Accélérateurs**
 - Veille technologique
 - rencontres techniques
 - Soutenir des formations techniques qui intéressent le plus grand nombre avec des intervenants externes

Ex :Nouvelles réglementations/obligations/SF6

RASTA : <https://rasta-forum.com/>

➤ Journées EMIRUM (journées utilisateurs) tous les deux ans

14-15 décembre 2023 : organisées au CIMAP-GANIL

80 participants - 29 contributions, 4 M2, 14 PhD, 3 Post-docs, 15 ITA, 43 chercheurs
1 industriel



EMIRUM 2023, CIMAP-GANIL, Caen, December 14th – 15th, 2023



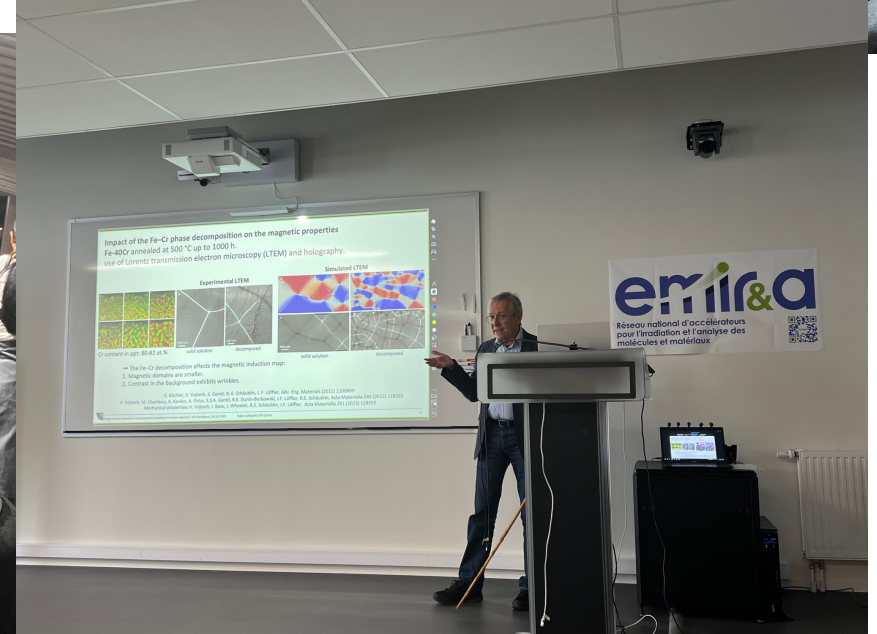
4 participantes du
Master 2 *Grands Instruments*
de l'université Paris Saclay



Prix du meilleur oral PhD
sur 11 présentations orales
de PhD

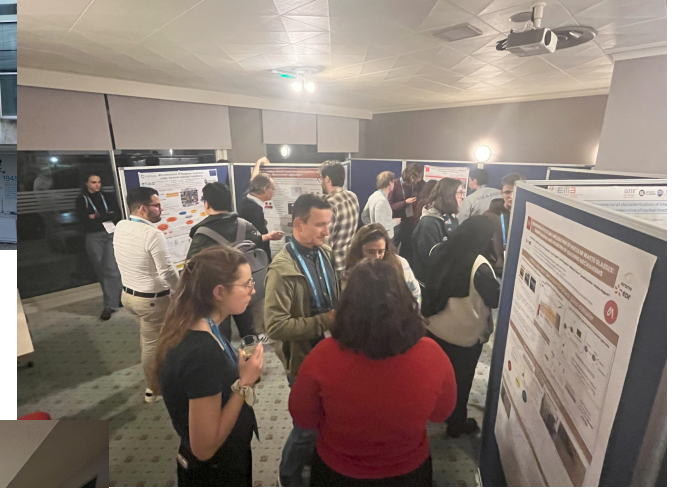
8-9 décembre 2025 : organisées au LP2I à Bordeaux

60 participants



Ecole thématique
Station biologique de Roscoff du 3-7 février 2025
***Interaction des particules chargées avec la matière :
Fondements et Applications***

50 participants : 19 doctorants, 17 CNRS/Universités, 11 CEA, 3 divers



Merci de votre attention !

emir&a
Réseau national d'accélérateurs
pour l'irradiation et l'analyse des
molécules et matériaux

© Baumier.C - EMIR&A

<https://emira.in2p3.fr/>